

DE EOCENE FYLLIETFORMATIE IN CENTRAAL-BORNEO

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING
VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN
DE TECHNISCHE WETENSCHAP AAN
DE TECHNISCHE HOOGESCHOOL TE
DELFT, OP GEZAG VAN DEN RECTOR
MAGNIFICUS Ir. G. DIEHL, HOOG-
LEERAAR IN DE AFDEELING DER
BOUWKUNDE, VOOREEN COMMISSIE
UIT DEN SENAAT TE VERDEDIGEN
OP DINSDAG 17 DECEMBER 1935, DES
NAMIDDAGS TE 4 UUR, DOOR

GERRIT TER BRUGGEN

MIJNINGENIEUR

GEBOREN TE VELD (G)

1012 @ 320



N.V. DRUKKERIJ WALTMAN - DELFT 1935

DIT PROEFSCHRIFT IS GOEDGEKEURD DOOR DEN
PROMOTOR PROF. DR. J. H. F. UMBGROVE

Aan

Prof. Dr. G. A. F. MOLENGRAAFF.

INHOUD.

	Pag.
INLEIDING	9
HOOFDSTUK I.	
Vroeger onderzoek	13
HOOFDSTUK II.	
Morfologie en algemeene opmerkingen	18
HOOFDSTUK III.	
Stratigrafie	23
1. Trias (?)	23
2. Danaufornatie	24
3. Jura	29
4. Krijt	30
5. Tertiair	32
a. Palaeogeen	32
α. Het oudtertiair in normalen habitus	32
1. Het aequivalent der Melawiformatie (Kantoelagen) en de plateau- zandsteen	32
2. Het mariene en vulkanische oud- tertiair	35
β. Het oudtertiair in fyllitischen habitus (fyllietformatie)	43
Vroeger onderzoek	43
Onderzoek in 1930	49
Onderzoek in 1931	50
Onderzoek in 1932	51
Ouderdomsbepaling der fyllietformatie	56
De gesteenten der fyllietformatie	61
Dynamometamorfose	66
Pseudo-organische vormingen op het druksplijtingsvlak	75

	Pag.
Problematica	76
Oriëntatie der kwartskorrels	78
Karakter der metamorfose	82
Helling en strekking; plooingsdruk	83
Eruptiva in de fylletformatie	87
Stratigrafische positie der gesteenten van Bt. Pan	89
b. Neogeen	92
6. Pleistoceen en Holoceen	94
7. Stollingsgesteenten	94
a. Dieptegesteenten	94
b. Gang- en uitvloeiingsgesteenten	95

HOOFDSTUK IV.

Geologische geschiedenis van het gebied vanaf het Oudtertiair	99
--	----

HOOFDSTUK V.

Voortzetting der fylletformatie buiten het behandelde gebied	116
Voortzetting in Britsch Noord-Borneo	130
Voortzetting buiten Borneo	132

LITERATUURLIJST	134
---------------------------	-----

INLEIDING.

Het gebied, waarover dit proefschrift handelt, omvat het noordoostelijk deel van de Residentie Westerafdeeling van Borneo en van het noordwaarts aangrenzend Serawak (2d. en 3d. Division). In fig. 1 is het ter oriëntatie omlijnd aangegeven. Hoofdzaak zal zijn de bespreking van de fyllietformatie, door



Fig. 1. Het hier speciaal besproken gebied.

MOLENGRAAFF de „oude-lei-formatie” genoemd; voor een begrip van haar wordingsgeschiedenis kan echter een korte beschouwing der andere formaties niet worden gemist.

Oorspronkelijk lag het in mijn bedoeling van het hier be-

handelde gebied een uitgebreid geologisch overzicht te geven, vergezeld van een uitvoeriger kaartmateriaal dan thans het geval is. Voor de toestemming tot publicatie daarvan ben ik dank verschuldigd aan het gewezen Hoofd van den Opsporingsdienst, Ir. J. REYZER.

Na diens vertrek naar Europa werd, na de reorganisatie bij den Dienst van den Mijnbouw, door Dr. J. ZWIERZYCKI in zijn functie van Hoofd der Afdeling Algemeene Geologie het voornemen opgevat de in den loop der jaren verkregen nieuwere gegevens omtrent Borneo in een publicatie samen te vatten en daarbij een kaart op schaal 1 : 200.000 te geven. Dit plan moet ten eerste worden geapprecieerd; het onderwerp mijner dissertatie werd hierdoor echter aanmerkelijk beperkt. Alleen de fyllietformatie kan uitgebreid worden behandeld; het gebied kan slechts worden weergegeven op een schaal van 1 : 1.000.000 en het zal herhaaldelijk noodig zijn te verwijzen naar deze in uitzicht gestelde dienstpublicatie, die van groot belang belooft te zijn voor de geologie van Borneo.

Voor ik met de eigenlijke behandeling van mijn onderwerp aanvang, wil ik allen, die mij hun medewerking verleenden, mijn dank betuigen.

In de eerste plaats aan Prof. Dr. G. A. F. MOLENGRAAFF. Ik beschouw het als een bijzonder voorrecht, dat ik in Borneo, aan de hand van zijn voortreffelijke kaarten als het ware onder zijn persoonlijke leiding met de geologie van het Boven-Kapoeasgebied mocht kennismaken. Hoezeer heeft mij zijn voortdurende belangstelling in dit werk gesteund en hoezeer heb ik de moeite, die hij zich gaf in een uitgebreide correspondentie gewaardeerd. Het is dan ook aan hem, dat ik dit werk met de meeste hoogachting wil opdragen.

Het is hier eveneens de plaats om Dr. Ir. C. P. A. ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN hartelijk dank te zeggen. In zijn functie van leider van het Mijnbouwkundig Geologisch Onderzoek „West-Borneo” heeft hij ex officio vele zich voordoende kwesties met mij besproken. Deze discussies benevens zijn steeds bereidwillig gegeven hulp bij het petrografisch onderzoek en de moeite, die hij zich heeft gegeven bij de vergelijking van mijn fossielmateriaal uit het Empananggebied en

uit Serawak met het zijne uit de Melawiformatie, zijn mij van groot nut geweest.

Verder wil ik nog dank zeggen aan DR. P. ESENWEIN voor zijn hulp bij het petrografisch onderzoek en bij het maken van een serie microfoto's, die ik helaas niet alle kan publiceren.

Ook aan DR. P. KRUIZINGA ben ik dank verschuldigd voor het maken van een microfoto, evenals aan den heer C. VAN WERKHOVEN, die foto's vervaardigde van een tweetal handstukken. Hij heeft ook het tekenwerk verricht.

Het lijkt mij niet overbodig op deze plaats nog eens de vele hulp te releveeren, die mijn vrouw mij steeds zoo opgewekt heeft verleend bij het klaarmaken van dit proefschrift voor den druk en bij de correctie der drukproeven.

Tenslotte wil ik ook den mantri TAHJAR NATASAPOETRA mijn erkentelijkheid betuigen voor de nauwgezette wijze, waarop hij de hem gegeven vaak moeilijke opdrachten heeft uitgevoerd. In het zware terrein van het Boven-Kapoeasgebergte is een vast vertrouwen van den ingenieur op het doorzetttingsvermogen van den mantri, die een ander tracé volgt en dien hij op een bepaalden tijd en op een bepaald punt moet ontmoeten, onontbeerlijk. NATASAPOETRA heeft dat vertrouwen nooit beschaamd.

Verder blijft mij de gastvrijheid, die ik van de heeren VAN WIJK, BURGEMEESTRE, VAN DER KOLK en in Serawak van de heeren MACPHERSON en HANSOM mocht genieten, steeds in aangename herinnering.

In het volgende wordt voorts hier en daar gebruik gemaakt van enkele dienstrapporten, resp. van DR. P. ESENWEIN en DR. IR. R. W. VAN BEMMELEN betreffende petrografisch onderzoek van gesteenten uit het Boven-Kapoeasgebied; van DR. IR. TAN SIN HOK betreffend een oriënteerend onderzoek van de door mij verzamelde foraminiferen uit de fyllietformatie; van DR. C. H. OOSTINGH over een onderzoek der mollusken van mijn eenige jura-vindplaats in het merengebied en van DR. W. SCHEFFEN betreffend het onderzoek van enkele foraminiferen uit het neogeen van Serawak.

Bij een profielconstructie langs de Kapoeasrivier stroomop van de Boenganmonding maakte ik gebruik van gegevens, verzameld door wijlen ING. L. H. KROL op een tocht in 1930,

welker uitwerking het hem niet vergund was nog zelf ter hand te nemen.

Het onderzochte materiaal, ongeveer 3000 handstukken en 1400 slijpplaatjes omvattend, wordt bewaard in het Museum van den Dienst van den Mijnbouw te Bandoeng.

HOOFDSTUK I.

VROEGER ONDERZOEK.

TH. POSEWITZ geeft in zijn welbekend werk „Borneo” een overzicht van de vele ontdekkingsreizen, die op dit eiland hebben plaatsgehad. Verreweg de meeste daarvan brachten alleen geografische en ethnologische resultaten en slechts zeer weinige betroffen het hier besproken gebied.

Nadat het merengebied in 1823 door HARTMANN was ontdekt, reisde in 1824 MÜLLER in deze streken en drong door tot de Sibaumonding, waar hij de Kajan-Dajaks aantrof. Een jaar daarna werd hij op een tocht van Oost naar West in de Boenganrivier bij de riam Bakang door inboorlingen lafhartig vermoord.

De tocht van VON GAFFRON in 1846 van de Kotawaringinrivier naar Sintang valt buiten ons gebied. Hetzelfde is het geval met de welbekende reis van SCHWANER in 1847 langs de Kahajan via het naar hem genoemde gebergte naar Sintang.

Door ons terrein werd in 1850 gereisd door SPENSER ST. JOHN, die de omgeving van Maroep bij Engkelili in Serawak bezocht en die ook de juist ten Westen van ons gebied gelegen S. Skrang tot haar bronnen bereisde, vanwaar hij via de Kanowit de Redjangrivier bereikte.

In 1852 trok IDA PFEIFER uit de Batang Loeparrivier naar het merengebied; haar route is niet geheel duidelijk.

In 1866 bezocht BECCARI de omgeving van Maroep, beklom den top Tijang Ladjoe en bereikte later het merengebied langs S. Kantoe en S. Empanang. MOLENGRAAFF geeft van deze beide reizen een critisch verslag (26, p. 105, 106). BECCARI maakte ook den tocht van de Redjang naar de Batang Loepar langs hetzelfde tracé doch in tegenovergestelde richting als SPENSER ST. JOHN. Hij maakte verder een reis langs de Boven-Redjang, stroomafwaarts van de Belagamonding.

Latere tochten werden nog gemaakt door CROCKER in 1880 in de streek tusschen Batang Loepar en merengebied en nadien in dit terrein door vele anderen.

In de negentiger jaren werd ons gebied, voor zoover het Nederlandsch-Indisch terrein betrof, opgenomen door den Topografischen Dienst. De resultaten zijn uitgegeven als een fraai uitgevoerde kaart op schaal 1 : 200.000, vergezeld van vele weg- en stroomkaarten op grooter schaal. Deze kaart geeft van het geheel een uitnemend topografisch overzicht. De rivieren zijn tot het punt waar de bevaarbaarheid ophoudt juist weergegeven, ook de hoofdwaterscheidingen en de voornaamste bergtoppen zijn juist vastgelegd. Het spreekt vanzelf, dat deze nauwkeurigheid niet tot in de kleinere onderdeelen der kaart kon worden volgehouden, daartoe was de tijd, waarin dit veel omvattend werk werd verricht, te kort. Ieder echter, die het voorrecht heeft gehad dit zware terrein uit eigen aanschouwing te leeren kennen, zal niet anders dan bewondering kunnen hebben voor de prestatie, die hier door den Topografischen Dienst is geleverd onder de leiding van H. BOSBOOM en J. J. K. ENTHOVEN. Laatstgenoemde heeft bovendien in zijn „Bijdragen tot de geographie van Borneo's Wester-Afdeeling" (11) een werk geleverd, dat in zijn breeden opzet een goed overzicht geeft van land en volk.

Inmiddels bleef het gebied in Serawak bezuiden de Redjang-rivier ook na de bovengenoemde reizen nog lang terra incognita en deze toestand heeft tot in vrij recenten tijd voortgeduurd. Er bestaat echter thans een topografische dienst in dit land, die reeds enkele, nog maar zeer schematische kaarten heeft gepubliceerd. Hoe dit werk echter in de laatste jaren is gevorderd, is mij niet bekend.

Ofschoon de genoemde reizen en vooral de kaartteering haar groot nut hebben gehad voor de algemeene kennis omtrent Borneo, droegen zij tot de geologische weinig of niets bij. Speciaal geologische onderzoekingen hadden echter plaats door het Mijnwezen; ook deze vallen voor het allergrootste deel buiten ons gebied.

EVERWIJN maakte in 1853, 1856 en 1857 tochten langs de Kapoeas en enkele zijrivieren om een onderzoek in te stellen naar de aanwezigheid van steenkolen (13 p. 12-44). De gevonden steenkolen hield hij voor *eoceen*, zulks op grond van enkele door VAN DIJK in 1857 gevonden fossielen (10). Slechts op één plaats kwam hij juist bij den zuidrand van ons

gebied, nl. in S. Mentibah en vandaar had hij een uitzicht van het Noordoosten tot het Zuidoosten op het bergland van het Mandai-gebied. Van een bezoek daaraan zag hij echter af met het oog op de aanwezigheid der Poenan-Dajaks, die in dien tijd nog zeer gevaarlijk waren (1. c. p. 22).

VAN SCHELLE maakte in 1879 den eersten geologischen tocht in ons gebied (38 p. 37) en wel langs de Lebojanrivier tusschen het merengebied en de Embaloeh. Zijn verslag daarover luidt als volgt:

„De grenzen der eocene vorming zijn thans vrijwel bekend, behalve aan de noordzijde. Dit terrein is zonder militair escorte niet te bereizen, daar de Batang-Loepar Dajaks in de laatste jaren een vijandige houding hebben aangenomen. Bij gelegenheid der laatste patrouille, die met 80 soldaten en circa 600 man hulptroepen ondernomen werd, kon ik de rivier Ambalan-Labojan tot aan haren oorsprong, op het grensgebergte met Serawak, nagaan en onder behoorlijke dekking eenige tochten maken. Aldaar kwamen geen kolen voor. Het grensgebergte bestaat uit ouden leisteen met kwartsgangen. In deze gangen werd geen goud ontdekt, doch het diluvium en alluvium is daar goudhoudend.”

Het duurde tot 1894 alvorens een algemeen oriënteerend geologisch onderzoek van het merengebied en de Boven-Kapoeas zou plaats vinden. Als lid van de Borneo-expeditie maakte MOLENGRAAFF in deze gebieden uitgebreide verkenningstochten en legde daarmede een hechten grondslag voor onze kennis. Ofschoon zijn werk zich ver uitstrekt bezuiden het in fig. 1 omgrensde gebied, worden hier alleen genoemd zijn onderzoek in het merengebied, zijn tocht in het gebied der fyllietformatie langs S. Embaloeh en haar rechterzijtak S. Tekelan naar den Boekit Tjondong in het grensgebergte met Serawak, zijn werk in het Mandaigebied en tenslotte zijn reis langs de Kapoeas boven Poetoës Sibau via haar linkerzijtak S. Boengan tot in het stroomgebied van de Mahakam. Zijn resultaten legde hij neer in zijn „Geologische Verkenningstochten in Centraal Borneo” (26), hetgeen met den daarbij behoorenden zeer fraai uitgevoerden atlas altijd het standaardwerk zal blijven voor de geologie dezer streken. De weg- en stroomkaarten, meest op een schaal van 1 : 50.000, die MOLENGRAAFF blijkens de Inleiding tot zijn

werk (1. c. p. XIII) vooral heeft gegeven om zijn beschrijving nuttig en bruikbaar te maken voor volgende onderzoekers, hebben aan dit doel volkomen beantwoord en zij zullen door haar groote objectiviteit haar waarde ook voor de toekomst onverminderd blijven behouden.

Naast MOLENGRAAFF's werk leverden ook de reizen van andere expeditieleden enkele geologische gegevens op, zooals die van BÜTTIKOFER in de Sibau-rivier, terwijl NIEUWENHUIS hier en daar enkele geologische waarnemingen heeft gedaan.

Intusschen bleef ook na MOLENGRAAFF's werk nog een groot deel van ons gebied onbekend. Want weliswaar wist MOLENGRAAFF uit het schuifsteenonderzoek in de Kapoeas aannemelijk te maken, dat in het verdere Boven-Kapoeasgebied de „oude-lei-formatie” een groote rol speelt, zekerheid omtrent uitbreiding en gesteldheid daarvan kon toch pas nader onderzoek geven. Ook het Empananggebied in het Westen bleef onbekend en eveneens het in het Noorden aangrenzende Serawak.

Er moest een lange tijd voorbijgaan alvorens MOLENGRAAFF's werk zou worden voortgezet, niet minder dan 37 jaar. Wel werd van 1915—1917 door LOTH in West-Borneo gewerkt, doch deze bleef buiten het hier behandelde gebied.

In 1929 maakte wijlen Ing. L. H. KROL, de toenmalige leider van het Mijnbouwkundig Geologisch Onderzoek ¹⁾ „West-Borneo” een plan voor een verdere geologische opname van het Boven-Kapoeasgebied met een daarbij aansluitende verkenning van Serawak met de Redjangrivier als noordgrens. Dit plan werd uitgevoerd in 1930 met als uitgangspunt de controleursstandplaats Poetoës Sibau. KROL trok langs de Kapoeas via haar linkerzijtak S. Tahoem door het Boven-Mahakam- en Boven-Ogagebied naar den militairen post Long Nawang. Vandaar trok hij over het grensgebergte en bereikte via S. Baloei de bestuursvestiging Kapit aan de Redjangrivier. Van zijn resultaten wordt hier alleen voor een tracé langs de Kapoeas boven Na. Boengan gebruik gemaakt.

Mijn tocht verliep langs S. Kapoeas, S. Kerijau, S. Bela-toeng, S. Langau, S. Boengan, S. Tandjan, S. Angai en ver-

¹⁾ Kortweg genoemd „M. G. O.”

volgens weer langs S. Kapoeas tot in haar brongebied, vanwaar het grensgebergte werd overgestoken en via S. Baleh eveneens Kapit werd bereikt. De terugweg werd ondernomen via S. Baleh, S. Menjong en het grensgebergte naar de Boven-Sibau, langs welke rivier Poetoës Sibau weer werd bereikt. Gelijktijdig werden op tusschengelegen tracés verscheidene mantri-verkenningen uitgevoerd, respectievelijk door MARTOWIDJOJO, KADAR, TAHJAR NATASAPOETRA en enkele anderen.

Kort na deze tochten kon Dr. Ir. C. P. A. ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN, die vanuit Oost-Borneo komend de Boengan en de Kapoeas was afgevaren, op zijn terugtocht naar Samarinda nog een onderzoek in het Kerijaugebied verrichten. Van zijn resultaten maak ik slechts gebruik in zooverre zij reeds gepubliceerd zijn. Hij werd na het vertrek van Ing. KROL in 1931 met de leiding van het M. G. O. West-Borneo belast.

In 1931 en 1932 maakte ik nog verschillende tochten in het merengebied, het Empanang- en Boven-Merakaigebied, benevens in het stroomgebied van de Batang Loepar in Serawak. Uit den bovenloop van laatstgenoemde rivier werd een doorsteek gemaakt via S. Tekelan naar de omgeving van Bt. Tjondong, waar MOLENGRAAFF in 1894 rolstukken had gevonden van grauwacke met camerinen midden in het oude-leigebied. De resultaten van dit onderzoek waren aanleiding tot een laatsten tocht, waarbij de S. Embaloeh tot bij haar oorsprong werd opgevaren, vanwaar via den hoogen top Bt. Oejoet een doorsteek naar het brongebied der Sibau-rivier werd gemaakt. Langs deze laatste werd de Kapoeas weder bereikt.

Teneinde herhalingen zooveel mogelijk te vermijden, heb ik ervan afgezien in dit hoofdstuk reeds resultaten van het onderzoek weer te geven.

HOOFDSTUK II.

MORFOLOGIE EN ALGEMEENE OPMERKINGEN.

Ons gebied strekt zich uit over een drietal stroomstelsels, respectievelijk dat van de Kapoeas, de Batang Loepar en de Batang Redjang. Een gedetailleerd morfologisch overzicht over dit zeer groote gebied ligt buiten het bestek van dit proefschrift, het zou op zichzelf een geheel boekdeel vullen, gesteld dat de mij ter beschikking staande gegevens daartoe voldoende waren. Voor het merengebied en de Boven-Kapoeas zou zulk een overzicht ook overbodig zijn, gezien de reeds bestaande topografische kaart 1 : 200.000 met de haar begeleidente weg- en stroomkaarten, de reeds genoemde „Bijdragen tot de geographie van Borneo's Wester-Afdeeling” van J. J. K. ENTHOVEN (11) en de beschrijvingen, die MOLENGRAAFF op verschillende plaatsen in zijn werk geeft (bv. op p. 246-248).

De hoofdwaterscheiding is ongetwijfeld die tusschen het Kapoeas- en Batang Loepar-stroomgebied eenerzijds en het Redjanggebied anderzijds; deze grensketen maakt deel uit van het uit een reeks evenwijdige, ongeveer Oost-West gerichte scherpe kammen bestaande gebergte, dat MOLENGRAAFF het „Boven-Kapoeas-ketengebergte” noemt; uit het brongebied der Kapoeas loopt deze waterscheiding sterk bochtig naar het Westen. Ofschoon zij in het Oosten een gemiddelde kamhoogte van 1300 m heeft en in het Embaloehgebied van 900 m, ligt toch een der hoogste toppen in het westelijk gedeelte, nl. Bt. Oejoet (1767 m), het knooppunt tusschen Embaloeh-Sibau- en Menjonggebied. Van deze in groote trekken Oost-West gerichte hoofdwaterscheiding splitst zich in het brongebied van S. Tekelan (rechterzijtak van S. Embaloeh) een secundaire af naar het Zuiden, die het Batang Loepar-stroomgebied van dat der Kapoeas scheidt en die eigenlijk in niets verschilt van de waterscheidingen tusschen de groote rechterzijtakken der Kapoeas, die op het grensgebergte ontspringen, zooals de Embaloeh, de Sibau, de Mendalam e.a. Ten Noorden van het merengebied wordt deze waterscheiding

zeer laag en buigt om naar West om dan benoorden het Empanggebied weer snel te stijgen tot hoogten van 700 à 800 m. Het is niet uitgesloten, dat het in algemeene trekken Noord-Zuid verlopend gedeelte der Batang Loepar in een vroeger stadium ten opzichte der Kapoeasrivier in dezelfde verhouding stond als de genoemde zijtakken. Bij de behandeling der geologische geschiedenis kom ik hierop terug.

MOLENGRAAFF (1. c. p. 246) definieert het *Boven-Kapoeasgebied* orografisch „als te bestaan uit twee nagenoeg van Oost naar West verlopende gebergten, gescheiden door een strook lager land, de Boven-Kapoeas laagvlakte. Oostwaarts, meer nabij de bronnen der rivier, wordt die lage strook insgelijks geleidelijk hooger en versmelt met de reeds genoemde gebergten.” Daar echter blijft nog steeds het noordelijk gebergte te onderscheiden als het sterkst geaccidenteerde gebied met de scherpste kammen en diepste dalen. De lage middenstrook verdeelt hij in een oostelijke helft en een westelijke.

De eerste is het „Boengan-bergland”, dat zich aansluit aan het Boven-Kapoeasgebergte, maar zich daarvan orografisch onderscheidt door geringere hoogte, veelzijdige configuratie en sterk varierende vorm van bergen en dalen. De westelijke helft is de eigenlijke Boven-Kapoeasvlakte, met zeer sporadische heuvels en een gemiddelde hoogte van ± 37 m boven zee. Zij is aan de noordzijde scherp begrensd ten opzichte van het Boven-Kapoeasgebergte, wat vooral zeer fraai te zien is in het Embaloeh-dal. In het Westen heeft zij enkele verbindingen met de laagvlakte van het merengebied, waarvan zij wordt gescheiden door het hoge bergland van Landjak en het Menjoekong-massief. De zuidelijke strook is weer hooger dan de middenste, doch een Oost-West strekking van heuvel- of bergreeksen is hierin niet waarneembaar. De westelijke helft is een sterk geërodeerd plateauland, door het water in stukken gedeeld, de oostelijke bestaat uit min of meer geïsoleerde bergen van zeer imposanten of grilligen vorm, verbonden door lager heuvelland. Dit is het vulkanisch Müllergebergte.

Het lage *merengebied*, in het Noorden begrensd door een laag, noordwaarts oplopend en zich ook in het stroomgebied der Batang Loepar voortzettend heuvelland, in het Oosten door de bergen van Landjak en het Menjoekong-massief, is in het Zuiden open naar de Kapoeas en staat in het Zuidwes-

ten in directe verbinding met het eveneens lage en moerassige Beneden-Empananggebied. In het Westen echter wordt het afgesloten door een zeer markante bergreeks, die in het Noordwesten tot bijna 900 m oploopt en waaraan zich westwaarts het reeds genoemde waterscheidend gebergte tusschen het Batang Loepar- en het Empananggebied aansluit.

Het *Empananggebied* wordt in het Zuidwesten begrensd door een Zuidoost-Noordwest verloopende bergreeks, die noordwestwaarts oplopend in G. Toetop een hoogte van meer dan 1200 m bereikt. In het Noorden scheidt het meer dan 1000 m hoge Toegak-Lawang-massief het brongebied der Empanang van dat harer linkerzijtak S. Kantoe.

Het *stroomgebied der Batang Loepar* behoort, wat boven- en een gedeelte van den middenloop betreft, tot de westwaartsche voortzetting van het Boven-Kapoeasgebergte. Zuidwaarts sluit zich daarbij aan het lage heuvelland, dat reeds bij het merengebied werd genoemd, waarna meer naar het Westen het terrein zich weder trapvormig verheft tot de bergreeks, die het Batang Loepar- van het Empanang- en Boven-Merakaigebied scheidt.

Tusschen Loeboek Antoe en Engkelili schuift zich tusschen deze keten en het heuvelland de vlakte in, die zich stroomafwaarts sterk gaat verbreden. Het meer dan 1000 m hoge Tijang Ladjoemassief in het Westen tusschen Engkelili en het grensgebergte gelegen, compliceert aldaar de topografie ten zeerste.

Het *Redjanggebied* behoort, voor zoover het hier ter sprake komt, nog geheel tot het Boven-Kapoeasgebergte, dat noordwaarts geleidelijk lager wordt en in de nabijheid der Redjangrivier overgaat in een heuvelland, dat echter nog steeds sterk geaccidenteerd is. Het in groote trekken Westnoordwest-Oostzuidoost verlopend gebergte, dat wordt ingesloten door de twee groote linkerzijrivieren der Redjang, de Baleh en de Baloei, heeft KROL de „Hose-Range” genoemd; het valt eigenlijk reeds buiten ons gebied.

Met dit kort overzicht over de morfologie worde hier volstaan; voor het verloop der verschillende rivieren en hare zijtakken zie men Plaat I, die ons gebied op een schaal van 1 : 1.000.000 weergeeft. Evenals elders bestaat ook hier tusschen geologie en morfologie een uitgesproken verband.

Wat de *bevolking* betreft wil ik, zonder daarop nader in te gaan, vermelden, dat die in het algemeen zeer schaarsch is. Men treft haar aan in het Merakai- en Empananggebied, het merengebied en de geheele Boven-Kapoeasvlakte. De meest stroomopwaarts gelegen vestiging is de Boekat-kampong Na. Kerijau. Ook langs de Kerijau, de Belatoeng, de Langau en in het Boven-Boengangebied (dit laatste ligt buiten het hier behandelde gebied) komen nog enkele zeer schaarsche Dajaksche vestigingen voor. Verder is het geheele Boven-Kapoeasgebied onbewoond, afgezien van enkele zwervende Boekatgezinnen.

In Serawak is het Batang Loepargebied langs de rivieren vrij goed bewoond, men treft bevolking aan tot hoog in den bovenloop der rivier.

Het Redjanggebied is eveneens langs de rivieren bevolkt. De Boven-Baleh is echter onbewoond.

Beschouwt men de samenstelling der bevolking van het geheele gebied, dan vormen de Dajaks daarvan de allergrootste meerderheid. Maleiers en enkele Chineezers komen op Nederlandsch-Indisch gebied slechts voor in het merengebied en bij Poetoës Sibau, in Serawak bij Engkelili en Loeboek Antoe aan de Batang Loepar en bij Kapit en Song aan de Redjangrivier. Van de Dajaks is de stam der Batang Loepars of Ibans de meest belangrijke. Ibans bewonen het geheele Redjang- en Batang Loepargebied, terwijl zij op Nederlandsch-Indisch gebied voornamelijk in het merengebied gevestigd zijn. Een andere belangrijke stam is die der Kajans, vooral wonend langs de Beneden-Mendalam. Andere stammen als Kantoes, Tammans, Boekats en Poenans zijn tegenover Ibans en Kajans in de minderheid. De bevolking leeft grootendeels van den drogen rijstbouw (ladangbouw), daarnaast wordt echter vooral door de energieke Ibans en door de Boekats en Poenans de jacht en het verzamelen van boschproducten niet versmaad. In het Boven-Kapoeasgebergte zwerft zelfs nog een Boekatstam rond, die nog vrijwel geheel wild is en alleen van de jacht en van boschproducten leeft.

Terloops wil ik er nog op wijzen, dat in Serawak de Ibans nog tot in den bovenloop der rivieren gevestigd zijn, met name langs de Batang Loepar, terwijl zij op Nederlandsch-Indisch gebied slechts de vlakte en het heuvelland bewonen. Dit is het gevolg van een andere houding van ons bestuur, dat dezen

zeer energieke, doch vroeger sterk moordzuchtigen stam liever wat onder controle houdt. Dat dit niet verkeerd is ingezien, bewijzen wel enkele sneltochten, die desondanks nog zeer recent zijn voorgekomen.

Op mijn tochten ben ik steeds door Ibans vergezeld geweest; als koelies zijn zij naar mijn meening niet te overtreffen. MOLENGRAAFF had in de Boven-Kapoeas Kajans bij zich en laat zich daar vol lof over uit. De geest onder dit volk is echter sterk achteruitgegaan, want tijdens mijn tocht in dat gebied hebben vooral de jongere Kajans zich volkomen onbruikbaar getoond. Het was toen aan de oudere Kajans en aan de enkele Ibans die ik had, te danken, dat desondanks de tocht niet is mislukt.

Als *verbindingswegen* doen in dit nog grootendeels met oerwoud bedekte gebied uiteraard de rivieren dienst, voor zoover zij met kleine prauwen bevaarbaar zijn. Paden zijn zeer schaarsch en komen eigenlijk alleen voor in het meren- en Empananggebied, de Boven-Merakai, tusschen Engkelili en Loeboek Antoe en bij Poetoës Sibau.

De voornaamste en meest gebruikte verbindingswegen tusschen Nederlandsch-Indisch gebied en Serawak zijn:

- 1e. uit de Boven-Merakai naar Semangang en Engkelili,
- 2e. uit het Empananggebied langs S. Kantoe naar Kg. San aan de Batang Loepar (ten Oosten van Bt. Njambau langs),
- 3e. uit het merengebied langs Na. Badau naar Loeboek Antoe,
- 4e. uit de Boven-Embaloeh òf langs S. Pijang òf langs S. Para naar het Redjanggebied.

Behalve deze zijn er nog verscheidene andere pasovergangen, die echter zeer zelden gebruikt worden. Tijdens de in het voorgaande genoemde tochten is het grensgebergte op vele plaatsen overschreden.

HOOFDSTUK III.

STRATIGRAFIE.

Bij de bespreking der stratigrafie moet ik mij om de in de Inleiding genoemde reden noodzakelijkerwijs bekorten waar het andere formaties dan de eocene betreft. Men kan de volgende formaties en gesteentegroepen onderscheiden:

1. Trias (?)
2. Danaufornatie
3. Jura
4. Krijt
5. Tertiair
 - a. Palaeogeen
 - b. Neogeen
6. Pleistoceen en Holocene
7. Stollingsgesteenten
 - a. Dieptegesteenten
 - b. Gang- en uitvloeiingsgesteenten.

1. Trias (?)

Het voorkomen van trias is zeer onzeker en beperkt tot een kleine plek in S. Sekoenang in den noordwesthoek van het merengebied. Men treft daar een slecht ontsloten, donkere, zandige, blauwzwart afgevend schalie aan, die waarschijnlijk sterk geplooid is. Naar mij door Dr. F. X. KREKELER werd verzekerd, vertoont deze schalie een treffende overeenkomst met schalies, die hij kaarteerde in de Boven-Mengkijang (een linkerzijtak van S. Sekajam in het Sangausche) en waarin hij *Monotis salinaria* aantrof. In genoemde S. Sekoenang vindt men voorts groote rolsteenen van radiolarieten, zoodat hier eveneens de aanwezigheid van danaufornatie waarschijnlijk is. Gebrek aan tijd, niet minder dan gebrek aan ontsluitingen maakte mij hier een nader onderzoek onmogelijk. Had ik echter in het veld den mogelijk triadischen ouderdom der schalie kunnen vermoeden, dan zou ik dit terrein, ten koste van ander, minder belangrijk werk zoo vol-

ledig mogelijk hebben onderzocht. De mogelijkheid toch is niet uitgesloten, dat hier de sleutel ligt tot den nog steeds onzekeren ouderdom der danauformatie, m.a.w. wellicht dat men hier kan vaststellen, dat zij tot den trias behoort. Mocht later nog eens in deze streken geologisch onderzoek plaatsvinden (dat dan het karakter van een nauwkeurige kaartteering behoort te hebben), dan is deze omgeving een der in de eerste plaats in aanmerking komende objecten.

2. Danauformatie.

Onder den naam „Danauformatie” vat MOLENGRAAFF (1. c. p. 438, 439 e.a.) een stelsel van afzettingen samen, dat hij voor het eerst vrij volledig en karakteristiek ontwikkeld aantrof in het gebied der groote meren (danau's) en in het heuvelland, dat ten Noorden aan die meren grenst. De samenstellende elementen zijn diabaastuf, diabaas, diabaasporfyriet, kwartsiet, kiezellei, jaspis, hoornsteen, kleilei en zandsteen. De meest karakteristieke gesteenten zijn een gesilificeerde en deels geserpentiniseerde diabaastuf, door MOLENGRAAFF „Poelau Melajoegesteente” genoemd, en jaspis. In de jaspis, hoornsteen en kiezellei, soms ook in de diabaastuf, komen vele radiolariën voor. De kwestie van de genese der radiolarieten, alsmede die van de stratigrafische positie der kalken van S. Boelit (waarvan ik het westelijk vervolg meen te zien in een geheel analoge kalkpiek, die ik in S. Langau aantrof) zal hier buiten beschouwing worden gelaten. Wel moeten wij ons hier bezighouden met den ouderdom der formatie. Het radiolariënmateriaal, door MOLENGRAAFF bijeengebracht, werd bewerkt door HINDE (18), die tot de conclusie kwam, dat deze gesteenten postpalaeozoisch en waarschijnlijk jurassisch zijn: „It seems therefore highly probable, judging from the characters of the Radiolaria, that the Borneo rocks in which they occur are of Jurassic age. It is possible, of course, that they might be Lower Cretaceous instead of Jurassic, for as Dr. Rüst has remarked, the differences in the Radiolaria from these two rock-divisions are not very striking, but the evidence appears to me distinctly to show a nearer correspondence to Jurassic than to Cretaceous species.” (1. c. p. 50). MOLENGRAAFF neemt derhalve aan, mede in verband met zijn ontdekking van *Orbitolina*

concava LAM. in grauwaskezandsteen, die de danauformatie beneden Na. Boengan bedekt, dat de ouderdom der danauformatie minstens *jurassisch* is. LOTH, die de danauformatie meent te kunnen vervolgen tot de bronnen der Mengkijangrivier (25 p. 9), laat zich over haar ouderdom niet nader uit dan dat hij haar als precretaceïsch beschouwt. VAN ES (12 p. 7) meent, dat de danauformatie zoowel trias als jura vertegenwoordigt. WANNER (52 p. 177) is van meening, dat een *triadische* ouderdom eveneens mogelijk is: „ während sich die rein paläontologischen Gründe, die nach HINDE für ein wahrscheinlich jurassisches Alter sprechen, wie ich glaube, ebensogut mit der Ansicht vereinigen lieszen, dasz die Borneo-Radiolarite triadisch sind." Ook TAN SIN HOK onderwerpt HINDE's ouderdomsbepaling aan een nauwkeurige critiek (45 p. 108-113) en komt tot de conclusie, dat radiolariën den ouderdom niet bepalen. KROL (23 p. 50, 51) is van meening, dat de samenstellende elementen der danauformatie zoowel facieel als petrografisch zóó verschillend zijn, dat men ze bezwaarlijk kan opvatten als behoorende tot één geologische eenheid of groep. Hij splitst de formatie in een klastische en een vulkanische groep, rekent de eerste op grond van overeenkomst in strekkingsrichting en helling met het cenomaan tot het onderste krijt en zegt, dat de samenstelling der vulkanische groep volkomen die is der praenorische diabazen en porfyrieten in het scheidingsgebergte tusschen de Boven-Sekajam en de affluënten van S. Sadong in Serawak. Ik kan zijn meening niet deelen; weliswaar kan men de samenstellende elementen in twee groepen verdeelen, in het veld blijken zij echter in de meeste gevallen in een dermate innig verband voor te komen, dat aan een afscheiding op de kaart niet valt te denken. Het is ook niet duidelijk waarom deze zoo zeer verschillende gesteenten niet samen een formatie zouden kunnen opbouwen alleen omdat de eene groep aan exogene, de andere aan endogene krachten haar ontstaan dankt. Daarbij komt nog, dat de gesteenten der danauformatie in het algemeen blijk geven aan een zeer sterk diastrofisme onderhevig te zijn geweest, waarbij zij, ook de klastische groep, vaak een sterke dynamometamorfose hebben ondergaan. Daarin nu verschillen zij van de cenomane gesteenten. Verder is naar mijn meening geen minder sterk argument het constant samen

voorkomen der klastische en vulkanische groep, niet alleen in West- doch ook in Oost-Borneo. Zelfs in Zuid-Borneo vindt men een analoge combinatie vertegenwoordigd (in tegenstelling met RUTTEN, die ook daar van danauformatie spreekt, heb ik den naam „alinoformatie” voorgesteld, 19 p. 196). Het is om deze redenen, dat ik KROL's meening niet kan overnemen. ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN (58 p. 62) rekent tot de danauformatie uitsluitend „...de steeds radiolariën bevattende lydiet- en jaspigesteenten, kortweg radiolarieten genoemd, en de waarschijnlijk in samenstelling vrij wisselvallige „poeloe-melajoegroep”, bestaande uit veranderde, meest diabaasachtige eruptiva en hun tuffen””. Hij wil (1. c. p. 64) de klastische sedimenten uit MOLENGRAAFF's danauformatie paralleliseeren met zijn „Ogalagen”. Op deze kwestie kom ik terug bij de behandeling der fylletformatie. Mijns inziens gaat hij echter te ver, wanneer hij alle werkelijk klastische gesteenten uit de danauformatie wil bannen; op verschillende plaatsen toch kan men over zeer korten afstand radiolarieten zien afwisselen met klei- of zandsteen, waarbij men waarlijk niet altijd een inplooiing kan aannemen. In S. Pilang, een klein zijtakje van S. Langau heb ik bv. een kalkzandsteenlaagje aangetroffen tusschen twee lagen van onmiskenbare radiolriet. In deze kalkzandsteen bevinden zich organismen, die helaas niet meer te determineeren zijn, waarmee een mooie kans voor de ouderdomsbepaling der danauformatie verloren is. Evenals LOTH en KROL wijst ook KREKELER (21 p. 170) op de overeenkomst tusschen de basische eruptiva van het Boven-Sekajamgebied en die der danauformatie, ofschoon de radiolarieten daar ontbreken. Zonder zich daarover geheel duidelijk uit te laten, schijnt hij een nog pretriadischen ouderdom der danauformatie het waarschijnlijkst te achten. In een latere publicatie echter (22 p. 191) vermeldt hij den triadischen ouderdom der gesteenten uit het Boven-Mengkijanggebied, zonder hier verder over de danauformatie te spreken. UMBGROVE (49 pp. 131, 153) acht op grond van algemeen stratigrafische en palaeogeografische overwegingen een triadischen ouderdom het waarschijnlijkst.

