

Geoteknillisiä julkaisuja

N:o 72

Suomen kallioperän tutkimuksesta
ennen vuotta 1900

Kirjoittanut Vladi Marmo



Geologinen tutkimuslaitos • Otaniemi 1967

Geoteknillisiä julkaisuja N:o 72

SUOMEN KALLIOPERÄN TUTKIMUKSESTA
ENNEN VUOTTA 1900

KIRJOITTANUT
VLADI MARMO

ABSTRACT:
ON THE GEOLOGICAL RESEARCH OF THE FINNISH BASEMENT
BEFORE 1900

GEOLOGINEN TUTKIMUSLAITOS
OTANIEMI 1967

ABSTRACT

The geological research of the Finnish basement during the period 1750—1900 is reviewed. Excluded is, however, the mineralogical research which was more advanced at that time than was geology. Especially the work done by O. Bremer, H. J. Holmberg, A. M. Jernström, F. J. Wiik, Hj. Gylling, A. F. Tigerstedt, W. Ramsay, and J. J. Sederholm are considered and discussed.

SUOMEN KALLIOPERÄN TUTKIMUKSESTA ENNEN VUOTTA 1900

Suomen kallioperään ja sen geologiaan liittyvä tutkimus voitaneen katsoa varsinaisesti alkaneeksi 1700-luvulla, vaikka jo sitä ennenkin on kaivostellisuutemme yhteydessä geologisia havaintoja tehty.

Etenkin Ruotsin Vuoriteollisuuden Kollegiumin jäsen Daniel Tilas keräsi 1700-luvun alkupuolella runsaasti geologisia tietoja ja havaintoja pyrkien yhdistämään ne kokonaisuudeksi. Yleensä tuon vuosisadan tutkimus oli pääasiallisesti kokoavaa. Kivilajihavaintoja vain lueteltiin pyrkimättä vielä erityisesti karttakuvien luomiseen. Tällaisia olivat myös Turun Akatemiassa valmistetut geologiset väitöskirjat. Mineraloginen tutkimus oli alun pitäen jo kehittyneempää, mutta siihen ei ole tarkoitus tässä kirjoituksessa puuttua.

Erityisesti on mainittava 1700-luvun geologisen tutkimuksen edistäjänä Turun Akatemian kemian professori Pehr Adrian Gadd, joka uhrasi paljon työtään maamme geologiselle tutkimukselle. Hän pyrki teoreettiseenkin geologian selvittelyyn ja kemistinä kiinnitti huomiota myös kiven aineiden muodostumiseen. V. 1787 kirjassaan **Inledning til sten-rikets känning** hän pohtii eri aineiden vaikutusta toisiinsa (s. 12): »Efter Herr Potts och D'Arcetts försök, verka dessa enfalte jordarter i sammansatt förening, äfwen mera på hwarandra än annars. En del kalk och 1 del lera i sammansättning är i stånd uplösa 2 ½ del Kiseljord, hwilken ensamt, med endera af dem, intet kan åstadkommas för, 100 delar kalkjord försätt med 50 delar magnesia, förmår uplösa 100:de delar jordarter, annors är ganska swårt uplöslig.»

Edelleen hän tähdentää, että hopeamalmeissa on aina myös lyijyä, tina- ja koboltimalmeissa arseenia, ja rikkiä on aina melkein kaikissa malmeissa. Gaddin oppilas Nils Christian Sanmark vuonna 1789 ilmestyneessä väitöskirjassaan **Inledning til Björneborgs läns Mineral-historia** selostaa Haverin rautamalmia huomauttaen sen muuttuvan syvyydessä kuparimalmiksi. Tällöin hän esittää, että Suomessa on rautamalmeissa yleensä sarvivälkekiveä ja silloin aina myös rikkiä ja syvemällä kuparimalmia. »Tid och erfarenhet må framdeles bestyrka, om detta alltid inträffar, och i fall detta bör anses för en allmän regel i Finland.»

Kuten jo mainittiin, havainnot tältä kaudelta olivat jokseenkin hajanaisia ja tiedot niistä ilmestyivät väitöskirjoissa sekä suppeissa julkaisuissa. Niinpä onkin pidettävä geologisen tutkimuksemme kannalta erittäin merkittävänä Carl Otto Bremerin Turussa vuonna 1824 julkaisemaa kokoelmaa siihen mennessä tehdyistä geologisista havainnoista (**Anvisning på malm och bergarter uti Stor-Furstenlandet**

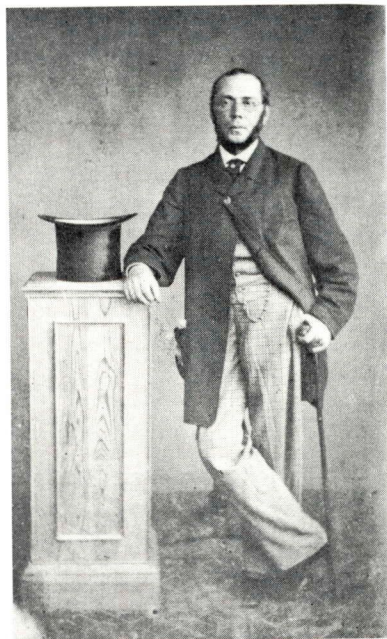
Finland). Bremer tuo esille myös siihen mennessä kiteytyneen käsityksen eräistä geologisista ilmiöistä. Peruskallion *Montes primarii*-aineksena Bremer pitää graniittia, joka oli hänen aikanaan varsin laajasisältöinen, pääasiallisesti tasarakeisten kivilajien yleisnimitys. Tätä nuorempia ovat malmit, jotka kuuluvat ryhmään *Montes secundarii* ja ovat muodostuneet vieraan aineksen täyttäessä vanhempien kivilajien raot. Jo yli 250 vuotta aikaisemmin Georg Agricolan (1499—1555) esittämä käsitys siis yhä eli: malmit ovat syntyneet eräiden muiden kivien mukana niistä vieraista aineksista, jotka ovat peräisin »kivien mehusta» ja jotka ovat täyttäneet itse kivissä olevat raot ja ontelot. Bremer puhuu flötsi- ja juonimalmeista. Ne ovat hänen mukaansa syntyneet niin, että vesi on tuonut malmiainekset rakoihin ja avautuneisiin tiloihin, ja ne ovat jähmettyneet (*bårdnat*) niihin. Sinänsä varsin nykyaikainen käsitys!

