

Bulletin de la
**Commission
Géologique**
de Finlande

N:o 235

Die Meta-Arkose von Mauri bei Tampere
von Arvo Matisto



Geologinen tutkimuslaitos • Otaniemi 1968



Bulletin de la Commission Géologique de Finlande N:o 235

DIE META-ARKOSE VON MAURI BEI TAMPERE

VON
ARVO MATISTO

MIT 9 ABBILDUNGEN UND 1 TABELLE

GEOLOGINEN TUTKIMUSLAITOS
OTANIEMI 1968

INHALT

Zusammenfassung	4
Tiivistelmä	4
Einleitung	5
Historischer Überblick	5
Grösse und Lage	6
Petrographie	8
Primärstrukturen	11
Schichtung und Schrägschichtung	11
Gesteinsgerölle und Konglomerate	12
Tektonik	13
Stratigraphie	16
Basis der Schichtfolge	16
Transportrichtung des Materials	17
Herkunft des Materials	18
Schriften	21

ZUSAMMENFASSUNG

Gegenstand der Untersuchung ist eine intraformationelle Meta-Arkoseablagerung in der westlichen Fortsetzung der zu den unteren Svekofenniden von Tampere gehörenden Grauwackenschiefer-Glimmerschieferformation. Es werden ihre Petrographie, tektonische Struktur und stratigraphische Lage beschrieben sowie ihre gut erhaltenen primären Strukturen und dadurch die Sedimentationsverhältnisse behandelt. Zuletzt werden Schlussfolgerungen über die Herkunft des Materials gezogen. Vermutlich stammt es von einem Aplit-Granit, der während der Orogenphase aufgedrungen ist und örtlich von der Abtragung entblösst wurde.

TIIVISTELMÄ

Tutkimuskohteena on Tampereen alempan svekofenniaan kuuluvan grauvakkaliuske-kiilleliuske-muodostuman läntisellä jatkeella sijaitseva meta-arkoosivälikerrostuma. Kirjoituksessa kuvataan sen petrografiaa, tektonista rakennetta ja stratigrafista asemaa sekä käsitellään hyvin säilyneitä primääri-rakenteita ja niiden perusteella muodostuman sedimentaatio-olosuhteita. Lopuksi tehdään johtopäätöksiä aineksen mahdollisesta alkuperästä, jona pidetään orogeniavaiheen aikana ylös tunkeutunutta ja kulutuksen paikallisesti eroosion kohteeksi paljastamaa apliittigraniittia.

EINLEITUNG

Schon in seiner klassischen Arbeit über die archaische Sedimentformation des südwestlichen Finnlands beschrieb Sederholm die eigenartige Sedimentablagerung von Mauri, westlich von Tampere. Er nannte sie darin wie auch in der geologischen Übersichtskarte Finnlands Leptit und in der Erläuterung des Kartenblattes Tampere Feldspatpsammitschiefer. Auf Grund der Untersuchungen von Sederholm (1897, 1903 und 1913) haben die Geologen dieses Gestein später als Meta-Arkose oder Arkosit von Mauri kennengelernt.

Im Zusammenhang mit den neuen Kartierungsarbeiten, deren Ziel es ist, durch Karten im Massstab 1: 100 000 ein detaillierteres Abbild des Felsgrundes unseres Landes zu geben, ist die Meta-Arkose von Mauri aufs Neue zum Untersuchungsgegenstand geworden (Matisto 1961 und 1967). Diese Untersuchungen ergänzen wesentlich die in sich vorzügliche Beschreibung, die Sederholm vor mehr als einem halben Jahrhundert von dieser Ablagerung gegeben hat, die jedoch nur einen geringen Teil seiner damaligen, sowohl ausgedehnten als auch geologisch besonders vielseitige Formationen erfassenden Untersuchungen ausmachte.

Weil die Meta-Arkose von Mauri seit den Untersuchungen Sederholms sowohl ständiges Interesse fand als auch das Ziel vieler einheimischer und internationaler Exkursionen war, mag es angebracht sein, auf Grund der neuen Untersuchungen darüber eine vollständigere und detailliertere Darstellung zu geben, als es in den oben erwähnten neuen geologischen Karten und deren Erläuterungen möglich ist.

HISTORISCHER ÜBERBLICK

Die Meta-Arkose von Mauri wurde zum ersten Mal gegen Ende des vorigen Jahrhunderts geologisch untersucht und in der schon erwähnten Arbeit Sederholms (1897) verhältnismässig eingehend beschrieben.

Die geologische Lage des Gesteinsverbandes zeigt sich auf der geologischen Übersichtskarte Finnlands (1: 2 500 000), der geologischen Karte der Gegend von Tampere (1: 400 000) und der noch detaillierteren Textkarte (1: 150 000), die sich als Anhang in der oben genannten Arbeit befindet. In der ersten dieser Karten ist der Verband mit der Farbe der botnischen und anderer jüngerer Schiefer wiedergegeben, in den beiden anderen als ein zu derselben Schiefergruppe gehörender Leptit. Die

Gestalt und die geologische Lage der Meta-Arkose in diesen Karten entsprechen im grossen gesehen, obschon mehr übersichtlich und detailärmer, dem Bild, das die neueren Erforschungen gegeben haben.

Nach Sederholm ist die Meta-Arkose megaskopisch hellrötlich, glimmerreich und sandsteinartig. An vielen Stellen ist eine von dunklen Magnetitkornrändern indizierte diskordante Schichtung zu sehen. Gelegentlich treten auch dünne, konglomeratähnliche Schichten auf, deren Gerölle von dem Hauptgestein nur in Korngrösse und Farbton abweichen. Die jetzige Lage sowohl der Geröllreihen als der diskordanten Schichtung ist fast vertikal.

Die Meta-Arkose besteht nach Sederholm hauptsächlich aus Quarz, Feldspäten, Muskovit und stellenweise Biotit. Der Magnetit des Gesteins befindet sich fast ganz in den die Schrägschichtung indizierenden Rändern.

Ein Teil der Quarze und Plagioklase erscheint als grössere, etwa 3 mm Ø Körner, die durch Pressung und Neubildung verursachte Veränderungen zeigen. Diese Körner mögen aus allotigenem Material bestehen. Der Zement dagegen, der sich aus kleineren Quarz-, Feldspat- und Muskovitkörnern zusammensetzt, ist gut orientiert und unverkennbar sekundär. Er hat ein deutliches Gepräge eines kristallinen Schiefers. Im grossen und ganzen hat das Gestein eine deutliche klastische Struktur. Nach Sederholm ist das Gestein ursprünglich ein echter, aus dem Verwitterungsmaterial abgelagerter Sandstein, und nach ihm stützt auch die chemische Zusammensetzung des Gesteins (Tab. 1) diese Auffassung.

In der Erläuterung des Blattes Tampere der geologischen Übersichtskarte Finnlands bringt Sederholm (1913) nichts wesentlich Neues über die Meta-Arkose vor. Er gibt jedoch die Benennung Leptit auf und bespricht die stratigraphische Lage und den Ursprung des Materials.