Afgezien van de afwijkende meening van KROL kan men dus zeggen, dat het meerendeel der jongere onderzoekers de

danauformatie als ouder dan jura wil beschouwen. Ook ik wil mij daarbij aansluiten, zonder daarvoor zekere bewijzen te kunnen aanvoeren. Door de vondsten van onderkrijt in West-Borneo kan de ouderdom reeds zeker als precretaeisch worden beschouwd. Het bovengenoemde voorkomen in S. Sekoenang van mogelijk triadische schalie, gecombineerd met de aanwezigheid in dezelfde beek van groote rolstukken van radiolriet, wijst echter in de richting van een triadischen ouderdom. Verder trof ik in deze zelfde omgeving, in S. Semoenti een waarschijnlijk jurassische afzetting aan (zie volgende paragraaf), waarvan de verhouding tot de danauformatie niet duidelijk werd, doch waarvan het niet is uitgesloten, dat zij deze discordant bedekt. (WING EASTON teekent ook de jura discordant op trias 54 Pl. XIII Prof. N. M. p. 23).

Het voorkomen der danauformatie is beperkt tot een zone, die het Boven-Kapoeasgebergte aan de zuidzijde begeleidt. Behalve de reeds door MOLENGRAAFF aangegeven vindplaatsen in merengebied en Boven-Kapoeas kon ik haar verder aantoonen in Serawak langs de Batang Loeparrivier en langs verschillende rivieren uit de Boven-Kapoeas (hier ook in materiaal door mantri's verzameld). Ik kan hier echter niet nader op ingaan. Wel moet nog worden gewezen op het merkwaardige voorkomen van strooken danauformatie in den zuidzoom der noordwaarts aansluitende fyllietformatie, mutatis mutandis van strooken fyllietformatie in den noordzoom der danauformatie. Van Oost naar West gaande vindt men dit in S. Tandjan, het volgt eveneens uit de mij ter beschikking staande waarnemingen van KROL beneden de riam Matahari (zie fig 2), voorts in S. Goeng en S. Mendalam (mantrigegevens), waarschijnlijk in het noordelijk deel van het merengebied, (Noordoost van Bt. Bindang), langs de Batang Loepar boven Loeboek Antoe en verder in S. Lamanak. Bij de bespreking der fyllietformatie en daarna nog bij de geologische geschiedenis kom ik op dit belangrijk verschijnsel terug. Hier zij er nog de aandacht op gevestigd, dat ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN (58 p. 62) in Oost-Borneo de noordzone der danauformatie verplooid vond met zijn „Ogalagen”; hij spreekt van een complexe zone en vervolgt deze tot in S. Boelit en S. Boengan (l. c. p. 62). Het schijnt, dat ook

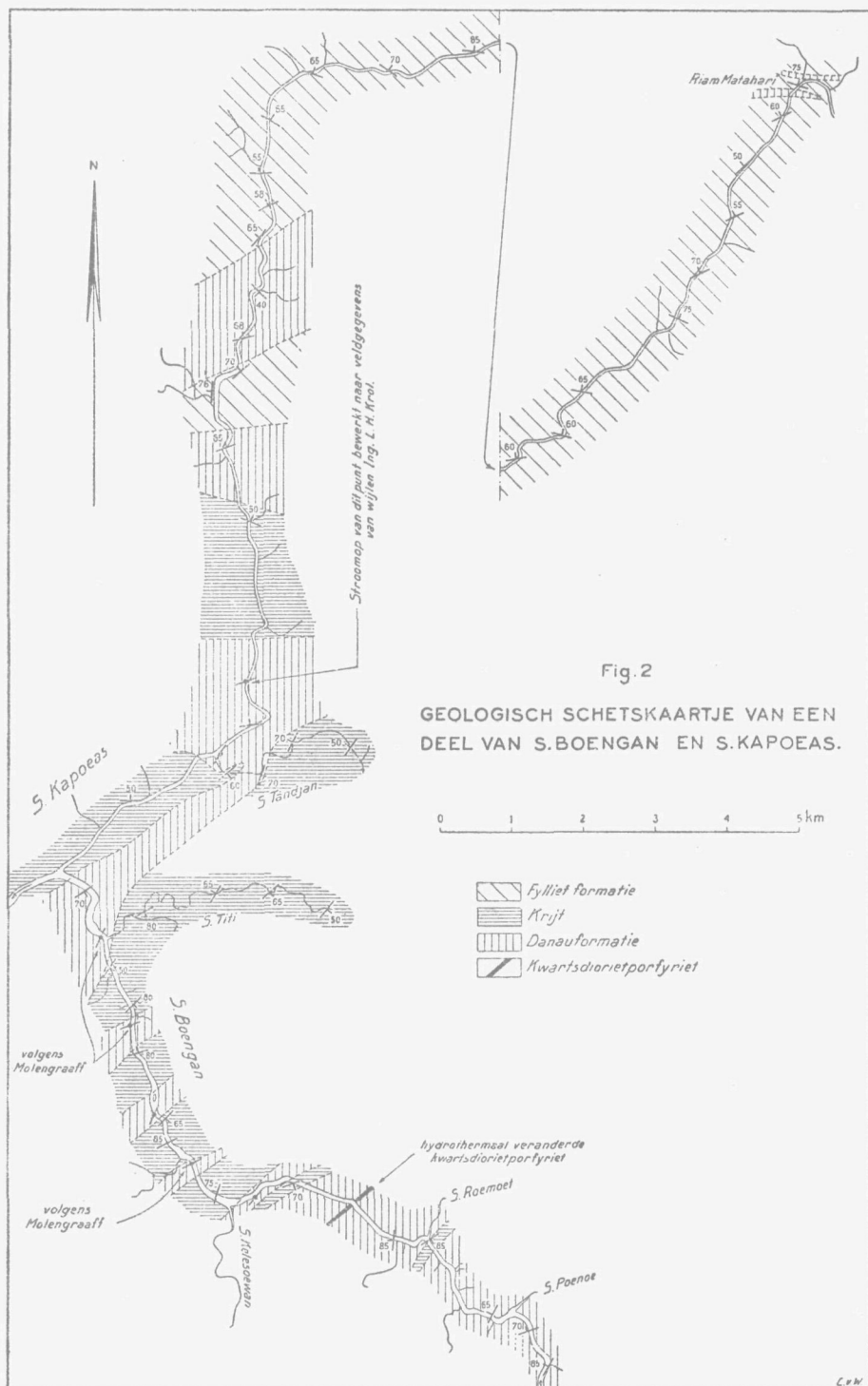


Fig. 2
GEOLOGISCH SCHETSKAARTJE VAN EEN
DEEL VAN S. BOENGAN EN S. KAPOEAS.

Fig. 2.

UBAGHS dergelijke verhoudingen aantrof in het Kajan-stroomgebied ten Westen van de Bembremversnellingen (47 p. 60). Ook dit zal later nog ter sprake komen.

Zonder hier in details te treden wil ik nog vermelden, dat Bt. Pan ten Noorden van het merengebied, dien MOLENGRAAFF (26 p. 100) beschouwt als te bestaan uit gesteenten der danaufornatie, naar mijn meening is opgebouwd uit gesteenten der fyllietformatie met daarin gedrongen basische eruptiva. Bij de behandeling der fyllietformatie zal ik mijn redenen hiervoor uiteenzetten.

De danaufornatie is in het algemeen sterk geplooid met in het groot een ongeveer Oost-West gerichte strekking en wisselende hellingen. De mooiste en leerrijkste profielen treft men voornamelijk aan in de Boven-Kapoeas en hare zijtakken.

3. Jura.

De eenige plaats waar afzettingen voorkomen, die met waarschijnlijkheid tot de jura worden gebracht, is in den noordwesthoek van het merengebied in S. Semoenti. Op één plaats treft men daar een lichtgrijze, fijnkorrelige, tuffeuze of tuffitische zandsteen aan, waarin, naast enkele plantenresten, vele steenkernen en afdrukken voorkomen van lamellibranchiaten. DR. C. H. OOSTINGH, die deze fossielen bewerkte, zegt daarvan het volgende: „Deze zandsteen bevat niet zeer goed bewaarde steenkernen en afdrukken van *Protocardia* of *Cardium* en van *Corbula*. De eerstgenoemde determinatie is alleen gebaseerd op de sculptuur. Het materiaal lijkt opvallend op de door FR. VOGEL (Samml. Leiden V) beschreven en afgebeelde jurassische mollusken. Met de noodige restrictie kunnen onze vormen gebracht worden tot

Protocardia multiformis F. VOGEL

Protocardia crassicostata F. VOGEL

Corbula borneensis F. VOGEL

Het is dus waarschijnlijk, dat hier Jura aanwezig is”.

De genoemde tuffeuze of tuffitische zandsteenbank, die ± 3 m dik is, wordt bedekt door een vrijwel geheel overstorte, maar minstens 1 m dikke bank van een oogenschijnlijk conglomeratisch gesteente, dat o.h.m. een breccie blijkt te zijn van brokken intermediair glasrijk effusief, brokjes verkiezelde

eruptiva, benevens schaarsche stukjes van geheel verkiezeld gesteente, liggend in een matrix, die bestaat uit hetzelfde materiaal als de onderliggende zandsteenbank.

Langs S. Semoenti en niet ver van de hier beschreven fossielvindplaats komen echter ook gesteenten voor, die men waarschijnlijk tot de danauformatie moet brengen, het zijn namelijk zwakfyllitische en verkiezelde schalies met radiolariën. Hoe de verhouding is van de gesteenten der jura tot die der danauformatie is niet zeker uit te maken, want de toestand wordt nog aanmerkelijk gecompliceerd, doordat hier juist een groote verschuiving aanwezig is met een strekkingsrichting Noord20Oost. Ook is niet met zekerheid aan te geven of de jurassische gesteenten afbraakproducten der danauformatie bevatten. Gezien de geringe helling der jurassische gesteenten op de fossielvindplaats (30° naar Zuidoost tot Zuidzuidoost) en verder het ontbreken van dynamometamorfose acht ik het voorloopig het waarschijnlijkst, dat zij de danauformatie discordant bedekken. En dan zou dus, indien men afziet van eventueele interjurassische discordanties, de ouderdom der danauformatie prejurassisch zijn. Verder wordt hier nog herinnerd aan de reeds genoemde, mogelijk triadische schalie van S. Sekoenang, in welke beek waarschijnlijk ook radiolriet is ontsloten, waardoor men ook daar een helaas maar vage aanduiding vindt van den triadischen ouderdom der danauformatie.

4. Krijt.

Cretaceïsche afzettingen werden slechts aangetroffen in het Boven-Kapoeasgebied ten Oosten van Poeto Sibau. Ten Westen daarvan zijn zij in het hier behandelde gebied niet gevonden en evenmin in het Batang Loepar- en Redjang-stroomgebied.

Met zekerheid werd krijt het eerst gevonden door MOLENGRAAFF langs de Kapoeas beneden Na. Boengan (l.c. p. 200) als een grauwaszandsteen met *Orbitolina concava* LAM. Tijdens de opname in 1930 werden orbitolinen door mij gevonden in een zandige kalksteen, samen voorkomend met koraalkalk, langs S. Kerijau, iets boven Kg. Linau, terwijl ze eveneens bleken voor te komen in een kalksteen, die door

een mantri werd verzameld in S. Linau niet ver van de juist genoemde vindplaats in S. Kerijau. Verder zijn nergens cretaceïsche fossielen in ons gebied aangetoond; om het krijt ten opzichte van andere formaties te begrenzen moet dan ook vooral van lithologische en andere kenmerken worden gebruikt gemaakt. MOLENGRAAFF (l. c. p. 447) rekent in het algemeen arkose- en naverwante zandsteenvariëteiten als kenmerkend te zijn voor de cretaceïsche afzettingen. Voorts worden door hem tot deze formatie gerekend de vele zandsteen met koolschilfers en dunne koollaagjes en vaak met glimmerschubjes op het laagvlak, die hij o.a. in S. Boengan vond ontwikkeld; analoge gesteenten komen ook in S. Langau voor. Verder treft men ook kleisteenen en mergelkleisteenen aan. In het algemeen zijn de cretaceïsche afzettingen waarschijnlijk niet ver van de kust gevormd. Voorts bevat het krijt veelal afbraakproducten van de danauformatie en heeft het een geringere dynamometamorfose ondergaan dan deze, terwijl het zich van het normale eoceen veelal onderscheidt door een sterker mate van plooiing.

Het is zeer waarschijnlijk, dat gedurende het krijt ook vulkanische werkzaamheid plaats vond, getuige de lipariet-tufzandsteen en lipariettufbreccie, die hier en daar samen met de krijtsedimenten voorkomt.

Resumeerend bestaat dus het krijt in ons gebied uit de volgende gesteenten: zandsteen (grauwacken en arkosen, vaak met koolbestanddeelen), kleisteenen, mergelkleisteenen, kalkzandsteen, zandige kalk, orbitolinenkalk, koraalkalk, lipariettufzandsteen en lipariettufbreccie. Ofschoon het door gemis aan goede, doorlopende profielen niet zeker valt te beslissen, lijken mij persoonlijk de zandsteen en de kalksteen de lagere niveau's te vormen, terwijl de vulkanische werkzaamheid pas in een betrekkelijk laat stadium schijnt te hebben plaatsgevonden.

Het krijt is in het algemeen ingeplooid in de danauformatie en vormt daarin bredere of smallere strooken, die hoofdzakelijk Oostnoordoost-Westzuidwest richting vertoonen (zie fig. 2). Ik moet voor meerdere details verwijzen naar de aangekondigde dienstpublicatie.

5. Tertiair.

Het tertiair beslaat in ons gebied een oppervlak, dat verscheidene malen grooter is dan dat van alle andere formaties samen. Op grond van het voorkomen van fossielen zijn te onderscheiden:

- a. *Palaeogeen.*
- b. *Neogeen.*

Hiervan heeft weer het palaeogeen de allergrootste uitgebreidheid.

a. Palaeogeen.

Het oudtertiair is op twee sterk contrasteerende wijzen ontwikkeld en wel:

- α. in normalen habitus.*
- β. in fyllitischen habitus (fyllietformatie).*

De eerste komt voor in het Zuiden van ons terrein, nl. in Serawak ten Zuiden van de Batang Loepar, in het Merakai- en Empananggebied en voorts in het Oosten, voornamelijk bezuiden de Kapoeas in de stroomgebieden van S. Kalis, Mandai, Kerijau en Boengan. De tweede beslaat kortweg het geheele Boven-Kapoeasgebergte, van S. Lamanak in het Westen tot de bronnen der Kapoeas in het Oosten en van de noordgrens der danauformatie tot benoorden de Redjang-rivier. De normale habitus zal het eerst worden besproken.

a. *α.* Het oudtertiair in normalen habitus.

Ook hierbij kan weer een verdeeling in tweeën worden gemaakt, aangezien het in het Westen meer als brakwater-vorming moet worden beschouwd, nl. het equivalent der Melawiformatie (Kantoe-lagen) concordant bedekt door plateauzandsteen (Empanang- en Merakaigebied met het noordwaarts aangrenzend Serawak), terwijl men het oudtertiair in het Oosten ontwikkeld vindt als gedeeltelijk continentale, gedeeltelijk mariene gesteenten, die door vulkanische producten worden bedekt.

a. *α.* 1. Het equivalent der Melawiformatie (Kantoe-lagen) en de plateauzandsteen.

Het overgrootste gedeelte van het Empanang- en Boven-Merakaigebied wordt ingenomen door de zoogenaamde Kan-

toelagen, genoemd naar S. Kantoe, linkerzijtak van S. Empanang, waar zij karakteristiek zijn ontwikkeld. Samen met ZEYLMANS VAN EMMICHOFEN werd hierover reeds een voorloopige mededeeling gepubliceerd (61), waarnaar hier verwezen wordt. De Kantoelagen vormen een in het groot Noordwest-Zuidoost gerichte strook en bestaan uit kleisteenen, die meestal conchoïdaalbrokkelig zijn en arkosezandsteen, die vaak verkoold plantenhaksel en verkoolde bladresten bevatten. In ondergeschikte mate komen dunne lagen voor van meest sterk door anorganisch materiaal verontreinigde glanskool met een vrij laag vochtgehalte (2,8 tot 7,5%). Het schijnt dat ook dikkere koollagen voorkomen, want MOLENGRAAFF (l. c. p. 128) deelt mede, dat bij Bt. Segerat aan de Beneden-Empanang door de bevolking steenkolen worden ontgonnen. Aangezien echter Bt. Segerat zelf uit granietporfyr tot lipariet bestaat, komen de bedoelde kolen mogelijk voor bij den iets meer naar Zuidwest gelegen Bt. Seteboe. MOLENGRAAFF heeft deze vindplaats echter niet bezocht en ook ik had er de gelegenheid niet toe. Misschien heeft men hier te doen met de voortzetting van het kolenhoudend eoceen uit het Zuidoosten aan den linker Kapoeasoever.

De Kantoelagen zijn gekenmerkt door een opvallende, aan individuen rijke, doch aan soorten arme fauna van lamellibranchiaten en gastropoden, welke over het geheele door dit sedimentcomplex ingenomen gebied werd aangetroffen. De fossielen werden onderzocht door ZEYLMANS VAN EMMICHOFEN, de gastropoden, voornamelijk *Melania*- en *Cerithium*-achtigen, konden niet nader worden bepaald. Onder de lamellibranchiaten treden veelvuldig een of twee soorten van *Cyrena* op, die konden herkend worden als *Cyrena (Batissa) borneënsis* BÖTTG. en *Cyrena (Corbicula) pengaronensis* BÖTTG., die door BÖTTGER beschreven werden uit het eoceen α van Pengaron (Zuidoost-Borneo) (4 p. 35, 36; Taf. VI fig. 52-55 en Taf. VII fig. 57, a, b). KRAUSE vermeldt reeds het voorkomen van *Cyrena (Batissa) borneënsis* BÖTTG. in materiaal van MOLENGRAAFF uit de Beneden-Embahoë (20 p. 191), erop wijzende, dat dus de α -etage van het eoceen van Pengaron in Midden-West-Borneo voorkomt. Zijn meening kan

nu worden bevestigd op grond van goed geconserveerde exemplaren der beide *Cyrena*-soorten van Pengaron.

Behalve deze beide *Cyrena*-soorten is nog een drietal andere fossielen voor dit gebied van belang, nl. een lamellibranchiaat, die vermoedelijk een nieuw genus vormt uit de familie der *Mytilidae*, een sporadisch voorkomende kleine gastropode, naar de bepaling van TAN SIN HOK een capulide of amaltheïde en verder een kleine lamellibranchiaat, die wordt gekenmerkt door een opvallende, van de spits naar den onderrand loopende depressie. De eerste twee werden door ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN ook in de Melawiformatie gevonden, de eerste was reeds als steenkern aan KRAUSE bekend als *Modiola* sp.

Op grond van groote lithologische overeenkomst, verder van de nauwe verwantschap der beide genoemde *Cyrena*-soorten met die van de Melawiformatie, met name *Cyrena* (*Batissa*) *subtrigonalis* KRAUSE en *Cyrena subrotundata* KRAUSE en voorts van het voorkomen in de Kantoelagen van de genoemde twee opvallende mollusken uit de Melawiformatie worden de Kantoelagen als een equivalent der Melawiformatie beschouwd.

De laaghellingsen in de Kantoelagen zijn meestal zwak tot matig en naar Zuidwest of Westzuidwest gericht. Het omhoogdringen van veelal laccolithisch ontwikkelde eruptiva en de aanwezigheid van verschuivingen en opschuivingen compliceeren de structuur vaak aanmerkelijk.

In de bergreeks, die het Empananggebied naar het Zuidwesten begrenst, ontwikkelt zich uit de Kantoelagen naar boven toe een serie van witte en grijze, vaak zeer rulle zanden arkosezandsteen, die soms een grindigen tot conglomeratischen habitus aannemen, (bv. op G. Toetoo). Deze serie vormt den oostrand van de basis van het groote Oost-West gestrekte Ketoengaubekken, waar uit onderzoekingen van F. X. KREKELER is gebleken, dat die basale zandsteen met de plateauwandsteen geparalleliseerd moeten worden. De overgangszone tusschen Kantoelagen en plateauwandsteen wordt gekenmerkt door het optreden van banken paarsroode, groengevlekte kleisteen, die in het veld op bedriegelijke wijze den indruk van fijne tuffen maken. Bij microscopisch onderzoek blijkt van een tufkarakter echter niets. Deze overgangs-

zone is geheel vergelijkbaar met die in het eigenlijke Melawigebied tusschen Melawiformatie en plateauzandsteen, zoodat ook hierin weer een argument ligt voor de parallelisatie van de Kantoelagen met de Melawiformatie en van de genoemde zandsteen met de plateauzandsteen. Behalve ten Zuidwesten van de Empanang komen de paarsroode, groengevlekte kleisteenen ook nog in den middenloop van S. Kantoe voor, benevens ten Zuidoosten van het Tijang Ladjomassief ten Zuiden van Engkelili en ten Oosten van het massief van Bt. Demam. Alleen in het laatste geval is daarboven misschien nog een rest van plateauzandsteen aanwezig.

Ofschoon het als zeker mag gelden, dat de Kantoelagen van eocenen ouderdom zijn, is het nog een vraag of men hier met tertiair *a* of *b* te doen heeft. Door LEUPOLD en VAN DER VLERK wordt het eoceen *a* van Zuidoost-Borneo geparalleliseerd met het tertiair *a* 2 (tabel bij 24). Het is echter waarschijnlijk, dat de Kantoelagen en de Melawiformatie het brakwateraequivalent vormen van het Mandai- en Kerijau-tertiair in het Oosten en aangezien voor dat laatste de ouderdom op grond van foraminiferen als tertiair *b* wordt bepaald, moeten Kantoelagen en Melawiformatie ook als zoodanig worden beschouwd. Voor den ouderdom der plateauzandsteen werden in mijn gebied geen bewijzen gevonden, doch daar zij zich geleidelijk uit de Kantoelagen ontwikkelt, moet althans een gedeelte ervan wel tot het eoceen behooren. Verder moet worden verwezen naar de komende dienstpublicatie.

a. *a*. 2. Het mariene en vulkanische oudtertiair.

Ten Zuidoosten en Oosten van Poetoës Sibau wordt oudtertiair aangetroffen in het stroomgebied van S. Mandai en S. Soeroek. Bij P. Tambai komt het nog even aan de Kapoeas evenals boven P. Loensa Ra. Het is ook langs den rechteroever der Kapoeas, tusschen deze en haar rechterzijtak S. Mendalam nog op enkele plaatsen ontsloten. Het zet zich oostwaarts voort via S. Talai naar S. Kerijau, die de eoceengrens in de omgeving van Kg. Linau snijdt en in welker geheelen bovenloop oudtertiaire gesteenten voorkomen. Ook in S. Belatoeng, rechterzijtak van S. Kerijau, is het nog over een korten afstand aanwezig, terwijl ten Noorden van S. Kerijau nog een smal Oost-West gericht plateau voorkomt

van palaeogene zandsteen op het pretertiair (58 p. 65). Een duidelijk overzicht over dit oudtertiair is kort geleden gegeven door ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN (60), dat in het volgende nog ter sprake zal komen.

MOLENGRAAFF (26 p. 42-84) trof bij een tocht langs S. Mandai horizontale of zwakhellende, lokaal echter vrij sterk gestoorde zand- en kleisteenen aan, waarin vaak koollaagjes voorkomen. Hij beschouwt deze serie als te zijn afgezet door stroomend water, dus fluviatiel. Bij het beklimmen van den Liang Agang stelde hij vast, dat deze sedimenten naar boven toe geleidelijk in vulkanische afzettingen overgaan, nl. in tuffen en breccies, afgewisseld door stroomen van andesieten, dolerieten en basalten. De vulkanische werkzaamheid heeft lang geduurd en werd plaatselijk door tusschenpoozen van rust gekenmerkt. Dan ontwikkelde zich een woud op het tufplateau, dat bij hernieuwde vulkanische uitbarstingen weer onder tufstroomen werd begraven. In fraaie profielen vond MOLENGRAAFF de bewijzen voor deze wordingsgeschiedenis. Het oorspronkelijk plateau-land is later door de erosie diep versneden, waardoor een grootsch bergland is ontstaan, dat hij als een deel beschouwt van zijn Müllergebergte. Bij het beklimmen van den Liang Agang had hij een uitzicht op het bergland langs de Kerijau (l. c. p. 58) en vermoedde, dat ook dit uit tuf was opgebouwd. Bij een lateren tocht langs S. Kerijau zelf ziet hij die tafelbergen weer en zegt (l. c. p. 189): „er bestaat voor mij dan ook geen de minste twijfel, dat deze tafelbergen aan de Sei. Kerijau uit vulkanische tuf zijn opgebouwd en geheel overeenkomen met de tufbergen aan de Boven-Mandai.” Iets verder (l. c. p. 191) concludeert hij echter, na een vergelijking tusschen het schuifsteenmateriaal van S. Mandai en dat van S. Kerijau: „ . . . dat in het stroomgebied van de Sei. Kerijau, tenzij misschien hoog in het brongebied tuffen van overeenkomstige samenstelling als bv. die van den Bt. Liang Agang, aan de Kerijau geen rol van betekenis spelen. Het zou mij dan ook niet verwonderen, zoo latere onderzoekers aan het licht brachten, dat de Bt. Todjo en de Bt. Ambe, hoewel naar mijn overtuiging stellig uit vulkanische tuf opgebouwd, belangrijke verschillen met de tufbergen van de Mandai vertoonen”. MOLENGRAAFF rekent de sedimenten aan de basis van het vulkanisch complex in het

Mandai-gebied tot zijn „Tertiaire zandsteenformatie” (l.c. p. 451) en iets verder (l.c. p. 453) paralleliseert hij ze, samen met andere gesteenten, met de Melawigroep. Echter zegt hij: „Het zou mij niet verwonderen, zoo bij later onderzoek de vormingen, waarin de koollagen optreden en waarin ook de genoemde schelpbanken met oud-tertiaire vormen gevonden zijn, zullen blijken minder oud te zijn dan, en discordant te liggen op de zandsteen van het Madi-plateau, het Schwangergebergte, de heuvels van Silat en het Merengebied (de Lempai-zandsteen).” Dit laatste laat zich echter moeilijk rijmen met zijn opvatting (l.c. p. 128), dat de Lempai-zandsteen van neogenen ouderdom zou zijn (hetgeen ook, zooals nog blijken zal, mijn meening is).

Over den ouderdom der tuffen en tufbreccies zegt hij het volgende (l.c. p. 467): „Resumeerende beschouw ik het Müllergebergte als het resultaat van langdurige vulkanische werkzaamheid, die een aanvang nam in of zeer kort na den cretaeïschen tijd en gedurende een groot gedeelte van dat tertiaire tijdvak heeft voortgeduurd, om echter reeds lang geleden, waarschijnlijk vóór of in het begin van het quaternaire tijdvak, een einde te nemen.” Zijn meening, dat een basaltstroom uit het Müllergebergte de Kapoeas heeft bereikt (l.c. pp. 255 en 466) is echter niet waarschijnlijk. Bij de beschrijving zelf van zijn tocht langs de Kapoeas zegt MOLENGRAAFF (l.c. p. 181): „Even beneden Poelau Laap is een stroomengte, waar een bazaltgang in Z-N richting dwars door de rivier verloopt. De mogelijkheid is niet geheel uitgesloten, dat deze bazalt een deel uitmaakt van een bazaltstroom. De bedekking van het geheele terrein met zeer recente fluviatiele afzettingen maakt het niet mogelijk dit te beslissen. In ieder geval staat deze bazalt wel in verband met het vulkanische terrein aan de Mandai, wat ook met de richting van de bazaltbank overeenkomt.” Later (l.c. p. 255) vermeldt hij, over het Mandai-gebied sprekend: „Op één plaats zendt dit gebied nog een uitlooper uit tot in de Kapoeasvlakte bij P. Laap, waar een bazaltgang (misschien een stroom) uit het Mandai-gebied afkomstig, de Kapoeas doorsnijdt.” Tenslotte (l.c. p. 466): „Dat de Boven-Kapoeasvlakte reeds ongeveer juist als nu bestond, toen de vulkanen hier in werking waren, mag hieruit worden afgeleid, dat in die richting enkele bazaltstroomen

uit het Müllergebergte zijn gevloeid, waarvan er zelfs één de Kapoeas heeft bereikt." RUTTEN (34 pp. 204 en 242) neemt deze laatste meening over.

Op kaart II van zijn Atlas verbindt MOLENGRAAFF de basalt van P. Laap via die van P. Daan (aan S. Mandai) met het vulkanisch Mandai-bergländ. Leest men echter wat hij over die basalt van P. Daan schrijft (l.c. p. 50) dan blijkt het ook daar niet zeker te zijn, dat men met een stroom te doen heeft: „Even boven het fraai begroeide eilandje P. Daan vond ik tot mijn verrassing aan den rechteroever als vast gesteente bazalt, opgebouwd uit liggende zuilen, die flauw naar de rivier toehellen. . . . Het was niet mogelijk met zekerheid uit te maken, of men hier met een gang of met een stroom te doen heeft. De wijze, waarop de splijting in zuilen heeft plaatsgehad, maakt de opvatting als gang waarschijnlijk, doch geeft geen zekere beslissing.”

Uit de weergegeven citaten blijkt, dat de gang- of stroom-natuur der beide basalten geenszins duidelijk is en dat MOLENGRAAFF in het veld haast meer geneigd was ze als gangen op te vatten dan als stroomen. Het voorkomen aan de Kapoeas heb ik zelf bezocht, doch ook ik vond geen aanduidingen, die een der beide opvattingen waarschijnlijk zouden kunnen maken. Men zou echter, ware de basalt een stroom, mogen verwachten dat in die omgeving in analogie met het Mandai-bergländ dan toch ook nog wel resten van tuffen of tufbrecies voorkomen; deze ontbreken echter en ik acht het daarom waarschijnlijker dat men met een gang te doen heeft. De Mandai heb ik niet bereisd; uit de in 1930 door een mantri verzamelde monsters blijkt, dat ook bij Kg. Segijam aan den benedenloop een ontsluiting voorkomt van doleriet. De basalt van P. Daan heeft de mantri niet bemonsterd, echter wel een arkosezandsteen, niet door MOLENGRAAFF vermeld, die voorkomt iets stroomaf van de basalt. Deze zandsteen heeft een strekking Noord50West-Zuid50Oost met 10° helling naar Zuidwest (zie fig. 3). Wat meer stroomop volgt nog een drietal ontsluitingen in arkosezandsteen, waarna weer een olivijn-basalt volgt. Gezien de hier genoemde waarnemingen lijkt het mij het meest waarschijnlijk, dat de beide basaltontsluitingen tot één lichaam behoren met een Noordwest-Zuidoost strekking, een gang of intrusieplaat. De opvatting als intrusieplaat

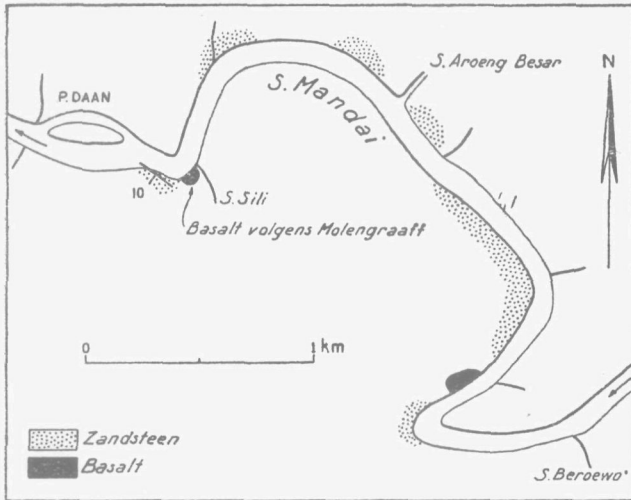


Fig. 3. Geologisch schetskaartje van S. Mandai boven P. Daan.

heeft minder kans op waarschijnlijkheid, gezien de afzondering volgens liggende zuilen bij P. Daan, hetgeen bij de vlakke laaghellingen niet te verwachten is.

Resumeerende lijkt mij dus de opvatting der basalten van P. Laap en P. Daan als gangen het meest waarschijnlijk.

Bij het onderzoek in 1930 werd in het niet-vulkanisch Mandai-tertiair niet ver beneden Na. Raoen een bank gevonden van een door kooldeeltjes verontreinigde lichtgrijze kalksteen met talrijke exemplaren van een *Ostrea*-soort, waardoor wordt bewezen dat dit sedimentcomplex behalve continentale ook mariene afzettingen bevat.

Het eoceen in het Oosten is langs S. Talai en S. Kerijau ontsloten. Tusschen Na. Talai en Poelau Linau is het basaal-conglomeraat ontwikkeld, bestaande uit rolsteentjes van witte kwarts en meer hoekige componenten van kiezel en radioliet. Volgens ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN (60) wordt het van het noordwaarts aangrenzend pretertiair gescheiden door een Oost-West gerichte, steil Zuid hellende breuk (de Kerijaubreuk). Dat tusschen het eoceen en het pretertiair discordantie bestaat, volgt, al werd het transgressievak niet onmiddellijk waargenomen, allereerst uit het sterk verschil in plooiing, dan uit het verschil in de algemeene strekkingsrichting en tenslotte uit de aanwezigheid van het conglomeraat, dat als

een basaalconglomeraat moet worden beschouwd. Het tertiair-profiel in S. Talai begint volgens hem met een bijna 100 m dikken fossielhorizont, bestaande uit zandsteen, zandige mergels en kalksteen, welke beide laatste gesteenten naast onbepaalde lamellibranchiaten en gastropoden talrijke foraminiferen bevatten, vnl. alveolinen en camerinen. Hierop volgt, zooals bij de beklimming van Bt. Behaba, die met den door MOLENGRAAFF genoemden Bt. Ambe en Bt. Podjo één Oost-West gerichte keten vormt, kon worden vastgesteld, een dik complex van lichtkleurige, rulle veldspaaathoudende zandsteen, met zeer ondergeschikt enkele kleizandsteen en kleischalies, terwijl van efflata of effusiva geen spoor viel te bekennen. Op de zandsteen van Bt. Behaba volgt meer stroomopwaarts een tweede kalkhoudende fossielhorizont van mergels en zandkalksteen met discocyclinen; deze horizont treedt 6 km verder naar Zuid door de plooiing nog eens aan den dag, is daar niet meer kalkhoudend en bevat daar slecht geconserveerde twijfelachtige camerinen. Hooger in het profiel komen geen kalkhoudende gesteenten meer voor, de sterk overheerschende zandsteen worden plaatselijk vervangen door kleischalies. Bovendien komen in die hoogere afdeeling laagjes voor van kool en brandlei. In den ondersten fossielhorizont bevindt zich een ruim 1 m dikke intrusieplaat van basalt. Daarboven komen door het geheele profiel nog enkele andesieten voor, vermoedelijk eveneens als intrusieplaten. Terwijl ZEYLMANS VAN EM-MICHOVEN (58 p. 65) in 1930 dit tertiair op grond van het voorkomen van *Assilina* zonder voorbehoud als tertiair a beschouwt zegt hij thans daarover het volgende: „De discocyclinen van den bovensten horizont, waarnaast vermoedelijk nog nummulieten voorkomen, bepalen daar den ouderdom met zekerheid op Tb. Het ontbreken van assilinen en geflosculiniseerde vormen van alveolinen in den ondersten horizont, welke door den schrijver in een zestal ontsluitingen nauwkeurig werd onderzocht, maken een Ta ouderdom hier zeer weinig waarschijnlijk. Het niet-vulkanisch Tertiair is dus in S. Talai ontwikkeld als een $3\frac{3}{4}$ km dikke concordante serie in een gemengd continentale en mariene facies, voor welker onderste, $\pm 1\frac{1}{4}$ km dikke afdeeling de ouderdom door gidsforaminiferen op Tb wordt vastgesteld.” Op dit niet-vulkanisch tertiair volgt een vul-

kanische afdeeling, beginnend met plagiolipariet en verder bestaande uit basalttuffen en basalten, benevens een enkele maal daciet-andesiet.