Rakojen syntymisestä Bremer yhtyi Wernerin käsityksiin: (1) pehmeisiin ja märkiin kivimassoihin kohdistuva paine; (2) veden poistuessa kivistä syvemmällä syntyvä vakuumi; (3) kiviaineksen kuivuminen; (4) maanjäristykset, tulivuoret tai muut kosmiset voimat. Bremer erotti Suomen kallioperästä vielä kolmannenkin kivilajiryhmän: *Montes tertiarii*. Tämän hän sanoo tosin olevan alkuvuoren osa, mutta sitä ei kuitenkaan voida lukea siihen kuuluvaksi. Siinä on etupäässä kalkkia, harvoin malmeja. Ilmeisesti hän tällä ryhmällä tarkoitti gneissejä ja liuskeita.

Bremerin teoksen ilmestymisen jälkeen tapahtui varsinaisen geologisen tutkimuksen alalla suhteellisen vähän kehitystä, ja niinpä Holmberg (1858, s. III) katsookin aiheelliseksi huomauttaa: »Geognosin, som vetenskap betraktad, är i Finland helt och hållet försummad.» Geologian professuuri oli tosin tällöin jo perustettu, mutta virka oli vielä täyttämättä. Holmberg kokosi uudelleen saatavissa olevat tiedot Suomen geologiasta täydentäen ja parannellen Bremerin yli 30 vuotta aikaisemmin ilmestynyttä teosta. Etenkin teoreettisen geologian kannalta Holmbergin teos merkitsee huomattavaa edistystä. Esipuheessa (Holmberg 1858, s. V—VI) hän määrittelee kantansa geologiseen tutkimukseen: »För en så exakt vetenskap, som geologin, borde väl inga andra antaganden gälla, än endast de, som stöda sig på fakta.» Kuitenkin Holmberg otti lähtökohdaksi Laplacen aurinkojärjestelmäteorian, jonka mukaan maapallo on kehittynyt jähmettymällä kaasutilasta nykyiseen kiinteään muotoon. Viimeisen vaiheen aikana maapallo sai siis kiinteän, aluksi hyvin ohuen kuoren, jota maassamme edustavat graniitit ja syeniitit (sarvivälkegraniitteja). Hän erottaa ikänsä puolesta kolme eri graniittia, joista nuoremmat juonina leikkaavat vanhempia, mutta toisaalta pitää mahdollisena, että graniiteissa olisi useampiakin ikäryhmiä.

Sitten tuli ensi sade! Holmberg näyttää olevan ensimmäinen geologi maassamme, joka kiinnitti tähän kysymykseen vakavaa huomiota — kuten Pentti Eskola 75 vuotta myöhemmin. Holmberg kuvitteli, että kiinteän maankuoren syntymisestä ensimmäiseen sateeseen (veden tiivistymiseen) on täytynyt kulua »flera årtusanden». Tällöin alkoi sedimenttien muodostuminen ja myös niiden ainesten kerrostuminen, joista ovat syntyneet nykyiset kiilleliuskeet. Samalla tunkeutui kuitenkin myös uusia plutonisia massoja, jotka aiheuttivat sedimenttien metamorfoitumisen sekä poimu-

tuksen, ja sen vaikutuksesta sedimenttien alkujaan vaakasuorat kerrokset kääntyivät pystyyn. Kiilleliuskeen ja gneissin biotiitti on Holmbergin mielestä peräisin alkugraniiteista ja -syeniiteistä. Tämä ajatustapa säilyi kauan Suomen geologiassa, ja vielä 1930-luvulla Heikki Väyrynen piti mahdollisena löytää alkukuori sedimenttiemme alta.



Kuva 1. Henrik Johan Holmberg
1818—1864
(Suomen Kansallismuseo)

Holmberg kehitti geologista kuvaansa edelleen: liuskeiden muodostumisen jälkeen maa kohosi ja siitä pitäen on Suomi ollut kuivaa maata. Tuon maankohoamisen yhteydessä purkautuivat dioriitit, rapakivi ja porfyirit. Nimenomaan Maanselän kohoaminen aiheutti vesi-, jää- ja soramassojen liikkumisen etelään aiheuttaen mm. silokallioidemme uurteet sekä kasaten kallioperämme peitteeksi sora- ja hiekka-massoja.

Varsinainen geologinen kuvaus perustui jo entistä huolellisempaan havaintojen tekoon, ja etenkin E. J. Westling, S. Savenius ja Fr. Tengström lisäsivät runsaasti maamme geologian tuntemusta. Holmbergin mukaan graniitti ja syeniitti olivat edelleenkin kallioperämme pääainekset. Hän mainitsi kuitenkin Kalvolan-, Pirkkalan-, Porin liuskejakson, samoin Uudenmaan, Laatokan, Kuusamon ja Kemin liuskeet. Paljousjärjestyksessä eri liuskelajit ovat Holmbergin mukaan seuraavat: gneissi, saviliuske, kiilleliuske, sarvivälkeliuske, talkkiliuske ja kloriittiliuske. Hän mainitsi myös vahvat kvartsiittimuodostumat Lapin tuntureilla, Paltamossa, Sotkamossa ja Nilsiässä. Holmberg pohti kysymystä eri gneisseistä ja gneissigraniiteista päätyen tu-

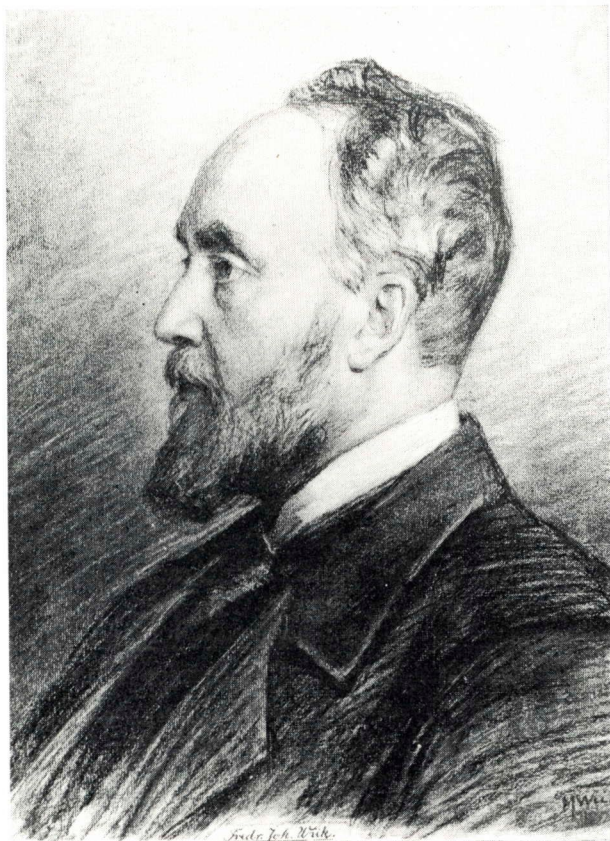
lokseen, että gneissit ovat syntyneet sedimenteistä, kun taas gneissigraniitti (*gneis-artad granit*) on plutonista alkuperää; jälkimmäisen vaihettuminen edelliseksi on johnut siitä, että graniitti on aiheuttanut sedimenttien metamorfoosin.