Sederholm erklärt, dass er früher zu der Leptit-Benennung kam, weil die Meta-Arkose die Bedingungen der Leptitdefinition von David Hummel (1875) erfüllte, obwohl sie hier nicht in Zusammenhang mit Hälleflinta vorkommt, wie es Hummel voraussetzt. Als die Leptit-Benennung später in Schweden in dem weiteren ursprünglichen Sinne Hummels zur Anwendung kam, gab Sederholm sie auf, und nannte das Gestein in der erwähnten Erläuterung des Kartenblattes Tampere Feldspatpsammitschiefer.

Sederholm hielt es für möglich, dass der ursprüngliche Sandstein aus den Verwitterungsprodukten einiger nördlich liegender saurer Tiefengesteine entstanden und eben auf der von diesen Tiefengesteinen gebildeten Unterlage abgelagert sei.

GRÖSSE UND LAGE

Die Meta-Arkose von Mauri befindet sich als Zwischenlager in der westlichen Fortsetzung der Grauwackenschieferformation von Tampere, die durch die Porphyrogranodioritintrusion zwischen Siuro, Nokia und Ylöjärvi in ihrem ursprünglichen Zusammenhang getrennt ist (Abb. 1). In Sederholms (u.a. 1897, 1913, 1932)

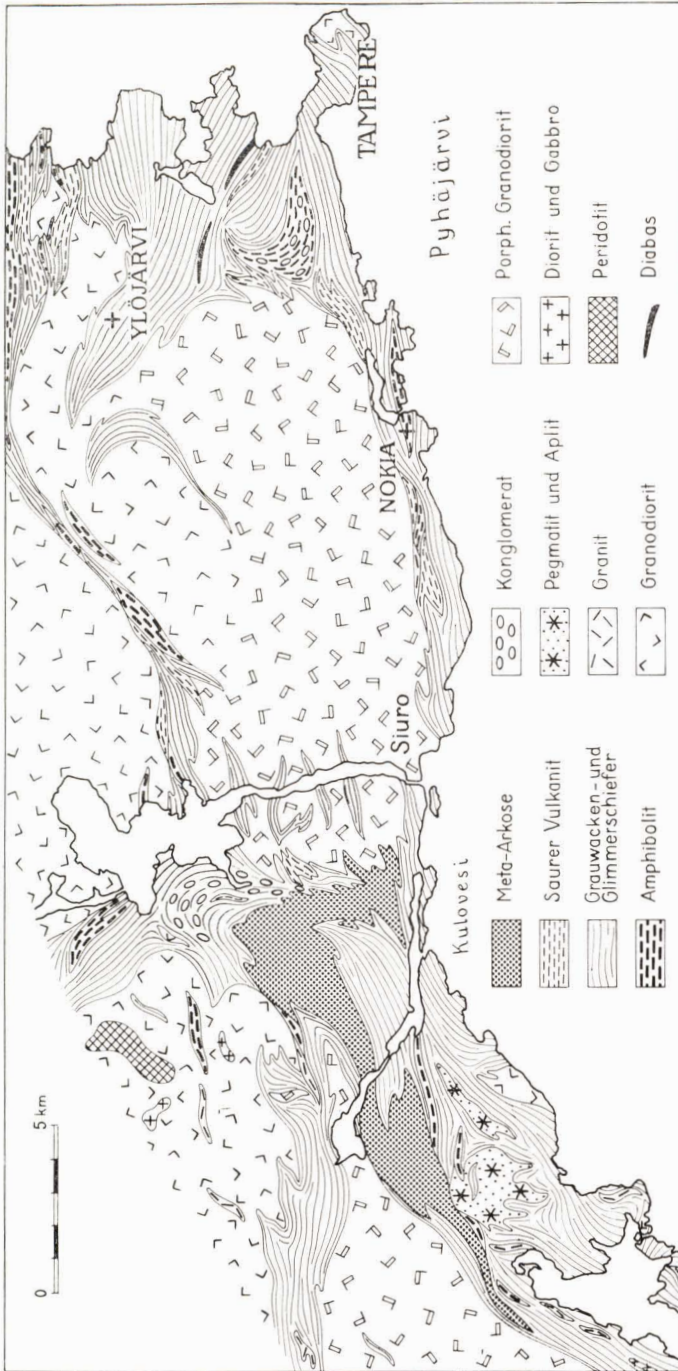


ABB. 1. Geologische Umgebung der Meta-Arkose von Mauri. Karte 1.

Klassifikation gehört diese Schieferformation zur zweitältesten, botnischen Gebirgsfaltung, die der ältesten, svionischen folgte. Auf Grund der seit Sederholm durchgeführten Untersuchungen mussten Eskola (1941) und Simonen (1953) jedoch die Auffassung Sederholms über die grosse Diskordanz zwischen Botnium und Svionium aufgeben. In seiner neuesten stratigraphischen Klassifikation des finnischen Grundgebirges stellt Simonen (1960a) sowohl Botnium als Svionium in dieselbe svekofennidische Orogenese und den Grauwackenschiefer von Tampere zu deren ältestem Teil.

In diesem Zusammenhang ist zu betonen, dass sich die Meta-Arkose von Mauri nach Natur und Lage von den durch Simonen (1952 und 1953a) beschriebenen Arkositen und Quarz-Feldspatschiefern unterscheidet, die nördlich von Grauwackenschiefern und stratigraphisch über diesen liegen und dass die Meta-Arkoseablagerung eine vollständig gesonderte und eigenartige Zwischenphase in der Sedimentation des Grauwackenschiefers darstellt.

Die Meta-Arkose streicht auf einer Länge von etwa 15 km aus und zwar in der Generalrichtung WSW — ENE. Ihr östliches Ende liegt bei Mauri etwa 25 km westlich von Tampere. Die Breite wechselt von 0.5 bis 2.5 km. Das östliche Ende verläuft zuerst etwa 5 km nach Norden, wendet sich dann schroff, mit einer Biegung nach Süden, in die in dem westlichen Teil vorherrschende WSW-Richtung. In den geologischen Kartenblättern erscheint der Gesteinshorizont so, dass das östliche Ende mit der nördlichen Richtung auf dem Kartenblatt Tampere (Matisto 1961) und der übrige Teil auf dem Kartenblatt Vammala (Matisto 1967) liegt. Die regionale Lage und das geologische Nachbarmilieu ist in der beigegeführten Karte 1 (Abb. 1) ersichtlich.

PETROGRAPHIE

Die beherrschende Varietät der Meta-Arkose ist hell rotbräunlich. In den breitesten Stellen ist das Gestein homogen oder nur schwach orientiert, und sandsteinartig. In dem nach Norden gerichteten östlichen Teil ist Transversalschieferung ziemlich häufig und stellenweise gut entwickelt (Karte 2, Abb. 6). Das schmale westliche Ende war einer so starken tektonischen Metamorphose unterworfen, dass die anderswo sogar charakteristischen, hier später im Detail beschriebenen primären Strukturen vollständig verschwunden sind.

Die Meta-Arkose zeigt eine megaskopisch schwach wahrnehmbare, aber mikroskopisch deutliche blastoklastische oder sogar klastische Struktur (Abb. 2). Die strukturelle Zusammenfassung besteht aus reliktschen Körnern, die im Mittel 20 % aus dem Gesamtvolumen bilden, und aus dem Zement, der offensichtlich zum bedeutenden Teil aus neukristallisiertem Material besteht.