Ten Oosten van S. Talai is de onderste fossielhorizont in S. Kerijau in een dikte van ± 300 m ontsloten, bestaande uit bruine, zandige mergels met laagsgewijze gerangschikte lenzen van kalksteen. De fossielen zijn dezelfde als die in S. Talai. Een breede gang van diorietporfyriet en enkele andesitische intrusieplaten komen voor. Zuidwaarts volgt weder het Behaba-zandsteencomplex, met talrijke intrusieplaten van daciet tot lipariet, andesiet, basalt en doleriet; ook kwartsdiorietporfyriet komt voor. Op het voetpad van S. Belatoeng naar het stroomgebied der Boesang (bronrivier der Barito) komen zoo goed als uitsluitend de lichtkleurige, rulle, zwak veldspaaithoudende, plaatselijk grindige tot fijn conglomeratische kwartszandsteen voor, waarin ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN op één plaats onbepaalde lamellibranchiaten en gastropoden vond. Vlak bij de waterscheiding met de Boesang nam hij waar, dat het tertiair over steil geplooid krijgt transgredeert.

Het Kerijaugebied met dat van S. Mandai vergelijkende, maakt hij het waarschijnlijk, dat het tertiair van S. Talai zich in dezelfde ontwikkeling en dikte ononderbroken naar West-noordwest voortzet en zoo de basis vormt van de vulkanische serie van het Mandaigebied. Daarbij zij nog opgemerkt, dat het oudtertiair langs de Kapoeas is ontwikkeld als meer en minder grove, rulle zandsteen en kleizandsteen, waarin bij Ikoe Tambai ook kolen voorkomen (53 p. 253), waarmede de gelijkenis met het niet-vulkanisch tertiair van S. Mandai grooter wordt. Daar ook in S. Talai op het niet-vulkanisch tertiair met enkele koolafzettingen een vulkanische serie volgt, analoog aan die van het Mandaigebied, terwijl in dit laatste door MOLENGRAAFF een geleidelijke overgang tusschen het niet-vulkanische en het vulkanische complex werd geconstateerd, wordt een parallelisatie van de vulkanische afzettingen van het Mandaigebied met die der Boven-Talai volkomen gerechtvaardigd. ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN neemt aan, dat het vulkanisme niet voor jongpalaeogenen tijd is aangevangen, op de overweging, dat in het Talaiprofiel op een reeds $1\frac{1}{4}$ km dikke afdeeling, welker ouderdom zeker Tb is, nog

een $2\frac{1}{2}$ km dik fossielloos complex volgt, alvorens de basis der tufafdeeling wordt bereikt. Dit wordt nog gesteund door het feit, dat ook in Oost-Borneo in verschillende, ver uiteenliggende gebieden een intensief vulkanisme werd geconstateerd in het overgangstijdperk tusschen palaeo- en neogeen of in het oudste neogeen, plaatselijk reeds aanvangend in het oudtertiair. Hij wijst er tenslotte nog op, dat het vulkanisme zich waarschijnlijk over het geheele Kerijagebied heeft uitgestrekt, getuige de talrijke intrusieplaten, doch dat de vulkanische gesteenten in dat tektonisch hooger gelegen gebied door de erosie zijn verwijderd, terwijl zij in het Mandaigebied, dat tektonisch een bekken vormt, gespaard bleven. Over de bovengrens der vulkanische periode wordt niets met zekerheid gezegd. MOLENGRAAFF's meening, dat in het brongebied van S. Boelit en S. Boengan lavastroomen aanwezig zijn, die de rivierdalen volgen, wordt tegengesproken; volgens ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN heeft men hier met door de rivieren doorsneden intrusieplaten te doen. Zijn meening, dat MOLENGRAAFF als bewijs voor den geringen ouderdom niet de basalt van P. Laap heeft aangehaald is echter, blijkens de door mij in het voorgaande gegeven citaten, niet juist. Nemen we dus aan, dat het vulkanisme in jongpalaeogenen tijd is begonnen, dan kunnen toch ook de laatste erupties in niet al te recenten tijd hebben plaats gehad, want niet alleen ontbreken postvulkanische verschijnselen als warme bronnen, exhalaties e.d. geheel, doch de erosie is er reeds in geslaagd om de vulkanische producten in het Kerijagebied geheel te verwijderen en in dat van de Mandai het door de tuferupties gevormde plateau in vele stukken te verdeelen. Ook schijnt het, dat de vulkanische producten, die concordant rusten op de onderliggende gesteenten en zich daaruit geleidelijk ontwikkelen, diezelfde concordantie naar boven toe behouden, zoodat zij dus gelijktijdig met die geheele serie zijn geplooid. Het is waarschijnlijk, dat deze plooiing plaats had voor de afzetting van de neogene Engkelililagen, want deze rusten in het merengebied direct op pretertiair, zoodat voor haar afzetting denudatie moet hebben plaats gehad, die het oudtertiair heeft weggeërodeerd. Ofschoon de ouderdom der Engkelililagen niet nader dan als neogeen kan worden bepaald, is deze overweging toch aanleiding genoeg om te kunnen zeggen, dat de

vulkanische werkzaamheid, in jongpalaeogenen tijd begonnen, hoogstens tot in het oudneogeen heeft voortgeduurd. Zoo zou hierin derhalve nauwe overeenkomst bestaan met de door ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN geciteerde voorbeelden uit Oost-Borneo.

De plooiing van het Kerijau-Mandai-tertiair is in het algemeen zwak geweest, de laaghellingen zijn meestal gering en naar Zuid tot Zuidzuidwest gericht, zooals op het profiel bij ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN (60) tot uiting komt. Soms zijn de hellingen door locale storingen (S. Mandai, zie bv. „section G” op kaart VI en VIIa in MOLENGRAAFF's atlas) onregelmatig, soms wordt de laagrichting gecompliceerd door het indringen der intrusiva, hetgeen waarschijnlijk hier en daar in S. Talai het geval is.

a. β . Het oudtertiair in fyllitischen habitus (fyllietformatie).

Vroeger onderzoek.

Alvorens een algemeen overzicht te geven van de fyllietformatie zal ik, uitgebreider dan mij dat voor de andere formaties mogelijk was, ingaan op het vroegere onderzoek en op de meeningen die tot voor kort omtrent deze formatie golden.

Het eerst werden in mijn gebied gesteenten der fyllietformatie geкартеerd door VAN SCHELLE, die in 1879 op zijn reeds in het voorgaande genoemden tocht langs de Lebojan-rivier tusschen het merengebied en de Embaloeh kon vaststellen: dat aldaar geen kolen voorkomen en dat het grensgebergte met Serawak bestaat uit oude leisteën met kwartsgangen. In deze gangen werd geen goud ontdekt, doch het diluvium en alluvium is daar goudhoudend (38 p. 37). Dit wel zeer summiere verslag was alles wat tot 1894 van de geologie dezer streken bekend was. In dat jaar echter maakte MOLENGRAAFF een tocht langs de Embaloeh en haar rechterzijtak S. Tekelan naar Bt. Tjondong, een 1242 m hoogen top uit het grensgebergte met Serawak. Langs dit geheele, ongeveer Zuid-Noord verloopend traject trof hij een gesteentecomplex aan, dat hij de „oude-lei-formatie” noemt. In zijn algemeene bespreking (26 p. 435) zegt hij daarover het

volgende: „Onder den naam oude-lei-formatie wensch ik een systeem van afzettingen samen te vatten, welke ik met uitzondering van de reeds genoemde kristallijne leien voor de oudste sedimentaire vormen van Borneo houd, en welke gekenmerkt zijn door het veelvuldig voorkomen van een gemakkelijk herkenbare, zijdeglanzende, phyllitische kleilei. De lagen van deze kleilei wisselen af met zandsteen, grauwaske, grauwaske-lei en kwartsiet. De kleilei, die ver heerscht boven de andere gesteenten, is somtijds echte schrijfle, doch is in den regel gekarakteriseerd door sterken en duidelijken zijdegans; zij gelijkt dan zeer op phylliet en wordt daarom door mij phyllitische kleilei genoemd. In petrographische eigenschappen komt deze kleilei overeen met die uit de oude schieferformatie der mijn-ingenieurs in het kustgebied van West-Borneo en in Sumatra . . .”.

Iets verder (p. 436) zegt hij: „„Deze oude schieferformatie werd vroeger als palaeozoïsch beschouwd en hoewel later waarschijnlijk is gemaakt, dat een deel dier formatie in Sumatra mesozoïsch is, heeft dit slechts ten gevolge gehad, dat het terrein der oude-lei-formatie daardoor is beperkt geworden, terwijl aan de andere zijde dus de term „oud” een scherpere beteekenis heeft gekregen. Ik gebruik den naam oude-lei-formatie in dezelfde beteekenis, die er oorspronkelijk door de mijn-ingenieurs aan werd gehecht, nl. een formatie, waarin klei-lei het heerschende gesteente is, van onbekenden, doch vermoedelijk palaeozoïschen ouderdom. In het Boven-Kapoe-wasketengebergte zijn de lagen dezer formatie steil opgericht en zeer sterk geplooid en gevouwen en tevens in verschillende richtingen met smallere of bredere kwartsaderen doorregen. De heerschende strekking der lagen is Oost-West””.

In een rotsprofiel bij Goeroeng Narik in S. Tekelan kon MOLENGRAAFF vaststellen, dat het gesteente tweemaal aan een druk in Zuid-Noord richting heeft blootgestaan (l. c. p. 168). Ook wijst hij erop, dat in het zuidelijk deel van het gebergte de hellingen meestal steil naar Noord, in het noordelijk deel meest steil naar Zuid zijn gericht (l. c. p. 166).

Het gebied der oude leien is een bergland met talrijke Oost-West gestrekte ketens, die over groote afstanden dezelfde hoogte behouden; de hoogte van het bergland neemt

echter van West naar Oost toe. Het is MOLENGRAAFF's „Boven-Kapoewas-ketengebergte”.

Behalve in het gebied van Boven-Embaloeh en Tekelan werd de formatie in de Boven-Sibau aangetroffen door BÜTTIKOFER. Uit het onderzoek van schuifsteenmateriaal in de Boven-Kapoewas en uit de algemeene configuratie van het landschap concludeert MOLENGRAAFF verder, dat deze formatie ook in het brongebied van de Kapoewas boven Na. Tandjan het gebergte samenstelt. De strekking van het gebergte is in het Westen ongeveer West10Noord-Oost10Zuid, dan zuiver Oost-West en in het brongebied van de Kapoewas waarschijnlijk West5Zuid-Oost5Noord, aldus een flauwen, naar Zuid convexen boog vormende. Hij verwacht verder, op grond van het uitzicht dat hij had van Bt. Pan, Bt. Tjongdong en Bt. Lekoedjan, dat het ketengebergte zich zoowel west- als oostwaarts nog verder uitstrekt (naar Oost waarschijnlijk in het bergland van Berau en Boeloengan).

In de formatie zelf werden nergens fossielen gevonden, zoodat MOLENGRAAFF den relatieven ouderdom niet kon bepalen. Hij nam echter aan (l. c. p. 438), dat zij ouder is dan een der andere sedimentaire vormingen in Borneo en zulks omdat „de lagen dezer formatie meer gestoord, geplooid en overschoven zijn dan die van een der andere, terwijl zij tevens duidelijk sporen dragen, meer dan éénmaal aan den invloed van bergvormende drukkrachten te zijn blootgesteld geweest”. Dat ook het petrografisch karakter der gesteenten aan een oude formatie doet denken, werd door hem als een argument van geringe beteekenis beschouwd wegens de sterke plooiing. Een vergelijking van deze formatie met de oude schieferformatie van WING EASTON in Sambas bracht hem tot de conclusie, dat zoowel in het petrografisch karakter en de kleur der gesteenten, in den stand der lagen, kortom in alle kenmerken de overeenkomst treffend is (l. c. p. 436).

MOLENGRAAFF is van meening, dat de afzettingen der oude leiformatie zeer waarschijnlijk op niet zeer grooten afstand van de kust zijn gevormd (l. c. p. 474).

Graniet en andere dieptegesteenten, benevens gangen van eruptieve gesteenten waren MOLENGRAAFF uit het gebied der oude leiformatie niet bekend. Hij hield het echter voor mogelijk, dat enkele rolsteen van diabaas, die hij beneden de

goeroeng Moenhoet in de Boven-Kapoeas vond, van gangen in de oude leiformatie afkomstig zijn (l. c. p. 252).

Tijdens zijn tocht in het Embaloehgebied had MOLENGRAAFF nog een belangrijke vondst gedaan, die hem echter in groote moeilijkheden bracht. In de Tekelan bleken namelijk rolsteen en voor te komen van grove, kalkhoudende grauwaske-zandsteen, waarin camerinen en orbitoïden voorkomen (l.c. p. 170): „Deze breccie bestaat uit kwartsstukken en weinig afgeronde fragmenten van zijdeglanzende kleilei, grauwaskelei, zandige kwartsiet, kortom van alle rotssoorten, waaruit het gebergte van de Boven-Embaloeh bestaat. Deze fragmenten zijn door een cement verbonden, dat op zichzelf beschouwd, weder fijne grauwaske zou moeten worden genoemd. Dit cement heeft een vrij groot kalkgehalte en bevat hier en daar skeletten van nummulieten.” De camerinen werden door SCHLUMBERGER voor eoceen gehouden; de conservatietoestand liet geen zekere soortbepaling toe. In een naschrift (l.c. p. 512) vermeldt MOLENGRAAFF dat het materiaal in 1897 nog werd onderzocht door BULLEN NEWTON, die daarin *Nummulites djokjokartae* K. MARTIN en *Orbitoides (Discocyclina)* vond, waaruit hij tot een oligocenen ouderdom besloot. Hierbij moet echter worden opgemerkt, dat de genoemde species thans als eoceen wordt beschouwd.

Analoge rolsteen en werden ook door BÜTTIKOFER uit de Boven-Sibau verzameld. Nergens echter werd het gesteente in situ aangetroffen. Aangezien het gebied, waarin de rolsteen en voorkomen, geheel tot de oude leiformatie behoort, moest MOLENGRAAFF, om het voorkomen dezer rolsteen en te kunnen verklaren, een keuze doen uit verschillende mogelijkheden (l.c. p. 448—451):

1ste. de grauwaske met camerinen behoort zelf tot de oude leiformatie, zoodat deze dus oudtertiair zou zijn. De waargenomen feiten en het petrografisch karakter der grauwaske, die zeer veel lijkt op de alom verspreide grauwaskelei der oude leiformatie, zijn met deze opvatting in overeenstemming. De bezwaren ertegen zijn drieërlei: allereerst zou dan het oudtertiair veel sterker geplooid zijn dan de oudere formaties, doch dit kan ook slechts schijnbaar het geval zijn. De gesteenten der oude leiformatie toch lieten zich gemakkelijker vervormen dan die van het krijt en de danau-

formatie. Verder gold als bezwaar, dat elders in den Archipel het eoceen wel vaak plaatselijk is gestoord, maar dat de lagen niet sterk hellen en nergens door bergdruk tot een ketengebergte zijn opgestuwd (dit bezwaar zou thans natuurlijk niet meer kunnen gelden). Het derde bezwaar was, dat men zich moeilijk kan voorstellen hoe de camerinen en orbitoïden zoo goed zouden bewaard gebleven zijn, zoo het gesteente inderdaad aan denzelfden bergdruk zou blootgesteld zijn geweest, die het Boven-Kapoeasketengebergte heeft opgestuwd. Vooral dit laatste argument deed MOLENGRAAFF afzien van de mogelijkheid, dat de camerinengrauwacke tot de oude leiformatie zou behooren.

2de. de oudtertiaire gesteenten zijn jonger dan de oude leiformatie. Hiermee is eveneens het petrografisch karakter van het gesteente in overeenstemming, want het materiaal daarvoor zou dan ontleend zijn aan de nabijgelegen kust, die uit kleilei en grauwackelei bestond. Er werd een breccie- en conglomeratachtige grauwacke gevormd, een soort „grit”. Dan moet echter het oudtertiair transgredeerend op de oude leiformatie zijn afgezet; MOLENGRAAFF nam echter nergens in het landschap iets waar wat op transgredeerende lagen zou kunnen wijzen. ¹⁾ Hij moest dus aannemen, dat zij òf reeds voor het grootste deel zijn afgeërodeerd òf dat zij ook zelf nog sterk gestoord en misschien in de reeds geplooidere oudere afzettingen zijn ingeplooid.

3de. de aanwezigheid van camerinen zou nog geen bewijs behoeven te zijn voor den oudtertiairen ouderdom. Wegens het samen voorkomen met orbitoïden acht hij echter den oudtertiairen ouderdom bewezen.

In 1914 komt hij nog eens op de oude leiformatie terug (27 p. 176) en zegt, dat in Oost-Borneo, evenals in het Kapoeas-gebied slechts de oudste fyllitische afdeeling voorkomt, terwijl WING EASTON (54 pp. 24, 226, 227 en 55 p. 180) in het uiterste Westen van West-Borneo ook een jongere afdeeling kon onderscheiden, in welke veel intrusieve platen van diabaasporfyriet voorkomen. In de Boven-Kapoeas en in Oost-

¹⁾ Bij de beschrijving van het uitzicht op Bt. Tjondong (l.c. p. 173) zegt hij wel, dat de Bt. Bakoen in Serawak eenigszins aan een tafelberg herinnert. Ik heb dit ook zelf waargenomen, maar ik denk dat dit op gezichtsbedrog berust, want ook de Bt. Tjondong maakte op mij, vanuit het Westen gezien, dezen indruk en hierbij is toch geen sprake van een tafelberg.

Borneo komen gangen en intrusieplaten niet voor en is intrusief slechts één granietskern bekend in de Boven-Segah en Kelei, die zich nog tot de Beneden-Boeloengan voortzet. Dat graniet ook nog elders moet voorkomen blijkt uit rolsteen. MOLENGRAAFF vervolgt de oude leiformatie vanuit het Westen van West-Borneo, via het merengebied, het Boven-Kapoeasgebergte, de Oeloe-Mahakam, de Oeloe-Boh en de Oeloe-Kajan naar het gebied van de Boven-Berau en de Beneden-Kajan, waar zij tenslotte onder oudtertiaire afzettingen wegschiet. Wat den ouderdom der formatie betreft zegt hij, dat het onzeker is of zij wel ouder is dan danauformatie en krijt.

Terwijl ik pas na de behandeling der fyllitformatie in mijn gebied zal ingaan op haar mogelijke voortzetting naar Oost en West, wil ik eerst nog vermelden wat na MOLENGRAAFF over deze formatie is geschreven.

LOTH (25 p. 9), stipt slechts even de fyllitische gesteenten van WING EASTON en MOLENGRAAFF aan zonder nieuwe gezichtspunten te openen. Abusievelijk is hij van meening, dat MOLENGRAAFF deze gesteenten als de oudste van West-Borneo beschouwt, immers deze maakt nadrukkelijk een uitzondering voor de kristallijne leien (l. c. p. 435).

Ofschoon VAN ES het gebied van MOLENGRAAFF's oude leiformatie niet behandelt, noem ik hem hier toch, aangezien hij de oude leiformatie der Chineesche Districten als contact-metamorfe trias beschouwt (12 p. 5 e.a.).

RUTTEN (34 pp. 250; 274-276 en 283) geeft van het bovenstaande een beknopt, doch voortreffelijk overzicht. Hij wijst erop, dat langs de Embaloeh de structuur van het Boven-Kapoeasgebergte a-symmetrisch is, daar de zuidwaartsche hellingen sterk overwegen over de noordwaartsche. Daarbij verzuimt hij echter er de aandacht op te vestigen, dat dit geldt voor het meer noordelijk gedeelte van het Embaloehgebied. Voor het zuidelijk gedeelte toch is de verhouding juist omgekeerd en zijn de hellingen steil naar het Noorden gericht, iets waarop MOLENGRAAFF zelf wijst (l. c. p. 166). RUTTEN stipt ook nog aan, dat de groote breuk, waarmede MOLENGRAAFF zijn oude leiformatie ten Zuiden begrenst, wel waarschijnlijk, doch niet zeker is. Hij bestrijdt vervolgens de opvatting van VAN ES, die hierboven werd genoemd.

Onderzoek in 1930.

KROL (23 p. 49 ff.) vermeldt de resultaten van het onderzoek in 1930, die ik hier kort zal releveeren. Wat de oude leiformatie betreft, was het doel van dit onderzoek de positie na te gaan van deze ten opzichte van de danauformatie en bovendien het door MOLENGRAAFF als rolsteen gevonden oudtertiair in situ op te sporen. Het bleek, dat de oude leiformatie kon worden vervolgd tot in de Boven-Kajan, terwijl zij zich noordwaarts tot voorbij de Batang Redjang uitstrekt. KROL's mededeeling, dat ook haar westgrens werd bepaald, is niet juist, want ik kon later nog haar aanwezigheid in S. Lamanak (ten Noorden van Engkelili) vaststellen. De zuidgrens, die KROL aangeeft (23 p. 50) is later gebleken niet juist te zijn, doch dit kon eerst worden ingezien nadat de bestudeering dezer formatie verder was gevorderd. De begrenzing der oude leiformatie in het Zuiden ten opzichte van de danauformatie kon niet bevredigend worden vastgesteld. KROL trof beneden de riam Matahari in de Boven-Kapoeas bij den overgang van de danau- naar de oude leiformatie een sterk vergruisde en gemylonitiseerde gesteentezone aan, waaruit zou blijken, dat een deel der danauformatie aldaar zeer waarschijnlijk over de oude leiformatie is heengeschoven. Ofschoon ik oorspronkelijk eveneens deze meening was toegedaan, ben ik toch later, na een nadere bestudeering van KROL's veldgegevens, die hij niet meer zelf heeft kunnen uitwerken, tot een andere opvatting gekomen, volgens welke men hier niet met een opschuiving te doen heeft. Bij de behandeling der geologische geschiedenis kom ik daarop terug.

Het oudtertiair met camerinen werd in 1930 nog niet gevonden; wel trof ik in S. Sibau de bewuste rolsteen aan, doch ondanks lang zoeken kon ik daarin geen camerinen vinden. KROL meende daarom, dat de groote rolblokken niet meer aanwezig waren doordat ze door bandjirs zouden vergruisd en weggespoeld zijn. Zooals later bleek was deze veronderstelling onjuist; de reden waarom het oudtertiair niet werd aangetoond was, dat het onderzoek daarnaar niet werd begonnen, waar MOLENGRAAFF het had gestaakt, nl. in S. Tekelan. Daardoor waren ons dan ook de oudtertiaire rolsteen niet uit eigen aanschouwing bekend. Tenslotte was

ook het tempo, waarin de tochten van 1930 moesten worden uitgevoerd, te snel om een dergelijk onderzoek met vrucht te kunnen uitvoeren.

Onderzoek in 1931.

In 1931 kreeg ik gelegenheid om nader op deze kwestie in te gaan, zij het ook slechts incidenteel. Aangezien het na MOLENGRAAFF's onderzoek waarschijnlijk was, dat men het oudtertiair in het brongebied van S. Tekelan zou kunnen aantreffen, maakte ik vanuit de Boven-Batang Loepar in Serawak een doorsteek naar S. Tekelan. Bij het opnemen van de Batang Loepar had ik de aanwezigheid der oude leiformatie aldaar kunnen vaststellen als het vervolg van die uit de Embaloeh en Lebojan. Daarbij was het mij echter opgevallen, dat daarin herhaaldelijk stukjes radiolariet voorkwamen, die zeer veel geleken op die der danauformatie, zoodat ik reeds daar ernstig rekening hield met de mogelijkheid, dat de oude leiformatie jonger zou zijn dan de danauformatie. In het Tekelangebied werd nu systematisch het schuifsteenmateriaal onderzocht van alle zijtakken, doch het was eerst vrij ver stroomaf, nl. in S. Padi, dat ik de eerste conglomeratische grauwaske-zandsteen met camerinen vond. Iets verder stroomaf trof ik er zeer vele aan in S. Litoep, terwijl de nog meer stroomafwaarts uitmondende S. Pait er weer slechts enkele kleine en daarbij sterk afgeronde bleek aan te voeren. Na raadpleging van de topografische kaart werd uit de genoemde verbreiding der rolsteen de conclusie getrokken, dat het gesteente in situ zich moest bevinden ten Westen en Noordwesten van Bt. Tjongdong, in hoofdzaak dus in het brongebied van S. Litoep. Bij het onderzoek ter plaatse werd de grauwaske met camerinen wel reeds in groote blokken gevonden, doch nog niet in situ. Zeer interessant was echter de ontdekking van fyllitische leien met oudtertiaire foraminiferen, eerst als platte schuifsteen, wat meer stroomop in situ. Het was zeer jammer, dat voedselgebrek en ziekte mij nu dwong den terugtocht te aanvaarden, want nu was nog het probleem niet ten volle opgelost. In een voorloopige mededeeling over deze vondst (8 p. 56) kon ik derhalve nog geen zekere conclusie trekken omtrent de verhouding der oudtertiaire fyllitische leien tot de oude leiformatie. Wel schreef ik, dat de habitus der oudtertiaire fyllieten zoo-

danig is, dat men, afgezien van de foraminiferen, geen oogenblik zou aarzelen ze in de oude leiformatie te plaatsen. In de grauwaske met camerinen, die hier vaak een grofconglomeratisch karakter aanneemt, meende ik echter een transgressieconglomeraat te moeten zien en ik onderscheidde derhalve voorloopig twee afdeelingen in de oude leiformatie, nl. het oudtertiair en het pretertiair, beide ontwikkeld in fyllitischen habitus. Ofschoon dus nog niet alles duidelijk was, was wel reeds gebleken, dat het oudtertiair een stadium van sterk diastrofisme heeft doorgemaakt, hetgeen, gezien de fyllitisatie, op een vrij groote diepte moest hebben plaatsgehad. Ik moest aannemen, dat het voor een deel was ingeplooid in het reeds geplooid pretertiair.

Nu het was komen vast te staan, dat zich onder de gesteenten der oude leiformatie ook tertiaire fyllieten bevinden, terwijl ik in de Batang Loepar in diezelfde formatie met groote waarschijnlijkheid afbraak van de danaufornatie had gevonden, was de toevoeging „oude” in den naam niet meer op haar plaats. RUTTEN gebruikt behalve den naam „oude leiformatie” ook „fyllietformatie” (34 p. 274) en het is deze laatste benaming, die, als de meest neutrale, de voorkeur verdient. In het vervolg zal ik derhalve, waar het mijn gebied betreft, steeds spreken van „fyllietformatie” (deze naam had trouwens ook reeds ingang gevonden in de laatste jaargangen van het Jaarboek van het Mijnwezen).

Onderzoek in 1932.

Voordat het M.G.O. „West-Borneo” werd opgeheven, werd mij in 1932 nog toegestaan in het gebied der fyllietformatie een tocht te maken met het uitsluitend doel de positie van de oudtertiaire gesteenten ten opzichte van de eventueel aanwezige pretertiaire op te helderen en de uitbreiding daarvan vast te stellen. Thans langs de Embaloeh het Tekelan-gebied bereikend, zette ik in S. Litoep het in 1931 afgebroken onderzoek voort en weldra had ik de conglomeratische grauwaske met camerinen op enkele plaatsen in situ gevonden. Er bleek geen sprake te zijn van eenige discordantie, zoodat hiermee was bewezen, dat men hier niet behoeft te denken aan een inplooiing van oudtertiair in pretertiair, maar dat in dit gebied de fyllietformatie zelf van oudtertiairen ouderdom is.

Het onderzoek werd ook nog uitgestrekt over de grens met Serawak (men bevindt zich daar in de „3d Division”). Daarbij bleek noordwaarts de fyllitisatie van het gesteente-complex terug te treden, terwijl vaak bontere kleuren werden waargenomen. Ook hier echter werden oudtertiaire foraminiferen gevonden. De gesteenten herinneren hier door hun bontere kleuren en geringere fyllitisatie aan die welke men vindt in de zuidelijkste strook der fyllietformatie, in S. Lamanak, de Batang Loepar, het Benoea Oedjoeng-heuvelland etc., welke strook ik „de Bonte-Zuidzone der Fyllietformatie” heb genoemd. Ik kom hierop in het volgende terug. Na dit onderzoek werd de Embaloeh verder stroomop vervolgd tot in haar brongebied. Steeds werd daarbij het schuifsteenmateriaal der zijriviertjes onderzocht op de aanwezigheid van gesteenten met fossielen. Naar aanleiding van zulke rolsteenvondsten werd de rechterzijtak S. Pijang I opgevaren, waarbij weer op enkele plaatsen camerinenhoudende gesteenten in situ werden gevonden (in verscheidene zijtakjes moeten deze ook voorkomen). Eveneens werden die gevonden in het kleine zijtakje S. Batoe Bebaring, benevens op enkele plaatsen aan de Embaloeh zelf boven Na. Telijai. Van verschillende zijrivieren bleek, dat in hun stroomgebied gesteenten met oudtertiaire foraminiferen moeten ontsloten zijn (S. Telijai, S. Karoop, S. Boenau, S. Lida, S. Entakoen, S. Lobin). Dit moet blijkens rolsteen ook nog het geval zijn in het uiterste brongebied der Embaloeh. Vanaf Na. Entakoen werd in zuidzuidoostrichting een doorsteek gemaakt naar Bt. Oejoet (ook Lawit genaamd) en vandaar naar Na. Leup aan S. Pijang II, een rechterzijtak van S. Sibau. Deze doorsteek ging met groote moeilijkheden gepaard; het terrein is zoo zwaar, dat op sommige dagen van 's morgens tot 's avonds in luchtlijn nog geen kilometer werd gevorderd. De beklimming van Bt. Oejoet was niet alleen moeilijk, doch vaak ook tengevolge van afstortingen van diepverweerd gesteente zeer gevaarlijk. Op dit traject werden foraminiferen op verschillende plaatsen aangetroffen, o.a. op Bt. Oejoet zelf. In het stroomgebied van S. Sibau trof ik ze aan in S. Leup, S. Pijang II en S. Beroeti, terwijl mijn mantri NATASAPOETRA ze vond in den bovenloop van S. Pijang II en in S. Menjong over de Serawaksche grens. Ik vond ze verder in S. Djenai, een der bronriviertjes van S. Sibau en tenslotte

in een zijtak van S. Menjakan, de S. Seloewan Besar. Ook in S. Sibau kon ik uit het schuifsteenmateriaal der zijtakken opmaken, dat het oudtertiair nog op vele andere plaatsen fossilhoudend moet zijn. Verscheidene malen kon ik in mooie profielen de bevestiging vinden van het reeds in het Tekelan-gebied in S. Litoep waargenomen feit, dat de conglomeratistische grauwacken met oudtertiaire foraminiferen concordant in de fyllietenserie liggen ingeschakeld. Enkele door mijzelf opgenomen detailprofielen mogen dit verduidelijken.

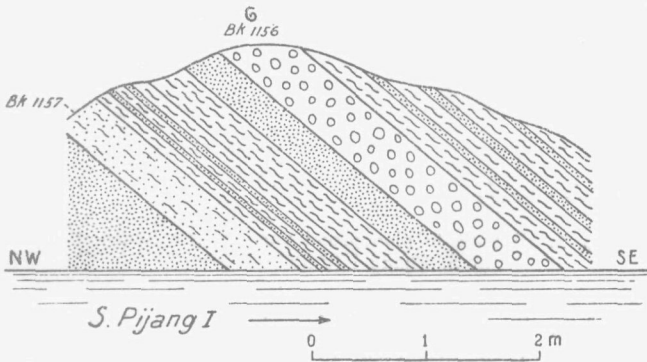


Fig. 4. Detailprofiel in S. Pijang I (Embaloe-gebied).

Fig. 4 geeft een profiel weer in S. Pijang I. De plaats is op het overzichtskaartje 1 : 1.000.000 aangegeven. Onder dunbladerige fylliet met fijne harde zandsteenlaagjes volgt een 50 cm dikke bank van een uitgewalst conglomeratisch grauwackegesteente, dat soms gepyritiseerd is en dat in een gerekristalliseerde, fijnzandige matrix nog verscheidene camerinen bevat (Bk. 1156) ¹⁾; daaronder volgen fijnkorrelige, harde zandsteen en dunbladerige fylliet, waaronder nog een 40 cm dikke bank volgt van vrij sterk kalkhoudende, fijnkorrelige zandsteen (Bk. 1157), die bladdunne laagjes bevat van fyllitische lei; ook dit gesteente vertoont duidelijk de sporen van uitwalsing, soms maakt het een eenigszins conglomeratischen indruk doordat gedeelten van de zandsteen hier en daar door de fylliet worden omhuld. De basis van het profiel wordt gevormd door harde, grijze, fijnkorrelige kwarts-

¹⁾ De aangehaalde nummers hebben betrekking op de gesteente-collectie West-Borneo in het Museum van den Dienst van den Mijnbouw te Bandoeng.

zandsteen. De strekking der lagen is hier Noord55Oost-Zuid55West, de helling 40° naar Zuidoost.

Meerdere malen komt ook het conglomeratisch gesteente als lenzen voor. Een voorbeeld daarvan geeft fig. 5, dat de ligging van zoo'n conglomeraatlens weergeeft in plattegrond, eveneens in S. Pijang I, doch wat noordelijker dan het vorige

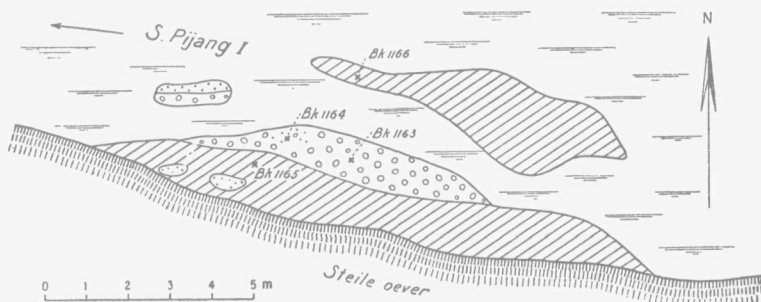


Fig. 5. Situatie in plattegrond van een conglomeraatlens in S. Pijang I (Embaloh-gebied).

profiel. Aan den linkeroever der rivier bevindt zich in dunbladerige fyllitische lei (Bk. 1165 en 1166), die hier en daar brokjes kwartzandsteen bevat, een lens van een gedrukt conglomeraat (Bk. 1163), dat camerinen en andere foraminiferen bevat. De lens is 8 m lang en heeft een grootste dikte van 1 m. Het is niet onwaarschijnlijk, dat zij een deel vormt van een verbroken laag, waar zich de gemakkelijk plooibare fylliet omheen heeft geplooid. Het conglomeraat zelf is kalkhoudend en gaat plaatselijk soms snel over in kalkhoudende zandsteen (Bk. 1164). De richting der drukgelaagdheid in de fylliet varieert eenigszins, doch is in hoofdzaak Noord65 Oost—Zuid65West met helling 60° naar Zuidzuidoost. De gelaagdheid zelf is waarschijnlijk $\pm$ Oost-West gericht. Nog iets verder stroomop vindt men in een zandige fylliet bankige, tot 2 m groote lenzen van harde zandsteen en enkele kleine conglomeraatlensjes.

Als laatste voorbeeld moge dienen een profiel in den bovenloop van S. Djenai, een riviertje uit het brongebied van S. Sibau (fig. 6).

Onder een harde, gedrukte arkosezandsteen (Bk. 1444) volgt een 1.40 m dikke bank van gedrukte arkosezandsteen

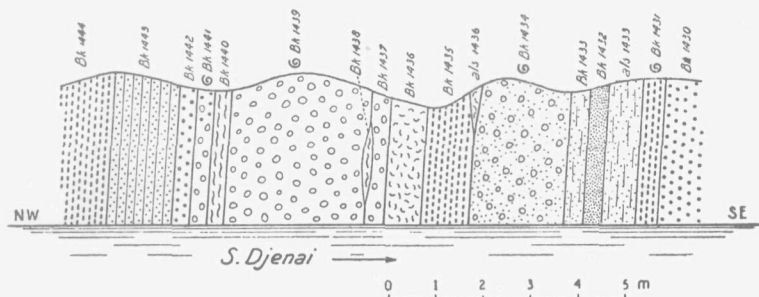


Fig. 6. Detailprofiel in S. Djenai.

met koolsnippers (Bk. 1443), dan 0.35 m harde, kalkhoudende arkosezandsteen (Bk. 1442), die geleidelijk overgaat in een 0.40 m dikke bank van conglomeratische grauwacke (Bk. 1441) met kalkige, arkosezandige matrix. Hierin komen vele fraaie foraminiferen voor, waaronder tot 6 mm groote radia- te camerinen. Nu volgt een 0.35 m dikke laag van donkere, zwakfyllitische, fijnzandige lei (Bk. 1440) met dunne laagjes lichtgrijze, fijnkorrelige zandsteen. Vervolgens een 3 m dikke bank van gedrukte conglomeratische grauwacke (Bk. 1439) met gerekristalliseerde, sterk kalkhoudende, zandige matrix, waarin enkele foraminiferen voorkomen. Dan komt een dunne lens van donkere, harde, ten deele zeer fijnzandige en dan glimmerhoudende lei (Bk. 1438), waarna 0.40 m sterk verweerde en daardoor poreuze conglomeratische grauwacke volgt (Bk. 1437), die, zooals o.h.m. blijkt, sterk verdrukt is. Hieronder bevindt zich een 0.80 m dikke bank van verdrukt, conglomeratisch, grauwackeachtig gesteente (Bk. 1436) met arkosekleizandige matrix en enkele slecht geconserveerde camerinen. Vervolgens 1 m grijze, fijnkorrelige, zeer zwak kalkhoudende polymikte arkosezandsteen (Bk. 1435) en dan een gemiddeld 2 m dikke inschakeling van zwakmetamorfe, conglomeratische zandsteen (Bk. 1434), met een matrix van kalkige arkosezandsteen, waarin zich enkele foraminiferen bevinden, vaak fragmentair (*Camerina*, w.o. een 8 mm groote met radiaatmeandrische septaallijnen en een radiate van 5 mm, *Discocyclus* en waarschijnlijk *Pellatispira*). Deze inschakeling schijnt een lensvorm te hebben, want aan den anderen oever der beek is zij aanmerkelijk breder, terwijl naar boven de dikte iets schijnt af te nemen. Tusschen dit gesteente en het voorgaande

is in de bovenhelft van het profiel nog een smalle wig ingeschakeld van conglomeratisch grauwakegesteente als Bk. 1436. Onder de conglomeratische zandsteen Bk. 1434 volgt een 1.50 m dikke bank van grijze, harde, platige, fijnkorrelige zandsteen (Bk. 1433) met een 0.40 m dikke tussenbank van harde, lichtgrijze, fijnkorrelige, kalkhoudende kwartzandsteen (Bk. 1432). Dan komt een 0.45 m dikke bank van sterk verweerde, metamorfe, grofkorrelige, polymikte arkosezandsteen (Bk. 1431), die hier en daar fijnconglomeratisch wordt en dan sterk uitgeloogde resten van foraminiferen bevat. De basis van het profiel wordt gevormd door grijze, gerekristalliseerde, fijnkorrelige, kalkhoudende, polymikte zandsteen (Bk. 1430). Het geheele profiel is ± 14 m lang. Vele der beschreven gesteenten bevatten pyriet en vertoonen o.h.m. verschijnselen van dynamometamorfose. De strekking der lagen is Noord50Oost—Zuid50West, de helling 87° naar Noordwest.