Rapakivi (jota ennen Holmbergia sanottiin myös sprosoriitiksi) ja porfyryri ovat tunnetut, mutta ensiksi mainittua Holmberg mainitsi esiintyvän myös Rautalammilla sekä Pieksämäen pitäjässä. Ainakin osaksi kalkkikivi saattoi hänen mielestään olla metamorfoituneita siluurikerroksia, ja se on ominainen Etelä-Suomelle, kun taas Laatokan luona on dolomiittia.

Jo ennen Holmbergia oli myös saatu tietoja niistä kallioperämme rakennepiirteistä, joita vasta paljon myöhemmin ruvettiin uudestaan tutkimaan. Näitä ovat esim. doomit, joissa graniittista keskustaa kehystävät gneissit. Ensimmäisenä tällaisen doomin lienee kuvannut J. Gadolin Impilahden Pusunsaarelta. Hjalmar Furuhjelm kuvasi Siuntiossa doomin, jossa graniittista keskustaa ympäröi mantelimaisesti gneissi. Myös kupolimaiset gneissirakenteet olivat tunnetut. 1870-luvulla Wiik (1876) kuvasi Kruunuvuorenselän muodostumat Helsingissä doomiksi, ja hän tunsikin myös doomin Kuopionniemeltä. Holmbergin jälkeen geologinen tutkimus tiivistyi huomattavasti ja siirtyi yhä enemmän myös pyrkimykseksi luoda geologisia karttoja, eikä pelkkien profiilien esittämistä enää pidetty tyydyttävänä.

Jernström (1874) kuvasi ansiokkaalla tavalla Utsjoen ja Inarin granuliittialueen piirtäen siitä myös Ivalojoelle ulottuvan kartan, jonka antama kuva on pääpiirteisään säilynyt vielä K. Meriläisen vuonna 1965 ilmestyneessä Perä-Lapin geologisessa kartassa. Jernström lainasi granuliitin nimen Saksasta ja luonnehti vastaavan kivilajin seuraavasti: »en skiffrig blandning af fältspat och qvarz med inströdda granater». Hän erottaa edelleen siitä viisi alalajia vaalean tai tumman kiilteen tai sarvivälkkeen esiintymisen ja määrän mukaan, osaksi taas granuliitissa esiintyvän kvartsiittimaisuuden perusteella. Jernström oli siis täysin tietoinen jo silloin granuliittialueen merkittävästä epähomogeenisuudesta sekä myös siitä, että Lapin sorakultaa esiintyi pääasiallisesti hänen merkitsemänsä granuliitin reunoilla.

Niihin aikoihin käytiin Saksassa kiivasta väittelyä sikäläisten granuliittien synnystä. Tähän kiistaan osallistui myös suomalainen F. J. Wiik yhtyen C. F. Naumanin ja v. Lasaulx'in käsityksiin granuliitin eruptiivisesta ja plutonisesta luonteesta. Th. Scheerer sen sijaan piti luultavampana, että granuliitti on syntynyt uudestaan sulaneesta gneissistä, B. v. Cotta ja H. Credner kiistivät granuliitin eruptiivisen luonteen, A. Stelzner taas väitti sitä yksinkertaisesti metamorfiseksi kivilajiksi. F. v. Hochstetter oli ehkä suoraviivaisiin: ei eruptiivinen eikä metamorfinen, vaan gneissimuodostumaan sijoittunut ellipsoidin muotoinen massa. Vogeesien granuliiteista hän taas sanoi, että ne ovat veden ja suuren kuumuuden yhteisvaikutuksesta muovautunut osa maapallon alkukuorta. G. W. Gumbel piti Baijerin granuliitteja niinkään analogisina gneissimuodostuman kanssa, mutta väitti, että ne ovat alkujaan veden, lämmön ja paineen yhteisvaikutuksesta erilaistuneita kerrostumia. Jernström ei oikeastaan yhtynyt mihinkään edellä mainituista saksalaisten käsityksistä: »vill jag fastmer i förenämndt afseende parallellisera vår granulitformation med gneisen och de kristalliniska



Kuva 2. Fredrik Johan Wiik
1839—1909
(Geologinen tutkimuslaitos)

skifferarterna, man må då sedan betrakta dessa såsom ursprungligen i sitt nuvarande skick bildade strater eller ock som metamorfoserade sedimentlager» (Jernström 1874 s. 59).

Seuraavan Holmbergin jälkeisen yleiskatsauksen Suomen geologiaan esitti Wiik (1876) väitöskirjassaan geologian professuuria varten. Tällöin hän puuttui myös suomalaisiin granuliitteihin todeten, etteivät ne oikeastaan ole mitään itsenäisiä kivilajeja, vaan ainoastaan granaattipitoisia gneissejä tai graniitin muunnoksia sen mukaan, onko aines metamorfinen vai eruptiivinen. Hän rinnastaa sen jopa muualta Suomesta tavattuihin gneisseihin, joista hän niiden mineraalikoostumuksen perusteella käytti nimityksiä granaatti-, fibroliitti-, rauta-, grafiitti- ym. gneissi. Mitä taas niiden suhteeseen eruptiivisiin kiviin tulee, niin »genom gneisgraniten öfvergår den metamorfiska bergartsserien i de eruptiva bergarternas serie» (Wiik 1876 s. 28). Kordieriitille hän taas antoi suunnilleen saman merkityksen kuin on oliviinilla emäksisissä kivissä.

Wiik kiinnitti varsin suurta huomiota myös kallioperämme eri muodostumien luokitteluun, jolloin hän vertaili niitä vastaaviin muodostumiin Kanadassa — jopa sovelsi sieltä ottamansa nimitykset omaan luokitteluunsa: 1) gneissit (laurenttiset),

2) kiilleliuskeet (huroniset), 3) kvartsiitti-talkkiliuskemuodostuma. Viimeksi mainittu oli hänen mielestään takoninen, joka silloisen terminologian mukaan tarkoitti kiteisen liuskeen ja metamorfoitumattoman sedimentin välimuotoa. Wiikin vanhimmassa, *laurenttisessa gneissisarjassa* olivat hänen mukaansa kiillegneissit alempana ja sarvivälkegneissit (joissa myös kalkkikivi) ylempänä. Hänen *huronisessa kiilleliuskesarjassaan* ovat mm. Tampereen liuskeet, ja Hämeenkyrön luota hän kuvasi siihen kuuluvaksi graniitti-syeniitti-doomin, joita hän muuten piti vain laurenttiseen sarjaan kuuluvina. Wiikin *takoninen kvartsiitti-talkkiliuskesarja* oli luonteenomainen Karjalalle, mutta hän mainitsi, että esim. Virtain kirkon luona oleva kloriittiliuskekin saattaisi kuulua siihen (mainittakoon, että saatoin todeta 1960-luvulla, että ko. Virtain »kloriittiliuske» onkin myloniittia). Haverin grönstensartade skiffrika bergarter olivat Wiikin tulkinnan mukaan huronisia eruptiivis-sedimentogeenisiä kiviä, luonteeltaan tuffimaisia.