Den Hauptteil der klastischen Körner bildet Quarz. Unter ihnen gibt es jedoch auch immer Kalifeldspat und Plagioklas, ersterer immer reichlicher als letzterer, obwohl ihre Mengenverhältnisse oft weit schwanken. Als reliktsche Körner findet

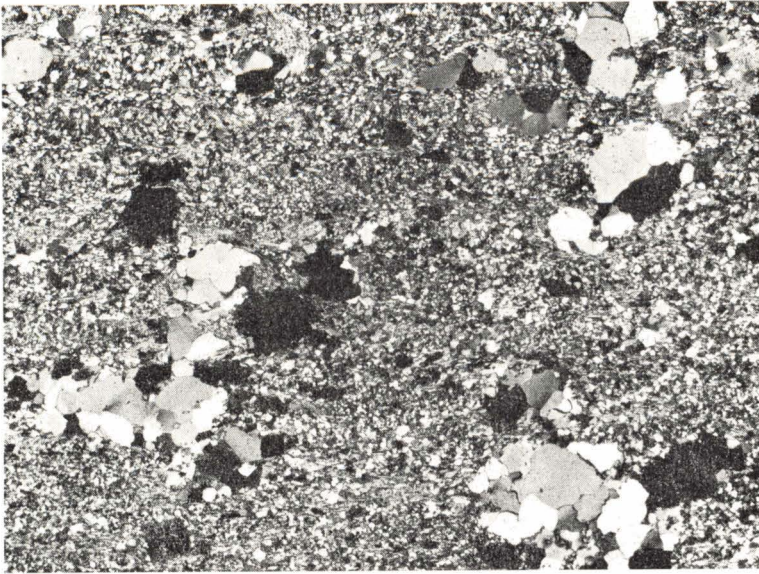


ABB. 2. Klastische Struktur der Meta-Arkose. Gekr. Nicols, Vergr. 12 x.

man sporadisch auch zerrissene Biotitschuppen. Die Körner sind bisweilen rundlich, meistens länglich und liegen dann parallel der Schieferung.

Die Quarzkörner zeigen die grössten Dimensionen. Ihre Mittelgrösse liegt bei 0.1×1.6 mm, aber Körner von 1.0×4.0 mm sind nicht ganz selten. Fast ausnahmslos sind die Quarzkörner kataklastisch zu kleinen, in Mittel 0.2×0.8 mm grossen Teilchen mit undulöser Auslöschung zerbrochen.

Die Grösse der Feldspatkörner bleibt fast konstant innerhalb der Grössenordnung 0.2×1.0 — 1.4 mm. Von derselben Grösse sind auch die sporadischen, relikthischen Biotitschuppen. Die Quarz- und Feldspatkörner sind eckig und ihnen fehlen alle Abnutzungserscheinungen. Sehr oft dagegen sind die Umrise der Feldspatkörner etwas gezahnt, was offenbar ein Resultat der beginnenden Neukristallisation ist. Die Trübheit des Kalifeldspats und die zahlreichen kleinen Muskoviteinschlüsse des Plagioklases mögen auf Einwirkung einer sekundären Umwandlung zurückzuführen sein.

Das Hauptmineral des Zements ist Quarz. Dazu enthält er reichlich Muskovit und Kalifeldspat. Der Plagioklasgehalt zeigt grosse Schwankungen. Ausnahmsweise erreicht sein Gehalt fast das Niveau des Kalifeldspats, ist aber gewöhnlich niedriger und kann sogar gänzlich fehlen. Der Plagioklas zeigt eine durch die Umwandlung verursachte Trübung und ist seiner Zusammensetzung nach ein Na-reicher Oligoklas (An_{12}). Sowohl Quarz als Feldspäte kommen als eckige Körner vor, deren Durchmesser innerhalb 0.2 — 0.8 mm wechseln. Muskovit erscheint im Mittel als 0.8 mm lange Schuppen, die parallel der Schieferung liegen. Stellenweise ist er gleichmässig

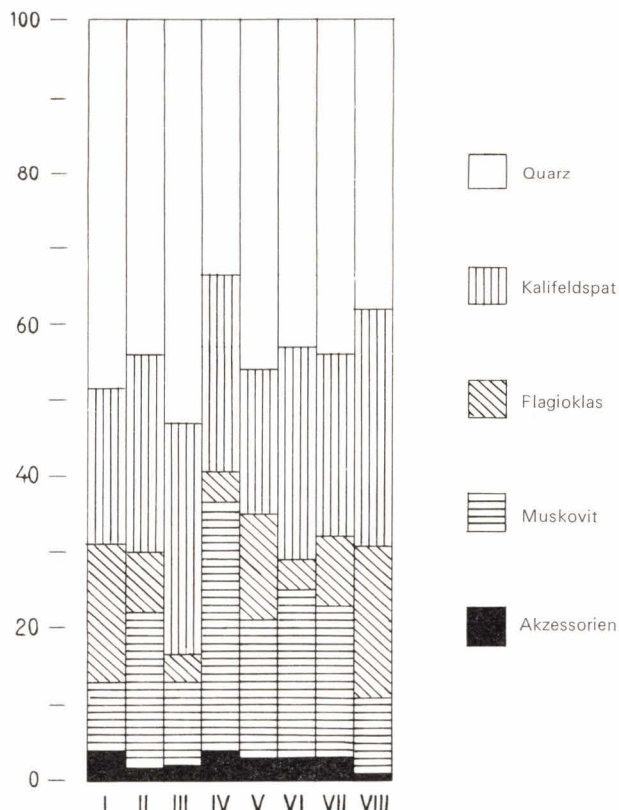


ABB. 3. Mineralogische Zusammensetzungen der Meta-Arkosevarietäten und des Aplitgranits. I, Feldspatreiche Meta-Arkose; II, Glimmerreiche Meta-Arkose; III, Helles Geröll der Meta-Arkose; IV, Dunkles Geröll der Meta-Arkose; V, Mittlere Zusammensetzung der Meta-Arkose; VI, Mittlere Zusammensetzung der Gerölle; VII, Mittlere Zusammensetzung der Meta-Arkose (Matrix und Gerölle); VIII, Mittlere Zusammensetzung des Aplitgranits.

durch das ganze Gestein verteilt, stellenweise wieder als dünne, nur mikroskopisch sichtbare schichtartige Bänder.

Die akzessorischen Mineralien der Meta-Arkose sind Ilmenit, Zirkon, Turmalin, Apatit, Epidot, Monazit und sporadisch Biotit. Von ihnen kommen Ilmenit, Turmalin, Zirkon und Monazit als eckige, sich der Idiomorphie annähernde Körner vor. Unter den Opaken beobachtet man dazu auch rundliche, resorbierte Körner mit ringförmigen Leukoxenentmischungen. Nach Korngrösse sind die Akzessorien von derselben Ordnung wie die anderen Mineralien des Zements, Zirkon, Apatit und Monazit jedoch bedeutend kleiner mit einer durchschnittlichen Grösse von 0.1 mm. Vielleicht mit Ausnahme eines Teiles des Epidots und Biotits, sind die Akzessorien Residualmineralien. Obgleich man die Akzessorien durch das ganze Gestein verteilt antrifft, sind sie jedoch vorzugsweise in den die Schrägschichtung indizierenden dunklen Bändern angereichert, wie später im Zusammenhang mit den Primärstrukturen näher beschrieben wird.