Ouderdomsbepaling der fyllietformatie.

Ik zou de bovenbeschreven voorbeelden met vele kunnen vermeerderen, doch meen hiermee te kunnen volstaan. Steeds weer kon ik vaststellen, dat de gesteenten met oudtertiaire foraminiferen volkomen concordant lagen ingeschakeld in de gesteenten der fyllietformatie en ik kon derhalve in mijn rapport over dezen tocht de conclusie neerschrijven, dat zich in het Boven-Embaloeh- en Boven-Sibaugebied in de fyllietformatie een minstens 35 km breede zone bevindt, waarvan de ouderdom op grond van het voorkomen van foraminiferen met zekerheid als palaeogeen moet worden beschouwd en waarschijnlijk als eoceen. Voorts, dat, aangezien de laagrichtingen in dit gebied in hoofdzaak varieren van Oost-noordoost-Westzuidwest tot Oost-West, het niet waarschijnlijk was, dat de fossielhoudende strook in het Boven-Sibaugebied de strekkende voortzetting zou zijn van die uit het Boven-Embaloeh- en Tekelangebied. Van deze laatste nam ik aan, dat zij zich waarschijnlijk oostnoordoostwaarts in Serawak voortzet. Daarentegen zou men in de Embaloeh beneden Na. Tekelan de voortzetting der Sibau-strook moeten verwachten. Hier zijn echter geen fossielen aangetroffen; misschien is dit het gevolg van facieswisseling (conglomeratische grau-

wacken komen daar haast niet voor), misschien ook waren ze oorspronkelijk wel aanwezig, doch zijn bij de dynamometamorfose grootendeels vernietigd. Een derde mogelijkheid is, dat door combinatie van deze beide oorzaken ze er nog wel zijn, maar schaars en dat zij daarom bij de opnamen niet werden gevonden. Ik kom hierop nog terug bij de nadere beschrijving van enkele gesteenten.

Nadat het dus was gebleken, dat een breede strook der tot de fyllietformatie behorende gesteenten van oudtertiären ouderdom was, lag het voor de hand ook de reeds eerder verzamelde monsters nog eens nauwkeurig te onderzoeken, om daarin zoo mogelijk eveneens foraminiferen te kunnen vinden. Het was daarbij echter tevens a priori te verwachten, dat het resultaat van dat onderzoek niet overweldigend zou zijn. De betreffende gesteentemonsters toch waren alle verzameld toen het voorkomen der foraminiferen in de fyllietformatie zelf nog niet kon worden vermoed. Tijdens het onderzoek in het Embaloeh-Sibaugebied is gebleken, dat zij vooral voorkomen in de conglomeratische gesteenten, echter niet gelijkmatig, doch bepaalde gedeelten prefereerend. Het duurt dan ook in den regel geruimen tijd voor men in zoo'n conglomeratisch gesteente een foraminifeer aantreft, doch meestal volgen dan vrij snel meerdere exemplaren. Het zoeken naar foraminiferen in de fyllitische leien neemt nog meer tijd in beslag. Bij het zoeken naar foraminiferen in de reeds eerder verzamelde monsters heb ik dan ook de meer conglomeratisch ontwikkelde gesteenten en de grauwakeleien de voorkeur gegeven. Van monsters, die daarvoor in aanmerking kwamen, werden reeksen slijpplaatjes vervaardigd, terwijl eveneens aan diverse handstukken gepolijste vlakken werden geslepen. Het resultaat was, dat ik nog op drie plaatsen foraminiferen kon aantonen buiten het Embaloeh-Sibaugebied. De eerste vindplaats ligt in het uiterste Noorden van mijn gebied, nl. in S. Song, een rechterzijtak van de Batang Redjang, waar nog herkenbare resten van camerinen voorkomen in een sterk verweerde conglomeratische grauwake. De tweede bevindt zich in S. Menjong, een linkerzijtak van S. Baleh. Ongeveer bij de monding van S. Entoeloe komt een conglomeratische grauwake voor met camerinen. De derde vindplaats is in de Batang Loepar, niet ver boven de monding van den linkerzijtak

S. Pan, waar zich in een grauwackelei een niet meer te determineeren foraminifeer bevindt, die naar de meening van Dr. TAN SIN HOK zoowel een *Lepidocyclina* als een andere orbitoidide zou kunnen zijn. In analogie met de vele soortgelijke gesteenten uit het Embaloeh-Sibagebied, waarin oudtertiaire foraminiferen voorkomen, heeft men ook hier waarschijnlijk met een oudtertiair fossiel te doen (*Discocyclina?*). Dit wordt nog waarschijnlijker, doordat zich in een ander slijpplaatje van hetzelfde monster een foraminifeer bevindt, die hoogstwaarschijnlijk een *Camerina* is. Wat de *Discocyclina* (?) betreft: in de collectie van het Instituut voor Mijnbouwkunde te Delft bevindt zich een *Discocyclina* die, evenals ons exemplaar, breede lateraalkamers bezit. Hoewel van ons exemplaar geen mediaankamers zichtbaar zijn en een zekere beslissing dus niet kan worden genomen, is er naar mijn meening voldoende „converging evidence” aanwezig voor den oudtertiairen ouderdom. In verschillende slijpplaatjes van gesteenten, die stroomopwaarts hiervan in de Batang Loepar zijn ontsloten, kon ik nog resten aantoonen van foraminiferen, die door de dynamometamorfose dermate zijn verminkt, dat men ze niet meer als zoodanig zou herkennen, wanneer men niet in de gelegenheid is geweest de verschillende stadia van overgang te bestudeeren. Het is niet uitgesloten, dat men hier aan de Batang Loepar te doen heeft met het vervolg van de zone der Boven-Sibau, terwijl de vindplaats in S. Menjong dan de voorzetting der Boven-Embaloehzone zou kunnen representeeren. Het is mij niet gelukt in de handstukken van het Boven-Kapoeasgebied foraminiferen aan te toonen, ofschoon ook daar het karakter der fyllietformatie volmaakt gelijk is aan dat van de fossielhoudende gebieden. Ik ben er echter ten stelligste van overtuigd, dat men aldaar, evenals nog op vele andere plaatsen, bij een nauwkeurig, doelbewust onderzoek, zooals ik dat zelf in het Embaloeh-Sibagebied heb kunnen uitvoeren, foraminiferen zou aantreffen van oudtertiairen ouderdom.

Gezien de aanwezigheid van oudtertiaire foraminiferen in het Noorden en Zuiden, in het Westen en Oosten, de op alle plaatsen concordante ligging van de fossielhoudende met de fossiellooze gesteenten en verder het gelijkmatig karakter der fyllietformatie, ook in de gebieden waar tot nu toe geen fossielen zijn gevonden, is er mijns inziens geen reden meer

om aan te nemen, dat gedeelten van deze formatie nog tot het pretertiair zouden kunnen behooren. In mijn reeds eerder genoemde voorloopige mededeeling (8 p. 57) liet ik die mogelijkheid toe, voornamelijk omdat ik toen de conglomeratische grauwacken met camerinen nog niet in situ had gevonden. Thans echter moet ik wel aannemen, *dat de geheele fylletformatie in West-Borneo en in de 2^d en 3^d Division van Serawak van oudtertiairen ouderdom is*. Teneinde misverstand te vermijden beperk ik mij op deze plaats nadrukkelijk tot de genoemde gebieden en sluit daarbij zoowel de „oude leiformatie” der Chineesche Districten als die van Oost-Borneo voorloopig uit. Op de eventuele voortzetting der oudtertiaire fylletformatie kom ik echter nog terug.

De critische lezer zal hier tegen kunnen inbrengen, dat niet het absolute bewijs te leveren is, dat de later te bespreken daling in de fyllet-geosynclinaal in het tertiair a is begonnen. De mogelijkheid, dat in de diepere en centrale gedeelten van den oorspronkelijken trog nog pretertiair, bv. bovenkrijt aanwezig is, dus dat de daling reeds in het bovenkrijt zou zijn begonnen, blijft inderdaad bestaan. Voor deze opvatting is echter geen enkel palaeontologisch bewijs aanwezig, integendeel, alle palaeontologische gegevens welke gevonden konden worden wijzen op eoceen. De alleruiterste tijdgrens voor het begin der daling zou bij de genoemde mogelijkheid theoretisch zelfs post-danauformatie kunnen zijn. Deze geheele kwestie is overigens van ondergeschikt belang voor de hierachter gegeven voorstelling (Geologische Geschiedenis), want nòch de opvatting, dat schubben danauformatie, behoorend tot den ondergrond der fylletformatie, in het zuidelijk gebied in die formatie zijn ingeplooid, nòch het tijdstip der orogenese en dynamometamorfose zouden in dat geval gewijzigd behoeven te worden.

De foraminiferen waarop de ouderdomsbepaling der fylletformatie steunt werden naar het genus bepaald door Dr. TAN SIN HOK. Enkele monsters uit het Tekelangebied waren al eerder onderzocht door Dr. W. SCHEFFEN, terwijl Dr. C. P. A. ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN mij reeds in Borneo zijn hulp verleende bij de voorloopige bepaling der foraminiferen. Gedetermineerd werden: megasfere en microsfeer camerinen, overheerschend radiaat, een enkele vorm met meandrische septaallijnen, voorts discocyclinen, assilinen, pellatis-

piren en alveolinen. TAN vat zijn conclusies aldus samen: „De gesteenten zijn zeker van oudtertiären ouderdom (Tertiair a, b, c of d). De nummers met *Discocyclus* zijn van eocenen ouderdom (Tertiair a of b). De nummers met *Assilina* behooren tot Tertiair a. De camerinen en assilinen zijn ten deele zeker verder te determineeren. De radiate camerinen overheerschen. Een enkele vorm heeft meandrische septaallijnen.” Behalve deze foraminiferen komen in enkele monsters van het Tekelangebied nog *Operculina*- en *Rotalia*-achtigen voor, benevens zeer zeldzaam globigerinen en enkele niet te determineeren lamellibranchiaten, gastropoden en koralen. Een enkele maal werd ook een schaalfragment van een zeeëgel (?) gevonden, benevens *Archaeolithothamnium*. In sommige leien bevinden zich geleed-stengelige resten, die volgens Dr. R. von KOENIGSWALD stelen zijn van crinoïden, de steelgeledingen zijn rond en hebben een askanaal.

In een slijpplaatje van een gesteente uit de Boven-Embaloeh (S. Batoe Bebaring) vindt men den eocenen ouderdom in een zeer klein bestek gedemonstreerd (foto 1).

In deze zandige, fyllitische lei, die soms een eenigszins conglomeratisch karakter aanneemt (dit is op de foto zichtbaar) treft men naast elkander aan: *Camerina*, *Discocyclus* en *Assilina*, waardoor de ouderdom direct als tertiair a kan worden bepaald. Deze foto wordt hier alleen gegeven omdat hier de drie genera in klein bestek naast elkaar voorkomen, want van elk afzonderlijk zouden veel duidelijker voorbeelden kunnen worden afgebeeld. Daar het als *Assilina* gedetermineerde individu op de foto ook den indruk van *Pellatispira* kan geven zij erop gewezen, dat de eigenaardige wandstructuur alleen door kristallisatie van de calciëet wordt veroorzaakt. Een handstuk van fraai fyllitische, breccieuze lei, waarin foraminiferen voorkomen, toont foto 2; het polijstvlak laat goede doorsneden zien, o.a. van *Camerina*, terwijl het overig gedeelte van het handstuk ook op de foto duidelijk den fyllitischen glans vertoont. Ik wil hier behalve op de nog volgende foto's tevens wijzen op een tweetal foto's van camerinen en orbitoiden, vervaardigd door C. SCHLUMBERGER, die men vindt bij MOLENGRAAFF (26 Pl. LII t.o. p. 408) en verder op de afbeeldingen bij BULLEN NEWTON en HOLLAND (29 p. 255; Pl. IX fig. 6 en Pl. X fig. 4).



Foto 1. *Camerina*, *Assilina* en *Discocyclus* in fyllitische, eenigszins conglomeratische lei. 18 $\times$. Evenwijdige nicols.

Foto Dr. P. KRUIZINGA.



Foto 2. Foraminiferen in fyllitische, eenigszins breccieuze lei. $\frac{3}{4} \times$

Foto C. VAN WERKHOVEN.

In het voorgaande vond reeds vermelding, dat BULLEN NEWTON den ouderdom van MOLENGRAAFF's grauwacken als oligoceen bepaalde, op grond van het voorkomen van *Nummulites djokjokartae* K. MARTIN en *Orbitoides (Discocyclina)*. Daarbij heb ik reeds vermeld, dat deze fossielinhoud naar de huidige opvattingen op eoceen wijst. TAN's conclusie, dat de ouderdom van enkele monsters kan varieeren tusschen tertiair *a*, *b*, *c* en *d*, is ongetwijfeld juist, doch men moet daarbij bedenken, dat zijn onderzoek slechts een voorloopig oriënteerend karakter droeg. En wèl is het opvallend, dat waar een rijker gevarieerd fossielgezelschap nadere bepaling toeliet, steeds een eocene ouderdom bleek en wel tertiair *a*. Het is wel zeer te wenschen, dat het rijke, thans aanwezige foraminiferenmateriaal binnen niet al te langen tijd een nauwkeurige bewerking zal ondergaan. Pas dan zal het mogelijk zijn den ouderdom naar boven toe exact te begrenzen. Ik houd het voor waarschijnlijk, dat bij zoo'n onderzoek, waarbij de foraminiferen ook naar de soort bepaald worden, zal blijken, dat de *fyllietformatie* eoceen is en daarvan de oudste afdeeling, het tertiair *a* vertegenwoordigt. In de volgende hoofdstukken kom ik daarop nog terug.

De gesteenten der fyllietformatie.

De fyllietformatie wordt opgebouwd door een in detail wel sterk varieerende, doch in groote trekken toch zeer eentonige afwisseling van pelitische, psammitische en psephitische gesteenten, waarvan de eerste twee sterk in de meerderheid zijn. Men treft de volgende gesteentesoorten aan: meer en minder zandige fyllieten en kleileien, kleizandsteenen, arkosekleizandsteenen, polymikte kwarts- en arkosezandsteenen, die vaak eenigszins mergelig of kalkig zijn. ¹⁾ Al deze gesteenten kunnen koolsubstantie bevatten, waarschijnlijk afkomstig van verkoolde plantenresten. Bij de dynamometamorfose heeft zich die tot grafitische slieren gerangschikt. Voorts vindt men conglomeratische gesteenten, die veelal sterk polymikt zijn en een matrix hebben van polymikte, kalkige of mergelige arkosezandsteen. De grove componenten zijn vaak goed afgerond, doch soms zijn zij hoekig, waardoor men dan van breccies moet spreken. Een enkele maal worden deze psephitische gesteenten zeer grof, met componenten tot 5 cm diameter, in den regel

¹⁾ In S. Litoep werd een conglomeratische kalksteen als los blok gevonden.

echter zijn die niet grooter dan 1 à 2 cm. In de korrelgrootte der opgesomde gesteenten treft men alle graden van overgang aan van fijn tot grof en ook zijn de verschillende typen vaak niet scherp gescheiden. Zoo vindt men vaak leien met een duidelijk conglomeratisch karakter, ook moet men enkele daarvan een lei-breccie noemen. Vele gesteenten hebben verder een grauwacke-karakter, waardoor men kan spreken van grauwacke-lei, grauwacke-zandsteen en grauwacke-conglomeraat. Een enkele maal (S. Padi, Tekelangebied) kon ik in de zandsteen een kriskrasgelaagdheid waarnemen. Bij de dynamometamorfose, die het gesteentecomplex onderging, werden de oorspronkelijke kleisteenen en kleizandsteen tot fylليتen en zandige fylليتen, de zandsteen tot fylлитische zandsteen, metamorfe zandsteen en kwartsieten, terwijl ook de psephitische gesteenten vaak zeer duidelijk en fraai den invloed der dynamometamorfose laten herkennen. Deze laatste heeft echter haar werking niet gelijkmatig op alle plaatsen laten gevoelen, zoodat men soms over een korten afstand groote verschillen in metamorfose kan waarnemen.

De kleur der gesteenten is meestal donker met tinten die varieeren van grijsblauw tot blauwgrijs. Hier en daar komen ook groene en paarsachtige kleuren voor, dit is vooral het geval in de 3d Division van Serawak in de rivieren Baleh, Menjong, Entoeloe e.a. In verweerde ontsluitingen, vooral op de bergkammen zijn de tinten veel bonter, vaak komt daar een spierwitte, kaolienachtig aanvoelende lei voor, maar ook bruinroode limonitische kleuren treden veelvuldig op. Merkwaardig is, dat men deze bonte kleuren eveneens vindt in het zuidelijkst gedeelte der fylليتformatie als een 3 tot 6 km breede strook waar op rivierniveau grijze, geel- en bruinroode en witte kleuren voorkomen. Deze gesteenten zijn tevens wat minder metamorf. De strook strekt zich uit van de Lamanakrivier in het Westen tot in de Sibau in het Oosten. Ik was vroeger van meening, dat deze gesteenten misschien tot een andere formatie zouden kunnen behooren en noemde ze voorloopig de „Boven-Lamanaklagen”, ter onderscheiding van de „Onder-Lamanaklagen”, die ik reeds direct met de fylليتformatie paralleliseerde (Jb. Mijnwezen 1931 Alg. Ged. p. 50). De naam „Boven-Lamanaklagen” werd gebruikt omdat ik wel moest aannemen, dat zij jonger waren dan het andere complex, want de fylليت-

formatie beschouwde ik in dien tijd nog als zeer oud. De grens tusschen beide was moeilijk vast te stellen en ik dacht toen reeds aan een geleidelijken overgang, doch meende in het toenmalige stadium van onderzoek beter te doen de betreffende gesteenten als een afzonderlijk complex te beschouwen. Daar de Lamanak slingert op de onscherpe grens der beide laaggroepen, was ik eveneens van meening een deel van de westgrens der fylletformatie te hebben vastgelegd. Analoge gesteenten werden gevonden in de Batang Loepar en haar linkerzijtak S. Pan, voorts in de Tintin Kedang ten Noorden van het merengebied, het Benoea-Oedjoengheuvelland dat daarbij direct oostwaarts aansluit en verder naar het Oosten tot in S. Sibau en waarschijnlijk nog tot in S. Seloewa (een rechterzijtak van S. Mendalam) toe. Bij het petrografisch onderzoek is mij gebleken, dat de gesteenten dezer zone geheel overeenkomen met die van de fylletformatie. De in het Jb. van het Mijnwezen 1931 Alg. Ged. p. 50 genoemde tufflaagjes bleken limonietrijke polymikte zandsteenen te zijn met gericitiseerd, kleiig limonitisch cement (de naam tuf was vroeger ook alleen gegeven omdat de gesteenten macroschisch dien indruk maakten). Wel is in het algemeen de dynamometamorfose der gesteenten uit deze zone zwakker dan meer naar het Noorden en ontbreekt in sommige monsters bijna geheel. Op verschillende plaatsen treft men echter o.h.m. duidelijke „stresshoven” om pyrietkristallen aan, een duidelijk bewijs van dynamometamorfose. Zooals zooeven reeds werd gezegd is de begrenzing dezer zone ten opzichte van de eigenlijke fylletformatie niet scherp; overal bestaat een geleidelijke overgang. In de Batang Loepar werden, niet ver boven Na. Pan in de fylletformatie nog de reeds genoemde foraminiferen gevonden, die waarschijnlijk oudtertiair zijn. Aangezien zich deze vindplaats maar iets buiten de zuidzone bevindt en ook hier een geleidelijke overgang bestaat van de bonte naar de donkere gesteenten kan men, gezien de petrografische overeenkomst, veilig aannemen, dat die zone eveneens tot de fylletformatie behoort. Het lijkt me niet overbodig deze zone een afzonderlijken naam te geven: zij zal verder worden aangeduid met den naam „*Bonte Zuidzone der fylletformatie*” of kortweg „*Bonte Zuidzone*”.

Behalve in den zuidzoom der fylletformatie werden

analoge bontgekleurde gesteenten nog gevonden ten Noorden van het Tekelangebied in de 3d Division van Serawak (S. Beloh), zij werden hiervoor reeds genoemd, waarbij eveneens gewezen werd op hun geringe dynamometamorfose. Daar bevatten zij zeer duidelijk oudtertiaire foraminiferen, zoodat dus ook daardoor de oudtertiaire ouderdom der Bonte Zuidzone zeer waarschijnlijk is. Het is mij niet bekend of de bonte gesteenten van S. Beloh eveneens een doorlopende zone vormen, het lijkt me echter wel waarschijnlijk.

De gesteenten der fyllietformatie zijn opgebouwd uit de afbraakproducten van vrijwel alle oudere gesteenten. De grovere componenten bestaan uit brokjes van kataklastische kwarts, unduleus uitdoovende gangkwarts, radiolariënhoornsteen (vaak met fijne kwartsadertjes, calciethomboëdertjes en soms kleine pyrietkubi; de radiolariën zelf zijn meestal gerekristalliseerd), radiolariënkleilei, kiezelai, arkosezandsteen, kleizandsteen, kleisteen, pneumatolytisch veranderde (getoermaliniseerde) zandsteen, kwartsitische zandsteen, kwartsiet, sericietkwartsiet, contactrots (bestaande uit gerekristalliseerde kwarts met secundaire biotiet), fylliet (soms met grafietachtig koolmateriaal in snoertjes), schist (met grafiet) en zeer zeldzaam kalksteen. Verder zijn afbraakproducten van diepte- en eruptiegesteenten zeer verbreid: graniet (ook tweeglimmergraniet), granodioriet, gabbro, granietporfy, kwartsdiorietporfyriet, lipariet, kwartsporfy, trachiet, dacitische andesiet, glasrijke zure andesiet, basische andesiet, basalt (soms glasrijk). Talrijk zijn ook stukjes effusiva, die niet nader te determineeren zijn dan „waarschijnlijk intermediair”, omdat zij te sterk zijn veranderd (verkiezeld, verkalkt, gesericitiseerd, gechloritiseerd, gesausuritiseerd en gezeolitiseerd, soms ook alleen sterk verweerd). Vaak treft men componenten aan, die den indruk maken van verkiezelde tuf, het tufkarakter is echter bijna nooit met zekerheid vast te stellen en misschien heeft men daarbij soms te doen met verkiezelde effusiva. Een enkele maal werd een brokje gevonden, geheel bestaande uit hydrothermale zoisiet.

De kleinere componenten bestaan allereerst uit fragmenten van het bovengenoemd materiaal, verder uit kwarts (meestal unduleus uitdoovend), orthoklaas, albiet, albiet-oligoklaas, oligoklaas, oligoklaas-andesien, andesien, muscoviet, biotiet,

calciet en accessorisch toermalijn, zirkoon, apatiet (meestal in kwarts ingesloten), basaltische hoornblende, mikropertheet, mikroklien, myrmekiet, rutiel, titaniet, magnetiet (soms Ti-rijk met leukoxeenverweering). In de kleisubstantie der fyllieten treft men vaak een wirwar aan van zeer fijne, niet determineerbare, naaldvormige microlieten. Mogelijk heeft men daarbij met rutielsnaaldjes te doen. Secundair treden zeer vaak op sericiet, chloriet (met pennien en klinochloor), calciet, chalcedoon en kwarts; voorts albiet, epidoot, zoïset, pyriet en limoniet.

Als fijnste bindmiddel tusschen de componenten vindt men meestal kleisubstantie, fijn kwartsmeel, sericiet, chloriet en limoniet.

Zeer talrijk zijn de kwartsgangen, die de fyllietformatie doorzwermen; bij voorkeur zijn zij gebonden aan de diaklazen, terwijl zij vooral op plaatsen, waar het gesteente sterk werd verfrommeld en gekneusd, in groot aantal optreden. Deze gangen bestaan voor het grootste gedeelte uit meestal grof gekristalliseerde, unduleus uitdoovende kwarts. Soms treedt daarbij ook albiet op, in een enkel geval ook zoïset.

Ofschoon de fyllietformatie afbraakproducten van de meeste oudere gesteenten bevat, moet toch worden gezegd, dat het granietdetritus daarbij zeer sterk overheerscht. Zoo hebben bv. arkosezandsteen, die voornamelijk uit granietafbraak zijn opgebouwd, een algemeene verbreiding. Er zij in dit verband direct op gewezen, dat zich hier een essentieel verschilpunt voordoet tusschen de fyllietformatie en de oude leifformatie der Chineesche Districten. WING EASTON (54 p. 211) zegt nl.: „Die ältesten sedimentären Gebilde, welche hier als Paläozoicum zusammengefasst worden sind, bestehen ausschliesslich aus dunklen, harten, dünn- und flachschieferigen, seidenglänzenden Thonschiefern ohne irgend welche sandige oder kalkige Beimischungen . . .” en iets verder: „Das Fehlen irgend welcher sandigen Schichten im eigentlichen Paläozoicum ist wohl als ein Beweis anzunehmen für die Behauptung dass es zu jener Zeit an der Oberfläche kein granitisches Gestein in der Nähe gab . . .” Indien dus WING EASTON's omgrenzing van zijn „alte Schiefer” juist is, kan van een parallelisatie met de fyllietformatie moeilijk sprake zijn.

Dynamometamorfose.

De fylletformatie kan als een bijzonder fraai voorbeeld gelden om de zuivere dynamometamorfose te demonstreeren. NIGGLI (14 pp. 201, 202) zegt: „Wollen wir nun wissen, wie die Dislokationsmetamorphose wirkt, so müssen wir Gesteine einer geologisch-tektonischen Einheit betrachten, deren respektives Alter zu den Hauptvorgängen wir kennen und von denen wir wissen, dass sie seit ihrer Bildung ausser der Dislokation keinem anderen weitreichenden geologischen Vorgang unterworfen waren. Dadurch schränkt sich die Zahl der typischen Beispiele natürlich wesentlich ein . . . Die für die Frage ausschlaggebenden Untersuchungen werden im Gebiete der Mesoiden, dem Faltengebirge, das sich im Mesozoikum bis Ende des Tertiär entwickelt hat, vorzunehmen sein.” Van de fylletformatie kennen wij den ouderdom en weten tevens, dat zij sinds de dislocatie geen andere ingrijpende veranderingen onderging, afgezien van den druk, dien zij nog heeft ondergaan bij de plooiing van het tertiair *b* en van het neogeen. Voor de verklaring van het ontstaan der fylletformatie dient te worden aangenomen, dat de sedimenten werden afgezet in een dalend gebied van een groote lengteuitgestrektheid en aanmerkelijke breedte, een geosynclinaal, die zich vormde in het oudeoceen.¹⁾ Uit het karakter der sedimenten volgt, dat de zee, waarin zij werden afgezet, nooit een groote diepte bereikte; de sedimentatie hield met de daling ongeveer gelijken tred. Gedurende dit proces kwam dus een groot gedeelte der sedimenten op een diepte waar de temperatuur hooger was dan die waarbij zij waren afgezet, terwijl eveneens de alzijdige of hydrostatische druk toenam. Hiermede waren de voorwaarden geschapen tot een metamorfose, die echter, ware zij slechts van de genoemde factoren afhankelijk, alleen een geothermische zou zijn geweest, waarvan het resultaat zeer zeker niet dat zou zijn geworden hetwelk wij thans voor ons zien. Na de afzetting van deze lagen en vóór de transgressie van het tertiair *b* echter had een intensieve orogenese plaats, waarbij de geosynclinaal werd uitgeperst. Daarvan legt de geheele fylletformatie in haar sterke plooiing een onmiskenbaar getuigenis af. Bij dit proces werd aan de

¹⁾ Zie echter p. 59.

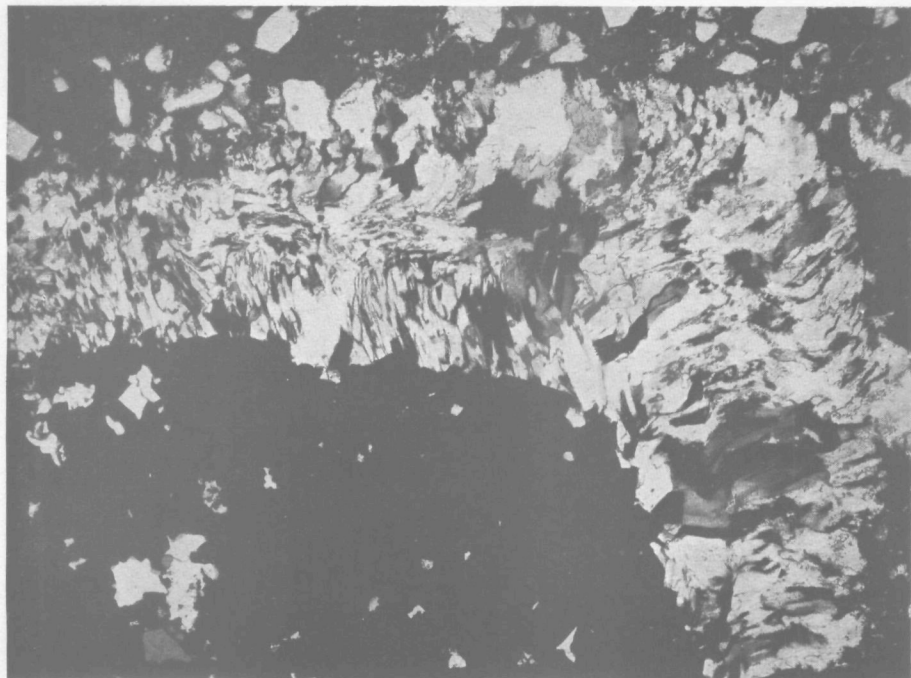


Foto 3. Gedeelte van een stresshof om een pyriet-aggregaat. $\pm 50\times$. Gekruiste nicols.

Foto Dr. P. ESENWEIN.

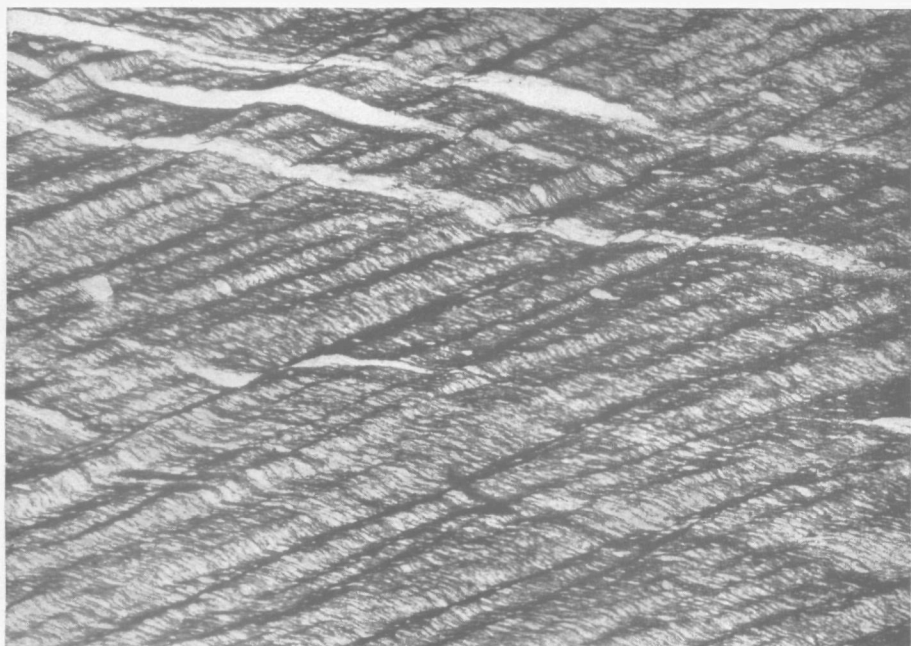


Foto 4. Fylliet. $43\times$. Gekruiste nicols.

Foto Dr. P. ESENWEIN.

reeds bestaande factoren, hogere temperatuur en hydrostatische druk, nog een sterke gerichte druk toegevoegd, een *stress*. En nu trad de dynamometamorfose op, de textuur en structuur der gesteenten werd vaak intensief veranderd. Innerlijke differentieele bewegingen speelden een groote rol, uitwalsing en kneding tot in de kleinste componenten traden op, waarbij vooral de minder weerstand biedende componenten als lei, zandige lei e.d. vaak tot dunne flarden zijn gewalst, uiteengerukt, verkneed, gestuikt en gestuwd. Hardere en grovere componenten zijn verdrukt, gebarsten en verbroken, hun verandering was meer een kataklastische. Sommige gesteenten werden tot monomikte breccies veranderd. In vele gesteenten ontwikkelde zich een fraaie drukgelaagtheid en vaak is o.h.m. waar te nemen, dat zich eerst twee systemen daarvan vormden, waarvan het eene zich verder ontwikkelde, terwijl men het andere nu nog als een relict kan waarnemen. Behalve deze verschijnselen had ook een nieuwvorming van mineralen plaats (NIGGLI's „Ummineralisation" 14 p. 202), vooral in de kleiige sedimenten, die door hun grootter korreloppervlak gemakkelijker omkristalliseeren (NIGGLI 14 p. 232). De kleisubstantie werd daarbij voornamelijk omgezet in sericietschubjes, die zich rangschikten tot fraaie parallelstructuren. Bij de onderzoekingen over dynamometamorfose is gebleken, dat bij de nieuwvorming van mineralen oplossingen een groote rol hebben gespeeld (NIGGLI l. c. p. 217 e.a.). Door de stress worden de verschillende mineralen van het gesteente mechanisch beïnvloed, ze worden elastisch gedeformeerd. Wegens de heterogeniteit van het materiaal zijn steeds „drukschaduwen" aanwezig, die door het wisselen der stressverhoudingen aan veranderingen onderhevig zijn. De aanwezigheid van een oplosmiddel (bv. de „Bergfeuchtigkeit") maakt stoftransport naar zulke plaatsen mogelijk. De plaatsen met den grootsten stressdruk hebben de grootste thermodynamische potentiaal, waardoor de oplosbaarheid wordt verhoogd. Daar ontstaan dan relatief meer geconcentreerde oplossingen, die oververzadigd zijn ten opzichte van plaatsen met geringen stressdruk, waar zij derhalve hun mineralen afzetten (men spreekt hierbij van „het principe van RIECKE"). Op deze wijze is dan ook het ontstaan te verklaren der „Streckungshöfe". Voor deze uitdrukking

— dus heel
langzaam

bestaat voor zoover ik weet geen Nederlandsch aequivalent, ik zal daarom in het volgende spreken van „stresshoven”. F. BECKE (bij NIGGLI l. c. p. 171) heeft daarvoor een verklaring gegeven als volgt: „An den Porphyroblasten entwickeln sich gelegentlich ausgezeichnete Streckungshöfe, aus denen sich bisweilen das allmähliche Gröszwerden derselben erkennen lässt. Diese letzteren entstehen dadurch, dass senkrecht zur Richtung grössten Druckes, also in der Richtung geringster Pressung, sich das Grundgewebe vom Pseudoeinsprengling abhebt, wobei sich der Hohlraum im Momente des Entstehens sofort wieder mit Neubildungen füllt, die sich vom Grundgewebe in der Korngrösze, der Färbung, auch in Art der Zusammensetzung unterscheiden.” Zeer fraaie, gerichte rekristallisatie kan men vaak waarnemen in de metamorfe arkosezandsteen. Ook echte stresshoven komen veelvuldig voor, vaak om porfyroblasten van pyriet, doch ook om gesteentestukjes, kwartsen en zelfs wel eens om foraminiferen als die in een matrix van zachte klei liggen en daardoor harder dan de omgeving zijn. Een gedeelte van een zeer mooi ontwikkelden stresshof in een gesteente van S. Pijang I (Embaloe) (Bk. 1156), is weergegeven op foto 3. De vergroting is ± 50 maal; gekruiste nicols.

Het gesteente is een dynamometamorf conglomeraat; de textuur is lenticulair, de structuur blastopsephitisch (conglomeraat-relictstructuur). In een grondmassa, die bestaat uit gedeeltelijk gerekristalliseerde kwarts, troebele, niet meer te determineren veldspaat, enkele toermalijnkorrels en nieuwgevormde sericiet- en chlorietschubjes, liggen sterk uitgewalste brokken en lenzen van fijnkorrelige kleisteen met duidelijke walsstructuren; daarnaast ook enkele stukken van kiezelig sediment, opgebouwd uit uiterst fijnkorrelige kwartsaggregaten met accessorisch calcië en pyriet. Verder komt een vrij groot aggregaat voor van aaneengesloten pyrietkorrels, waarvan kubische en pentagoondodekaëdrische vormen waarneembaar zijn (op de foto zichtbaar). Dit pyrietaggregaat is doorzeefd met kwarts en gerekristalliseerde veldspaat (albiet?) en het is aan twee tegenover elkaar gelegen hoeken omgeven door een karakteristieken stresshof, die is opgebouwd uit aggregaten van gebogen en gekronkelde kwartslamellen met kleine hoeveelheden chloriet. De stand der la-

Wageningen?

mellen, die op het rechtergedeelte der foto ongeveer loodrecht op de pyrietbegrenzing is, wordt in het linkergedeelte gecompliceerder. Dit moet misschien worden toegeschreven aan een draaiing van het pyrietaggregaat tijdens het ontstaan van den stresshof. NIGGLI (l. c. p. 171 ff.) beschrijft stresshoven van kwarts en chloriet om chloritoidporfyroblasten in chloritoidschist van het Gotthardmassief. Ook daarbij zijn de kwartslamellen loodrecht op het begrenzingsvlak der porfyroblasten gericht. Het is opmerkelijk, dat in een der afgebeelde stresshoven (l. c. p. 172 fig. 48) eveneens op één plaats complicaties in die gerichtheid voorkomen, eenigszins analoog aan die in ons voorbeeld.