Näiden sedimenttisyntyisten kivilajisarjojensa rinnalle Wiik luokitteli myös eruptiiviset kivet niin, että *gneissigraniitit* vastaisivat gneissimuodostumaa, *porfyrygraniitit* liittyisivät kiilleliuskemuodostumaan, ja näitä nuorempina hän vielä erotti *pegmatiittigraniitit*. Tämä graniittien luokittelu seurasi jokseenkin läheisesti Gumbelin luokittelua: Lagergranit, Stockgranit, Ganggranit, joihin Wiik itsekin toisaalta omat nimityksensä rinnasti. »Stockgraniitteihin» Wiik luki Viipurin, Satakunnan sekä Ahvenanmaan rapakivet niiden reunoilla esiintyvine »syeniitti-muunnoksineen» sekä myös Suursaaren porfyryrit sekä Keski-Suomen graniitit.

Mainita myös sopii, että rapakivien kalimaasälpää ei yleensä tarkemmin tutkittu, ja vasta hyvin paljon myöhemmin ruvettiin antamaan sille seikalle todella merkitystä. Jo niihin aikoihin kuitenkin lienee Ramsay (1885 s. 40) ensimmäisenä havainnut sen olevan Jaalan rapakivessä osaksi ortoklaasia: »Den liknar i alt förut beskrifna rapakivarter från andra trakter. I en fin — eller medelkornig massa af grå kvarts, rödbrun kalifältspat, såväl mono- som triklin, svart magnesiaglimmer, samt något mörkgrönt hornblende äro ellipsoidiska c. 2—3 cm. i genomskärning stora fältspatpartier afskilda. Dessa utgöras af enkla individer af ortoklas, omgifna af ett ljusgrönt oligoklasskal - -». Ramsay oli muuten ensimmäinen, joka kiinnitti huomiota maasälpien petrografiseen käyttäytymiseen.

Satakunnan hiekkakiveä pidettiin niihin aikoihin kambrisena, vaikka usein kysymysmerkillä varustettuna. Aluksi siitä tunnettiin pääasiallisesti vain lohkareita. P. A. Gadd tosin kuvasi sen jo v. 1780 ja silloin esitti sattuvasti myös hiekkakivessä esiintyviä kerrosvaihteluita. Wiik päätteli, että hiekkakiven maasälpä on peräisin rapakivestä, minkä sitten Gylling (1887) osoitti. Hän myös tapasi hiekkakiveä kiintokaliossa, vieläpä kontaktissa diabaasin kanssa. Hän rinnasti Satakunnan hiekkakiven Ruotsin Dala-muodostumaan, ja luki sen joko kambriin tai alasiluuriin. Kestikin vielä runsaan vuosikymmenen, ennen kuin tämän hiekkakiven kuuluminen prekambriin hyväksyttiin.

Wiikin yleiskatsaus Suomen geologiasta oli viimeinen ennen Sederholmia (1893) ja Tigerstedtiä (1893). Sitä ennen olivat kuitenkin jo käsitykset geologisista kysymyk-



Kuva 3. Hjalmar Gylling
1858—1889
(Geologinen tutkimuslaitos)

sistä jonkin verran muuttuneet, ja vakiintuneet ennen kaikkea geologisen tutkimuslaitoksen (silloinen komissioni) perustamisen ja maan systemaattisen geologisen kartoituksen aloittamisen johdosta — »standardisoituneet», jos niin voi sanoa. Niinpä onkin oma mielenkiintonsa ja merkityksensä niillä ohjeilla, jotka Sederholm (1892) antoi 1890-luvun alussa geologisen komissionin kartoittajille. Heidän oli geologisen kartoituksen yhteydessä erotettava seuraavat kivilajit:

1) vanhemmat liuskeet (kiillegneissi, suonigneissi, kiilleliuske, fyllyitti, sarvivälke-liuske, vihreäliuske (dioriittiliuske), kiteinen kalkkikivi),

2) vanhemmat graniitit (vanhempi porfyrygraniitti, vanhempi tasarakeinen graniitti eli gneissigraniitti, vanhempi dioriitti, johon luettiin noriitti, gabro, sarvivälke-kivi ym.),

3) nuoremmat liuskeet (kiilleliuske, fyllyitti, saviliuske, hälleflinta, uraliittiporfyriitti, plagioklaasiporfyriitti, tuffiliuske (mm. hapan felsiittiliuske), konglomeraattiliuske),

- 4) nuoremmat graniitit (nuorempi porfyyrinen graniitti, nuorempi tasarakeinen graniitti, nuorempi dioriitti, pegmatiitit),
- 5) kvartsiittimuodostuman kivilajit (kvartsiitti, kvartsiittikonglomeraatti, savi-luske, dolomiitti, kvartsiittimuodostuman dioriitti),
- 6) rapakivi,
- 7) diabaasit ja
- 8) hiekkakiviryhmä.

Kuten näistä ohjeista näkyy, periaatteessa oli Wiikin kolmijakoinen muodostuma-ryhmittely säilytetty, osaksi myös »graniittien» luokittelu, paitsi että rapakivi oli jo erotettu selvästi muita muodostumia nuoremmaksi graniitiksi. Merkkillistä on tässä kuitenkin se, että »graniitti» oli yhä vanha tasa- ja selväkiteisten (rakeisten) plutonisten kivilajien yleisnimitys. Tämä on sitäkin yllättävämpää siksi, että sen ajan geologian suuri oppimestari Rosenbusch (1876 s. 369) oli jo 16 vuotta aikaisemmin käynyt voimakkaasti kiinni tähän kysymykseen: »Unter dem Sammelnamen Granit fassen wir Gesteine zusammen, die sich wenigstens ebenso fern stehen, wie Diorit und Diabas, und während wir es als eine unleidliche Verwirrung ansehen würden, diese zusammenzuwerfen, ertragen wir den gleichen Zustand beim Granit ohne alles Bedenken. Nur eine strenge Systematik kann Klarheit in die Begriffe und Definitionen bringen; man sollte daher nicht mit einem Namen verschiedene Dinge bezeichnen.» Tämän jälkeen Rosenbusch esitti selvän graniittiluokittelun petrologisiin perusteisiin ja kaliumrikkaassa graniitin koostumuksessa pysytellen. Suomessa ja muuallakaan Pohjoismaissa tämä vaatimus ei saanut vastakaikua. Onko se toisaalta ihme? Graniittien petrologinen erottaminen on vaikeata. Helpompaa oli pysytellä yhteisnimityksessä — sitäkin suuremmalla syyllä, kun stratigrafia näytti niihin aikoihin olevan pääasia ja varsinainen petrologia oli jäänyt sivuun (vaikka mineraloginen tutkimus olikin jo silloin maassamme varsin korkealla tasolla). On muuten kiintoisaa todeta, että 80 vuotta myöhemmin — vuonna 1955 — amerikkalainen Matt Walton vaati järjestystä graniitti-nimityksen käyttöön jokseenkin samoin perustein kuin Rosenbusch aikanaan.