ABB. 4. Schrägschichtung der Meta-Arkose. Massstab 5 cm.

Die mineralogische Zusammensetzung ist in der beigefügten Tabelle wiedergegeben (Abb. 3).

PRIMÄRSTRUKTUREN

Schon Sederholm (1897, 1913) hat in seinen Untersuchungen die Primärstrukturen, das sandsteinartige Aussehen, die blastoklastische Struktur, Schichtung und Schrägschichtung sowie dünne Konglomeratschichten erwähnt. Hiervon verlangen besonders die Schrägschichtung- und Konglomeratstrukturen eine ergänzende Behandlung.

Schichtung und Schrägschichtung

Ungeachtet der in der vorigen petrographischen Beschreibung festgestellten Schichtung, die in einigen Meta-Arkosevarietäten mikroskopisch zu identifizieren ist, und auch ohne das stark tektonisierte westliche Ende des Verbandes zu beachten, kommt in dem grössten Teil der Meta-Arkose schon megaskopisch eine sich deutlich abzeichnende Schichtung und Schrägschichtung vor. Sie ist in den Felsaufschlüssen durch dunkle, schmale Bänder angezeigt, die jetzt nach der Faltung Schnitte der fast senkrecht gestellten Schichtflächen vertreten (Abb. 4).

Gavelin und Russel (1967) haben von einigen präkambrischen Meta-Sedimenten SE-Schwedens guterhaltene prädiagenetische Primärstrukturen beschrieben, unter denen ähnliche schrägschichtete Meta-Arenite wie in Mauri sind. Die Autoren halten diese für Produkte einer schnellen Sedimentation in deltaähnlicher Form.

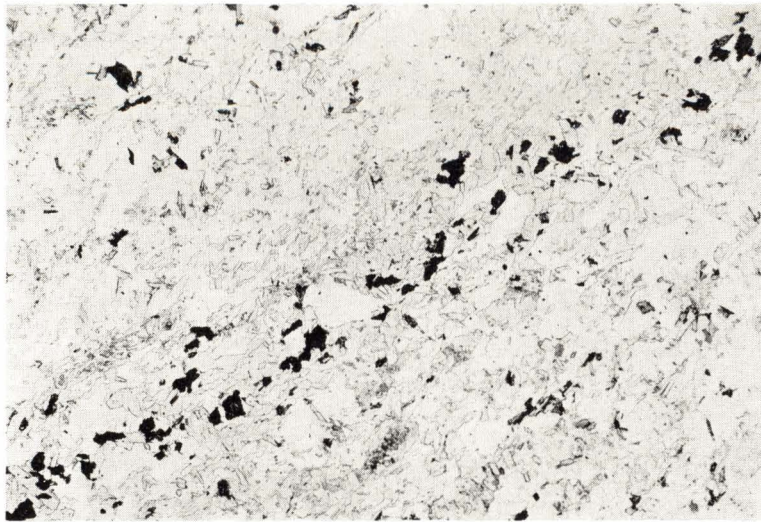


ABB. 5. Querschnitt einer Schichtfuge der schräggeschichteten Meta-Arkose.
Ohne Analysator, Vergr. 20 x.

Auch die oben erwähnte Schrägschichtung der Meta-Arkose von Mauri mag übereinstimmend zeigen, dass die Ablagerung des ursprünglichen Sandsteines mittels eines strömenden Wassers in einer deltaähnliche Form stattgefunden hat und dass während der Ablagerung grosse rhythmische Schwankungen in der Wassermenge und in der Strömungsstärke auftraten. Bei abnehmender Wasserbewegung fand die eigentliche Sedimentation statt, wogegen bei zunehmender Bewegung die schon abgelagerten Schichten teils oder vollständig wieder abgetragen wurden. Dabei wurde das leichtere Verwitterungsmaterial weiter transportiert, während das schwerere dagegen an der Stelle blieb oder nur eine kürzere Strecke weiterrückte. Wie schon die Farbe dieser Anreicherungen erkennen lässt (Abb. 4 und 5), herrschen dort die dunklen und schweren Mineralien Opak, Turmalin, Monazit und bisweilen Biotit vor, immer aber sind auch Zirkon, Apatit und Epidot dabei.

Gesteinsgerölle und Konglomerate

Ein anderes beachtenswertes Merkmal der Meta-Arkose ist das Auftreten von Gesteinsgeröllen. Diese sind an vielen Stellen in dem östlichen Teil des Gesteinsverbandes angetroffen worden und die beachtenswertesten Verbreitungsgebiete sind in der Karte 2 (Abb. 6) ersichtlich.

Die Gesteinsgerölle kommen in zweierlei Weise vor. Einerseits treten sie sporadisch und abgesondert auf, andererseits als Geröllreihen bildende, dünne Konglomeratschichten. Beide Erscheinungsarten sind in Abb. 7 zu sehen. In beiden

Fällen gibt es zwei Arten von Geröllen, die sich megaskopisch vor allem in der Farbe voneinander unterscheiden. Zwischen diesen entweder dunkelgrauen oder hell rotbraunen Extremtypen gibt es verschiedene Übergangsvarietäten. Ungeachtet der Farbe variiert die Grösse der Gerölle von 1 bis 8 cm. Auf Grund der Feldbeobachtungen scheinen die Gerölle der Konglomeratschichten überwältigend heller, die einzeln gelegenen wieder dunkler zu sein. Die letzterwähnten sind im allgemeinen kleiner und auch flacher.

Schon megaskopisch sind dieselben Eigenschaften sowohl in den Geröllen als auch in der Meta-Arkose selbst zu identifizieren und die mikroskopische Untersuchung hat dieses bestätigt. Die I-Tischanalysen von extremfarbigen Geröllen zeigen, dass die helle Farbe vor allem durch den reichlichen Quarzgehalt, die dunkle durch die Menge des Glimmers und Opaks bedingt ist. Die beigefügten Modusanalysen und ihre Mittelwerte sprechen überzeugend für die Analogie zwischen Geröllen und Hauptgestein (Abb. 3).

Die Analogie zwischen dem Material und der Struktur in dem Hauptgestein und in den darinegelegenen Geröllen sowie die Lage der Gerölle entweder gesondert oder als dünne, konglomeratähnliche Reihen zeugen von einem typischen intraformationellen Konglomerat (u.a. Pettijohn 1949).

Wie bei den oben beschriebenen Schichtstrukturen und der dabei stattgefundenen Fraktionierung und Anreicherung des Verwitterungsmaterials liegt auch die Grundbedingung für die Entstehung des intraformationellen Konglomerats in der Schwankung sowohl der Menge als auch der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers.