Het is niet doenlijk hier van een groot aantal gesteenten beschrijvingen te geven, temeer daar enkele typen voortdurend terugkeeren. De algemeene samenstelling werd in het voorgaande uitvoerig opgegeven en ik meen daarom te kunnen volstaan met de beschrijving van enkele kenmerkende voorbeelden, nl. een fylliet, een metamorfe zandsteen en een metamorf conglomeraat. Zooals gezegd zijn alle graden van overgang tusschen die typen aanwezig, terwijl ook de intensiteit der metamorfose aan sterke wisseling onderhevig is.

Fylliet (Bk. 1111), uit Tekelangebied (S. Padjau). Foto 4. Vergrooting 43 maal; gekruiste nicols.

Textuur: fijnschisteus.

Structuur: blastopelitisch (relict-kleisedimentstructuur).

Het gesteente is opgebouwd uit afwisselende lagen van donkere en lichtere kleisubstantie met meer en minder groot gehalte aan organisch en uiterst fijnkorrelig zandig materiaal. Daarin heeft een zeer intensieve sericitisatie plaats gehad; de oriëntatie der sericietschubjes is grootendeels evenwijdig aan de oorspronkelijke gelaagde textuur van het gesteente. Behalve deze gelaagde textuur, die duidelijk tot uitdrukking komt door de lichtere en donkerder laagjes en door de meestal gerekt-lensvormige zandige inschakelingen, wordt nog een tweede richting in het gesteente op fraaie wijze gemarkeerd door een systeem van evenwijdige, dichtgeschaarde glijvlakken, die in het slijpplaatje een hoek van ongeveer 40° maken met de oorspronkelijke gelaagdheid van het gesteente. Langs dit vlak-systeem hebben differentieele bewegingen plaats gevonden,

die zich nu nog verraden door micro-sleuringsverschijnselen: de sericietaggregaatjes zijn daarlangs s-vormig omgebogen, waardoor men in het slijpplaatje den indruk van een golvend oppervlak krijgt. Naar Dr. P. ESENWEIN mij mededeelde noemen de Zwitsersche geologen dit verschijnsel „Fältelungscivage”. Op onze foto komt zij door de sterke vergrooting zeer sterk tot uitdrukking, bij minder sterke vergrooting komt de oorspronkelijke gelaagdheid meer tot haar recht.

Metamorfe kalkrijke arkosezandsteen (Bk. 1143) van S. Dadjoe, een linkerzijtak van S. Embaloeh tusschen Na. Tekelan en Na. Pijang I. Foto 5. Vergrooting ± 50 maal; gekruiste nicols.

Textuur: schisteus.

Structuur: blastopsammitisch (relict-zandsteenstructuur).

Het gesteente bevat hoofdzakelijk korrels van unduleuse kwarts, orthoklaas en alkalirijke plagioklaas, voorts calciet, muscoviet en enkele korrels van zirkoon en toermalijn benevens magnetiet en limoniet. Kwarts en plagioklaas zijn sterk gerekristalliseerd, de orthoklaas is grootendeels in sericiet omgezet. De nieuwvormingen zijn in hoofdzaak evenwijdig gerangschikt en veroorzaken een zeer duidelijke schisteusiteit. De calcietaggregaten zijn eveneens gerekristalliseerd en liggen ongeveer evenwijdig aan de richting der kwarts- en veldspaat-nieuwvormingen. De foto laat deze structurele verschijnselen goed zien, de veldspaat is hierop echter moeilijk van de kwarts te onderscheiden; de calciet daarentegen komt door hooger relief goed tot uitdrukking. De korrelgrootte van het gesteente is in het algemeen iets grover dan het hier gegeven gedeelte.

Metamorf conglomeraat (Bk. 1156) van S. Pijang I (Embaloeh). Foto 6. Vergrooting ± 8 maal; evenwijdige nicols.

Dit gesteente werd zoeven reeds beschreven bij de behandeling van een stresshof om pyriet. Foto 6 is gemaakt van een ander slijpplaatje van dit gesteente, waarmee een kalkrijk gedeelte werd getroffen. De grove componenten zijn lei en kleisteen, terwijl in den rechterbovenhoek enkele stukken liggen, die meer kiezelig zijn. De uitwalsingsverschijnselen zijn goed waar te nemen, zij komen over het geheele beeld

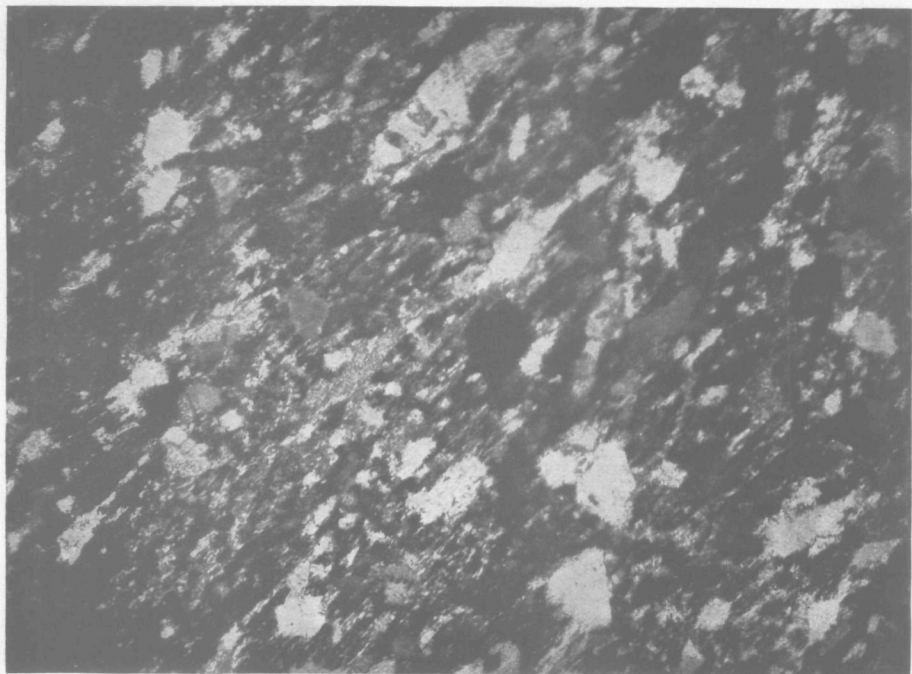


Foto 5. Metamorfe kalkrijke arkosezandsteen. $\pm 50 \times$. Gekruiste nicols.

Foto Dr. P. ESENWEIN.

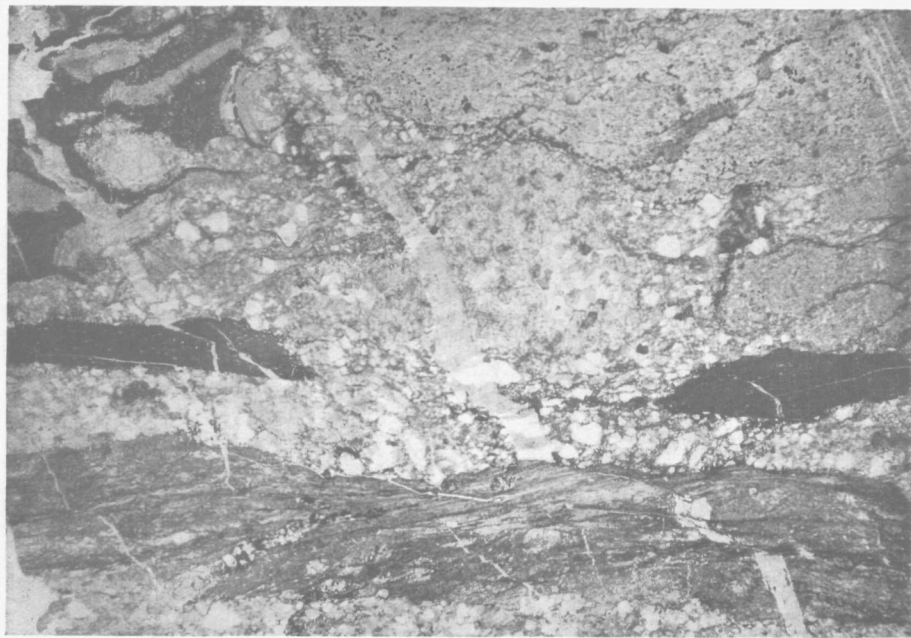


Foto 6. Metamorf conglomeraat. $\pm 8 \times$. Evenwijdige nicols.

Foto Dr. P. ESENWEIN.

voor, doch zijn in het stuk lei van de benedenhelft wel zeer fraai ontwikkeld. In het gesteente zijn diverse calcieters aanwezig, waarin de calcieter vaak gedeeltelijk door hydrothermale kwarts is vervangen. In de breede ader, die de foto van links boven naar rechts beneden doorkruist, is die kwarts duidelijk van de calcieter te onderscheiden door haar witte kleur. Deze ader vertoont zeer duidelijk den invloed der differentieele bewegingen, die in het gesteente hebben plaatsgevonden, zij is op minstens vier plaatsen uiteengerukt. De uitwalsing van het onderste stuk lei wordt daardoor nog eens duidelijk gedemonstreerd. Het donkere stuk rechts boven die lei is ook uitgewalst en juist in de richting der uitwalsing is eveneens weer de calcieter verschoven. In den linkerbovenhoek bevinden zich verschillende resten van foraminiferen, waarschijnlijk camerinen. Een daarvan, dicht bij de juist beschreven ader, is nog duidelijk te herkennen en ook in die geheel links boven ziet men nog iets van de structuur. De andere exemplaren echter zijn bij de dynamometamorfose tot structuurloze calcietermassa's veranderd, waarvan alleen nog het langgerekt en lensvormig uiterlijk op den oorspronkelijken aard wijst.

Behalve de dooradering met calcieter, die blijkens de beschreven verschijnselen reeds voor of tijdens de dynamometamorfose heeft plaatsgevonden, is het gesteente naderhand nog verkalkt. Ongeveer in het midden der foto is een calcieterpartij (kenbaar aan haar hoog relief), die haar ontstaan daaraan te danken heeft. Verder komt door het geheele gesteente fijn verdeelde secundaire pyriet voor; op de foto is die zichtbaar als zwarte vlekjes, vooral langs de randen der kiezelige sedimentstukjes in de rechterbovenhelft. Dat een deel van de pyriet nog dynamometamorfose heeft meegemaakt volgt uit de aanwezigheid van den reeds beschreven stresshof uit ditzelfde gesteente. (Foto 3).

Na hiermede van de voornaamste gesteentetypen der fylitformatie een voorbeeld te hebben gegeven, wil ik nog een foto beschrijven van een **uitgewalste, mergelige, foraminiferenhoudende kleizandsteen** (Bk. 1090) uit S. Litoep in het Tekelangebied. Foto 7. Vergroting $\pm 8\frac{1}{2}$ maal; evenwijdige nicols.

Textuur: fijnschisteus.

Structuur: blastopsammitisch tot blastopelitisch.

De grondmassa is een zeer fijnkorrelige kleizandsteen, die plaatselijk sterk is uitgewalst, waarbij donkere, waarschijnlijk organische substantie tot dunne slieren is uitgetrokken. Fijne sericietschubjes hebben zich allerwegen ontwikkeld en zijn goed parallelgericht (dit is alleen bij sterke vergroting te zien). In die grondmassa liggen enkele grotere korrels van kataklastische kwarts, geheel omgezette (gesericitiseerde en gekaoliniseerde) veldspaat, alsmede enkele afgeronde brokjes kiezel. Pyrietkorrels zijn nieuw gevormd en vertoonen soms kleine stresshoven van chlorietmateriaal. Het gesteente bevat een groot aantal uit calciëet bestaande foraminiferen, met name camerinen en assilinen, waarvan de conservatietoestand onderling nogal verschilt. Soms is de structuur vrij goed bewaard gebleven, soms is het calciëtmateriaal gerekristalliseerd, waarbij de structuur grootendeels verloren ging. Vaak neemt men rekristallisatie waar, vooral in de spitse uiteinden. In verband met de oriëntatie der foraminiferen ten opzichte van de uitwalsrichting zijn zij meer of minder sterk verbroken of evenwijdig aan die richting gedraaid. Stresshoven van kwarts zijn echter slechts in geringe mate ontwikkeld; vermoedelijk staat dat in verband met het gering kiezelzuurgehalte van het gesteente en tevens met de groote plasticiteit van de kleiige grondmassa. Wel echter vindt men aan de voor- en achterzijde (ten opzichte van de uitwalsrichting) der fossielen ophooping van calciëet, die vermoedelijk als stresshoven zijn op te vatten (ALB. HEIM geeft in zijn *Geologie der Schweiz* Bd. II Tafel IV tegenover p. 100 een drietal uit calciëet bestaande stresshoven, resp. om een echinodermenfragment, een ankerietkorrel en een pyrietknol). Op de foto is dit zeer goed zichtbaar, bv. aan de *Assilina* in de benedenhelft iets onder het midden. De golvende uitwalsingstextuur komt eveneens goed uit, daarbij valt een duidelijke vloeibeweging op van het kleimateriaal om de relatief stabielere foraminiferen. In de rechterbovenhelft zijn van een dwarsliggende foraminifeer de randgedeelten weggevaagd en daar is een duidelijke stuwung waar te nemen in het kleimateriaal. Het „vloeien” is te zien in het gedeelte tusschen de „dwarse” foraminifeer en de links daarvan gelegen doorsnede.



Foto 7. Uitgewalste, mergelige, foraminiferenhoudende kleizandsteen.
 $\pm 8\frac{1}{2} \times$. Evenwijdige nicols.

Foto Dr. P. ESENWEIN.



Foto 8. Pseudo-organische vormen op het druksplijingsvlak
 in zwakfyllitische lei. $\pm \frac{1}{2} \times$

Foto C. VAN WERKHOVEN.

Ook bij de beschouwing van het bovenbeschreven gesteente is het duidelijk, dat indien de dynamometamorfose ter plaatse nog wat had doorgewerkt, de thans nog bewaard gebleven foraminiferen aan de rekristallisatie en de uitwalsing ten offer zouden zijn gevallen.



Fig. 7. Begin der vernietiging van een foraminifeer door dynamometamorfose.

In de andere slijpplaatjes is te zien hoe bij dit vernietigingsproces de innerlijke differentieele bewegingen in het gesteente de foraminiferen in stukken verdeelen (zie fig. 7), die dan over betrekkelijk groote bedragen ten opzichte van elkaar worden verschoven. Liggen de foraminiferen evenwijdig aan de bewegingsrichting, dan is de kans op behoud grooter, doch liggen ze dwars, dan worden ze vaak door een translatievlak gesneden. Op de kleine aldus onstane stukjes heeft natuurlijk de dynamometamorfose gepaard met de rekristallisatie van de calciet snel vat. Zoo kan men herhaaldelijk in eenzelfde slijpplaatje waarnemen hoe sommige foraminiferen nog vrij goed bewaard zijn gebleven, terwijl andere tot structuurlooze calcietvlekken zijn veranderd. Tusschen de beide stadia zijn vaak vele overgangen aanwezig.

Soms blijkt de foraminifeer een duidelijken weerstand tegen de stress geboden te hebben en spanningstoestanden te hebben ondergaan, die afhankelijk van de structuur holruimten door rek deden ontstaan, welke dan door nieuwgevormde kwartslamellen of ook wel door omgekristalliseerde calciet werden opgevuld, waarbij de lamelrichting evenwijdig is aan de vlakken van differentieele beweging in het gesteente (in fig. 8 wordt de oorspronkelijke structuur nog gemarkeerd door zulke gericht-gekristalliseerde kwartslamellen). Het betreft hier een uitgewalste foraminiferenhoudende kalkzandsteen uit S. Batoe Bebaring, een klein rechterzijtakje van S. Embaloeh boven Na. Telijai. Merkwaardig is, dat men in dat gesteente macroscopisch de foraminiferen nagenoeg niet kan waarnemen. Onder het microscoop blijken er vele aanwezig en men ziet de fraaiste

voorbeelden voor het verdwijnen ervan onder invloed der dynamometamorfose.

Na het voorgaande zal het duidelijk zijn, dat het bewaard blijven van foraminiferen in gesteenten, die aan dynamometamorfose op een matig groote diepte worden onderworpen,

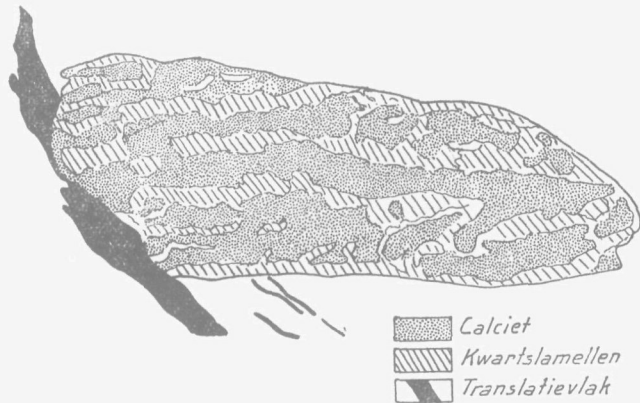


Fig. 8. Dynamometamorfose van een foraminifeer.

voornamelijk afhangt van de intensiteit der metamorfose, de oorspronkelijke textuur en structuur dier gesteenten en van den aard van haar ligging daarin. Misschien is ook de meerdere of mindere hoeveelheid van het wel altijd aanwezige oplosmiddel van beteekenis, in zooverre als dit rekristallisatie en stofverplaatsing en daarmee verdwijning der fossielen vergemakkelijkt. Ofschoon men zou kunnen meenen, dat kleiige, dus meer plastische gesteenten meer kans zouden bieden tot conservatie der foraminiferen, is toch in het veld gebleken, dat men ze eerder aantreft in de conglomeratische. De reden daarvoor is waarschijnlijk, dat in laatstgenoemde gesteenten het vooral de grovere componenten zijn, die den druk opvangen en hoewel ook hier zonder twijfel vele ongunstig gelegen foraminiferen ten offer vallen aan de dynamometamorfose, hebben die, welke zich in een der „drukschaduwen” bevinden, welke juist in psephitische gesteenten veelvuldig optreden, een kans op behoud. Bij een kleig gesteente echter zijn de ook daar zeer zeker optredende drukschaduwen van te geringe afmeting om de foraminiferen te kunnen redden, tenzij haar ligging ongeveer evenwijdig is aan de vlakken der innerlijke differentieele bewegingen. Is ze dat niet, dan wordt de foraminifeer bij een eenigszins

intensieve metamorfose direct in vele stukjes verdeeld, die weldra hun structuur verliezen en de oorspronkelijke aanwezigheid ervan wordt ons nog slechts aangeduid door een aantal structuurlooze calciëtpartijtjes in het slijpplaatje. Vindt men zulke „verdachte” calciëtpartijtjes, dan verdient het aanbeveling om van dat gesteente nog een aantal nieuwe slijpplaatjes te laten maken om een kans op het vinden van een stukje met bewaard gebleven structuur niet te missen. Succes is daarbij niet altijd gegarandeerd; zoo vond ik bij het onderzoek van verschillende monsters, o.a. uit de Batang Loepar, behalve de reeds genoemde foraminiferen boven Na. Pan nog in verschillende andere gesteenten aanwijzingen voor de vroegere aanwezigheid van foraminiferen zonder dat het mogelijk was in nieuw aangemaakte series van slijpplaatjes ook maar een enkele rest te vinden, die nog duidelijk structuur vertoonde. Ofschoon zulke aanduidingen natuurlijk nooit bewijsmateriaal kunnen vormen, versterken zij toch, wanneer men een zeer uitgebreid materiaal heeft bewerkt en daarbij talrijke voorbeelden van het onherkenbaar worden der foraminiferen op den voet heeft kunnen volgen, de overtuiging, dat de fylletformatie nog op talrijke plaatsen foraminiferen moet hebben bevat of nog bevat en dat een eventueel later onderzoek die zeker in nog grooter aantal aan het licht zal brengen.

Pseudo-organische vormen op het druksplijtingsvlak.

De dynamometamorfose heeft in de fylletformatie soms aanleiding gegeven tot het ontstaan van merkwaardige textuurvormen. Een markant voorbeeld daarvan geeft foto 8 van een zwakfyllitische lei (Bk. 1148) uit S. Embaloeh (Poelau Haoer) beneden Na. Pijang I. De gelaagdheid wordt aangegeven door de aanwezigheid van lichtere banden, die o.h.m. blijken te bestaan uit kleine, meestal gerekristalliseerde kwarts-korreltjes met enkele muscovietblaadjes, weinig kleisubstantie en eenige nieuwgevormde sericiet. De lei zelf bestaat uit vuilbruine, troebele, zwak dubbelbrekende kleisubstantie met talrijke fijne, onbepaalde, naaldvormige microlieten en fijn verdeelde pyriet; tevens komt zeer weinig epidoot voor. In deze lei met fijnzandige banden heeft zich een zeer goede drukgelaagdheid ontwikkeld, die de oorspronkelijke gelaagdheid onder een hoek van $\pm 50^\circ$ snijdt en waarlangs het ge-

steente zich gemakkelijk laat splijten. In dit gesteente komen eigenaardige vormen voor, eveneens uit leisubstantie bestaande, die, naar op de foto is te zien, op het eerste gezicht den indruk maken van organische natuur te zijn. Dit is echter uitgesloten, want zij bevinden zich in het vlak der drukge-laagdheid en zijn derhalve duidelijk door tektonische werking ontstaan. Hoe men zich dat ontstaan in detail heeft te denken is vooralsnog onzeker.

Problematica.

Herhaaldelijk treft men in het gebied der fylletformatie goed afgeronde rolsteen en aan van donkere, zeer fijnkorrelige, fijnverkiezelde, soms ook verkalkte lei of harde mergel, waarin zich langgerekt-spoelvormige tot cilindrische resten bevinden met een lengte van hoogstens 15 mm en middellijn van hoogstens 3 à 4 mm. O.h.m. blijkt, dat ze soms zijn opgevuld door een zeer fijn kleiig-zandig materiaal, doch in andere gevallen door een zeer fijnkorrelige, eenigszins troebele calcietsubstantie, waarin geenerlei structuur meer valt waar te nemen. Veelal is de calcietsubstantie aan de periferie der doorsneden meer of minder duidelijk in korte, gedrongen lamellen uitgekristalliseerd, loodrecht staande op den omtrek. IJzerhoudende oplossingen hebben in verschillende doorsneden een pseudoconcentrische structuur veroorzaakt door rhythmischen neerslag van ijzerhydroxyde (LIESEGANG). In verschillende individuen treft men dwarsverdelingen aan loodrecht op de leng-

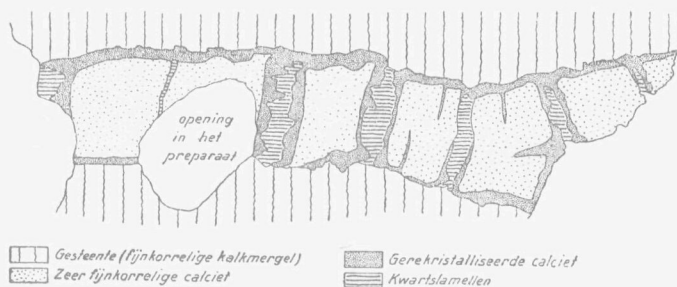


Fig. 9. Problematische rest. $\pm 5\times$.

teas, die op het eerste gezicht aan septen zouden kunnen doen denken. O.h.m. blijkt, dat deze „dwarsschotten” bestaan uit dun-lamellaire nieuwgevormde kwarts met de lamelrichting evenwijdig aan de lange as van het individu (zie fig. 9).

Langs beide dwarswanden neemt ook soms calciet aan de vulling deel, gelijkgericht doch niet zoo sierlijk uitgekristalliseerd als de kwarts. Zeldzaam schijnen ook enkele chlorietlamelletjes aanwezig. De afstand der dwarsverdeelingen onderling is niet constant en soms loopen zij ook niet geheel door van de eene naar de andere zijde. Het lijkt daarom het waarschijnlijkst, dat men hier te doen heeft met een rekverschijnsel. De dwarsverdeelingen waren oorspronkelijk rekspleten, die door kwarts c.s. werden opgevuld, in zekeren zin analoog aan het ontstaan van de stresshoven. Wat de oorspronkelijke natuur dezer problematische resten is geweest, valt moeilijk te zeggen. In het leimateriaal, waarin zich deze resten bevinden, komen vaak nog talrijke, zeer kleine problematische, veelal uit calciet bestaande resten voor van verschillenden vorm al naar gelang de richting, waarin zij door het slijpplaatje werden gesneden (zie fig. 10).



Fig. 10. Kleine problematica. $\pm 20\times$.

Men treft ronde, elliptische en langgerekte vormen aan, waaraan vaak duidelijk uitwalsing is te zien. Soms komen vierstralig-stervormige individuen voor. Ook de natuur van deze resten is duister. Eenerzijds doen sommige vormen denken aan de „oolithes déformées, échancrées et étirées”, die CAYEUX afbeeldt uit een jurassische kalk van den zoom van het Fransche centraalmassief (9 p. 233 en Pl. XV. fig. 55), doch anderzijds is het voorkomen van oölieten in deze gesteenten a priori onwaarschijnlijk. Misschien moet men in die resten vroegere kleine foraminiferen zien, doch met eenige zekerheid is hiervan niets te zeggen.

Ofschoon men de hier beschreven rolsteen bij eenig zoeken herhaaldelijk op verschillende plaatsen in het schuifsteen-

materiaal kan vinden, heb ik het gesteente slechts eenmaal in situ aangetroffen, nl. in een zijtakje van S. Padi in het Teke-langebied, waar het zich als een lens bevond in fyllitische lei.

Oriëntatie der kwartskorrels.

Alvorens het terrein van het microscopisch onderzoek te verlaten, dient er nog op te worden gewezen, dat de gesteenten der fyllietformatie een zekere wetmatigheid vertoonen in de oriëntatie der kwartskorrels, een verschijnsel, dat van vele dynamometamorfe gesteenten bekend is. Het werd het eerst waargenomen door TRENER (46 p. 469) en daarom spreekt SANDER, die zich met deze verschijnselen zeer intensief heeft beziggehouden, van den „Trenersche Regel”. Volgens dezen regel zijn in dynamometamorfe gesteenten de kwartskorrels voornamelijk zoo georiënteerd, dat n_{γ} (de grootste brekings-index) meer of minder loodrecht op het glijvlak (vlak der drukgelaagdheid) staat en de a -asrichting dus daarin ligt. SANDER (37 p. 180) beschouwt dezen regel als een bijzonder geval van de „passiven mechanischen Gefügeregelung nach dem Kornbau in Tektoniten” en onderscheidt een drietal regels, nl.:

1. „ a Regel” (de a in hoofdzaak subnormaal op de drukgelaagdheid),
2. „ γ Regel” (de a in hoofdzaak subparallel aan de drukgelaagdheid),
3. de kwartsassen liggen subnormaal op de lineairtextuur van het „gestreckte” gesteente.

NIGGLI (14 p. 461) geeft voor den regel van TRENER de volgende verklaring. Naar onderzoekingen van BERNDT is de drukvastheid van kwarts evenwijdig aan c grooter dan loodrecht daarop en een kwartskorrel zal daarom in een gesteente, dat innerlijke differentieele beweging heeft ondergaan, zoo goed mogelijk aan de drukverhoudingen zijn aangepast wanneer de grootste a van de vervormingsellipsoïde (overeenkomend met den geringsten druk) loodrecht op de c -as staat. Op de theoretische grondslagen zal ik hier niet verder ingaan, daarvoor zij verwezen naar het reeds genoemde werk van SANDER, dat bovendien een uitgebreide literatuurlijst bevat.

W. SCHMIDT heeft zich vooral beziggehouden met de statische zijde van het vraagstuk, namelijk met de vraag hoe de

mate van gerichtheid der korrels kwantitatief kan worden weergegeven. Zijn eerste methode dateert van 1917 (40 p. 515); men vindt haar uitvoerig beschreven bij NIGGLI (l.c. p. 472). Zij geldt voor gesteenten van homogene textuur. Van een zoo groot mogelijk aantal kwartskorrels in het slijpplaatje wordt de oriëntatie gemeten van $n_a' = \omega$ ten opzichte van den vertikalen kruisdraad. Om de metingen te vergelijken is het dus noodig een draaiing van het slijpplaatje ten opzichte van de microscooptafel te vermijden en men moet derhalve van een kruissledetafel gebruikmaken. Om sneller te werken houdt men altijd het gipsplaatje rood 1ste orde ingeschoven en zoekt nu voor elke korrel die positie op waarbij de kleur, als men de tafel in de richting van de wijzers van een uurwerk draait, van blauw door rood in geel overgaat. Dan is dus n_a' van de kwartsdoorsnede parallel aan den vertikalen kruisdraad. De zoo verkregen azimuthen worden nu statistisch verwerkt door ze te verdeelen in groepen, die voor kwarts elk 5° omvatten. Het percentage kwartsdoorsneden, dat in elke groep valt, geeft dan een inzicht in de mate van voorkeur, die de korrels voor een bepaalde richting vertoonen. Men kan de resultaten in rechthoekige of in poolcoördinaten weergeven. SCHMIDT gebruikte deze laatste: in het azimuth van het midden van elke groep wordt het betreffende percentage door een lengte voorgesteld en omdat een optische oriëntering niet polair is, wordt die lengte ook uitgezet in de richting die daarmee 180° verschilt. De zoo verkregen punten worden ter wille van de aanschouwelijkheid verbonden door rechte lijnen, doch het aldus omsloten vlak heeft geen bijzondere beteekenis, alleen de lengte der vektoren is van belang. In het diagram geeft men dan nog ter vergelijking een cirkel aan met een straal waarvan de lengte overeenkomt met een percentage van 2,7, d.i. namelijk het percentage, dat elke groep zou bevatten bij een volkomen gelijkmatige verdeling der oriëntering. Bij metingen, die ik zelf volgens deze methode uitvoerde, maakte ik gebruik van een net, bestaande uit een aantal concentrische cirkels met stralen van 1, 2 etc. tot 10 cm, waarin stralen waren getrokken, die den omtrek in bogen van 5° verdeelden. Gedurende de meting konden dan de kwartsindividuen voor elke groep direct door een streepje daarin genoteerd worden. Na afloop werden die opgeteld bij die der diametraal daartegen-

over gelegen groep en de overeenkomstige vektor in beide groepen afgezet op de middellijn daarvan. De stralen der concentrische cirkels waren daarbij een maat voor het aantal korrels, resp. 10, 20 etc. Deze methode kan alleen een goed overzicht geven, wanneer vele individuen worden gemeten en het is gebleken, dat daarvoor een aantal van ongeveer 500 noodig is.

De beschreven methode is door SANDER (36 p. 183) aan een critiek onderworpen, waarbij hij erop wees, dat achter een op deze wijze verkregen diagram zich verschillende soorten van oriëntatie kunnen verschuilen. BECKE heeft erop gewezen, dat een gebruik van de Fedorowtafel de mogelijkheid van eenduidige bepaling der oriëntaties zou toelaten, omdat zij daarbij driedimensionaal worden vastgelegd. Naar aanleiding van deze opmerkingen heeft SCHMIDT zijn oorspronkelijke methode laten varen. Met de eenigszins gewijzigde Fedorowtafel bepaalt hij nu de ligging der kwartsassen in de ruimte ten opzichte van de vektoren der drukgelaagdheid (41 p. 392). Alle assen worden in het middelpunt van een bol gedacht en zij hebben dus elk twee doorstekingspunten met het boloppervlak. Voor de projectie van deze figuur wordt nu niet de stereografische methode (die alleen hoekgetrouw is) doch de vlakgetrouwe gebruikt, met het oog op het statistisch gebruik dat men ervan moet maken. Men projecteert slechts de onderste helft van den bol. Voor de verschillende gedeelten van den bol gaat men nu in de projectie na hoeveel asdoorstekingspunten vallen op 1 % van het halve boloppervlak (bij geringere puntbezetting op 2 of 4 % , waarna men het getelde aantal door 2 of 4 deelt). Men geeft het resultaat weer in promillen en gaat dan de velden begrenzen, waarvan de bezettingsdichtheid tusschen vooraf aangenomen grenzen wisselt. De maxima en minima vallen dan goed in het oog. SCHMIDT kreeg voor verschillende gesteenten twee maxima van kwartsoriëntatie: de grootere kwartsen hadden hun maximum bij de pool der drukgelaagdheid, de kleinere splinters in de richting waarin de interne differentieele bewegingen hadden plaats gehad. Men herkent daarin resp. den α en γ regel van SANDER (de α regel is dezelfde als de reeds genoemde regel van TRENER). In een latere publicatie (42 p. 407) gaat SCHMIDT zijn microscopisch-statistisch onder-

zoek toepassen op de tektoniek, waarbij hij, aansluitend aan SANDER, de tektonische beweging in het groot opvat als de integraal der innerlijke differentieele bewegingen. De ervaring leert, dat deze laatste in dezelfde tektonische eenheid gelijk gericht en gelijkzinnig zijn met de eerste. Om die toepassing te kunnen uitvoeren is het noodig de handstukken in het veld nauwkeurig georiënteerd te verzamelen, zoodat men ook het slijpplaatje zelf precies kan oriënteren.

Voor de fyllietformatie zou de hier maar kort beschreven methode waarschijnlijk goede resultaten kunnen geven, indien men daarmee systematisch op verschillende plaatsen de richting der innerlijke differentieele bewegingen zou bepalen. Ik betreur het daarom, dat ik tijdens het onderzoek te velde niet de daartoe noodige georiënteerde handstukken heb verzameld, omdat mij toentertijd de hierboven beschreven onderzoekingen van SCHMIDT niet bekend waren. Om nu echter aan te toonen, dat de gesteenten der fyllietformatie een onderzoek in deze richting waard zijn, heb ik voor enkele gesteenten een statistisch onderzoek uitgevoerd volgens de eerstbeschreven methode van SCHMIDT en wel in plaatjes, die loodrecht op de strekking der drukgelaagdheid waren geslepen. Fig. 11 geeft het diagram weer van een metamorfe, vrij sterk

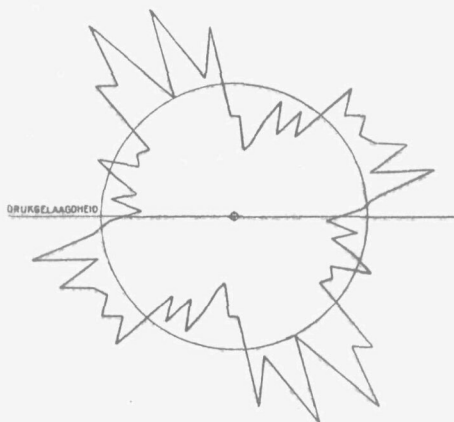


Fig. 11. Diagram volgens W. SCHMIDT van Bk. 1147.

gerekristalliseerde arkosezandsteen (Bk. 1147) uit S. Embaloeh boven Na. Dadjoe en betreft de optische oriëntatie der kwartsen (n_a' ten opzichte van den vertikalen kruisdraad).

Het aantal individuen, dat gemeten werd, is 600. In het groot komen duidelijk twee maxima tot uiting, het eene overeenkomend met de hoofddrukge laagheid, doch iets ten opzichte daarvan verschoven, het andere ongeveer loodrecht op het eerste. Men ziet hier een ongeveer analoog beeld als men zou krijgen bij onderzoek van een Noord-Zuid plaatje van gesteenten uit het gebied der Muglgneisen, waarvan SCHMIDT diagrammen heeft gepubliceerd (41 p. 412 fig. 3a) en waarvan hij o.a. zegt (l.c. p. 414): „der N-S Schliff hätte nämlich nach meiner einfachen Methode ein vierlappiges Schaubild ergeben.“

Het gegeven voorbeeld zou ik nog met verschillende andere kunnen aanvullen, die alle het besproken verschijnsel vertoonen. Zij kunnen echter achterwege blijven, omdat het er hier slechts om gaat aan te toonen, dat de fylletformatie voor onderzoekingen van dezen aard een dankbaar object zal blijken te zijn. Er zij nog op gewezen, dat niet alleen kwarts, doch ook andere mineralen (vooral calciet en glimmer) oriënteringsverschijnselen toonen in verband met de innerlijke differentieele bewegingen. SANDER en SCHMIDT hebben daarover diepgaande onderzoekingen verricht.

Karakter der metamorfose.

Na al hetgeen in het voorgaande over de gesteenten der fylletformatie werd gezegd, is het wel duidelijk, dat men hier te doen heeft met metamorfose in de epizone van GRUBENMANN-NIGGLI. De beschrijving, die NIGGLI (l. c. p. 374) daarvan geeft, is direct op onze gesteenten van toepassing: relatief lage temperatuur en belastingdruk, vaak sterke stressbeïnvloeding met groote uitwijkmogelijkheid, waardoor niet zelden de mechanische verandering de overhand heeft, temeer daar ook de in vergelijking met diepere zones niet hooge temperatuur omkristalliseering niet begunstigt. Dit wordt ten deele weder gecompenseerd door de rijkelijke aanwezigheid van water, vooral OH- of H₂O-rijke mineralen worden gevormd. Kwarts en calciet zijn naast elkaar bestendig. In alle gevallen kan men het educt naast het product bestudeeren.

Helling en strekking; plooingsdruk.

Teneinde de fylletformatie hier eenigszins afgerond te behandelen, volgen nog enkele opmerkingen over de plooiing ervan.

De fylletformatie is intensief geplooid met strekkingsrichtingen, die wel sterk wisselen, maar die in het Westen overheerschend Oost-West zijn, terwijl zij in het Oosten zeer vaak een richting Noord70Oost-Zuid70West vertoonen. De lagen staan bijna altijd steil en zijn dikwijls in noordelijke richting overkipt. In de ombuigingspunten der syn- en anticlines zijn soms plooingsverschuivingen ontstaan. Talrijk zijn kleine meestal steilhellende verschuivingen; ook opschuivingen, soms met geringe helling, komen herhaaldelijk voor. Het gesteente is op vele plaatsen gescheurd, gebarsten, gekraakt en zelfs verfrommeld. Evenals men dat in het klein onder het microscop kan waarnemen, zijn de lagen ook in het groot aan walsing en kneding onderworpen geweest. Vele kwartsgangen (die soms ook albiet en calciet bevatten) hebben de scheuren in het gesteente opgevuld en in den regel zijn temeer van die gangen en aders aanwezig hoe meer het gesteente werd verdrukt. Hoewel men de gangen ook in fylleten vindt, kan men toch in het algemeen waarnemen, dat, wanneer in een profiel zandsteen afwisselen met leien en fylleten, verreweg de meeste en de dikste kwartsaders voorkomen in de zandsteen. De reden daarvoor ligt voor de hand, de leien en fylleten hebben de vervorming meer plastisch ondergaan, terwijl de zandsteen vaak zijn gebarsten en gekraakt, waarna de ontstane spleten met kwarts (met calciet of albiet) werden opgevuld.