Graniitin synty oli jo 1890 Euroopassa — etenkin Saksassa ja Ranskassa — ankaran pohdinnan ja kiistelyn alaisena. Suomessa ei tähänkään puoleen kiinnitetty sannotavasti huomiota. Niinpä Sederholmkin vielä v. 1903 ilmoitti IX kansainvälisessä geologikongressissa Wienissä jättävänsä kysymyksen graniitti-magman synnystä tulevaisuuden ratkaistavaksi (Sederholm 1904). Itse asiassa tähän kysymykseen kävikin kiinni Suomessa toden teolla vasta Pentti Eskola vuonna 1932. Sederholm pysytteli puolestaan loppuun saakka myös graniitti-nimityksen käytössä jokseenkin yhtä suurpiirteisenä kuin v. 1892 antamissaan ohjeissa.

Toinen geologian ala, joka niinikään näyttää jääneen verraten pienelle huomiolle, oli malmigeologia. Siinä tyydyttiin verrattain pinnallisiin kuvauksiin, eikä myöskään malmin genetiikassa näytä tapahtuneen kehitystä ainakaan Bremerin ajoista. Niinpä Tigerstedt (1892), joka jo virka-asemaltaan oli muita geologeja lähempänä malmeja,

luonnehti Hokan kuparikiisu-kvartsijuonia dioriitin lateraalisekreetioiksi, joihin kuparikiisu ja kalsiitti ovat tulleet vesiliuoksina, samoin kuin kvartsikin, vaikka sen osalta Tigerstedt piti jotain muutakin tulotapaa mahdollisena. Vaikka tuo teoria sen esittämisen aikoihin olikin kansainvälisesti vanhahtava, niin se kuitenkin voisi meidän päivinämme — taas — olla hyvinkin moderni.

Maamme kallioperän stratigrafian kehitys käy rinnan tehostuneen kartoitustoiminnan kanssa. Rinnastukset Kanadan peruskallioon — Wiikin aloittamat — jatkuivat, ja vähitellen hahmottui se stratigrafinen ja tektoninen kuva, joka on elänyt omaan aikaamme saakka.

Vuonna 1893 Sederholm esitti yhteenvetonsa Etelä-Suomen kallioperästä perusteluineen. Rapakivet, joihin hänen mielenkiintonsa oli jo kauan ollut kohdistunut, hän selitti niin kemiallisesti kuin geologisestikin kvartsiporfyyyrien lähisukulaisiksi. Hän korosti sitä, ettei niiden yhteydestä ole Suomessa tavattu sellaisia emäksisiä kivilajeja, jotka liittyisivät geneettisesti rapakiviin. Kun niiltä lisäksi puuttui katto, Sederholm esitti hypoteesin, jonka mukaan rapakivet olisivat pystyliikuntojen yhteydessä purkautuneita effusiivisia kivilajeja. Vanhemmat graniitit taas olivat hänen mielestään poimuttumisen yhteydessä muodostuneita. Vanhemmat diabaasit ovat »Massen-ergüsse», joiden jäännöksiä oli vielä runsaasti jäljellä rapakiven eruption tapahtuessa.

Porin seudun hiekkakiveä Sederholm piti vielä 1893 kambrisena (?), ja koska se on oliviini-diabaasialueen sisällä, hän ajatteli sen olevan diabaasin alla, »deckenformig überlegt.» Vanhemmissa geologisissa kartoissamme hiekkakivialue onkin merkitty kokonaisuudessaan diabaasiksi, ja hiekkakiveä siinä ja sen reunoilla on vain pieninä läiskinä. Tämän karttakuvanhan muutti nykyiseksi, jossa alueen vallitseva kivilaji on hiekkakivi ja diabaasia on vain sitä leikkaavina juonina, vasta Aarne Laitakari v. 1925, vaikka jo v. 1917 L. H. Borgström oli esittänyt samansuuntaisen käsityksen.

Jo mainitussa julkaisussaan Sederholm (1893) esitti myös aktualistisia ajatuksia, joita kuitenkin Suomen geologeista on aikaisemmin esittänyt jo Holmberg (1858). Sederholmin käsitys Suomen kallioperän stratigrafiasta oli seuraava:

- 1) Arkeinen osasto
 - Katarkeinen kompleksi
 - Botnialainen systeemi
- 2) Algonkinen osasto
 - Karjalainen systeemi (Huron ?)
- 3) Vanhemmat diabaasit ja rapakivi
- 4) Paleotsooinen (?) osasto
 - Kambri (?). Hiekkakivi, oliviinidiabaasi ja effusiivinen gabro.

Alkukuoren ongelma oli vielä keskeinen. A. C. Lawson oli esittänyt sitä ennen, että Kanadassa vanhimmat graniitit olisivat syntyneet vanhimman sedimenttimuodostuman alimpien osien sulaessa. Tästä syystä ei vanhimman sedimenttimuodostuman alustaa voida siellä lainkaan enää löytää. Sederholm (1893 s. 23) ei tätä selitystä hy-



Kuva 4. A. F. Tigerstedt
1860—1926
(Geologinen tutkimuslaitos)

väksynyt, vaan hän väitti arkeisten graniittien tunkeutuneen sedimenttien ja vanhan pohjan väliin. Tätä väitettään hän perusteli Tampereen botnialaisella liuskealueella tekemillään havainnoilla.

Myös aktualismin esitaistelijana Sederholmille tuli ristiriitoja — tässä kysymyksessä Rosenbuschin (1889) kanssa. Sederholm nimittäin väitti, että vanhemmat graniitti-intruusiot liittyvät poimuttumisiin, kambriset ja sitä myöhemmät magmaeruptiot pystyliikuntoihin. Tätä ei Rosenbusch hyväksynyt, ei myöskään käsitystä vanhempien ja nuorempien muodostumien välillä tässä suhteessa olevasta erosta. Hän oli siis tässä aktualistisempi kuin Sederholm. Toisaalta taas Sederholm ei uskonut elämän puuttumiseen peruskalliosta, vaan katsoi fossiilien puuttumisen johtuvan siitä, että ne ovat metamorfoosin aikana tuhoutuneet. Jossain määrin ristiriitaista oli se, että hän uskoi graniitteja tuottaneen poimuttumisen päättyneen ennen kvartsiittimuodostuman kerrostumista, koska graniitit eivät sitä leikkaa, mutta ei kieltänyt sitä, että juuri nuo graniitit aiheuttavat metamorfoosin. Sederholm oli vahvasti ak-

tualisti, vaikka onkin muistettava, että Holmberg oli sitä myös jo yli 30 v. sitten. Wiik oli taas etenkin myöhemmin antiaktualisti, ja etenkin v. 1895 eräässä kirjoituksessaan Sederholm asettui voimakkaasti vastustamaan entistä opettajaansa.