Bei einer erheblichen Senkung des Wasserspiegels mag eine eben entstandene Ablagerung, oder eher ein Teil derselben, eine Untiefe, oberhalb des Wasserspiegels geraten sein. Dann hat sich der obere Teil entwässert, gehärtet und ist möglicherweise noch durch Trockenrisse in getrennte Blöcke zerteilt geworden. Die darauf folgenden Flutströmungen haben dann diese Blöcke losgerissen und deformiert; die helleren, sandigeren mehr an den Ecken abnutzend, die dunkleren, lehmigeren plastisch zu elliptischen Geröllen geformt. Gleichzeitig haben diese Flutströmungen diese deformierten Schichtfragmente entweder einzeln befördert oder sie zu dünnen Schichten in dachziegelartigen Lagerung zusammengeschwemmt. Beide sind dann während der sich fortsetzenden Sedimentation unter neue Ablagerungen begraben geworden.

TEKTONIK

Die Meta-Arkose von Mauri stellt, wie erwähnt, eine etwa 15 km lange Einlagerung in der westlichen Fortsetzung des Grauwackenschiefers von Tampere dar.

Ähnlich wie in den angrenzenden Gesteinen liegen die Schieferungsebenen jetzt fast vertikal. Beinahe senkrecht stehen auch die Streckungsrichtungen. Doch unter ihnen gibt es auch sanft abfallende Lineare, die der in der Schieferformation von

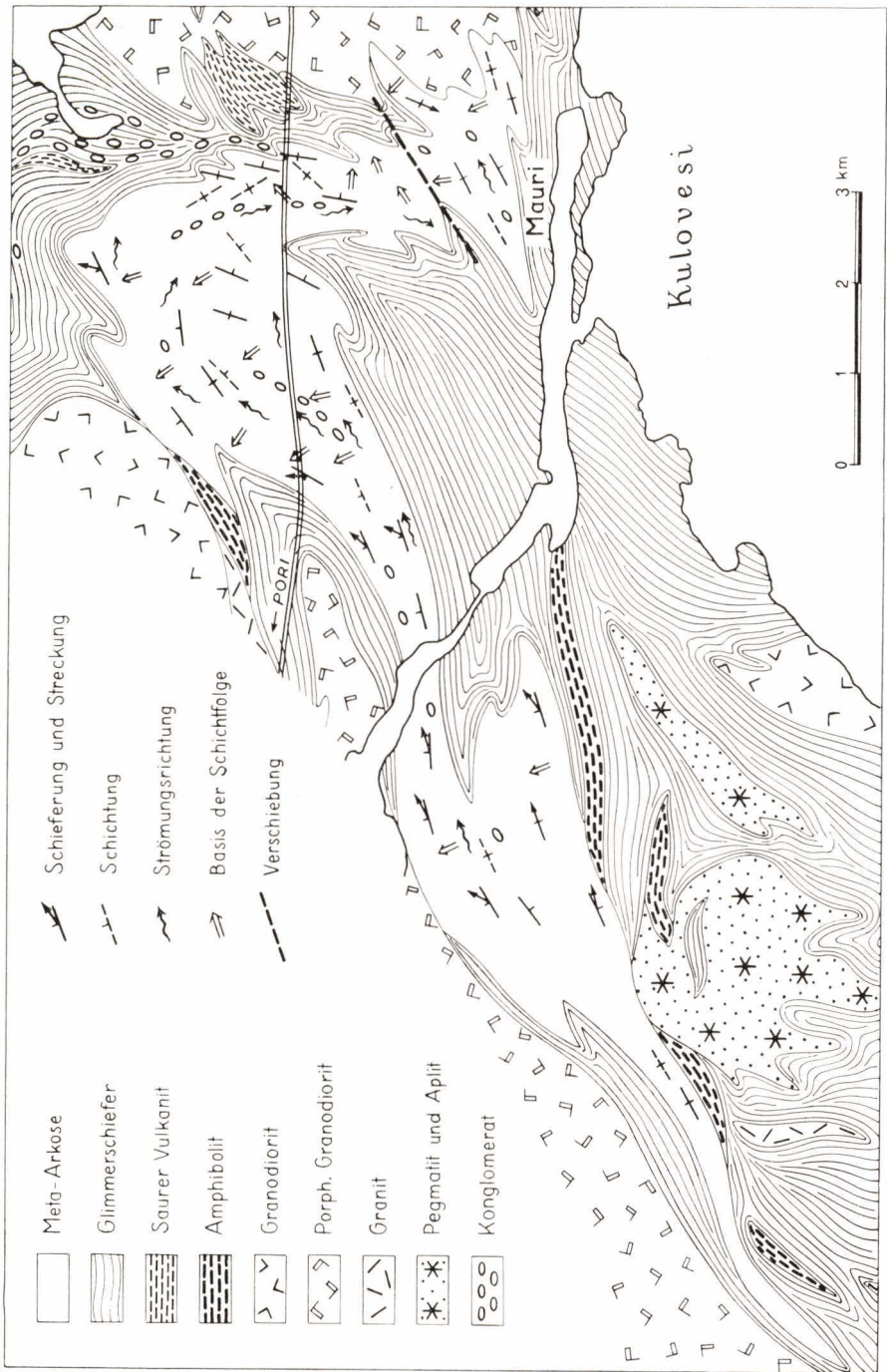


ABB. 6. Geologische Karte der Meta-Arkose. Karte 2.

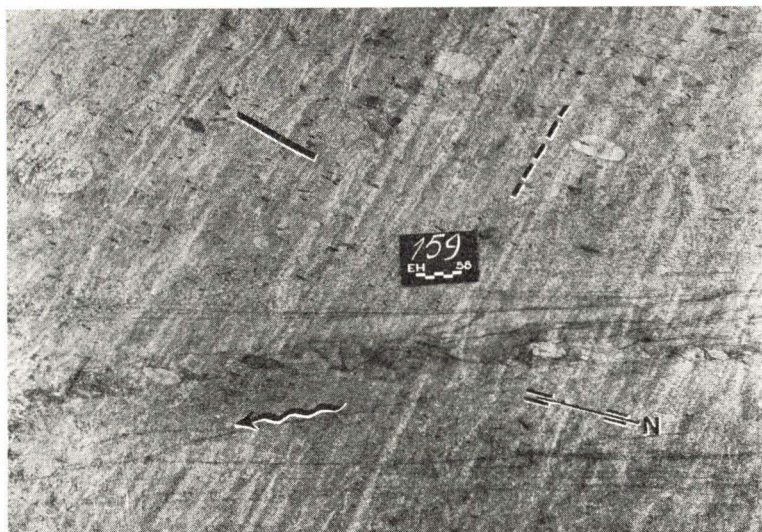


ABB. 7. Intraformationelles Konglomerat. \rightsquigarrow = Strömungsrichtung (Vgl. Pettijohn 1930), — = Transversalschieferung, - - - = glaziale Schrammen. Massstab 5 cm.

Tampere gemessenen leicht östlich eintauchenden tektonischen Faltenachse entsprechen (Neuvonen und Matisto 1948; Simonen und Kouvo 1951).