Om het algemeen karakter van de plooiing der fylletformatie te illustreeren zou ik geen leerrijker voorbeeld weten te kiezen dan het profiel in S. Embaloeh bij Na. Engkeloengan. Dit profiel werd reeds door MOLENGRAAFF afgebeeld en zeer terecht beschreven „als type van de in het Boven-Kapoewas-ketengebergte heerschende architectoniek der rotslagen” (26 p. 166, pl. XXIV en XXV, resp. tegenover p. 192 en 200, benevens de plattegrondscheets op kaart V van den atlas). Het is mij ook uit eigen aanschouwing bekend en men vindt hier practisch alle verschijnselen, die zich in de tektoniek der fylletformatie voordoen, bijeen, uitgezonderd misschien de over-

kipping, die hier niet zoo uitgesproken is, ofschoon toch nog wel waarneembaar. Op het linkergedeelte van pl. XXIV ziet men een laag schiereiland, waar een fraaie, zwak noordwaarts oplopende overschuiving is te zien, waarbij een pakket van Oost-West gestrekte lagen is geschoven over een pakket met strekking Oost20Noord-West20Zuid. Dit laatste is direct onder dat vlak isoclinaal geplooid en de lagen worden er abrupt door afgesneden. Wat meer beneden het overschuivingsvlak (rechtergedeelte van pl. XXIV en vooral pl. XXV) zijn de lagen sterk geplooid in vrijwel staande plooien. Dwarsspelen, gevormd in de buigingspunten der syn- en anticlinen, zijn met kwarts gevuld; ook zijn daar enkele plooingsverschuivingen ontstaan. Boven het overschuivingsvlak zijn de lagen van het bovenste pakket sterk geplooid en zij vertoonen een sleuring in de richting van dat vlak. In dit deel van het profiel heeft men dus een soort van schubstructuur. Ofschoon de beide laagpakketten een verschil in strekkingsrichting van 20° vertoonen, behoeft dit niet te wijzen op een verschil in drukrichting bij hun plooing, aangezien men in de fylletformatie vaak over afstanden van slechts enkele meters de sterkste verschillen in strekkingsrichting kan meten, iets waarop ook MOLENGRAAFF wijst (l. c. p. 166). Ter illustratie van dit zeer snelle wisselen der strekkingsrichting is in fig. 12 in plattegrond voorgesteld de plooing van harde, gebankte kwartsitische zandsteen in S. Melijoe, een bronrivier van

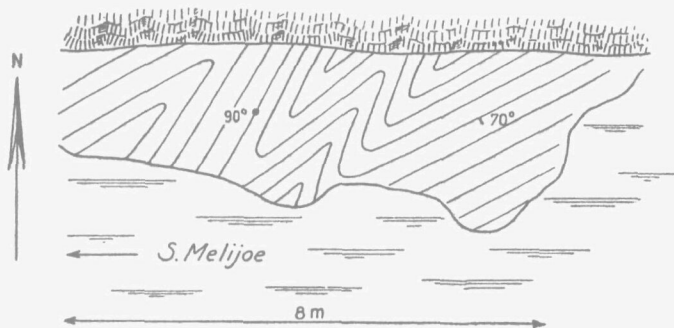


Fig. 12. Variatie der strekkingsrichting in S. Melijoe.

S. Pijang I (Embaloe). De zandsteen zijn steil geplooid, met sterk duikende plooingsassen. In het Oosten hellen de lagen met 70° naar Zuidzuidoost, in het Westen staan zij

vertikaal met strekking Noord15Oost. De afmeting van den plattegrond van West naar Oost is 8 meter. Het tweede voorbeeld (fig. 13) betreft de plooiing van fijnkorrelige

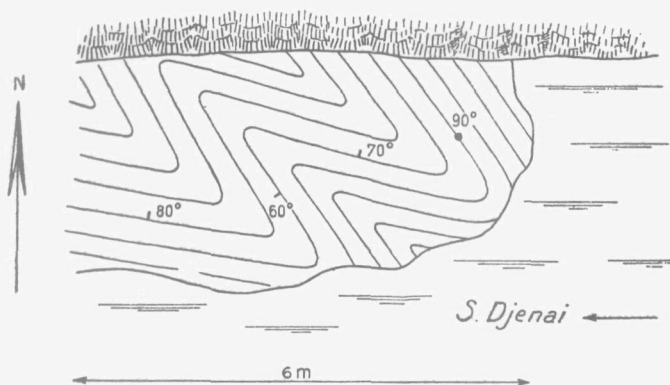


Fig. 13. Variatie der strekkingsrichting in S. Djenai.

kwartsitische zandsteen in S. Djenai, de rechterbronrivier van S. Sibau. Ook dit is weer een plattegrond; de lagen staan steil met hellingen varierende van 60 tot 90° en sterk duikende plooiingsassen. De afstand West-Oost bedraagt 6 meter.

Andere voorbeelden zouden in groot aantal kunnen worden gegeven, het verschijnsel is zeer algemeen. Er moet echter op gewezen worden, dat men in het groot toch altijd een bepaalde strekkingsrichting ziet overheerschen.

De druk, die de fylletformatie heeft geplooid, was Zuid-Noord gericht. MOLENGRAAFF neemt deze drukrichting aan (l. c. p. 169), men kan haar afleiden uit het profiel bij Na. Engkeloengan en ook, zooals RUTTEN opmerkt (34 p. 275) uit het in sterke mate overwegen der zuidwaartsche hellingen ten opzichte van de noordwaartsche in het Embaloeh-Tekelangebied. In het voorgaande werd reeds even vermeld, dat MOLENGRAAFF in S. Tekelan beneden Goeroeng Narik kon vaststellen, dat het gesteente twee maal een druk in Zuid-Noord richting heeft ondergaan (l. c. p. 168). Zooals nog blijken zal, past deze waarneming zeer goed in de voorstelling van de tektoniek, die in het volgend hoofdstuk wordt gegeven. Een waarneming, die misschien in dezelfde richting wijst kon ik doen bij het microscopisch onderzoek van een

kwartsader in metamorfe, fijnkorrelige arkosezandsteen van S. Embaloeh stroomaf van Na. Tekelan (Bk. 1128). De ader bleek te bestaan uit grofkorrelige, unduleus uitdoovende, heldere gangkwarts, waartusschen ook enkele albietkristallen voorkomen. Tusschen de kwarts kristallen bevinden zich partijtjes van zeer fijnkorrelige kwarts, waarvan men moet aannemen, dat zij door vergruizing zijn ontstaan. Daaruit blijkt dus, dat het gesteente na de vorming dier ader nog een druk moet hebben ondergaan. Het is echter eveneens zeer goed mogelijk, dat deze laatste nog deel uitmaakte van de oudeocene orogenese, want bij het microscopisch onderzoek is herhaaldelijk gebleken, dat sommige aders reeds aanwezig waren, voordat het gesteente werd gefyllitiseerd en uitgewalst (zie foto 6).

Dat de bewegingsrichting bij de plooiing in het algemeen Zuid-Noord was, heb ik in verschillende gevallen kunnen bevestigen. Zoo komt bv. in S. Padi (zijtak S. Tekelan) een profiel voor (fig. 14) in kleilei, die met kwartsitisch uitziende zandsteen afwisselt, waarin opschuiving van Zuidwest naar Noordoost waarschijnlijk is, tenzij men aan onderschuiving uit het Noordwesten wil denken.

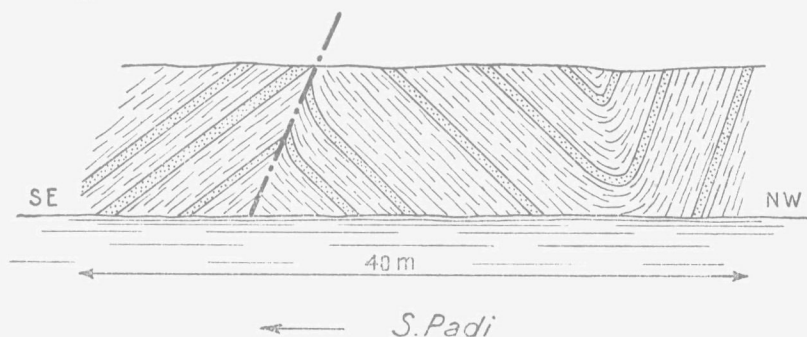


Fig. 14. Opschuiving in kleilei met zandsteenbanken.

Asymmetrische bouw van anticlinalen komt veel voor, men vindt dan matige helling in den zuidvleugel, terwijl in den noordvleugel steile hellingen voorkomen. In S. Embaloeh vertoont een anticline in harde zandsteen met enkele laagjes fyllitische lei een fraaie overkipping in noordelijke richting. Overkipping naar het Noorden kon ik ook nog vaststellen in S. Baleh, iets stroomop van Na. Melatai.

Uit het voorgaande blijkt dus wel, dat over de opvatting, dat de bewegingsrichting bij de plooiing algemeen Zuid-Noord was, weinig twijfel kan bestaan.

MOLENGRAAFF heeft erop gewezen, dat in het zuidelijk deel van het Embaloeh-profiel de noordhellingen overwegen, terwijl meer naar het Noorden de zuidhellingen de overhand hebben (l. c. p. 166). Deze waarneming schijnt meer algemeene geldigheid te hebben, zoo overwegen bv. in de genoemde Bonte Zuidzone eveneens de noordhellingen en hetzelfde is het geval in het fyllietprofiel langs S. Kapoeas tot Na. Tahoem (laagmetingen verricht door wijlen Ing. L. H. KROL) en in de rivieren S. Lamanak, Batang Loepar, S. Baloei, S. Sijai. Een tweede strook met overwegend noordhellingen bevindt zich in het noordelijkste deel van mijn gebied, nl. langs de Batang Redjang van Na. Baleh tot Na. Song. Ook de zijtak S. Song vertoont overwegend noordhellingen. Intusschen is deze strook niet zoo duidelijk uitgesproken als die in het zuidelijk deel der fyllietformatie. Op de beteekenis van deze laatste kom ik bij de behandeling der geologische geschiedenis terug; daarbij zal blijken, dat er waarschijnlijk verband bestaat tusschen dit optreden van noordhellingen en het reeds eerder genoemde voorkomen van gesteenten der danaufornatie temidden van gesteenten der fyllietformatie in de grenszone tusschen deze beide formaties.

Eruptiva in de fyllietformatie.

MOLENGRAAFF heeft vermeld (l. c. p. 251), dat graniet en andere dieptegesteenten in de fyllietformatie geheel schijnen te ontbreken en dat ook gangen van eruptieve gesteenten niet of zeldzaam schijnen voor te komen. Hij acht het mogelijk, dat enkele rolsteenen van diabaas, die hij in de Boven-Kapoeas bij Goeroeng Moenhoet vond, van zulke gangen afkomstig zijn. Aangezien echter stroomopwaarts van die plaats nog gesteenten der danaufornatie zijn ontsloten (blijkens opname van wijlen Ing. L. H. KROL) is het waarschijnlijker, dat bedoelde diabaasrolsteenen uit de danaufornatie afkomstig zijn. In de Boven-Angai (linkerzijtak van S. Kapoeas) vond ik temidden der fyllietformatie enkele rolstukken van gedrukte tweeglimmergraniet en gesaussuritiseerde diabaasporfyriet. Wat de positie is van deze gesteenten ten opzichte

van de fylletformatie is mij niet bekend, maar ik vind het het waarschijnlijkst, dat ze pretertiair zijn. Hetzelfde geldt voor een geserpentiniseerde peridotiet, die ik als rolsteen vond in het door S. Gendali (rechterzijtak van S. Embaloh) aangevoerde materiaal.

Bij de onderzoeken van 1930 en later is echter gebleken, dat er zeer zeker jongere eruptiva zijn, die de fylletformatie doorbreken. KROL vond in S. Kapoeas beneden Na. Angai een gang van augietolivijnkersantiet en een van gedrukte hoornblendevogesiet, terwijl ik zelf niet ver daar vandaan in S. Angai een gang vond van diorietporfyriet en een intrusieplaat van augietminette (alle determinaties van Dr. R. W. VAN BEMMELEN). Verder vond ik in S. Baleh boven Na. Djelangai (waar ik haar vanuit de Boven-Kapoeas komend bereikte) talrijke rolsteen van eruptiva, die door VAN BEMMELEN zijn gedetermineerd als hoornblendeproxenandesieten of basalten. De groote hoeveelheid dezer rolsteen wijst erop, dat in het brongebied van S. Baleh veel eruptiva moeten aanwezig zijn. Dit is volkomen in overeenstemming met KROL's waarnemingen in het grensgebergte tusschen de bronnen van de Mahakam, de Baleh, de Oga en van linkerzijtakken van de Kajan, dat hij het „Nieuwenhuisgebergte” noemt en waarin andesieten en basalten met bijbehorende breccies en agglomeraten in massale doorbraken de fylletformatie discordant bedekken (23 pp. 50, 53). Deze gesteenten werden ook aangetroffen door ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN (58 p. 66). Verder heeft KROL aanwijzingen gevonden voor de veronderstelling, dat het gebergte ten Noordoosten van S. Baleh, dat hij „Hose-range” noemt, geheel uit analoge eruptiva bestaat (l. c. p. 50).

Behalve de genoemde eruptiva werden door mij nog basalten en gabbroachtige dolerieten gevonden in de Batang Loepar beneden Na. Pan, waar zij de riams Taoeng en Iroep vormen. Het blijkt, dat de basalt intrusieplaten vormt in steil geplooid arkosezandsteen der fylletformatie (Bonte Zuidzone). Ook treden daar eruptiva op, die waarschijnlijk op de grens staan tusschen syenitische en alkalisyenitische porfyrische gesteenten (de veldspaten zijn albiet tot oligoklaas, terwijl daarnaast meermalen orthoklaas en ook kwarts aanwezig is. Onder de donkere mineralen overheerscht diop-

sidische augiet in sterke mate; ilmenietachtig erts met leukoxeenverweering komt veel voor). Een juiste determinatie is moeilijk, want behalve dat zij een vaak sterke kataklase hebben ondergaan, zijn zij veelal sterk veranderd, gechloritiseerd, geëpidotiseerd, geserpentiniseerd en verkwartst. Analoge gesteenten treft men ook aan onder de eruptiva van Bt. Pan ten Noorden van het merengebied, waar tevens nog sterk veranderde kwartshoudende diabaasporfyrieten, gabbro's en enkele lamprofyrische gesteenten voorkomen, eenerzijds verwant met de genoemde syeniet- tot alkalisyenietporfyrische eruptiva, anderzijds met de diabaasporfyrieten. Ook werd een glasrijk, geëpidotiseerd en gechloritiseerd intermediair effusief aangetroffen, dat niet nader te determineren is. Sommige der sedimenten zijn door contactwerking verhard. Men kan de eruptiva van riam Iroep beschouwen als de westnoordwestelijke voortzetting van die van Bt. Pan. Morfologisch komt dat ook goed tot uiting, Bt. Pan zet zich namelijk als een scherpe kam ver westnoordwestwaarts in Serawak voort. De verschillende eruptiva zijn mischien op te vatten als een differentiatiereeks, ontstaan uit één magma dat dan waarschijnlijk een monzonitische samenstelling zou kunnen gehad hebben. Of dit vermoeden juist is en zoo ja, hoe dan de differentiatie in zijn werk ging, moet verder petrologisch en petrochemisch onderzoek leeren. Vooral dit laatste zal niet eenvoudig zijn, gezien de meestal sterke verandering, die deze gesteenten hebben ondergaan, waarop in het bovenstaande reeds werd gewezen. Betreffende de groote differentiatiemogelijkheden van een monzonitisch magma vindt men interessante voorbeelden bij ROSENBUSCH (32 p. 167 ff.) en ROSENBUSCH-OSANN (33 p. 145 ff.). Bij het onderzoek van deze gesteenten pleegde ik overleg met Dr. ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN.

Stratigrafische positie der gesteenten van Bt. Pan.

Het is hier de plaats om wat nader in te gaan op de gesteenten, die deelnemen aan den opbouw van Bt. Pan, waarover ik, zooals bij de behandeling der danaufornatie reeds terloops werd vermeld, een andere meening heb dan MOLENGRAAFF. Deze toch (l. c. p. 100) beschrijft den Bt. Pan als geheel te bestaan uit diabaas, kwartsdiabaas, olivijndiabaas,

diabaasporfyriet, kleilei en kleisteen in afwisselende dikke lagen of banken, die steil naar Noord hellen. De diabaasgesteenten zijn op verschillende plaatsen geuralitiseerd of sterk ontleed en dan rijk aan serpentijn en chloriet. In fig. 27 van zijn werk geeft hij de juiste verhoudingen weer. Ofschoon deze kwestie uiteraard ook in het veld mijn volle aandacht heeft gehad, ben ik er niet in geslaagd de opeenvolging, zooals MOLENGRAAFF die aangeeft, waar te nemen, niet-tegenstaande ik een tweetal dwarsprofielen over den geheelen berg (dus tot aan den voet der noordhelling in Serawak) zorgvuldig heb onderzocht. Mijn waarnemingen waren daarbij de volgende: Langs de zuidhelling treft men voornamelijk sterk verweerde, vuilwitte, steenroode en ook blauwgrijze, meestal zandige schalies aan, waarvan o.h.m. blijkt, dat zij veelal zwakfyllitisch zijn, althans een zwakke dynamometamorfose hebben meegemaakt. Ondergeschikt komen enkele zandsteen voor, die fijn- tot middelkorrelig en veldspaat-houdend zijn. De helling der sedimenten is meestal steil en naar Noordnoordoost gericht. Op verschillende plaatsen langs de zuidhelling en ook op den scherpen kam treft men losse blokken aan van de reeds hierboven vermelde eruptiva. Men moet wel aannemen, dat deze gesteenten op en nabij den kam ontsloten zijn. Met zekerheid heb ik dat alleen kunnen constateeren in den uitersten bovenloop van S. Menjang aan de Serawaksche zijde, waar ook een kleizandsteen contactmetamorfose vertoont. Aan die zijde treft men analoge gesteenten aan als aan de zuidhelling, in verschillende sedimenten komen afbraakproducten voor uit de danauformatie. De gesteenten worden noordwaarts geleidelijk meer fyllitisch.

In tegenstelling met MOLENGRAAFF, die meent, dat men hier te doen heeft met danauformatie, moet ik de sedimenten van Bt. Pan beschouwen als behoorend tot de Bonte Zuidzone der fyllietformatie. Van de danauformatie is mij nergens een zoodanige ontwikkeling bekend. Daarbij komt, dat Bt. Pan zich, zooals ook op het kaartje 1 : 1.000.000 zichtbaar is, geheel bevindt binnen het verloop der Bonte Zuidzone en ofschoon dit op zichzelf geen argument kan zijn, is toch het feit, dat de sedimenten van Bt. Pan ook volkomen analoog zijn aan die der genoemde zone, verder de aanwezig-

heid van afbraakmateriaal der danauformatie in verschillende monsters en tenslotte de geleidelijke overgang, die noordwaarts plaats heeft tusschen de Bt. Pansedimenten en die der fylletformatie, voor mij een reden om deze gesteenten te rekenen tot de genoemde Bonte Zuidzone en ze derhalve te beschouwen als van oudeocenen ouderdom (hier zij herinnerd aan de waarschijnlijk oudtertiaire foraminiferen uit de Batang Loepar iets boven Na. Pan). De eruptiva moet ik wel opvatten als jongere intrusies, contactmetamorfose werd waargenomen in S. Menjang en zooals reeds werd gezegd is de voortzetting van de Bt. Pan-eruptiva westnoordwestwaarts naar riam Iroep in de Batang Loepar niet alleen om petrografische, doch evenzeer om morfologische redenen zeer waarschijnlijk. En dààr kon ik zeer positief waarnemen, dat de eruptiva intrusieplaten vormen in gesteenten der Bonte Zuidzone. Naar mijn meening had de intrusie dezer gesteenten plaats na de plooiing der fylletformatie in het oudeocenen; hun kataklastische verandering alsmede hun ontleding is dan op te vatten als een gevolg van de latere orogenese.

Vergelijkt men deze opvatting met die van MOLENGRAAFF, dan blijkt het verschil in hoofdzaak te liggen in de interpretatie der sedimenten. Ofschoon ik de opeenvolging van sediment en eruptiefgesteente niet heb kunnen waarnemen zooals MOLENGRAAFF die aangeeft, zou ik mij toch met deze voorstelling kunnen vereenigen, maar ik moet de eruptiva dan, in analogie met die van riam Iroep, als intrusieplaten opvatten. Weliswaar heb ik de eruptiva in riam Iroep gabbroachtige dolerieten en basalten genoemd, doch dat is veelal slechts een naamkwesie, afhankelijk van de toevallige differentiatie ter plaatse. De overeenkomst tusschen de eruptiva van de Batang Loepar (riams Taoeng en Iroep) met die van Bt. Pan is onmiskenbaar. Kwamen deze eruptiva niet voor in combinatie met de sedimenten, dan zou het welhaast onmogelijk zijn om vooral de sterkst ontleede onder hen af te scheiden van die der danauformatie en MOLENGRAAFF's interpretatie is dan ook volkomen begrijpelijk. Ik zou zelfs nog de mogelijkheid willen openlaten, ofschoon ik er den nadruk op leg, dat ik die zelf zeer onwaarschijnlijk acht, dat enkele van de sterkst ontleede eruptiva tòch misschien nog tot de danauformatie kunnen behooren. Ook in dat geval verandert mijn

opvatting omtrent Bt. Pan principieel niet: de sedimenten blijven behoreen tot de Bonte Zuidzone, verschillende eruptiva blijven daarin intrusief, doch men moet dan in de eventueel tot de danaufformatie behorende eruptiva analoge inklemmingen zien als reeds eerder werden genoemd van andere rivieren en waarop ik bij de behandeling der geologische geschiedenis terugkom om er een verklaring voor te geven.

5 b. Neogeen.

Over het neogeen zal hier alleen een korte samenvatting worden gegeven, niet alleen met het oog op de komende dienst-publicatie, doch ook omdat daarover in de reeds eerder genoemde mededeeling in „de Ingenieur in Nederlandsch-Indië” (61) al een en ander werd vermeld. Het werd daar onder den naam „Engkelili-lagen” beschreven, omdat het in de omgeving van Engkelili in Serawak typisch ontwikkeld is. De samenstellende gesteenten zijn arkosezandsteen (soms met kriskrasgelaagdheid), zandige kleisteenen en conchoïdaalbrokkelige kleisteenen. Hier en daar komen enkele conglomeratische lagen voor (soms met mergelmatrix), terwijl sporadisch in de Batang Loeparrivier eenige kalk- en mergelkalkbanken optreden. Tuffeuze gesteenten zijn zeldzaam en hun stratigrafische positie is daarbij nog onzeker; een tuffeuze breccie van Bt. Semoedjan (merengebied) en een tuffeus conglomeraat als geïsoleerde ontsluiting ten Zuiden van Loeboek Antoe zijn de eenige gesteenten van dien aard, die mij bekend zijn. Kool werd alleen gevonden als een onbeteekenende laag op Bt. Pegah (merengebied).

In de mergelige gesteenten en in de kalken van de Batang Loeparrivier komen fossielen voor, waaronder zich talrijke *Lepidocyclus* bevinden, uitsluitend als microfere kleine soorten (< 7 mm), op grond waarvan ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN een jongneogenen ouderdom het meest waarschijnlijk acht. Het fossielmateriaal werd onderzocht door W. SCHEFFEN, die een der *Lepidocyclus* determineerde als *Lepidocyclus* cf. *smithi*, weinig verschillend van *L. smithi*?, die YABE afbeeldt uit kalksteen van ondermiocenen of ondermiddenmiocenen ouderdom van het Klias-schiereiland (Britsch Noord-Borneo). Verder toonde hij de aanwezigheid aan van ? *Cycloclypeus*, *Operculina*, milioliden, kalkalgen en koraal-

fragmenten. Enkele lamellibranchiaten en gastropoden konden niet worden gedetermineerd. Op grond van de *Lepidocyclus cf. smithi* beschouwt SCHEFFEN ons neogeen als van gelijken ouderdom met dat van het Klias-schiereiland. *Lepidocyclus smithi* is echter een zeer vaag beschreven soort, die zoo goed als niet te herkennen is en dan ook door VAN DER VLERK (50 tab. 3) geschrapt werd. Daarbij komt nog, dat een „cf” vorm wordt vergeleken met een van een vraagteken voorzien determinatie van YABE, zoodat SCHEFFEN's conclusie niet voldoende gemotiveerd lijkt. De ouderdom kan dus voorloepig niet anders dan als neogeen worden opgegeven.

Bij de begrenzing van het neogeen ten opzichte van het zuidwestwaarts aangrenzend eoceen werd vaak gebruik gemaakt van het optreden van operculinen en van een kleine, opvallende lamellibranchiaat, die gekenmerkt is door scherp gekerfde slotranden. Deze fossielen werden nooit aangetroffen in zeker tot de Kantoelagen behorende gesteenten, zoodat hun gebruik als locale gidsfossielen, waaronder dan ook werd gerekend de bij de beschrijving der Kantoelagen genoemde lamellibranchiaat met geprononceerde dwarsdepressie, wel geoorloofd is.

Het neogeen komt voor in het Zuidwesten van ons gebied en wel als een in het groot Noordwest-Zuidoost gestrekte zone langs de Batang Loepar in Serawak, waartoe dan ook behoort de markante Bt. Garoe-heuvelrug, die deze rivier ten Zuidwesten begeleidt. Verder werden tot het neogeen gerekend de gesteenten, die de bergreeks in het Westen en Zuidwesten van het merengebied vormen, benevens die van enkele toppen in het Zuiden en Zuidoosten daarvan. De stratigrafische positie van deze laatste geïsoleerd voorkomende gesteenten, die beginnend met een transgressieconglomeraat op pretertiair liggen, is echter niet geheel zeker.

Terwijl het neogeen in het merengebied meestal vlakke tot matige hellingen naar Zuidwest en Zuidzuidwest vertoont, is het in Serawak, vooral meer naar het Noordwesten, veelal sterk geplooid. Bij die plooiing werd het vanuit het Zuidwesten door het zwakgeplooid eoceen overschoven, waarbij zoowel in het eoceen als in het neogeen een zone van steilen laagstand ontstond. In de Batang Loepar werd het in de omgeving

van Kg. Boeloe steil tegen de danaufornatie opgeplooid. Niet ver boven de Koempangmonding zijn in een tweetal verschuivingszones met Noordoost-Zuidwest strekking gesteenten van het neogeen en van de danaufornatie tot een verschuivingsbreccie verknood. Voorts wordt het tusschen Kg. San en Engkelili waarschijnlijk door een Oost-West tot Oostzuid-oost-Westnoordwest gerichte verschuivingszone tegenover de danaufornatie begrensd. De grens met de fyllietformatie (Bonte Zuidzone) in S. Lamanak is niet ontsloten. De tektoniek is, zooals nog verder in het volgende hoofdstuk zal blijken, niet eenvoudig; zij wordt nog door breuken van verschillende richting en door eruptiva gecompliceerd.

6. Pleistoceen en Holocene.

Het pleistoceen en holocene, kortweg als „kwartair” samengevat, beslaat in ons gebied oppervlakten van een zeer groote uitgestrektheid. Het heeft zijn belangrijkste verbreiding in de groote Boven-Kapoeasvlakte, met westwaarts aansluitend het meren- en Empananggebied. Het is eveneens aanwezig langs de Beneden-Batang Loepar en langs den benedenloop harer zijrivieren. Ook langs de Batang Redjang en de Baleh is het hier en daar ontwikkeld, evenwel in veel mindere mate dan in het Zuiden langs de Kapoeas. Het bestaat uit meestal leemige zanden en kleien, waartusschen vaak lagen voorkomen van hout en veenachtig plantenafval. Ook vindt men vaak grinden en meermalen subrecente rolsteenbeddingen in het oeverprofiel der rivieren ontsloten. Op het kaartje 1 : 1.000.000 is het kwartair afgedekt gedacht, behalve in zijn voornaamste verbreidingsgebied in Boven-Kapoeasvlakte etc. Op enkele waarnemingen in het kwartair kom ik nog terug in het volgende hoofdstuk.

7. Stollingsgesteenten.

a. Dieptegesteenten.

Dieptegesteenten worden in velerlei soort gevonden in het gebied ten Zuiden van de fyllietformatie en zij werden van verschillende plaatsen reeds door MOLENGRAAFF beschreven. Terwijl men in het merengebied alleen graniet vindt (afgezien van enkele, als zwakporfyrische gabbro uitgekristalliseerde

eruptiva uit het Bt. Pan-massief) worden in het Boven-Kapoeasgebied behalve dat gesteente ook dioriet, gabbro, peridotiet, wehrliet en pyroxeniet aangetroffen. Wat deze gesteenten betreft kan ik hier kort zijn; in de aangekondigde dienstpublicatie zullen zij ongetwijfeld een uitgebreider behandeling vinden en op de daarbij behorende kaarten worden ingetekend. Dit laatste kan op ons kaartje 1 : 1.000.000 niet geschieden, aangezien daar het geheele pretertiair ongedifferentieerd wordt aangegeven. Betreffende de graniet van het merengebied wil ik alleen vermelden, dat ik MOLENGRAAFF's vermoeden, dat deze intrusief zou zijn in de danauformatie, op verschillende plaatsen in fraaie contacten heb bevestigd gevonden. De uitbreiding dezer granieten is echter gebleken eenigszins anders te zijn dan MOLENGRAAFF het heeft vermoed. Langs de Boven-Kapoeas beneden Na. Kerijau zijn basische dieptegesteenten ontsloten, die intrusief zijn in de danauformatie. Beginnend met pyroxeniet, wehrliet en peridotiet, differentieerde het magma in zure richting, zoodat naderhand ook dioriet kon intrudeeren. Bij bergvormende bewegingen werden deze gesteenten alle sterk dynamometamorf veranderd en het schijnt, dat eerst daarna de graniet is omhooggedrongen en nog een intensieve contactmetamorfose heeft teweeg gebracht. Al deze intrusiva zijn jonger dan de danauformatie en waarschijnlijk ouder dan cenomaan. Ook in het gebied tusschen Kapoeas en Mendalam komt graniet voor, benevens basische gesteenten (gabbro), doch aangezien men daar geheel met mantri-opnamen te doen heeft, kan over hun verhouding tot het nevengesteente weinig zekers worden medegedeeld.

b. Gang- en uitvloeingsgesteenten.

Wat de *pretertiaire* gang- en uitvloeingsgesteenten aangaat zijn de voornaamste voorkomens ongetwijfeld de diabazen der danauformatie. Verder werden in het Boven-Kapoeasgebied liparieten, kwartsporfyren en trachieten aangetroffen, die waarschijnlijk van cretaceïschen ouderdom zijn. Van de eerste is dat wel haast zeker, gezien de vroeger reeds vermelde lipariettufzandsteen en lipariettufbreccies, die hier en daar samen met de krijtsedimenten voorkomen. De ouderdom van de trachiet is niet zeker, aangezien die alleen bekend werd op

enkele plaatsen ten Noorden van S. Kerijau tusschen deze en de Kapoeas, waar alleen mantri-gegevens ter beschikking staan; met waarschijnlijkheid kan alleen gezegd worden, dat de trachiet jonger is dan de danaufornatie.

Tertiaire eruptiva.

In het voorgaande kwamen tertiaire eruptiva herhaaldelijk ter sprake, ik verwijs daarvoor naar de bespreking van het mariene en het vulkanische oudtertiair in het Mandai- en Kerijaugebied en van de eruptiva in de fyllietformatie. De eruptiva van het Empananggebied en van Serawak ten Zuiden van de Batang Loepar werden ook reeds even genoemd, doch mede in verband met de behandeling der geologische geschiedenis in het volgende hoofdstuk zullen deze laatste een iets uitvoeriger bespreking vinden. De samenstelling dezer gesteenten varieert van zuur tot basisch.

Zure eruptiva vindt men ten Zuiden van de Batang Loepar in het grensgebergte met het Empanang- en Merakaigebied, waar ze de massieven vormen van Bt. Perapau, Bt. Patok — Bt. Batoe en het eruptieflichaam in S. San. Het zijn granietporfyren tot liparieten, soms overgangen vertoonend naar kwartsdiorietporfyrieten en dacieten. Deze gesteenten zijn vaak in sterke mate gericitiseerd, hetgeen waarschijnlijk is toe te schrijven aan een stadium van autometamorfose (14 p. 182). De veldgegevens wijzen erop, dat deze gesteenten ten deele laccolithische intrusies vormen; dit is vooral duidelijk bij het massief Bt. Patok — Bt. Batoe, waar men aan de westzijde kan waarnemen, dat de granietporfyrtot lipariet concordant ligt onder de eocene sedimenten, die duidelijk contactmetamorfose vertoonen. Tevens is langs dien westrand in de laagstanden zichtbaar hoe de laccolith het dak langs den rand heeft opgewelfd. De laccolithische massieven worden door kleinere intrusieplaten begeleid. De eruptiva zijn blijkens contactmetamorfose beslist jonger dan de eocene sedimenten en waarschijnlijk eveneens jonger dan de neogene, temidden waarvan zij zich in S. San bevinden, doch waar het contact niet is ontsloten. Behalve de genoemde massieven uit het grensgebergte bestaat ook Bt. Segerat aan den benedenloop van S. Empanang uit hetzelfde gesteente; wegens gebrek aan

ontsluitingen kon hier de verhouding tot het nevengeesteente (eoceen) niet worden vastgesteld, doch in analogie met het voorgaande lijkt een jongneogene ouderdom ook hier het waarschijnlijkst.

Intermediaire eruptiva zijn zeer verbreid. In het Zuidoosten van het merengebied vormt kwartsdiorietporfyriet tot daciet in het Menjoekongmassief een belangrijke doorbraak door de graniet en de daarover transgredeerende, waarschijnlijk neogene zandsteen, die een vrij sterke contactmetamorfose hebben ondergaan. In het Westen van het merengebied treft men dit gesteente aan langs de noordoosthelling van Bt. Seligi, in het massief van Bt. Patjoor, verder als verschillende massieven in het Empananggebied (Bt. Poetau, Bt. Semelawi, Bt. Lawang, Bt. Toegak) en als kleinere voorkomens in de Empanang Kelait (op het Toetoommassief ontspringende rechterbronrivier van S. Empanang) en in de Boven-Merakai. In Serawak zijn de massieven van Bt. Tijang Ladjoe, Bt. Saran en Bt. Demam ten Zuiden van Engkelili eveneens uit kwartsdiorietporfyriet opgebouwd. Deze eruptiva vertoonen vaak overgangen naar diorietporfyriet tot andesiet. De laatste gesteenten komen voor in het Zuidoosten van het merengebied aan den noordwand van Bt. Semoedjan, terwijl men ze in het Noordwesten vindt aan de noordoosthelling van het Pangoer Doelang- en Bt. Besar-massief. Wat den ouderdom dezer eruptiva betreft, kan met zekerheid worden gezegd, dat zij jonger zijn dan de eocene sedimenten. Zij zijn eveneens jonger dan de zandsteen in het Zuiden en Westen van het merengebied; aangezien deze waarschijnlijk neogeen zijn is voor de genoemde eruptiva een jongneogene ouderdom aan te nemen.

Basische eruptiva komen voor in het terrein ten Zuidwesten van S. Empanang, waar men basalt of doleriet en basaltische andesiet vindt, doch tevens overgangen tusschen andesiet en daciet. Deze voorkomens heb ik niet bezocht, zij werden bemonsterd door den mantri TAHJAR NATASAPOETRA. Men kan vrij zeker aannemen, dat zij jonger zijn dan de eocene sedimenten temidden waarvan zij zich bevinden en ik ben geneigd ook deze eruptiva in analogie met de andere als intraneogeen te beschouwen, ofschoon dat hier met de beschikbare gegevens niet valt te bewijzen.

Wat de basische eruptiva betreft in de fylletformatie van Bt. Pan en de Batang Loepar zij er hier aan herinnerd, dat ik die als oudtertiair beschouw. De andere eruptiva in die formatie, nl. die uit S. Kapoeas beneden Na. Angai en die van S. Angai behooren waarschijnlijk tot de jongneogene eruptieperiode, aangezien zij geen kataklastische verandering toonen en dus den druk, die het neogeen plooiden, klaarblijkelijk niet meer hebben ondergaan.

HOOFDSTUK IV.

GEOLOGISCHE GESCHIEDENIS VAN HET GEBIED VANAF HET OUDTERTIAIR. ¹⁾

Bij de beschrijving der fylletformatie werd reeds vermeld, dat men ter verklaring van de aanwezigheid van dit dikke, sterk geplooid en metamorfe sedimentpakket moet aannemen, dat het werd afgezet in een langzaam dalend gebied van een groote lengteuitgestrektheid en een aanmerkelijke breedte, een geosynclinaal, die zich waarschijnlijk begon te vormen in het oudste eoceen. Ik wijs hier echter nadrukkelijk op de reeds vermelde mogelijkheid (p. 59), dat de daling reeds eerder een aanvang had genomen. De pretertiaire geschiedenis blijft hier buiten beschouwing. Aan de hand van een serie schetsmatige profielen zal de geologische geschiedenis vanaf het oudtertiair tot aan den huidige toestand worden behandeld daarbij uitgaande van de veronderstelling dat het tertiair a inderdaad transgressief ligt, wat van de beide mogelijkheden mijns inziens de meest waarschijnlijke is. Deze geschiedenis is het best te vervolgen in het Westen van ons gebied, omdat daar ook nog het neogeen is ontwikkeld. Daarom is de nu te bespreken profielserie dan ook voor dat gebied geteekend en pas aan het einde van de behandeling daarvan zullen nog enkele woorden worden gewijd aan een meer oostelijk gelegen profiel.