Itse asiassa täydellisempi ja ehkäpä ansiokkaampikin oli Tigerstedtin (1893) antama yleiskuvaus Suomen geologiasta. Sederholm näyttää muuten kirjoituksistaan päätellen arvostaneen Tigerstedtiä suuresti, ja onkin jossakin määrin ihmeellistä, ettei Tigerstedtin nimi ole jäänyt sen paremmin jälkimaailman tietoisuuteen. Ehkäpä se johtuu siitäkin, että Axel Fredrik Tigerstedt oli näihin aikoihin (1887—1901) teollisuushallituksen intendenttinä, eikä siis suoranaisesti geologisissa tehtävissä. Tigerstedtin mainittu teos on itse asiassa geologian oppikirja, mutta sisältää laajan esityksen (sivut 283—337) Suomen geologiasta, etenkin arkeisista muodostumista. Eräissä geologian keskeisissä kysymyksissä on hän edeltänyt ajatuksillaan Sederholmia ja on selvästi ollut oloissamme aikaansa edellä. Niinpä teokseen liittyvä Suomen geologinen kartta (1:6 000 000) on erinomainen ja yllättävän tarkka. Siihen on jo merkitty Pohjanmaan liuskejakso, joka ilmestyi Sederholmin karttoihin vasta v. 1933. Myös Lapista on hänen karttansa yllättävän hyvä, vaikka hän itse tätä moittikin. Tigerstedtin tutkijankapasiteettia ja kykyä osoittaa mm. myös hänen julkaisematon raporttinsa vuodelta 1890 Orijärven alueesta. Sitä ja siihen liittyvää karttaa Eskola käytti omassa Orijärven tutkimuksissaan kirjoittaen niistä v. 1914 näin: »Generally speaking, the revision of this area by the present writer has shown no reason for essential changes.» Useat Tigerstedtin tulkinnoista Eskola hyväksyi tällöin sellaisenaan.

Tigerstedt vertaa — Wiikin ja Sederholmiin yhtyen — Tampereen, Hämeen ja Etelä-Pohjanmaan liuskeita Kanadan huroniin sekä selittää ne syntyneiksi samoin kuin nykyisetkin sedimentit kerrostuvat. Myös useimmat gneissit ovat hänen käsityksensä mukaan olleet sedimenttejä, joiden asua graniitit ovat muuttaneet.

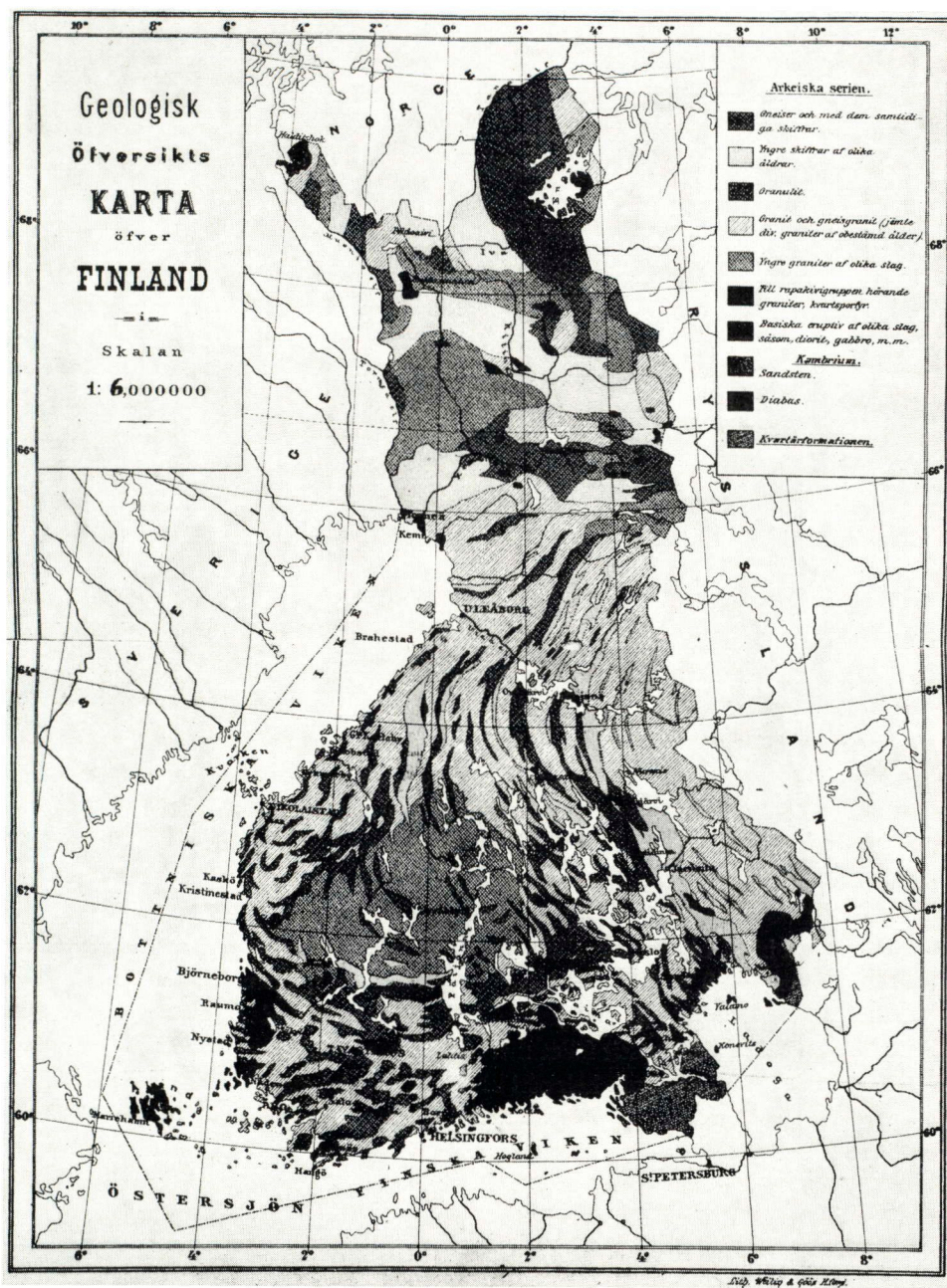
Gneissigraniitit hän yleensä selittää sivupuristuksen kautta graniiteista syntyneiksi, mutta huomauttaa, että osa niistä on sellaisia, joiden synnyn suhteen vallitsee epävarmuus.