Die Schieferung folgt genau den miteinander parallelen Richtungen der Schieferung der umgebenden Schiefer als auch den Konturen der Meta-Arkose. Besonders ist zu beachten, dass die Richtungen der Meta-Arkose und ihrer Nebengesteine nicht nur in dem geradlinigen westlichen Teil sondern auch in dem schroff über Norden nach Süden umbiegenden östlichen Ende vollständig konform sind. Diese schroffe Biegung ist offenbar durch die Einwirkung der synorogenen porphyrischen Granodioritintrusion entstanden, die in die Schieferformation zwischen Siuro, Nokia und Ylöjärvi eingedrungen ist (Simonen 1960a; Matisto 1962). Diese hat auch die in ihrem östlichen Teil mit ihr im Kontakt befindlichen Schiefer einer starken Deformation unterzogen (Abb. 1; Matisto 1961). In dieser Biegungszone ist die Kontaktlinie flammenartig gebeugt, und einige kleinere Teile sind aus ihrem früheren Zusammenhang losgerissen.

Auch die ursprünglichen Schichten der Meta-Arkose liegen jetzt ziemlich vertikal. Im westlichen Teil erscheinen sie mit der Schieferung gleich zu laufen, obwohl man es in dem schmalen, stark tektonisierten westlichen Ende, wo die Primärstrukturen entweder vernichtet oder kräftig deformiert sind, nicht mehr exakt feststellen kann. Im östlichen Ende dagegen, wo gut erhaltene Primärstrukturen reichlich zu sehen sind, weichen die Schieferungs- und Schichtungsrichtungen deutlich voneinander ab (Abb. 6). Die Transversalschieferung ist dort so deutlich, dass sie mega- und mikroskopisch sowohl in dem Schiefer selbst (Abb. 7) als auch in den Geröllen des

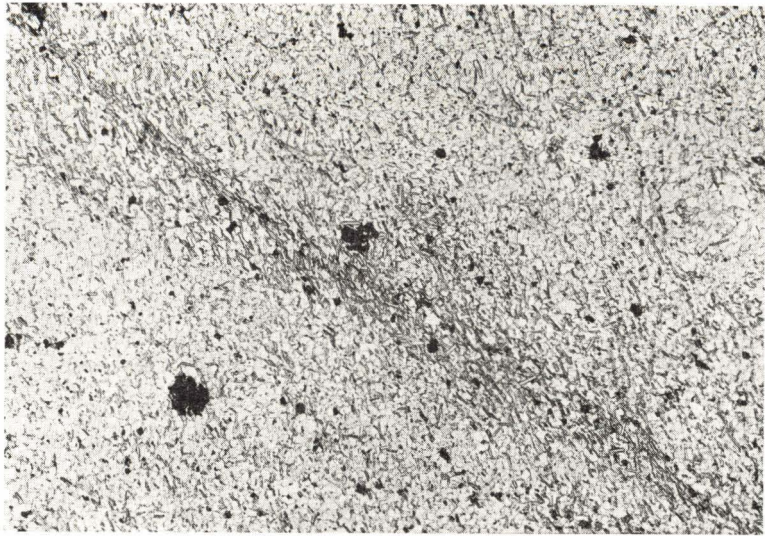


ABB. 8. Schichtung und Transversalschieferung im Gerölle. Ohne Analysator, Vergr. 20 x.

Konglomerats (Abb. 8) sichtbar ist. Das Auftreten der Transversalschieferung ist hier eine natürliche Folge der von der erwähnten Porphyrogranodioritintrusion hervorgerufenen Deformation. Diese Umstände fehlen jedoch in der Südspitze des östlichen Endes des Gesteinsverbandes gänzlich, und es scheint, dass dieser Teil seine primären Strukturzüge beibehalten hat und durch einen Bruch aus seinem ursprünglichen Zusammenhang losgerissen, und in seine heutige Lage versetzt wurde. Diese Annahme wird unten in der Deutung der stratigraphischen Lage der Meta-Arkose weiter gestützt.

STRATIGRAPHIE

Basis der Schichtfolge

Im mittleren und östlichen Teil der Meta-Arkose, wo gut erhaltene Schrägschichtungsstrukturen und Konglomeratschichten reichlich zutage treten, war es möglich, zahlreiche Beobachtungen über die Basis der Schichtfolge zu machen (Abb. 6). Westlich der nördlichen Kulmination des Arkose-Horizontes laufen sie systematisch und voneinander nur wenig abweichend nach NNW. Ebenso systematisch laufen sie wieder in dem N—S-gerichteten östlichen Teil nach E oder ENE. Eine Ausnahme macht wieder, wie bei Beobachtungen der Transversalschieferung, die südliche Spitze, wo die Basisrichtungen, wie im westlichen Teil, nach NNW laufen. Dieses stützt die erwähnte Auffassung, dass die Südspitze, ihre ursprünglichen Primärzüge beibehaltend und ohne verbogen zu werden, in ihre heutige Lage verschoben wurde.

Würde man den östlichen, abgebogenen Teil des Arkose-Ausstriches in die WSW—ENE-verlaufende Richtung des Hauptteiles ausstrecken und noch die Südspitze an das östliche Ende verschieben, so würden alle Basisrichtungen nach NNW weisen. Das zeigt, dass die ganze Ablagerung im Zusammenhang mit der Gebirgsfaltung, ohne selbst gefaltet zu werden, zur vertikale Lage aufgestanden, und dann unter der Einwirkung der Porphygranodioritintrusion schroff abgelenkt worden ist.

Transportrichtung des Materials

Aus den Schrägschichtungsstrukturen ist auch die Transportrichtung des Materials zur Zeit der Sedimentation zu messen. In über 20 Messungen schwankte der Winkel zwischen Horizontal- und Schrägschichtung um 10° — 22° , meistens innerhalb 18° — 20° . Die Richtungen der Gradienten sind auf der beigefügten Karte wiedergegeben (Abb. 6). Man sieht, dass die Transportrichtungen der allgemeinen Orientierung der Meta-Arkose folgen. Im westlichen Teil laufen sie zuerst nach ENE, wenden sich aber in Höhe der Landstrasse Pori—Tampere fast nach Norden. In der nördlichen Kulmination der grossen Biegung zeigen die Richtungen direkt nach Osten und dann im N—S-verlaufenden östlichen Teil andererseits fast nach Süden. Ausser aus der Schrägschichtungsstrukturen ist hier die südliche Transportrichtung auch aus der dachziegelartigen Lage der Gerölle in den dünnen Konglomeratschichten zu konstatieren (Abb. 7; Pettijohn 1930).

Die Südspitze des östlichen Teiles weicht auch hinsichtlich der Transportrichtung ab. Sie läuft nämlich hier in derselben ENE-Richtung, wie in dem westlichen Hauptteil. Vermutet man auch jetzt den ganzen Verband in eine ursprünglich gerade Gestalt ausgestreckt und fügt die in ihren Richtungen abweichende Südspitze dem östlichen Ende zu, so ist zu sehen, dass die Transportrichtung zur Zeit der Sedimentation parallel mit dem damals geradlinigen Verlauf der Arkose gelegen hat.