Profiel I geeft schematisch den toestand weer zooals die was tijdens de afzetting der oudeocene sedimenten, die thans de fylletformatie vormen. In het Noorden was geosynclinaal gebied, een dalend bekken, waarin de sedimentatie met de daling ongeveer gelijken tred hield, zoodat nooit een diepe zee aanwezig was. Op het profiel kan alleen het zuidelijk randgebied der geosynclinaal worden aangegeven wegens de zeer groote breedte, die deze laatste oorspronkelijk moet hebben gehad (de thans zoo sterk ineengeperste fylletformatie is minstens 120 km breed). De opvulling der geosynclinaal is slechts schematisch weergegeven. Hoeveel de daling van het bekken in het geheel bedragen heeft, is niet bekend, zij moet echter zeer groot zijn geweest. Het is niet uitgesloten, doch

¹⁾ Zie hierbij Plaat II.

evenmin met de beschikbare gegevens te bewijzen, dat in deze geosyncline secundaire opswellingen voorkwamen. Een aanwijzing daarvoor zou men kunnen zien in de vele conglomeratistische grauwasgesteenten, die weliswaar algemeen verbreid zijn, maar die men toch wel zeer uitgesproken ontwikkeld vindt in het Boven-Embaloeh- en -Sibagebied. Het is mogelijk, dat zij als een „drempelfacies” („Schwellenfazies”) moeten worden beschouwd, doch hun verdeeling over het gebied der fylitformatie laat geen zekere conclusie hieromtrent toe. Een andere overweging, die in dezelfde richting leidt, is die van de herkomst van het sedimentmateriaal. Het is moeilijk in te zien hoe de grofzandigheids- en psephitische sedimenten tot in het midden der geosyncline konden worden afgezet indien zij afkomstig waren uit het randgebied. De aanwezigheid van strooken land in het geosynclinaal gebied zou hun aanwezigheid beter verklaren en het is zeer aannemelijk, dat deze later door de voortschrijdende sedimentatie volkomen werden overdekt of bij de plooiing geheel aan het oog zijn onttrokken. Op de nabijheid van land wijst ook het optreden van kratergelaagdheid in enkele gesteenten van S. Padi (Tekelangebied). Deze feiten zouden echter ook kunnen worden verklaard door aan te nemen, dat de geosynclinaal eerst als een smalle strook ontstond, die langzamerhand wijder werd, waardoor dus over de geheele uiteindelijke breedte gelegenheid heeft bestaan tot vorming van psephitische gesteenten. Deze zouden dan echter naar de randgebieden toe geleidelijk in stratigrafisch steeds hogere niveau's moeten optreden.

Terwijl in de geosynclinaal gedurende het oudste eoceen (tertiair *a*) een dik sedimentpakket ontstond, zal waarschijnlijk ook op het randgebied sedimentatie hebben plaatsgevonden, die echter bij gemis aan daling van den ondergrond slechts een relatief dun laagpakket zal hebben opgeleverd. Over dit hypothetisch tertiair *a* van het zuidelijk randgebied is echter niets bekend. Zoo het al aanwezig is wordt het bedekt door het tertiair *b* en jongere sedimenten van het Kerijau-, Mandai- en Empanangebied.

Na de afzetting van het tertiair *a* en vóór die van het juist genoemde tertiair *b* had een intensieve orogenese plaats. Men moet daarbij aannemen, dat het zuidelijk randgebied althans relatief in noordelijke richting is bewogen en het noordelijke

in zuidelijke richting. De voorwaarden tot plooiing waren zeer verschillend voor het dunne laagpakket op het randgebied en het dikke in de geosynclinaal. Het eerste toch lag op een hooggelegen starren ondergrond; in de geosynclinaal echter bevond zich die ondergrond op een veel lager niveau en was daarbij waarschijnlijk reeds gekomen in de „Region der allgemein hohen Tiefenmobilität” (STILLE; 44 p. 37). Op dien ondergrond lag een dik pakket van grotendeels gemakkelijk plooibare sedimenten, zoodat de gezamenlijke weerstand van dezen geheelen gordel tegen de plooiingskrachten aanmerkelijk geringer was dan die in het randgebied. Het resultaat van de orogenese zal dan ook geweest zijn, dat, terwijl in het geosynclinaalgebied een zeer sterk diastrofisme plaatsvond, de sedimenten in het randgebied slechts weinig werden geplooid. Tusschen deze beide plooiingstypen moet een geleidelijke overgang hebben bestaan. Bij de plooiing in de geosynclinaal werden nog schubben van den ondergrond medegeplooid, immers deze was in den zin van STILLE „gemoobiliseerd”.

Zooals reeds bij de bespreking der fyllietformatie werd uiteengezet, kon zich in de geosyncline tijdens de orogenese de dynamometamorfose laten gelden, voornamelijk op dieper niveau, waarbij de gesteenten gefyllitiseerd werden. In de hogere zones kon dit niet gebeuren, aangezien de druk en temperatuur daartoe niet voldoende hoog waren. Daar had waarschijnlijk alleen een matige plooiing plaats, ongetwijfeld vergezeld door breukvorming („zone of fracture”). Ik denk hierbij ook aan de opvattingen van MOLENGRAAFF (28 p. 288, 289) en van BROUWER (6 p. 47), welke laatste zegt: „Crustal movements which occasion a shortening or compression of the crust of the earth are accomodated at depths by folding and by fracturing and faulting near the surface”. Er zal derhalve van boven naar beneden een geleidelijke overgang moeten hebben bestaan van vrijwel onveranderde naar fyllitische gesteenten. Een dergelijke overgang moet, als reeds werd opgemerkt, ook aanwezig zijn geweest in de richting van het randgebied naar de geosynclinaal. Naast deze verticale en horizontale variaties in de mate van fyllitisatie bestaan nog de sterke plaatselijke verschillen, die bij dynamometamorfose in de epizone altijd optreden. Er zij hier op gewezen, dat de gesteenten, die in het

voorgaande als „Bonte Zuidzone der fyllietformatie” werden onderscheiden, kunnen worden opgevat als een nu nog resterend gedeelte van de zuidelijke overgangszone tusschen de metamorfe en niet-metamorfe sedimenten. Zij zijn grootendeels wel metamorf, doch niet zoo sterk als de gesteenten der eigenlijke fyllietformatie en op enkele plaatsen (bv. in eenige profielen in de Tintin Kedang ten Noordoosten van het merengebied) ontbreekt de metamorfose bijna geheel. Naar het Noorden echter gaan deze gesteenten zoo geleidelijk over in de sterker fyllitische, dat een begrenzing der zone zeer moeilijk wordt. Voor het optreden van de veelal bontere kleuren, die deze gesteenten vertoonen, heb ik nog geen bevredigende verklaring kunnen vinden. Reeds werd gezegd, dat zij daarin herinneren aan de vaak zeer sterk verweerde gesteenten, die voorkomen op de hoogste toppen in het fyllietgebied en de gedachte dringt zich op of misschien de Bonte Zuidzone relatief langer aan verweering heeft blootgestaan dan het overig deel der fyllietformatie, waar de snelstroomende rivieren het verweerde materiaal vlugger hebben weggevoerd.

In het voorgaande werden analoge bonte, weinig- of niet-metamorfe, doch zeker eocene gesteenten nog vermeld van S. Beloh in de 3d. Division van Serawak ten Noorden van het Tekelangebied. Mogelijk heeft men hierin gesteenten te zien, die oorspronkelijk tot de hoogere weinig- of niet-metamorfe zones hebben behoord, doch thans misschien door verschuivingen op een gelijk niveau liggen met de sterker fyllitische.

Zooeven werd reeds vermeld, dat bij de orogenese ook schubben van den ondergrond werden meegeplooid. Na denu-datie van het gebied zullen zich deze schubben voordoen als strooken van pretertiaire gesteenten temidden van de fyllietformatie en wel vooral dicht bij het randgebied, aangezien zij daar door hun geringere diepte het eerst door de erosie zullen worden bereikt. Van dit verschijnsel werd in het voorgaande herhaaldelijk melding gemaakt; het vindt op de bovengenoemde wijze zijn gereede verklaring.

Het voorkomen van noordwaarts gerichte hellingen langs den zuidrand der fyllietformatie kan worden opgevat als het gevolg van de relatieve noordwaartsche beweging van het zuidelijk randgebied (vergelijk bv. STILLE; 44 p. 278 fig. 5). Dit verschijnsel demonstreert zich zoo opvallend, dat men

daarbij moeilijk van een toevalligheid kan spreken. Wel kan men ook in de 3d. Division van Serawak hier en daar een overwegen der noordhellingen waarnemen, doch nergens met die regelmaat als in het Zuiden der fylletformatie. Meer naar het Noorden vindt men staande en vervolgens noordwaarts overkipte plooiën en daarin heeft men den invloed te zien van de zuidwaartsche beweging van het ons nog onbekende noordelijk randgebied (vergelijk STILLE 44 p. 280 fig. 6a). Het fylletgebergte is dan zeer asymmetrisch gebouwd, iets waarop ook RUTTEN reeds wijst (34 p. 275) naar aanleiding van MOLENGRAAFF's onderzoek in het Embaloehgebied.

Na de plooiing begon de denudatie, waarbij in het zuidelijk randgebied de pretertiaire ondergrond geheel of ten deele weer werd ontbloot. Of daarbij in het Zuiden nog een deel van het niet-metamorfe, zwak- of niet-geplooiide oudeoceen bewaard bleef is niet te zeggen. Deze toestand is weergegeven in *Profiel II*, waarbij erop dient gewezen te worden, dat de intensieve plooiing in de fylletformatie geheel schematisch is voorgesteld.

Beginnend in het tertiair *b* vond nu in het gebied ten Zuiden van het metamorfe tertiair *a* de afzetting der sedimenten plaats, die thans zijn ontsloten in het Kerijau- en Mandaigebied met mariene en gedeeltelijk continentale facies en in het Westen, in het Empananggebied c.s. met brakwaterfacies (Kantoelagen). Gezien de groote dikte, die in het Oosten bijna 4 km bedraagt, moet men aannemen, dat ook deze sedimentatie plaats had in een dalingsbekken, dat dus ten opzichte van dat, waarin de sedimenten der fylletformatie werden gevormd, naar het Zuiden is verplaatst. Het karakter der afzettingen wijst erop, dat ook in dit bekken nooit diepzeecondities heerschten, integendeel, steeds werd een vlakzeekarakter behouden. Ofschoon in West-Borneo geen bewijzen zijn gevonden voor een transgressie van het tertiair *b* tot over de reeds geërodeerde fylletformatie, moet dit toch wel waarschijnlijk geacht worden. In Oost-Borneo ligt namelijk aan de Kajanrivier iets boven de Bembremversnellingen het jongere eoceen met een scherpe discordantie op een gesteentecomplex, dat vergelijkbaar is met de fylletformatie. In het volgende hoofdstuk zal dit nog nader worden besproken.

In *Profiel III* is de toestand voorgesteld zooals die in het Westen geweest moet zijn aan het einde van de afzetting van het tertiair *b* en jonger palaeogene lagen, ongeveer op het einde van het palaeogeen. In het Oosten vonden toen de hevige erupties plaats, die de vulkanische afzettingen van het Mandaigebied hebben geleverd. Misschien valt in dienzelfden tijd in het Westen de intrusie der in hoofdzaak basische eruptiva van de Batang Loeparrivier (riams Taoeng en Iroep) en van Bt. Pan en het is niet uitgesloten, dat verschillende basische stollingsgesteenten, die meer oostwaarts langs den zuidrand der fyllietformatie voorkomen, van gelijken ouderdom zijn, bv. een gabbro en een gabbroporfyriet in den benedenloop van S. Palin en andere. De basische eruptiva doen zich ten deele voor als intrusieplaten, zooals ik in riam Iroep kon vaststellen. Het is niet bekend of deze intrusies ook vulkanisme aan de oppervlakte leverden. In het Westen is daarvoor geen aanwijzing te vinden. Tegen het einde van het palaeogeen of in het oudere neogeen werden de sedimenten aan een zwakke plooiing onderworpen. Het is aannemelijk, dat deze plooiing plaatsvond ongeveer gelijktijdig met of op het einde van de vulkanische periode in het Oosten. Daarop volgde een denudatietijdperk, waarin het eventueel op de fyllietformatie afgezette tertiair *b* en jonger palaeogene lagen door de erosie volkomen verdwenen en ten Zuiden der fyllietformatie wederom het pretertiair werd blootgelegd. Deze toestand wordt weergegeven in *Profiel IV*.

De geologische feiten dwingen ~~na~~ tot de voorstelling, dat in het neogeen in het Westen een langgerekte trogvormige inzinking ontstond met in het algemeen een Noordwest-Zuidoost-strekking langs den zuidrand van het fyllietgebergte. Deze depressie was waarschijnlijk het diepst in het Noordwesten. Er zijn geen waarnemingen beschikbaar waaruit zou kunnen worden opgemaakt of deze inzinking onder geleidelijk doorbuigen der aardkorst ontstond of dat men daarbij aan een door breuken begrensde slenk moet denken. Dat de depressie ontstond is echter buiten twiifel, de zee drong uit het Noordwesten binnen en de afzetting der neogene sedimenten, de Engkelililagen, nam een aanvang. De neogene sedimentatietrog is te beschouwen als een langgerekte, tektonisch gevormde inham van de zee in het Noordwesten.

Over zijn
slechts:
waarnemingen, inter-
Relaties,
en conch.
sties.

Int

Hoever de sedimentatie zich naar het Zuidoosten, resp. Oostzuidoosten heeft uitgestrekt is niet met zekerheid te zeggen. Door fossielen bewezen neogeen heb ik alleen langs de Batang Loepar tusschen Engkelili en Loebboek Antoe gevonden. Het is echter waarschijnlijk, dat de sedimenten in het Westen en Zuidwesten van het merengebied, die discordant liggen op een ondergrond van danauformatie, de voortzetting vormen van dit neogeen en dat eveneens de zandsteen in het Zuiden en Zuidoosten van het merengebied, die of discordant op danauformatie (Bt. Pegah) of op graniet (Bt. Menjoekong) liggen, van neogenen ouderdom zijn.

Na de afzetting der neogene sedimenten was een toestand ontstaan zooals *Profiel V* weergeeft. Hierna had plooïing plaats, waarvan echter het juiste tijdstip niet is aan te geven bij gebrek aan jonger-neogene lagen, die een discordantie zouden kunnen markeeren. Men kan daarover slechts zeggen, dat zij intraneogeen was. Terwijl het neogeen (?) van het merengebied vlakke tot matige hellingen vertoont naar het Zuidwesten of Zuidzuidwesten, wordt de plooïing in de richting van Engkelili geleidelijk sterker. De veronderstelling lijkt niet gewaagd, dat dit verschil in plooïingsintensiteit werd veroorzaakt doordat de stabiele ondergrond in het merengebied relatief veel hoger lag dan in het Noordwesten, waar de trog dieper werd. En tevens, doordat ten Zuiden van Engkelili het neogeen bij die plooïing vanuit het Zuidwesten is overschoven door de zwakgeplooiden Kantoe-lagen, waarbij behalve in het neogeen ook in de Kantoe-lagen een zone van steilen laagstand ontstond. Waarschijnlijk zijn ook meer noordwaarts van dezen overschuivingsrand nog enkele zuidwestwaarts hellende opschuivingsvlakken in het neogeen ontstaan. Langs den noordostrand van den trog werd het neogeen in de omgeving van Kg. Boeloe steil tegen de danauformatie opgeplooid. In *Profiel VI* is de uit deze plooïing ontstane toestand weergegeven. De genoemde opschuivingen komen daarop duidelijk tot uiting. Aangezien in S. Lamanak, waarlangs het noordelijk deel van het profiel is gedacht, het neogeen naar het schijnt direct aan de fylletformatie grenst (deze grens is niet ontsloten), kon de genoemde opvlooiing tegen de danauformatie niet worden aangegeven, die komt nl. wat meer oostwaarts voor. Wel zijn

in het profiel in het noordelijk deel enkele plooien schematisch weergegeven, waarvoor meer oostwaarts verrichte waarnemingen zijn gebruikt, omdat de gegevens daarvoor in S. Lamanak niet voldoende waren.

Zooals reeds werd vermeld, heeft de fylletformatie nog den invloed ondervonden van den druk, die het neogeen plooid, terwijl eveneens de kataklastische verandering der eruptiva van de Batang Loepar en van Bt. Pan daaraan werd toegeschreven. In den invloed, dien de fylletformatie nog onderging, moet ook de druk verdisconteerd zijn, die het palaeogeen in het Zuiden plooid, doch aangezien deze plooiing slechts zwak is geweest, zal de bedoelde invloed wel weinig te beteekenen hebben gehad.

Het nu volgend stadium in de geologische geschiedenis is er een van breukvorming en intrusie. Ofschoon het voor de hand ligt deze verschijnselen te zien in een causaal verband, namelijk het omhoogdringen der eruptiva als een gevolg van de breukvorming, zijn de beschikbare gegevens nog niet voldoende om dit verband met zekerheid vast te stellen. Dat in het meren-, het Empanang- en Batang Loepargebied jonge breuken bestaan, is aan geen twijfel onderhevig. In het algemeen kan men twee systemen onderscheiden, namelijk een systeem met algemeen Noordwest-Zuidoost tot Westnoordwest-Oostzuidoost richting en een tweede met algemeen Noordnoordoost-Zuidzuidwest tot Noordnoordwest-Zuidzuidoost richting. Verschuivingen, behoorend tot het eerste systeem, heb ik geкартеerd in de Batang Loepar iets stroomaf van Engkelili en tusschen Kg. San en Loeboek Antoe. Ook in S. Lamanak komt in de fylletformatie een dergelijke verschuiving voor. MOLENGRAAFF (l. c. p. 129) achtte het waarschijnlijk, dat in het westelijk deel van het merengebied een voorname verschuiving aanwezig is langs de noordzijde van Bt. Seligi, Lempai etc. Voor Bt. Seligi heb ik dit nog aannemelijker kunnen maken door het aantreffen van een (kwarts)diorietporfyriet als een gang evenwijdig aan den noordrand van dien berg. Het eruptief heeft zoowel het neogeen (?) van Bt. Seligi als de noordwaarts aangrenzende danauformatie contactmetamorf beïnvloed. De morfologie van het terrein spreekt voor het bestaan van meerdere breuken van dit systeem, doch het waarnemingsnet is niet

voldoende dicht om dat te kunnen bewijzen. Het zou ons te ver voeren hierop nader in te gaan, voor ons onderwerp is het vrijwel overbodig en het overzichtskaartje 1 : 1.000.000 is te klein om aan de hand daarvan nadere uiteenzetting te geven. In *Profiel VII* is een tweetal geconstateerde verschuivingen, tot dit systeem behorend, aangegeven. In analogie met de genoemde breuk langs Bt. Seligi, waarlangs (kwarts)-diorietporfyriet omhoogkwam en mede op morfologische gronden acht ik het niet onwaarschijnlijk, dat de in het profiel aangegeven eruptiva (waarover hieronder nog wordt gesproken) in verband staan met verschuivingen van dit systeem. Te bewijzen is dit echter thans nog niet.

Op het profiel konden uiteraard de verschuivingen van het tweede systeem niet worden aangegeven, omdat zij evenwijdig aan de profiellijn loopen. Een tot dit systeem behorende Noordnoordwest-Zuidzuidoost verlopende breuk werd geкартеerd in het Noordwesten van het merengebied; zij kwam reeds ter sprake bij de vermelding van de juravindplaats aldaar. Waarschijnlijk is dit een belangrijke verschuiving, die niet alleen naar Zuidzuidoost, maar ook naar Noordnoordwest ver doorloopt. Een ongeveer gelijkgerichte breuk moet op geologische gronden aanwezig zijn ten Westen van het algemeen Noordnoordoost-Zuidzuidwest verlopend gedeelte van S. Kantoe. In dit gedeelte zijn namelijk gesteenten ontsloten uit de overgangszone tusschen het equivalent der Melawiformatie (de Kantoelagen) en de plateauzandsteen; de laagstrekkingen schommelen om de Noord-Zuid richting, de hellingen zijn naar West gericht. Men zou derhalve moeten verwachten, dat men stroomopwaarts in het algemeen Westnoordwest-Oostzuidoost gerichte deel der rivier in de plateauzandsteen zou komen. In plaats daarvan vindt men echter weer de normale ontwikkeling van de Kantoelagen en, merkwaardig genoeg, nu zijn Oost-West gestrekte lagen met zuidhellingen regel. Aan een verschuiving, evenwijdig aan het Noordnoordoost-Zuidzuidwest verlopend gedeelte, is dus moeilijk te ontkomen (hier is tevens gelegenheid er terloops op te wijzen, dat èn langs S. Empanang èn langs S. Kantoe de lagen vrijwel steeds evenwijdig aan de rivierrichting bleken, zoodat een doorlopend dwarsprofiel van eenige afmeting niet kon worden verkregen). Een

Noordnoordwest-Zuidzuidoost verlopende verschuiving is waarschijnlijk aanwezig ten Westen van Kg. San (Batang Loepar), waarvoor zoowel geologische als morfologische argumenten aanwezig zijn, o.a. doet zij de Bt. Garoeketen, die de Batang Loepar ten Zuidwesten begeleidt, bij Kg. San duidelijk verspringen; meer westelijk, nog ten Oosten van S. Koempang treedt dit verspringen nogmaals op, zoodat ook daar waarschijnlijk zoo'n verschuiving aanwezig is (wegens gebrek aan tijd heb ik dat niet ter plaatse kunnen nagaan).

Verschuivingen van afwijkende richting komen ook voor; in het voorgaande werden bij de bespreking van het neogeen reeds genoemd de ongeveer Noordwest-Zuidoost gerichte verschuivingszones in de Batang Loepar boven de Koempangmonding, waar gesteenten van het neogeen met die der danaufmatie tot een verschuivingsbreccie zijn verkneed.

Ik heb den indruk, dat de verschuivingen van het Noordnoordoost-Zuidzuidwest gerichte systeem ten deele althans jonger zijn dan die van het Noordwest-Zuidoost gerichte.

Uit het bovenstaande blijkt, dat, wat deze verschuivingen betreft, nog veel aan toekomstig onderzoek moet worden overgelaten. Niettemin staat haar aanwezigheid vast.

Na of gelijktijdig met het ontstaan dezer verschuivingen stegen, ten deele misschien langs de zoo gevormde spleten, de neogene eruptiva omhoog, wier samenstelling varieert van lipariet en granietporfyr tot diorietporfyriet en andesiet. Zij hebben het nevengesteente vaak op intensieve wijze contact-metamorf veranderd. Misschien behooren tot deze periode ook de basische tot intermediaire eruptiva, die de Empanang ten Zuidwesten begeleiden, ofschoon hun ouderdom alleen als jonger dan eoceen kan worden aangegeven. Reeds werd vermeld, dat enkele der grootere massieven een laccolithisch karakter hebben. De toestand na de intrusie is weergegeven in het *Profiel VII*; ik heb daarbij aangenomen, dat het magma de oppervlakte niet heeft bereikt, geen enkele waarneming werd gedaan waaruit dit zou zijn af te leiden. Het schijnt, dat het magma zoowel langs de breuken van het Noordwest-Zuidoost systeem (bv. Toegak- en Perapaumassief benevens bij Bt. Seligi) als langs die van het Noordnoordoost-Zuidzuidwest systeem omhoog kwam; op dit laatste wijst misschien de in deze richting langgestrekte vorm van het Patjoor-

Poetaumassief. Voor een definitieve oplossing van deze kwestie is nader terreinonderzoek noodig.

Door de erosie werd nu de tegenwoordige toestand geschapen, die wordt voorgesteld in *Profiel VIII*. Dit profiel werd op een schaal 1 : 400.000 samengesteld uit een drietal andere profielen, nl. een van G. Toetop naar G. Toegak, dus ongeveer Zuidwest-Noordoost verloopend, een in Zuid-Noord richting over het Perapaumassief en een in Zuidwest-Noordoost richting over Engkelili (zie Plaat I). Als geheel moet het profiel dus schematisch worden genoemd. De ontsluiting van gesteente der danaufmatie in S. Lamanak temidden van de fyllietformatie is op het profiel aangegeven; het vond in het voorgaande zijn verklaring. De basische eruptiva, die intrusief in de fyllietformatie zijn geteekend, komen, zooals gezegd, in het profiel over Engkelili in werkelijkheid niet voor, doch werden in analogie met de eruptiva der riams Taoeng en Iroep verder oostelijk in de Batang Loepar ingeteekend.

Het zal bij het bovenstaand overzicht over de wordingsgeschiedenis zijn opgevallen, dat nog geen melding werd gemaakt van MOLENGRAAFF's groote Boven-Kapoeasverschuiving, die de fyllietformatie in het Zuiden zou begrenzen ten opzichte van de danaufmatie. Voor de verklaring van het zich naast elkaar bevinden van die twee belangrijke formaties is die verschuiving na het bovenstaande overbodig. Verder zijn er geen waarnemingen gedaan, die haar bestaan waarschijnlijk maken, afgezien van het plotseling oprijzen van het fyllietgebergte uit de alluviale vlakte van S. Embaloeh, waarop MOLENGRAAFF wijst (l.c. p. 159). Misschien zouden de basische eruptiva langs den zuidrand der fyllietformatie kunnen wijzen op de aanwezigheid van een verschuivingsspleet, waarlangs zij omhooggekomen zouden zijn. Uit de thans beschikbare gegevens kan niet met zekerheid tot het bestaan der verschuiving worden geconcludeerd. Mocht zij aanwezig zijn, dan verwacht ik dat zij zich niet verder naar Oost uitstrekt dan de Boven-Kapoeasvlakte reikt.

Bij de bespreking van het eoceen in S. Kerijau werd reeds de meening vermeld van ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN, dat dit naar het Noorden door een belangrijke Oost-West verschuiving wordt begrensd. Men moet daar aannemen, dat het gebied ten Zuiden dezer verschuiving is gezakt ten opzichte

van dat ten Noorden ervan. Het tijdstip waarop deze breuk is ontstaan is niet bekend.

Terugkomend op de verschuiving langs Bt. Seligi in het Westen van het merengebied zij vermeld, dat MOLENGRAAFF (l.c. p. 129) erop wijst, dat zoo men aanneemt, dat aldaar het noordelijk blok gezonken is, de beantwoording der vraag overblijft waar de noordelijke voortzetting van het zandsteenplateau, die dan door haar lagere ligging meer aan de erosie zou hebben kunnen ontsnappen, te vinden is. Hij zegt: „bij de geringe geologische detailkennis en de sterke storingen in den bouw van dit terrein is echter een geheel bevredigende verklaring van de oorzaken der tegenwoordige configuratie nog niet te verwachten.” Deze woorden gelden ook thans nog, want de samenstelling der eigenlijke meervlakte is nog even onbekend als na MOLENGRAAFF's onderzoek. Ik ben de meren alleen bij hoogen waterstand gepasseerd en dan is nergens ook maar een enkele ontsluiting te zien. ENTHOVEN (11 p. 150) geeft aan, dat de bodem der meren bestaat uit een witten en rooden zand- en kleigrond, maar ik acht het niet uitgesloten, dat bij lagen waterstand waarnemingen gedaan kunnen worden, die uitsluitsel geven over de samenstelling van den ondergrond en dat zeker, als men daarbij de beschikking heeft over een handboorapparaat. Intusschen heb ik toch enkele waarnemingen kunnen doen, die erop wijzen, dat waarschijnlijk thans nog bodembeweging in het merengebied plaatsvindt. Zoo werden op het zeer lage, uit alluviale afzettingen bestaande eilandje Poelau Gerenih, niet ver ten Noorden van P. Madjang gelegen, enkele rolsteenen verzameld bestaande uit radiolriet, kiezellei, verschillende variëteiten van zand- en kleisteen, benevens kleiijzersteen. De aanwezigheid dezer rolsteenen is uit de thans geldende omstandigheden niet te verklaren, het water vertoont daar niet de geringste strooming. Dat zij hier door menschenhand zouden gebracht zijn is, gezien haar samenstelling en haar verbreiding op het eilandje, niet aan te nemen. Men moet derhalve wel concludeeren, dat zij hier door stroomend water zijn afgezet in een tijd toen het bodemrelief anders was dan thans en Poelau Gerenih waarschijnlijk nog deel uitmaakte van het heuvelland, dat ten Noorden van de meren ligt. En dan is dat voorkomen van

*toestaan:
tektonische
depressie*

rolsteen en dus een bewijs voor een recente en waarschijnlijk nu nog voortgaande beweging van dit gebied.

Een andere waarneming werd gedaan in het Noordoosten van het merengebied aan de noordwesthelling van Bt. Sindoeck, die uit diabazen der danaufornatie bestaat. Daar trof ik op een niveau van ± 10 à 20 m boven de meervlakte afgeronde brokken aan van witte gangkwarts, ingebed in een zeer rul cement van fijn kwartzand. De mogelijkheid is niet uitgesloten, dat men hier te doen heeft met een rest van een oude terrasafzetting en dat door de eigenaardige poort tusschen de bergen van Landjak en de Tintin Kedang vroeger wellicht een grootere rivier heeft gestroomd.

Thans nog een enkel woord naar aanleiding van de schematische *Profielen IX tot XII*, die een beeld willen geven van de wordingsgeschiedenis in het Oosten, volgens een profiel, dat uit het Kerijau-tertiair langs S. Langau en S. Boengan noordwaarts naar de Kapoeas verloopt (zie Plaat I). De schaal dezer profielenserie is ongeveer $1 : 1.000.000$, zoodat een grooter gedeelte van de oudeocene geosynclinaal kan worden weergegeven.

Profiel IX geeft een beeld van den toestand, ontstaan na de plooiing en gedurende de erosie van het tertiair *a* en is dus analoog aan *Profiel II*. Hier echter is tevens schematisch tot uitdrukking gebracht hoe in het fylletgebied noordwaarts de zuidhellingen gaan overwegen onder den invloed van het noordelijk randgebied.

Profiel X stelt voor de afzetting van het tertiair *b* en het jongere palaeogeen in het dalingsbekken langs den zuidrand van het fylletgebergte. Hier is aangenomen, dat onder dat tertiair *b* nog een deel aanwezig is van het niet-metamorphe, zwak- of niet-geplooid tertiair *a* van het randgebied der oudeocene geosynclinaal¹⁾ en dat het tertiair *b* ook nog over een deel der fylletformatie is getransgredeerd.

Profiel XI geeft een schematische voorstelling van het vulkanisme van het Mandai- en Kerijaugebied en van de zwakke plooiing, die gelijktijdig of kort daarna plaats had.

Profiel XII geeft een beeld van den huidige toestand, samengesteld, wat het zuidelijk deel betreft, naar het profiel, dat ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN geeft bij zijn beschrijving van het Kerijau-tertiair (60), waarop dus ook zijn „Kerijau-breuk”

¹⁾ In het profiel is dit echter abusievelijk weggevalen.

voorkomt en voor het noordelijk deel naar een profiel, dat ik zelf heb samengesteld uit mijn waarnemingen langs S. Langau en Boengan en uit waarnemingen van MOLENGRAAFF en KROL langs S. Boengan en S. Kapoeas (zie fig. 2). Aangezien hier het neogeen afwezig is kan de geologische geschiedenis niet zoo gedetailleerd worden vervolgd als in het Westen. Men kan alleen zeggen, dat na het vulkanisme en de zwakke plooïing erosie en breukvorming plaats had, waarbij het tertiair *b* ten Noorden van de Kerijau-breuk, afgezien van een smalle, hier niet aangegeven strook van palaeogene zandsteen, geheel is verdwenen. Het fyllietgebergte vertoont teekenen van een jonge opheffing.

Recapituleerend kan de geologische geschiedenis sedert de afzetting van het tertiair *a* in onderstaand schema worden samengevat.

KWARTAIR.		Denudatie, jonge opheffingen en dalingen.
TERTIAIR.	NEOGEEN.	Breukvorming; intrusie van stollingsgesteenten in het Westen en waarschijnlijk ook in de fyllietformatie (S. Kapoeas S. Angai). Het vulkanisme in het Nieuwenhuisgebergte valt waarschijnlijk in dezen tijd.
		~~~~~ } Plooiing; opschuiving van de Kantoelagen op het neogeen.
		Vorming van den neogenen sedimentatietrog; afzetting van het neogeen.
	PALAEOGEEN.	~~~~~Zwakke plooiing; denudatie.
		Vulkanisme in het Oosten, intrusie der basische stollingsgesteenten in het Westen.
	Tertiair <i>b</i> en jonger	Vorming van den jongeocen en sedimentatietrog langs den zuidrand van het fyllietgebergte, afzetting van tertiair <i>b</i> en jonger palaeogeen.
	Tertiair <i>a</i>	~~~~~ { Sterk diastrofisme, metamorfose der sedimenten, ontstaan der fyllietformatie als zoodanig; denudatie.
		Geosynclinaalvorming; afzetting van het tertiair <i>a</i> .
		~~~~~Pre-eocene plooiing; denudatie.
		Pretertiair.

Tenslotte moge nog een korte beschouwing volgen over het ontstaan van de hoofdtrekken van het huidig rivierstelsel. Allereerst zij gewezen op het merkwaardig karakter der Kapoeasrivier, dat MOLENGRAAFF beschrijft als volgt (l.c. p. 496): „wat het verval betreft, vertoont de Kapoeas dus niet

het normale enkelvoudige schema: bovenloop-middenloop-benedenloop, maar een herhalings- of recurrenttype, waarvoor het schema: bovenloop-pseudobenedenloop-middenloop-benedenloop zou kunnen worden opgesteld." Hij verklaart dit door aan te nemen, dat de Kapoeas een echte „Durchbruchfluss" is, die reeds van de tegenwoordige Kapoeasvlakte door het Semitau-heuvelland zuidwaarts en daarna westwaarts afvloeiده, toen dit gebied nog in een hooger niveau dan dit heuvelland lag, terwijl eerst daarna ten opzichte van elkaar de Kapoeasvlakte in een lager en het heuvelland van Semitau en het terrein, dat daar meer zuidwaarts op volgt, in een hooger niveau zijn gekomen, terwijl door erodeerende werking de Kapoeas haar bedding toch steeds in een niveau heeft kunnen houden, laag genoeg om de Boven-Kapoeasvlakte te kunnen blijven ontwateren.

WING EASTON (53 p. 252) is van meening, dat in cretaceïsche tijd de afwatering van het Kapoeasbekken plaatsvond door het Boven-Sekajamgebied ten Noorden van den oorsprong van S. Dait en dat de doorbraak bij Tajan eerst veel later geschiedde. Men kan verder uit zijn woorden opmaken, dat hij het ontstaan van het merengebied en de slechte afwatering van de Kapoeasvlakte tusschen Poetoës Sibau en Semitau aanneemt na de plooiing der cretaceïsche sedimenten.

Uit mijn hierboven weergegeven opvatting van de geologische geschiedenis blijkt wel, dat ik mij het ontstaan van het merengebied slechts kan denken in een geologisch jong verleden. In het tertiair *a* toch werd het gebied met sedimenten bedekt, die na de plooiing werden afgeërodeerd. Vervolgens vond de afzetting van het tertiair *b* (Kantoelagen) en plateau-zandsteen plaats, waarna weer plooiing en erosie optrad. Daarop ontstond de neogene trog, welks sedimenten werden geplooid (in het Noordwesten sterk, in het merengebied zwak) en eerst daarna zijn de breuken gevormd en zijn de intrusiva omhooggekomen. Terwijl waarschijnlijk reeds in het oudneogeen en tijdens de vorming van de neogene sedimenten een longitudinale rivier zal hebben bestaan langs den zuidrand van het fylletgebergte, uitmondende in den zich vormenden neogenen trog en met dwarsdalen, die waarschijnlijk corresponderen met die der huidige rechterzijtakken S. Mendalam, S. Sibau, S. Embaloeh etc. en waarschijnlijk ook de

Batang Loepar (boven Loeboek Antoe), moet door de plooiing van het neogeen en de volgende breukvorming in dat stroomstelsel een aanmerkelijke verandering hebben plaatsgevonden, waarvan de aard door gebrek aan exacte kennis der gebeurtenissen niet zeker is aan te geven. Het is mogelijk, dat de Kapoeas zich daarbij een weg heeft moeten banen naar het Zuiden door het Semitau-heuvelland naar de toen ongetwijfeld reeds bestaande Melawirivier, welke zij bereikte waar thans Sintang ligt. Ik beschouw dus het gedeelte der Kapoeas beneden Sintang als de oorspronkelijke voortzetting van de Melawi.

Een andere mogelijkheid is, dat zij, afgezien van de ons onbekende complicaties tijdens de plooiingsperiode van het neogeen, toch ook daarna nog ter plaatse waar zich thans de meren bevinden afhoog naar Westnoordwest, terwijl haar benedenloop was het gedeelte der Batang Loepar beneden Loeboek Antoe. De Batang Loepar boven deze plaats is te beschouwen als een vroegere zijrivier der Kapoeas, waarop reeds bij de behandeling der morfologie werd gewezen. Tengevolge van bodembewegingen werd het verval der Kapoeas vooral in het gebied waar thans de meren liggen steeds geringer en haar loop werd meer en meer weifelend. Een rechterzijtak van S. Melawi, het thans tot de Kapoeas behorend rivierstuk tusschen Semitau en Sintang, bereikte door terugschrijdende erosie de Kapoeasvlakte en onthoofdde de Kapoeasrivier, die aldus haar tegenwoordigen loop verkreeg. De voormalige rechterzijtak, de Batang Loepar, werd nu een zelfstandige rivier. Nog zij opgemerkt, dat de hoogte van den „pasovergang” tusschen het merengebied en Loeboek Antoe slechts 72 m boven zee bedraagt, terwijl de hoogte van P. Madjang in het merengebied 35 m boven zee is.

Ik ben er mij zeer goed van bewust, dat de laatste beschouwingen een hypothetisch karakter dragen, doch ik geef ze om te toonen welk een interessant arbeidsveld hier voor den geomorfoloog open ligt. Voor hem zou ook het Empananggebied en het terrein bezuiden de Batang Loepar menig aantrekkelijk probleem bieden, waarop ik echter niet nader zal ingaan.

Aangaande het stroomgebied der Batang Redjang ben ik van meening, dat dit, althans haar linkerzijtakken S. Baleh, S.

Menjong, S. Gaat en S. Ketibas, wat de hoofdtrekken betreft, reeds in oudtertiären tijd werd aangelegd.

Alvorens dit hoofdstuk te besluiten worde vermeld, dat het geheele fylletgebied sporen vertoont van een recente, misschien nu nog doorgaande opheffing. De dalwanden hebben naar boven een zwakkere helling dan beneden en de rivier stroomt in vele gevallen door een nauwe, steilwandige kloof.

HOOFDSTUK V.

VOORTZETTING DER FYLLIETFORMATIE BUITEN HET BEHANDELDE GEBIED.

Reeds kwam in het voorgaande ter sprake, dat de fylletformatie tot nu toe alleen naar het Zuiden kan worden begrens'd (zie Plaat I).