Mielenkiintoinen on hänen Etelä-Suomen sekavarakenteisiin kiviin kohdistamansa pohdinta (1893 s. 290): »Vi hafva - - omnämnt, hurusom en del eruptiva bergarter i smältytande tillstånd innehålla ansenliga mängder vatten upplöst, och särskildt synes detta hafva varit fallet med de ifrågavarande graniterna.» Tästä syystä nämä graniitit ovat olleet hyvin helposti liikkuvia ja kyetneet tunkeutumaan kaikkein kapeimpiinkin rakosiin juonia muodostaen. Näin Tigerstedt siis selitti vuonna 1893 niiden kivilajien synnyn, joita Sederholm nimitti myöhemmin migmatiiteiksi. Merkillisen vähän eroaa tästä selityksestä myös se, johon Maunu Härme on omassa tutkimuksissaan päätenyt v. 1965!

Tigerstedtin mukaan nämä seoskivet ovat siis »intim blandning av gneis och granit».

Tigerstedt selitti myös kalkkikivet sedimenttisyntyisiksi ja päätteli, että tästä syystä ne yleensä puuttuvat graniittialueilta.

Hiekkakiveä ja oliviinidiabaasia, Tigerstedt piti kambrisina.



Kuva 5. A. F. Tigerstedtin geologinen kartta vuodelta 1893.

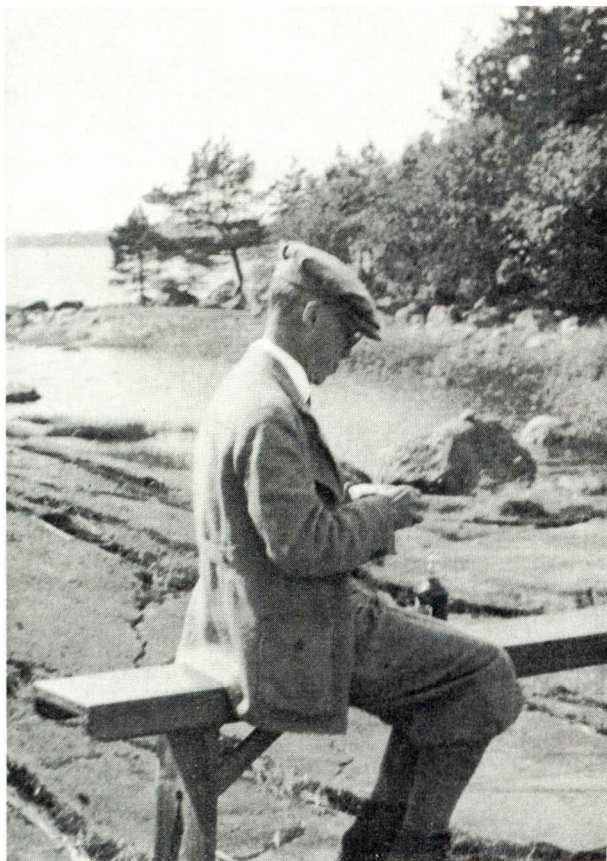
Tigerstedt pani myös suurta painoa siirroksille ja selitti useat epäjatkokuvuudet kallioperässämme niistä johtuviksi. On aivan luonnollista sekin, että häntä kiinnostivat malmit. Hän ei kuitenkaan sanottavammin puuttunut niiden geneettisiin kysymyksiin, mutta mainitsee kuitenkin Jussaaren ja eräiden Etelä-Suomen rautamalmin olevan luultavasti sedimenttisyntyisiä, kun taas esim. Taipalsaaren magneettikiisumalmi on tyypillistä eruptiivisia. Etenkin karjalaisen kvartsiittimuodostuman malmimahdollisuuksista hän puhui varsin toiveikkaasti.

1890-luvun loppupuolella geologit kiinnittivät stratigrafisiin kysymyksiin yhä enemmän huomiota, ja eri muodostumille tai niiden osille ryhdyttiin antamaan nimiä. Varsinainen petrologia sai myös kasvavaa huomiota osakseen. Petrografia niinkään kukoisti, ja sen ajan geologiset julkaisut sisältävät hyvinkin yksityiskohtaisia mineraalien mikrorakenteiden ja -tekstuurien kuvauksia. Sederholm oli epäilemättä koHoamassa kansainvälisestikin tunnustetuksi geologiksi. Tänä aikana ilmestyi myös hänen teoksensa arkeisista sedimenttimuodostumistamme (Sederholm 1897), joka on ehkä merkittävin koko Sederholmin tuotannosta.

Vaikka Suomessa prekambriksen liuskeiden ikä olikin ollut jo kauan tunnustettu, sitä muualla Euroopassa joskun kuitenkin epäiltiin. Niinpä v. 1893 ilmestyneessä oppikirjassaan (Textbook of Geology, s. 713), Sir Archibald Geikie kirjoittaa: »from Scandinavia a great series of crystalline rocks presumed to be pre-Cambrian ranges through Finland into - -». Tästä syystä Sederholm uhrasi em. kirjoituksessaan tilaa myös todistaakseen jotunisten liuskeiden prekambriisuuden. Tällöin hän nojautui läheisten poimuuntumattomien muodostumien ja Suomen liuskeiden suuren poimutuneisuuden väliseen vertailuun ja päätyi tulokseen, että kaikki peruskallion poimutukset ovat lakanneet jo kauan ennen rapakiven tunkeutumista eli siis »in alt prä-cambrischer Zeit» (Sederholm 1897 s. 223).

Samana vuonna (1897) hän oli myös ehdottanut nimitystä jotunimuodostumat kaikille niille Suomen ja Ruotsin prekambriisille kivilajeille, jotka eivät ole olleet poimuttumisessa mukana. Niille muodostumille taas, joita Wiik (1876) oli nimittänyt *takonisiksi*, Sederholm antoi nimen *jatuliset* muodostumat rinnastaen ne ehdollisesti Ruotsin Dala-muodostumaan. Sederholm päätyi seuraavaan stratigrafiaan:

Arkeissoinen ryhmä (Algonkiset muodostumat)	{	<i>Prekambriset muodostumat, jotka eivät ole lainkaan poimuttuneet:</i>
		Jotuniset muodostumat diskordanssi
		<i>Poimuttuneet, mutta arkeisia graniitteja nuoremmat liuskeet:</i>
		Jatulimuodostumat diskordanssi
Arkeinen kompleksi	{	<i>Graniitin läpätunkema peruskallio</i>
		Nuoremmat arkeiset (osaksi botniaiset) muodostumat diskordanssi
		Vanhemmat arkeiset (osaksi laatokkalaiset) muodostumat
		Katarkeiset muodostumat