Aus der Schrägschichtung einiger schon früher erwähnter Meta-Sedimente des südöstlichen Schwedens (Gavelin und Russel, 1967) hat Russel (1967) eine Menge ursprünglicher Transportrichtungen analysiert. Dabei hat er u.a. die konstanten, parallelen, an der Gammelbyviken-Synkline gemessenen Richtungen als Produkte der Stromsedimentation erklärt. Wie aber oben dargelegt ist, sind auch die primären Transportrichtungen der Meta-Arkose von Mauri ganz konstant und parallel. Demnach könnte man die Erklärung Russels auch auf sie übertragen und die Entstehungsdefinition so ergänzen, dass die Arkose ursprünglich ein aus einem flachem Wasser in deltaähnlicher Form abgelagertes Stromsediment war.

Toivo Mikkola (1966) hat neulich an einer einzigen Stelle eine nördliche Transportrichtung in der Meta-Arkose von Mauri gemessen. Ohne diesen Gesteinsverband näher zu kennen, hat er vorgeschlagen, diese nördliche Richtung auf die ganze svekofennidische Sedimentation anzuwenden. Die oben beschriebenen tektonischen Argumente beachtend kann der Verfasser nicht ohne gewisse Vor-

behalte zu Mikkolas Entwurf stehen. Es ist festzustellen, dass die Meta-Arkose von Mauri in mancher Hinsicht eigenartig ist und von anderen Geosynklinalsedimenten des Tampere-Gebietes deutlich abweicht. In der ganzen svekofennidischen Sedimentation nimmt sie auch nur einen geringen Teil ein. Darum wäre es selbst zu gewagt, auch die von dem Verfasser dargelegten Transportrichtungen der Meta-Arkose für die ganze svekofennidische Sedimentation zu generalisieren.

HERKUNFT DES MATERIALS

Im heutigen Stadium der geologischen Entwicklung gibt es keine realen Möglichkeiten, die Herkunft des Meta-Arkose-Materials zu ermitteln. Doch gibt es einige Kriterien, die sogar weitreichende Folgerungen über die Natur und die frühere Lage des Muttergesteins zu ziehen gestatten.

Wie schon früher festgestellt, sind die Residualminerale der Meta-Arkose meistens eckig und unabgenutzt. Demnach ist der Transportweg kurz und die Sedimentation schnell gewesen. Die schmale und lange Form des Ausstrichs und die Parallelität der Transportrichtung des Materials mit der Längsrichtung der Gesteinsserie beweisen noch, dass der Transport aus dem Westen, und zwar aus einer geringen Entfernung von einem begrenzten Gebiet erfolgte.

Haben wir den Mut, auf Grund später vorgebrachter Begründungen, das den Modus der Meta-Arkose (Abb. 3) entsprechende Tiefengestein zu suchen, so kommen wir z.B. nach der Klassifikation Ronners (1963) zu einem Aplitgranit, der 10—50 % Quarz, mehr Kalifeldspat als Plagioklas und weniger als 10 % Mafite enthält. Dieses würde auch dann gelten, wenn es bei dem Verwitterungs- und Transportprozess zu einer Anreicherung des Quarzes und bei Schwankungen der Strömungsgeschwindigkeit zu einer teilweisen Fraktionierung des Materials gekommen wäre.

Ähnliche Schlüsse kann man auch auf Grund der chemischen Zusammensetzung ziehen (Tab. 1). In seiner Untersuchung über die archaischen suprakrustalen Gesteine

TABELLE 1
Chemische Zusammensetzung der Meta-Arkose.
Anal. H. Berghell (Sederholm 1913).

	Gew.- %	Molek. Norm	Normative Feldspäte	Niggli- Werte
SiO ₂	75.52	Or 21.5	Or 57.3	si 486
Al ₂ O ₃	14.64	Ab 9.0	Ab 24.0	al 55.5
Fe ₂ O ₃	1.42	An 7.0	An 18.7	fm 14.9
FeO	0.95	Q 51.55		c 9.2
CaO	1.33			alk 20.4
MgO	0.30	C 8.1		k 0.71
Na ₂ O	0.97	en 0.8		mg 0.19
K ₂ O	3.53	fs 0.7		
H ₂ O+	} 1.06	mt 1.35		
H ₂ O-				
	99.72	100.00	100.0	

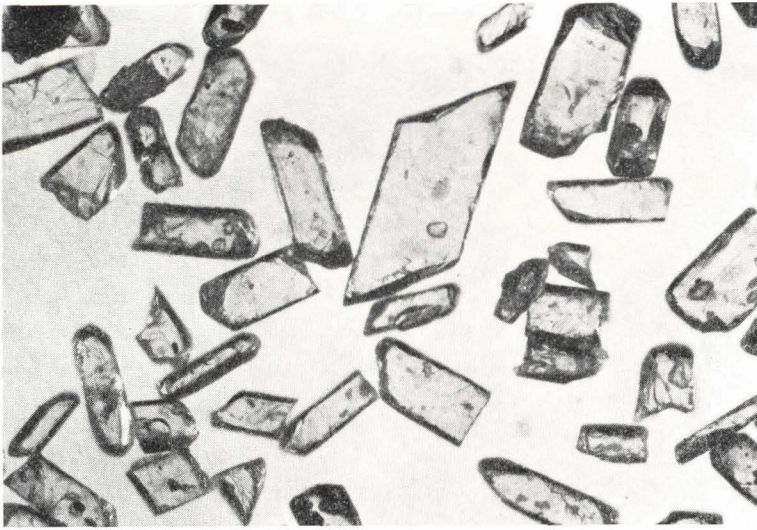


ABB. 9. Separierte idiomorphe Monazitkristalle der Meta-Arkose. Ohne Analysator, Vergr. 85 x.

Westfinnlands hat Simonen (1953b) die Meta-Arkose von Mauri mit anderen suprakrustalen Schiefen des Tampere-Gebietes verglichen und sie als ein von allen anderen etwas abweichenden Typ herausgestellt, der doch nahe den Grauwackenschiefern steht. Von diesen weicht die Meta-Arkose wegen ihrer niedrigeren normativen Ab-Komponenten und der entsprechend höheren Or-Komponenten ab. Ferner ist der Glimmer der Meta-Arkose überwiegend Muskovit und der des Grauwackenschiefers Biotit, und reliktsche Schieferfragmente des Grauwackenschiefers sind Phyllite, während die entsprechenden konglomeratischen Gerölle der Meta-Arkose aus demselben Schiefer wie das Muttergestein bestehen.

Neben den erwähnten Unterschieden weichen diese zwei Gesteinsarten auch auf Grund der Abnutzungsstufe des Materials voneinander ab, die bei dem Grauwackenschiefer merkbar weitergegangen ist. Dieser Unterschied kommt besonders deutlich in den für isotopische Altersbestimmungen separierten Mineralfraktionen vor. Der Zirkon des Grauwackenschiefers ist abgenutzt und gerundet (Kouvo und Tilton 1966), während Monazit und Zirkon der monazitreichen Meta-Arkose unabgenutzt und idiomorph sind (Kouvo, mündliche Mitteilung; Abb. 9). Die unvollständige Verwitterung des Residualmaterials beider Gesteinsarten zeigt andererseits, dass Verwitterung, Transport und Sedimentation rasch stattgefunden haben. Es kommt doch offenbar vor, dass das Material des Grauwackenschiefers, Zirkon einbegriffen, von einer früheren, prä-svekofennidischen Herkunft ist. Diese Vermutung wird durch das Isotopenalter, 2 300 M.J., des Zirkons dieses Gesteins bekräftigt (Kouvo und Tilton 1966). Das Isotopenalter des Zirkons der Meta-Arkose, 1 900 M.J. (Kouvo, bislang unpubliziert), weist doch auf die Altersgruppe der karelidisch-

svekofennidischen synorogenen Intrusionen, die unter anderem die Schiefer der Tampere-Gegend durchschneiden. Andererseits zeigt die Idiomorphie des Zirkons und Monazits nach Kouvo und Tilton, dass ihr ursprüngliches Muttergestein ein Tiefengestein gewesen ist.

Vergleicht man nun, auf die obigen Ausführungen gründend, die chemische Zusammensetzung der Meta-Arkose mit der, der von Simonen (1960b) untersuchten Plutonite der finnischen Svekofenniden, so zeigt es sich, dass der Chemismus der Meta-Arkose sehr nahe mit dem der Mikroklinggranite Südfinlands und dem der sauersten, granitischen Glieder der Granitprovinz des Tampere-Gebietes zusammentrifft. Von ihnen weicht er jedoch wahrnehmbar durch den höheren Quarzgehalt ab. Dies aber wird durch die Anreicherung des Quarzes während des Verwitterungs- und Transportprozesses erklärt.

Auf das granitische Ausgangsmaterial der Meta-Arkose deuten unverkennbar auch ihre Akzessorien, besonders Apatit und Turmalin. Südlich und auf der westlichen Fortsetzung der Schieferzone von Tampere befinden sich nämlich eine Menge meistens aplitische oder pegmatitische Granitintrusionen, für die neben anderen Akzessorien das Vorkommen von idiomorphen Apatit und Turmalin charakteristisch ist. Gemeinsam mit der Meta-Arkose enthalten sie auch mehr Kalifeldspat als Plagioklas und mehr Muskovit als Biotit. Die mittlere mineralogische Zusammensetzung einiger in der Nähe der Meta-Arkose befindlicher aplitischer Granite ist derjenigen der Meta-Arkose sehr ähnlich (Abb .3). Diese Übereinstimmung wird noch deutlicher, wenn die offenbar in der Meta-Arkose stattgefundenen, oben erwähnte Anreicherung des Quarzes auf Kosten der Feldspäte beachtet wird.

Es ist nicht zu vermuten, dass das Material der Meta-Arkose von irgendeinem Granit im heutigen Schnittniveau der Erdoberfläche herkommen könnte. Es scheint dagegen sehr nahe liegend, dass zur Zeit der Sedimentation der Grauwackenschieferformation der Gegend von Tampere die Abtragung örtlich einen entsprechenden, während der orogenen Bewegungen emporgestiegenen Granit erreichte und ihn erodierte. Diese Schlussfolgerung wird von dem, schon oben erwähnten, aus dem residualen Zirkon der Meta-Arkose bestimmten Isotopenalter, 1900 M.J., gestützt, was gut mit dem Alter anderer karelidisch-svekofennidischer synorogener Intrusionen übereinstimmt.

Meinem Mitarbeiter Mag. Phil. Seppo Lavikainen bin ich für die I-Tischanalysen, und meinem Feldassistenten Herrn Erkki Halme, auch für die beigefügten Fotos, sehr zu Dank verpflichtet.

SCHRIFTEN

- ESKOLA, PENTTI (1941) Erkki Mikkola und der heutige Stand der präkambrischen Geologie in Finnland. *Geol. Rundschau*, Bd. 32, S. 452.
- GAVELIN, SVEN and RUSSEL, RICHARD V. (1967) Primary sedimentary structures from the Precambrian of southeastern Sweden. *Geol. Fören. Stockholm Förh.*, Vol. 89, S. 74—104.
- HUMMEL, DAVID (1875) Sveriges lagrade urberg jemförda med sydvestra Europas. *Sveriges Geol. Unders.*, Ser. C, No 15.
- KOUVO, OLAVI and TILTON, G. R. (1966) Mineral ages from Finnish Precambrian. *J. Geol.*, Vol. 74, S. 421—442.
- MATISTO, ARVO (1961) Kallioperäkartta, Lehti 2123, Tampere. Suomen geologinen kartta, 1: 100 000.
- »— (1962) Ortoklaasipitoisista porfyryisistä granodioriiteista. Summary: On some orthoclase-bearing porphyritic granodiorites. *Geologi*, Vsk. 14, S. 118—121.
- »— (1967) Kallioperäkartta, Lehti 2121, Vammala. Suomen geologinen kartta, 1: 100 000.
- MIKKOLA, TOIVO (1966) Prekambrin sedimenteistä ja orogenioista. *Geologi*, Vsk. 18, S. 122—123.
- NEUVONEN, K. J. and MATISTO, A. S. I. (1948) Some observations on the tectonics in the Tampere schist area. *C. R. Soc. géol. Finlande* 21, S. 79; *Bull. Comm. géol. Finlande* 142.
- PETTIJOHN, F. J. (1930) Imbricate arrangement of pebbles in a pre-Cambrian conglomerate. *J. Geol.*, Vol. 38, S. 568—573.
- »— (1949) *Sedimentary rocks*. New York.
- RONNER, FELIX (1963) *Systematische Klassifikation der Massengesteine*. Wien.
- RUSSEL, RICHARD V. (1967) Paleocurrent analysis in deltaic Precambrian meta-sedimentary rocks from Västervik, Sweden. *Geol. Fören. Stockholm Förh.*, Vol. 89, S. 105—115.
- SEDERHOLM, J. J. (1897) Über eine archaische Sedimentformation im südwestlichen Finland und ihre Bedeutung für die Erklärung der Entstehungsweise des Grundgebirges. *Bull. Comm. géol. Finlande* 6.
- »— (1903) Vuorilajikartta, Lehti B 2, Tampere. Suomen geologinen yleiskartta, 1: 400 000.
- »— (1913) Vuorilajikartan selitys, Lehti B 2, Tampere. Suomen geologinen yleiskartta, 1: 400 000.
- »— (1932) On the geology of Fennoskandia. *Bull. Comm. géol. Finlande* 98.
- SIMONEN, AHTI (1952) Kallioperäkartan selitys, Lehti 2124, Viljakkala—Teisko. Summary: Explanation to the map of rocks. Suomen geologinen kartta, 1: 100 000.
- »— (1953a) Kallioperäkartta, Lehti 2124, Viljakkala—Teisko. Suomen geologinen kartta, 1: 100 000.
- »— (1953b) Stratigraphy and sedimentation of the Svecofennidic, early Archean supracrustal rocks in southwestern Finland. *Bull. Comm. géol. Finlande* 143.
- »— (1960a) Pre-Quaternary rocks in Finland. *Bull. Comm. géol. Finlande* 191.
- »— (1960b) Plutonic rocks of the Svecofennides in Finland. *Bull. Comm. géol. Finlande* 189.
- SIMONEN, AHTI and KOUVO, OLAVI (1951) Archean varved schists north of Tampere in Finland. *C. R. Soc. géol. Finlande Bull. Comm. géol. Finlande* 154. 24, S. 93;