Kuva 6. J. J. Sederholm
1863—1934

(Geologinen tutkimuslaitos)

Aluemetamorfoosin kulussa Sederholm edelleen pysyi graniitin injektiossa ja sekoittumisessa sedimentteihin, mutta jätti kuitenkin sen todellisen luonteen avoimeksi: »Ob man nur diese Umwandlung als eine plutonische Regionalmetamorphose, als eine ausgedehnte Contactmetamorphose oder als eine Dynamometamorphose im Sinne Rosenbusch's bezeichnen soll, scheint mir schwer zu entscheiden und vielleicht auch zunächst eine formelle Frage zu sein» (Sederholm 1897 s. 238). Sederholm otti vakavasti huomioon myös sen mahdollisuuden, että metamorfoosi olisi tapahtunut ilman lisäainesten mukaantuloa ulkoapäin (»ohne Zufuhr von Material»). Vedelle Sederholm antoi kuitenkin erittäin suuren merkityksen metamorfoosin kulussa, mutta pidättyi sanomasta, missä määrin se on peräisin maanpinnasta (*anogen*) ja missä määrin magmasta (*katogen*). Ensiksi mainittu mahdollisuus on hänestä kuitenkin uskottavampi, mutta: »Vorläufig scheint es mir doch besser zu sein, die metamorphen Vorgänge, denen man hier begegnet, eher ihren Resultat als ihrer Ursache nach zu classificiren, und sie demnach alle als verschiedene Formen oder Grade derselben regionalen Metamorphose zu betrachten» (Sederholm 1897 s. 239).

Sederholmin edellä esitettyyn aikatauluun teki Frosterus (1902) eräitä korjauksia, jotka Sederholm näyttää kuitenkin oitis hyväksyneen (Sederholm 1904). Frosterus sijoitti jotunin ja jatulin väliin *onegalaiset* muodostumat sekä erotti jatulista sen vanhimman osan nimittäen sitä *kalevalaiseksi*. Se erosi Frosteruksen mukaan jatulista diskordanttisesti, ja sen alapuolella oli taas suuri diskordanssi.

Kongressiesitelmässään Sederholm (1904) jälleen palasi vertailemaan Suomen muodostumia kanadalaisiin seuraavalla tavalla:

jotuninen osasto → Keweenawan (Kanada) → Torridonian (Skotlanti)
onegalainen ja jatuli → Huron (Kanada)
kalevalainen ~ alempi Huron (Kanada)

Laatokkalaisten liuskeiden Sederholm katsoi jatkuvan Itä-Suomesta kauaksi länteen vaihettuen siellä prebotnialaisiksi liuskeiksi.

Metamorfoosiastetta Sederholm piti tärkeänä ikäsuhteiden kriteerinä, vaikkei antanutkaan sille samaa merkitystä kun diabaaseista oli puhe. Eräs Sederholmin lause graniittimagmoista ja suurista magmasäiliöistä, on kiintoisa ja tavallaan tulevia ajatustapoja ennakoiva. Hän nimittäin asettui epäilemään suuria »Magmaherde»-mahdollisuuksia, ja uskoi, että kyseessä oli paremminkin »proteusartig sich verändernde unterirdische Tätigkeit» (Sederholm 1904 s. 627).

Esityksessän on vain ohimennen (s. 8) mainittu eräs tärkeä nimi, nimittäin Wilhelm Ramsay. Hän teki kuitenkin merkittävimmät tutkimuksensa 1900-luvulla eli sitten, kun hänestä oli v. 1899 tullut Wiikin jälkeen Helsingin yliopiston toinen geologian professori. Hänen 1890-luvun toimintansa kohdistui pääasiallisesti Kuolan niemimaahan ja Itä-Karjalaan, joiden alkaalikivien etevänä selvittäjänä hänen nimensä on jäänyt aikakirjoihin. Hänen mielenkiintosa laajeni Kuolasta käsittämään kaikki ne alueet, jotka Suomen kanssa muodostavat geologisen kokonaisuuden. Niinpä hänelle selvisi jo pian, miten selvärajainen oli peruskallioalue ja miten jyrkästi se päättyi idässä ja etelässä Venäjän paleotsooiisiin sedimenttialueisiin. V. 1898 Ramsay antoi koko Pohjois-Euroopan yhtenäiselle peruskalliokompleksille nimen *Fennoskandia*.

KIRJALLISUUTTA

- FROSTERUS, BENJ. (1902) Bergbyggnaden i sydöstra Finland. Bull. Comm. géol. Finlande 13.
- GYLLING, HJALMAR (1887) Zur Geologie der cambrischen Arkosen-Ablagerung des westlichen Finnland. Bidrag etc. utg. af Finska Vetensk. Soc. 35 h.
- HOLMBERG, H. J. (1858) Materialier till Finlands geognosi. Bidrag till Finlands naturkännedom, etnografi och statistik. 4 h.
- JERNSTRÖM, AND. MAURITZ (1874) Material till Finska Lapmarkens geologi. Akad. Diss. Helsingfors.
- RAMSAY, WILHELM (1885) Om de arkäiska bildningar i Nordöstra delen af Jaala socken. Bidrag till kännedom af Finlands Natur o. Folk 44, s. 33.
- »— (1898) Über die geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartärzeit. Fennia 16, N:o 1.
- ROSENBUSCH, H. (1876) Einige Mittheilungen über Zusammensetzung und Struktur granitischer Gesteine. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. Bd. 28, s. 369.
- »— (1889) Zur Auffassung des Grundgebirges. N. Jahrb. f. Mineral. Bd. 2.
- SEDERHOLM, J. J. (1892) Promemoria för rekognosörer vid Finlands Geologiska Undersökning. Helsingfors.
- »— (1893) Om berggrunden i södra Finland. Deutsches Referat: Über den Berggrund des südlichen Finnlands. Fennia 8, N:o 3.
- »— (1897) Über eine archaische Sedimentformation im südwestlichen Finnland und ihre Bedeutung für die Erklärung der Entstehungsweise des Grundgebirges. Bull. Comm. géol. Finlande 6.
- »— (1904) Über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnis der Kristallinischen Schiefer von Finland. Compt. Rend. IX Congr. géol. Int. de Vienna, 1903, s. 609.
- TIGERSTEDT, A. F. (1892) Om traktens mellan Höytiäinen och Pielisjärvi geologiska och topografiska byggnad samt några därstedes förekommande malmgångar. Fennia 5, N:o 10.
- »— (1893) Geologin. Helsingfors.
- WIJK, FREDRIK JOHAN (1876) Öfversigt af Finlands geologiska förhållanden. Akad. Diss. Helsingfors.