De westgrens werd nog niet bereikt, want in de meest westelijke der opgenomen rivieren, S. Lamanak, is de formatie nog aanwezig. Het is echter te verwachten, dat zij wat meer naar het Westen onder neogene afzettingen wegschiet.

De noordgrens werd evenmin bereikt. Het noordelijkste punt van mijn opname bevindt zich in S. Song, rechterzijtak der Batang Redjang, waar nog steeds de fylletformatie voorkomt en waar ook camerinen optreden. Er bestaat echter een aanwijzing, dat misschien de noordgrens hier niet ver af is, want naar mij door den district-officer van Kapit, Mr. MACPHERSON, werd medegedeeld, worden kolen ontgonnen op ongeveer een dagreis ten Noorden van die plaats. Omtrent den aard van dat kolenvoorkomen kan niets worden gezegd, aangezien de toenmalige leider van het onderzoek, wijlen Ing. L. H. KROL, bij ons verblijf te Kapit een bezoek daaraan ongewenscht achtte. Het schijnt, dat eveneens kolen voorkomen in S. Melirai, een rechterzijtak van S. Baleh, doch ook deze heb ik niet kunnen bezoeken. Zijn de kolen tertiair *a*, dan kunnen zij of tot de fylletformatie of tot het niet-metamorfe tertiair *a* van het noordelijk randgebied behooren (dit laatste geldt natuurlijk slechts voor de kolen benoorden Kapit). Misschien zijn ze ook jonger-palaeogeen of neogeen.

Wat de eventuele voortzetting der fylletformatie naar het Westen betreft kan ik kort zijn. MOLENGRAAFF (l.c. p. 435) heeft de fylletformatie geparalleliseerd met WING EASTON's oude leiformatie in Sambas en Landak (voor de streek waar zij voorkomt zie fig. 15, localiteit 1). Ook in 1914 huldigt hij nog die opvatting en zegt: „het schijnt, dat in Oost-Borneo, evenals in het Kapoeasgebied, slechts de oudste phylletische afdeeling voorkomt, terwijl WING EASTON in het uiterste

Westen van West-Borneo ook een jongere afdeeling kon onderscheiden, in welke veel intrusieve platen van diabaasporphyriet voorkomen." (27 p. 176). WING EASTON zelf

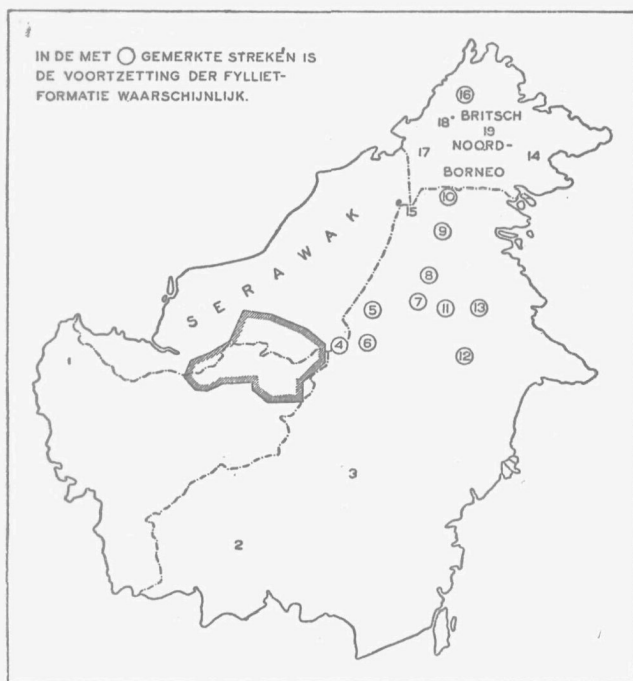


Fig. 15.

schrijft in 1914 over de „eigenlijke oude schiefers”: „Deze bestaan in de onderste lagen (A) uit zuivere phyllieten, fraai zijdeglanzend, vlak- en dungelaagd en zonder eenige zandige bijmenging. In de bovenlagen (B) evenwel wordt de lei doffer en fijn- tot duidelijk glimmerhoudend; de lagen splijten minder vlak en regelmatig, enkele zijn wat zanderig en eenige zandsteenbanken werden gevonden. Tevens is deze jongere afdeeling gekenmerkt door het voorkomen van een zeer groot aantal min of meer uitgestrekte beddingen van diabaasporphyriet; gangen van dit gesteente werden niet gevonden.” Verder vermeldt hij de sterke plooiing en de vele kwartsnoeren en wijst erop, dat de formatie ten Oosten van de Ledorivier zeer spoedig onder jongere afzettingen verdwijnt, hetgeen hij toeschrijft aan een inzinking van den oostelijken

vleugel, ongeveer langs genoemde rivier met gelijktijdige oosthelling van de anticlinaallijn (55 p. 180).

Bij de behandeling der gesteenten, die de fylletformatie opbouwen, heb ik reeds vermeld, dat, naar de beschrijving, die WING EASTON van zijn oude leiformatie geeft, een identiciteit met de fylletformatie niet waarschijnlijk is en wel wegens het met nadruk door hem vermelde ontbreken van zandig materiaal. Misschien zou zijn jongere afdeeling een analogon der fylletformatie kunnen zijn en wanneer de „diabaasporfyrietbeddingen” als intrusieve platen zouden moeten worden opgevat, zooals MOLENGRAAFF het doet blijkens bovenstaand citaat, dan zou inderdaad overeenkomst bestaan met een deel onzer fylletformatie, namelijk dat langs de Batang Loepar en van het Boekit Pan-massief. Hoewel ik derhalve de mogelijkheid niet wil uitsluiten, dat onder de oude leien van Sambas en Landak aequivalenten der fylletformatie voorkomen, wil ik hier toch voorloopig van een parallelisatie afzien, vooral ook omdat de verbindingsschakel tusschen de beide gebieden ontbreekt. Wel zou het bevreemdend zijn, dat een zoo overheerschend geologisch en tektonisch element als de fylletformatie is naar het Westen toe volkomen zou zijn verdwenen. Men moet wel aannemen, dat zij in het Westen tengevolge van de vorming eener „aire d'ennoyage” van groote uitgestrektheid aan het oog wordt onttrokken en door jongere afzettingen is bedekt.

Op de eilanden ten Westen en Noordwesten van Borneo (de Anambas- en Natoena-eilanden), waar men eveneens naar een voortzetting zou kunnen zoeken, is, afgaande op de betreffende publicatie van BOTHÉ (5), geen enkele laaggroep aanwezig, die met de fylletformatie kan worden gelijkgesteld.

Volledigheidshalve maak ik hier nog melding van de zijdeachtig glanzende fylletachtige lei van Bt. Hantimau in Zuidwest-Borneo (fig. 15, localiteit 2), die FRIJLING, de meening van LOTH citeerende, voor mioceen houdt (13 a p. 217). Dat er eenig verband zou bestaan tusschen deze fylletische gesteenten en die der fylletformatie acht ik uitgesloten, omdat, zooals in de voorgaande hoofdstukken werd uiteengezet, vrij zeker is vastgesteld, dat de zuidgrens der fylletformatie tevens ongeveer de zuidgrens markeert van de geosynclinaal waarin de sedimenten tot afzetting kwamen. Om dezelfde reden is het

ook onwaarschijnlijk, dat de grauwacken en fylletachtige gesteenten, die KEMMERLING beschrijft van G. Pararawen (18 a p. 721-724) ten Westen van Moearateweh aan de Barito (fig. 15, localiteit 3), een equivalent der fylletformatie vormen.

Aangaande de voortzetting naar het Oosten zijn meer gegevens beschikbaar. In 1914 (27 p. 175) zegt MOLENGRAAFF, steunend op door anderen verzameld materiaal: „Zij kan met zeer gelijkblijvend karakter vervolgd worden . . . door het geheele Boven-Kapoewasketengebergte tot in Oost-Borneo en vervolgens door de Oeloe-Mahakkam, de Oeloe-Boh en de Oeloe-Kajan naar het gebied van de Boven-Berau en de Beneden-Kajan, waar zij tenslotte onder oudtertiaire afzettingen wegschiet.”

Tijdens de Midden-Oost-Borneo-expeditie in 1925 is door WITKAMP (56 p. 111) de oude leiformatie aangetroffen in de Boven-Telen, terwijl hij meent, dat op den Kong Kemoel deze formatie discordant door oudtertiaire kalksteen wordt bedekt.

HARTING (16 p. 176-179) heeft in 1924 in de Kajanrivier, iets stroomop van de Bembremversnellingen vlakliggende oudtertiaire sedimenten discordant op de oude leiformatie gevonden.

KROL (23 p. 49) heeft in 1930 de fylletformatie kunnen vervolgen uit de Boven-Kapoeas tot in de Apokajan.

ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN (58 p. 61) vermeldt haar nog tot in S. Oga. Hij verschilt in opvatting met KROL; ik zal daarop aanstonds ingaan.

UBAGHS (47 p. 60) heeft analoge gesteenten geкартеerd in de Kajan ten Westen van de Bembrem, de S. Bahau, S. Toeboe en S. Mentarang.

Ik zal nu de resultaten dezer onderzoekers nader bespreken en begin daarmee met die van KROL en ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN, aangezien hun onderzoek direct aansluit aan het Boven-Kapoeasgebied.

KROL is, zooals gezegd, van meening, dat de fylletformatie zich voortzet tot in de Apokajan (fig. 15, localiteit 5); zij wordt in het „Nieuwenhuisgebergte” (fig. 15, localiteit 4) doorbroken door en bedekt met jongere vulkanische gesteenten. Naar Zuidoost wordt de fylletformatie door deze gesteenten begrensd en wel langs een ongeveer Noordoost ver-

lopende lijn, welke de Boven-Seliroeng (bronrivier der Mahakam) met Long Nawang in de Apokajan verbindt (23 p. 50).

ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN daarentegen (58 p. 61) beschouwt niet alle gesteenten, die KROL daartoe rekent, als fyllietformatie. Zijn „fyllietformatie” beperkt zich slechts tot een Westzuidwest-Oostnoordoost gerichte strook, welker breedte van 13 km langs de Boven-Mahakam (fig. 15, localiteit 4) oostwaarts in het stroomgebied van S. Oga (rechterzijtak van S. Boh, welke op haar beurt een linkerzijtak van S. Mahakam is) (fig. 15, localiteit 6) een breedte van 30 km bereikt. De gesteenten bestaan uit zwartblauwe, sterk glanzende fyllietschalies, daarnaast komen — reeds het type van kristallijne paraschisten benaderende — chloriet- en glimmerschisten voor, afwisselend met platige kalkfyllieten tot kalkleien en ook grijze, sterk fyllitische zandkalkleien. Hij paralleliseert deze met onze fyllietformatie. Ten Zuiden van deze strook fyllietformatie volgen de z.g. „Ogalagen”, die voornamelijk bestaan uit niet-fyllitische leien en platige zand- en kalkzandsteen, daarnaast mergelleien en ook dikbankige zand- en kalksteen. De leien hierin zijn grijs, mat, wel vaak iriseerend, maar nooit fyllitisch, evenmin als eenig ander gesteente uit deze groep. Ten Noorden van de „fyllietformatie” bevinden zich de z.g. „Apokajanlagen”, welke over zeer grooten afstand uitsluitend uit leien en zandsteen zijn samengesteld; alleen in het laatste stuk van het verkende gedeelte van de Kajan (benedenstrooms van Long Nawang) komen hiertusschen zones van paarsroode kleischalies voor. De Apokajanlagen worden beschouwd als waarschijnlijk tot eenzelfde formatie te behooren als de Ogalagen, waarvan zij dan slechts een noordelijke facies zouden vertegenwoordigen. Op het westelijk tracé van Long Nawang in de Apokajan naar Long Slikoe aan de Mahakam zijn eerst de Apokajanlagen ontsloten, waartusschen zich zuidwaarts, in het Mahakamgebied steeds meer kalk- en zandkalksteen en ook mergelleien inschakelen, zoodat een overgangszone naar de Ogalagen ontstaat. De aan weerszijden van de strook der fyllietformatie volgende gesteenten bevatten hier conglomeraatbanken, in hoofdzaak bestaande uit rolsteentjes van kwarts en brokjes fyllitische lei. Deze laatste worden beschouwd als

mogelijk van de fylletformatie afkomstig te zijn, zoodat dan de Apokajan- en Ogalagen jonger zouden zijn dan deze.

Allereerst staat dus vast, dat ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN zelf reeds een in het Westen smallere en in het Oosten bredere strook direct paralleliseert met MOLENGRAAFF's „oude leiformatie”, d.i. de fylletformatie. Het voornaamste verschil tusschen deze en de beide andere laaggroepen schijnt volgens zijn beschrijving te zijn gelegen in de sterke dynamometamorfose zijner fylletformatie, terwijl daarin dan ook de dikbankige zand- en kalksteen der Ogalagen ontbreken, benevens de genoemde conglomeraatbanken, die in het Westen aanwezig zijn in Oga- en Apokajanlagen. Het is van groot belang, dat KROL, uit de Boven-Kapoeas naar de Apokajan trekkende, dus in de gelegenheid zijnde principieele veranderingen in de formatie direct op te merken, de door ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN tot de Apokajanlagen gerekende gesteenten zonder voorbehoud tot de fylletformatie brengt. Het door KROL verzamelde materiaal heb ik doorgezien en ik ben het volkomen met zijn opvatting eens. Het verschil in samenstelling tusschen ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN's fylletformatie en zijn beide andere laaggroepen is zeer goed als een faciesverschil te verklaren. Zou het ook misschien juist dit ontbreken van de harde zand- en kalksteenbanken zijn, dat mede oorzaak is van de sterke mate van dynamometamorfose van die strook? Het verschil in den graad van metamorfose kan geen criterium voor den ouderdom zijn, ik heb dit in het Boven-Kapoeasgebied op overtuigende wijze kunnen aantoonen. Daar toch komen foraminiferen voor zoowel in weinig- als in duidelijk fylletische gesteenten, waardoor een gelijke ouderdom van beide wordt bewezen. Waarschijnlijk zal echter blijken bij petrografisch onderzoek, dat ook de Oga- en Apokajanlagen dynamometamorfose hebben ondergaan, al is het dan niet in zoo sterke mate als de middenzone. Misschien komen dan nog wel bij een gunstige keuze der gesteenten en een voldoende aantal slijpplaatjes resten van foraminiferen voor den dag (ik herinner hierbij aan mijn eigen onderzoek van de in 1930 verzamelde gesteenten).

In het voorgaande heb ik reeds erop gewezen, dat ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN heeft gevonden, dat de Ogalagen zuidwaarts overgaan in een „complexe zone” (l. c. p. 62),

waarin zij afwisselen met gesteenten der danaufmatie (tot welke hij alleen rekent de „radiolarieten” en de „poeloe-melajoegroep”), iets dat volkomen analoog is aan de verhoudingen langs den zuidrand der fyllietformatie in West-Borneo en dat werd verklaard door het meeplooien van schubben van den ondergrond der geosynclinale. Hij beschouwt de Ogalagen als jonger dan de danaufmatie, hetgeen dus evenzeer met West-Borneo overeenstemt, immers de fyllietformatie is eoceen en wel treffend is het, dat in het profiel langs S. Boh de Ogalagen over 22 km constant zuidwaarts overhellende isoclinale plooijing, dus noordwaartsche hellingen vertoonen. Dit verschijnsel is, zooals werd vermeld, eveneens in het Boven-Kapoeasgebied op te merken.

Gezien al deze overeenkomsten wil ik voorloopig ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN's drie laaggroepen „fyllietformatie”, Oga- en Apokajanlagen gezamenlijk beschouwen als de voortzetting der fyllietformatie van West-Borneo.

Ik wil nog vermelden, dat ik het niet uitgesloten acht, dat ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN in het Zuiden, nl. in S. Boelit en S. Boengan, gesteenten tot de Ogalagen rekent, die daarin niet thuishooren en eerder tot het krijt moeten worden gebracht (l.c. p. 64).

Aan het onderzoek van ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN sluit noordoostwaarts direct aan dat van UBAGHS in 1931, dat in Boeloengan en de Tidoengsche landen werd verricht. Het strekt zich naar het Westen uit tot Long Nawang, naar het Noorden tot de Sesajap (Malinau). Men vindt daarover o.a. het volgende (47 p. 60): „Het geheele gebied doorstroomd door de Kajan ten W van de Bembremversnellingen ¹⁾, de S. Bahau ²⁾, de S. Toeboe en S. Mentarang tot aan de Malinau ³⁾ wordt ingenomen door een serie van kalkhoudende en kwartsitische arkose- en grauwaske-zandsteenen, soms overgaande in grauwaske conglomeraten, afwisselend met leien. Deze soms mergelige leien zijn in den regel donkergekleurd, echter komen ook bontgekleurde, lichtgroene en roode voor, met overgangen naar glansleien en fyllieten. Eenige malen werden tusschen deze sedimenten kiezelsteenen met radio-

¹⁾ Fig. 15 localiteit 7.

²⁾ Fig. 15 localiteit 8.

³⁾ Fig. 15 localiteit 9.

lariën aangetroffen en op andere plaatsen roode radiolarieten, samen met klastische, vermoedelijk vulkanische gesteenten, die sterk aan de danaufmatie herinneren. Overigens werden geen fossielen gevonden. Vermoedelijk zal het na de volledige bewerking der verzamelde gegevens mogelijk zijn een onderverdeeling naar de petrografische kenmerken door te voeren en de groepen te paralleliseeren met de in de Boven Mahakam, Boh en Oga onderscheiden sediment-complexen. Gangvormige doorbraken en intrusiefplaten komen voor, o.a. in de S. Bahau even boven de uitvloeijing in de Kajan. De doorbroken sedimenten zijn tot hoornrots verhard. Het pretertiair wordt plaatselijk bedekt door jonge vulkanische gesteenten, o.a. in de S. Poh, een linkerzijrivier van de Kajan, waar vlakliggende fijne en grofklastische tuffen afwisselend met lava's en vulkanische breccies hoog aan de dalwanden voorkomen, terwijl de rivier zich door deze bedekking heen reeds diep in de onderliggende pretertiaire gesteenten heeft ingesneden... Het pretertiair is zeer intensief geplooid. In het oostelijk deel van het onderzochte gebied is de richting der plooiën ongeveer ZW-NO, in Centraal-Borneo overgaande in een WZW-ONO richting".

De beschrijving, die UBAGHS hier van zijn gebied geeft, doet wel zeer sterk denken aan het onze. De gesteente-beschrijving kan haast letterlijk voor West-Borneo en Serawak gelden, want ook de lichtgroene en roode leien zijn in ons gebied aanwezig, vooral in de 3d. Division van Serawak. De aanwezigheid van gesteenten der danaufmatie herinnert aan de strooken daarvan, die in den zuidrand der fylletformatie en in ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN's complexe zone tusschen de Ogalagen voorkomen. De gangvormige doorbraken en intrusieve platen komen ook in de fylletformatie voor. In aanmerking genomen, dat UBAGHS' onderzoek niet alleen aansluit aan dat van ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN, maar evenzeer bij dat van KROL (Long Nawang), aarzel ik dan ook niet zijn „pretertiair" van de Kajan, de Bahau en de Tidoengsche landen te beschouwen als de voortzetting der fylletformatie, derhalve als metamorf oudeoceen. UBAGHS heeft nog een andere waarneming gedaan, die men niet vindt in het bovengeciteerde verslag, doch wel in het „Kort verslag van den Dienst van den Mijnbouw over het 4de kwartaal 1931", waar op p. 2 wordt

vermeld: „Verder naar het binnenland werden tertiaire sedimenten niet meer in situ gevonden, wel dicht bij Longnawan in de Kajan een blok kalksteen met nummulieten en orthofragminen, een bewijs, dat een groot deel van Centraal-Borneo door tertiaire afzettingen bedekt is geweest.” In verband met het voorgaande zou het interessant zijn den exacten ouderdom van deze kalksteen te weten. Mocht zij tot het tertiair *a* behoren, dan moet men aannemen, dat zij uit de fylletformatie zelve afkomstig is. Is ze jonger, dan zou daaruit inderdaad volgen, dat de tertiair *b*-transgressie zich tot in deze streek heeft uitgestrekt. Belangrijk is de mededeeling, dat de strekingsrichting van Westzuidwest-Oostnoordoost in Centraal-Borneo naar het Noordoosten draait tot Zuidwest-Noordoost.

Alvorens de bespreking te beginnen van de gegevens betreffende de Beneden-Kajan, zal ik eerst nog de resultaten nagaan van het onderzoek van MUNNIKS DE JONGH in de Tidoengsche landen (fig. 15 localiteit 10) (1 p. 22-35), dat plaatsvond in het gebied ten Noorden van dat van UBAGHS aan de Sesajap. Het zal blijken, dat, ofschoon conclusies hier niet zoo veilig kunnen worden getrokken als in het zuidelijker gebied, toch groote overeenkomsten daarmee te vinden zijn. Het betreffende rapport is, wat de geologie betreft, wel uiterst sober, hetgeen zijn reden vindt in het feit, dat MUNNIKS DE JONGH tijdens het onderzoek niet vrij was in zijn bewegingen, daar hij was toegevoegd aan een commissie voor grensregeling tusschen Nederlandsch en Engelsch gebied. Behalve alluvium, jongtertiair en stollingsgesteenten van onbekenden ouderdom worden onderscheiden: eoceen en de zoogenaamde Sembakoenglagen, die hij voor ouder dan tertiair houdt. Het eoceen wordt verdeeld in een bovenste plastische mergel- etage met weinig zandsteenbanken, die ook min of meer mergelig zijn en een onderste etage met harde kleimergels, eveneens afwisselend met harde zandsteenbanken. De gesteenten der laatste zijn door druksplijting vaak verbrokkeld en de kloven zijn met kalkspaat opgevuld. Van groot belang is de mededeeling, dat die onderste etage een geleidelijken overgang vormt naar de Sembakoenglagen (l. c. p. 31). De eocene ouderdom is alleen gegrond op het voorkomen van camerinen en wordt onder voorbehoud opgegeven. De Sembakoenglagen, waaraan bij het onderzoek slechts weinig tijd

besteed kon worden (l. c. p. 33), vormen het oudste element, zijn intensief geplooid en toonen sterke druksplijting. Het zijn harde, verkieselde, donkergekleurde kleileien, welke vaak afwisselen met eveneens harde, verkieselde zandsteen- en conglomeraatbanken. De habitus der leien wordt vergeleken met dien der devonische leien van het Rijnsche leisteenplateau. Hier en daar werden banken van radiolariet aangetroffen, vergelijkbaar met die van MOLENGRAAFF's danauformatie. Wegens het samen voorkomen daarvan met zandsteen en conglomeraten wordt gedacht aan afzetting in een langzaam schommelend bekken. De afzettingen worden vergeleken met de Alino- en Waringinlagen van HOOZE in Martapoera en voorloopig als krijgt beschouwd. Hierbij dient direct te worden opgemerkt, dat, ofschoon ik de collectie van MUNNIKS DE JONGH niet heb kunnen doorzien, mij de parallelisatie met de genoemde lagen ongemotiveerd voorkomt. De laatste toch zijn mij uit eigen aanschouwing in het terrein bekend en haar ontwikkeling is een geheel andere dan met de beschrijving der Sembakoenglagen overeenkomt. Het zou mij te ver voeren hierop in te gaan en ik volsta met te verwijzen naar het Jaarboek van het Mijnwezen 1932-1933 Alg. Ged. p. 23 en naar een publicatie van KOOLHOVEN (19 p. 196). Het is volkomen aannemelijk, dat de radiolarieten geparalleliseerd worden met die der danauformatie, doch ik acht het geenszins bewezen, dat zij met de leien, zandsteen en conglomeraten één formatie vormen. Zou het niet waarschijnlijker zijn, dat zij daarmee zijn velplooid op dezelfde wijze als in ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN's „complexe zone” en in de Boven-Kapoeas? De genoemde klastische sedimenten toch doen, mede in verband met de betreffende nabijheid van UBAGHS' terrein, veeleer denken aan die der fylletformatie en zij liggen ook in het vervolg der strekkingsrichting van UBAGHS' lagen. Het is merkwaardig, dat men ook hier weer een aanwijzing krijgt op een oudtertiären ouderdom van het „oudere” complex, immers de onderste etage van het eoceen vormt, zooals gezegd, een geleidelijken overgang naar de Sembakoenglagen!

Opvallend is het feit, dat MUNNIKS DE JONGH nog in het Westen op ± 30 km afstand van de grens met Broenei een voorkomen aangeeft van oudtertiär (onderste etage). Van

veel belang is nog, dat de strekking der Sembakoenglagen Noord-Zuid is, overplooing naar Oost is een normaal verschijnsel en voorts was de plooing zoo intensief, dat op enkele meters afstand de meest grillige bochten en knikkingen in de strekkingslijnen der lagen zijn te zien. Ik acht het derhalve waarschijnlijk, dat hier de fyllietformatie aanwezig is en men zou mogen verwachten uit de beschikbare gegevens, dat in deze streken de overgangszone tusschen geosynclinaalrand en geosynclinaal nog niet, zooals in West-Borneo, door erosie is verdwenen. Is mijn veronderstelling juist, hoe fraai manifesteert zich dan de geleidelijke draaiing in de strekkingsrichting der fyllietformatie! In West-Borneo draait zij van Oost-West in het Westen naar Westzuidwest-Oost-noordoost in het Oosten, in het door UBAGHS onderzochte terrein draait zij verder tot Noordoost-Zuidwest, terwijl eindelijk in het laatst behandelde gebied een Noord-Zuid strekking aanwezig is!

Thans komende tot het gebied der Beneden-Kajan kan worden vermeld, dat HARTING (16 p. 176) aldaar de oude lei-formatie heeft aangetroffen als een eentonige serie van harde leien en zandsteen met een algemeene strekkingsrichting Noordoost-Zuidwest tot Noordnoordoost-Zuidzuidwest en met hellingen wisselend van 60 tot 90°, bij uitzondering 40°. Een halve dagreis boven de Bembremversnellingen (fig. 15 localiteit 11) wordt de formatie discordant bedekt door vlakliggend eoceen, dat hooge tafelbergen vormt. Aan de basis bestaat het uit pyriteuze zandsteen en fijne conglomeraten, afwisselend met kleisteenbanken. Naar boven volgen alveolienkalken en kalkzandsteen. De foraminiferen uit de kalksteen werden onderzocht door VAN DER VLERK, die er *Alveolina* cf. *javana* VERBEEK, *Camerina*, *Discocyclus* en *Orbitolites* in aantrof. Het eerstgenoemde fossiel wijst op tertiair b of c (zie de tabel bij BAKX 2 p. 254) en ook wijst het ontbreken van *Assilina* in die richting. UBAGHS heeft in 1931 eveneens langs S. Kajan gereisd en aanvullende verkenningen verricht (47 p. 60). Ook hij vermeldt de genoemde discordantie en zegt, dat het „pretertiair” voornamelijk bestaat uit donkere leien afwisselend met kalkhoudende arkose- en grauwaszandsteen, welke gesteenten nog op talrijke plaatsen doorbroken en bedekt zijn door jonge effu-

siva. Deze beschrijving komt goed overeen met de fylletformatie van West-Borneo en het is in dit verband van groot belang, dat MOLENGRAAFF deze gesteenten der Beneden-Kajan, door VAN GOGH verzameld (27 p. 176) tot zijn oude leiformatie rekent. Men kan derhalve met groote waarschijnlijkheid aannemen, dat in die streken het tertiair *b* discordant ligt op steil geplooid en metamorf tertiair *a*. Het is naar aanleiding van deze waarnemingen, dat in het voorgaande ook voor West-Borneo werd aangenomen, dat het tertiair *b* nog een gedeelte van het fylletgebergte heeft bedekt en dat het later door de erosie is verwijderd. Daardoor kon dan ook het tijdstip van de plooiing der fylletformatie nauw worden begrensd. Het is gewenscht er hier nog op te wijzen, dat deze opvattingen bevestiging behoeven door een nader palaeontologisch onderzoek der foraminiferen van de fylletformatie in West-Borneo en door een nadere vergelijking van de gesteenten dezer formatie met die der „oude leiformatie” van Oost-Borneo. Wat het eerste betreft werd reeds waarschijnlijk gemaakt, dat de fylletformatie oudeoceen, tertiair *a* is. Behalve de resultaten van het voorloopig foraminiferenonderzoek en de discordantie in Oost-Borneo tusschen de geheel analoge oude leiformatie en het tertiair *b* van de Beneden-Kajan wijst daarop nog de overweging, dat dit tertiair *b* in het Kerijau- en Talaigebied een groote dikte bezit en dus in een dalend bekken moet zijn afgezet. Zouden dus in de fylletformatie ook jongere lagen dan tertiair *a* aanwezig zijn, dan wordt het toch wel zeer onbegrijpelijk, dat in het zuidelijk bekken, waarin het Kerijau-tertiair tot afzetting kwam, slechts een zeer geringe plooiing plaatsvond, terwijl in het noordelijk deze zoo intensief was, dat de fylletformatie onstond. Men zou zich dit goed kunnen voorstellen, ware het tertiair *b* van geringe dikte, zooals in het voorgaande werd aangenomen voor het (hypothetische) tertiair *a* van het zuidelijk randgebied der oudeocene geosynclinale. Aangezien het tertiair *b* echter zelf in een behoorlijk diep dalingsbekken ontstond (ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN geeft een dikte van 3.750 m aan op zijn profiel, 60), zou voor West-Borneo die voorstelling onhoudbaar zijn.

In het Boven-Telengebied (fig. 15 localiteit 12) ten Zuidoosten van de Kajanrivier heeft WITKAMP eveneens de oude

leiformatie aangetroffen (56 pp. 109, 110). Hij zegt daarover: „Wat de gesteentesamenstelling dier oude leiformatie betreft, zoo is die vrijwel identiek met die door welke zij in West- en Centraal-Borneo is gekenmerkt en bewijst zij opnieuw de groote gelijkvormigheid dezer lagen over tal van honderden van kilometers afstand” en verder: „Ook de plooiing is even intensief als daar, zij vertoont hetzelfde beeld. Doch wat de richting der lagen betreft, zien wij aan de Telen een verschil optreden. De zoo constante west-oost-strekking van Centraal-Borneo vinden wij in de westelijke helft van het onderzochte gebied nog terug, maar verder oostwaarts sluit zich een strook aan met onregelmatige strekkingen, terwijl in een deel daarvan de lagen omzwenken in een Zuidzuidwest-Noordnoordoost richting.....” Beschouwt men zijn overzichtskaartje, dan krijgt men den indruk, dat zich in deze omgeving een afsplitsing van de oorspronkelijke geosynclinaal voltrekt: het noordwestelijk deel buigt om naar Noordnoord-Zuidwest (waarop ook reeds werd gewezen bij de bespreking der resultaten van HARTING en UBAGHS), terwijl het zuidelijk gedeelte (in S. Klindjau) naar Oostnoordnoord-Westzuidwest schijnt te verlopen. Belangrijk is de vermelding van granitische, respectievelijk granodioritische massieven in het oude leigebied, benevens van intrusies van dioritische of diabaasachtige gangen en platen. Verder vond WITKAMP (l.c. p. 111) iets onder den top van den Kong Kemoel en den Ding Moel losse stukken van oudtertiaire kalksteen, die waarschijnlijk in de basislagen voorkomt van een zandsteencomplex, dat aldaar in discordante vlakke ligging op de oude leiformatie werd aangetroffen. HARTING (16 p. 179) beschouwt dit als het analogon der discordantie boven de Bembrem.

Uit het stroomgebied van S. Kelei en S. Segah (fig. 15 localiteit 13) beschrijft HARTING (15 p. 206) pretertiair, over grooten afstand ontsloten en bestaande uit steilstaande, blauwgrijze leien en harde, grijsgroene kwartsieten. De richting is circa Oost-West (l.c. p. 211), doch buigt zich in het Westen om naar Zuidwest-Noordnoord. Benoorden Moeara Lasan aan de Kelei schakelt zich tusschen de leien en kwartsieten een zeer typische horizont in van gesteenten der danaufornatie. MOLENGRAAFF (26a) had, steunend op materiaal van BONARELLI en VAN MAARSEVEEN, reeds in 1909 op het bij zijn publi-

catie behorend kaartje eveneens deze strook danauformatie ingeteekend en de leien en kwartsieten geeft hij daar aan als oude leiformatie. Wanneer wij hier dus weer met de oude leiformatie te doen hebben, dus met het equivalent der fylليت-formatie, dus metamorf tertiair *a*, ook hier weer langs den zuidrand verplooid met danauformatie, dan geeft dit aanleiding tot nog een andere belangrijke conclusie. HARTING toch heeft op een tweetal plaatsen, in de Boven-Kelei en in de Segah, graniet aangetroffen, die zijn pretertiair blijkens een duidelijken contacthof heeft doorbroken. Is dus MOLENGRAAFF's parallelisatie juist, dan bewijst deze waarneming *de aanwezigheid in Borneo van granieten, die jonger zijn dan tertiair a*. Evenals uit de waarnemingen van WITKAMP in het Telengebied krijgt men uit die van HARTING in Beraoe den indruk van een afsplitsing der geosynclinaal naar het Oosten. LEUPOLD en VAN DER VLERK (24 p. 614) wijzen erop, dat hier in het Keleigebied het tertiair *c* getransgredeerd is over een Oost-West gestreken rug. Dit is zeer goed in overeenstemming met onze voorstelling van het ontstaan der fylليت-formatie voor de afzetting van het tertiair *b*. Terwijl elders de transgressie reeds begon met dit laatste, is op de afsplitsing naar het Oosten de transgressie pas later begonnen.

In verband met de vermoede afsplitsing naar het Oosten is het van belang op te merken, dat BROUWER metamorf eoceen vermeldt van Tinombo, in het aansluitingsgebied van den „hals” van Celebes met het noordelijk schiereiland (7 p. 59): „Het behoort tot een sterk geplooid serie van donkere kleileien tot phyllieten, kwartsietische- en grauwaske- en kalksteen, waarmede diabazen en porphyrieten voorkomen. In donkere kalksteen komen nummulieten voor, die op Boven-Eoceen (waarschijnlijk Tertiair *b*) wijzen.” Op p. 207 van dezelfde publicatie vindt men echter vermeld bij no. 59: „Age: Tertiary *a-b*, probably *b*”; waar het „probably *b*” op negatieve kenmerken berust, is ook daar oudeocene ouderdom niet uitgesloten. Volledigheidshalve worde hier nog vermeld, dat BROUWER ook op Halmaheira eocene fylليتische gesteenten heeft gevonden (7a pp. 11 en 12). In den noordoostarm van het eiland wordt eoceen aangetroffen, bestaande uit tufzandsteen, tufmergels en meer kleiige of mergelige lagen, waarin bankjes, lenzen en knol-

len van grijze kalksteen. Ook conglomeratische lagen komen voor. In de tufgesteenten en kalksteen en komen *Discocyclina*, *Camerina* en *Alveolina* voor, wijzend op eocenen ouderdom. Behalve dit „normale” eoceen trof BROUWER ook fyllitisch glanzende, groene, dunbladige schalies aan, die eveneens de kalkknollen met foraminiferen bevatten. De plooiing is zeer sterk geweest (l. c. p. 37).

Voortzetting in Britsch Noord-Borneo.

Terwijl in het voorgaande de fyllietformatie met groote waarschijnlijkheid kon worden vervolgd vanuit het Kapoeasgebied tot aan de Beneden-Kajan en de Boven-Kelei en -Segah eenerzijds en tot in het grensgebied met Britsch Noord-Borneo anderzijds, zijn de gegevens over haar verdere voortzetting naar het Noorden zeer schaarsch, zoodat conclusies daaromtrent slechts onzeker zijn.

In de omgeving van de Darvelbaai heeft STAMM in 1913 en 1914 onderzoekingen verricht (fig. 15 localiteit 14), waarvan WANNER (52) een overzicht geeft. De „Darvelbaai-lagen”, een dikke serie van zandsteen en plaatselijk met een inschakeling van mergelkalk, mergellei en eruptiefbrecies, transgredeeren met dikke kalkrijke conglomeraten over oudere gesteenten, met name danaufformatie en kristallijne schisten. WANNER beschouwt de Darvelbaai-lagen als oudtertiair, waarschijnlijk bovineoceen (52 p. 181), zoodat men daarin het analogon kan zien van de tertiair *b*-transgressie van de Kajan-rivier. Het is echter niet uitgesloten, dat in de Darvelbaai-lagen ook nog cenomane en andere zandsteen voorkomen. De genoemde kristallijne schisten worden voor ouder dan de danaufformatie gehouden, zulks ingevolge een mededeeling van HOTZ, die in het westelijk en noordelijk deel van Britsch Noord-Borneo, waar gneisen en glimmerschisten geheel ontbreken, onder de danaufformatie een dikke serie van glansleien en fylliëten aantrof, die wel sterk geplooid zijn, doch nergens den habitus van glimmerschist vertoonen. Hiermede is waarschijnlijk het leiencomplex om het Kinabaloë-massief bedoeld, waarop ik aanstonds terugkom. Ook REINHARD (31 pp. 130, 131) is van meening, dat de kristallijne schisten ouder zijn dan de danaufformatie. Zoowel

REINHARD (l. c. p. 131) als WANNER spreken over de sterke plooiing van het oudtertiair. De laatste (52 p. 186) vermeldt, dat ongeveer op de grens tusschen oud- en jongtertiair een uiterst intensieve plooiing plaats vond, waarbij de Darvelbaai-lagen met de gesteenten der danaufornatie werden verplooid. Hierin ligt dus een verschilpunt met het vlakliggend oudtertiair van de Kajan boven de Bembrem. In dit verband is het echter van nut erop te wijzen, dat ook aan de Beneden-Kajan sterk geplooid oudtertiair voorkomt. HARTING (16 p. 179) zegt daarover: „indrukwekkend is het groote contrast tusschen dit weinig of niet geplooid Eoceen, dat in den vorm van imposante plateaubergen bewaard is gebleven, en dezelfde formatie aan den benedenloop van dezelfde rivier, waar ze steil is opgericht...”

De door WANNER aangegeven plooiingstijd komt goed overeen met wat hierover voor West-Borneo gezegd werd. Het jongere tertiair kan hier buiten beschouwing blijven.

In een publicatie van C. SCHMIDT over de geologie van Noordwest-Borneo wordt vermeld (39 p. 122), dat het binnenland bestaat uit graniet, diabaas, serpentijn en gneisachtige gesteenten, harde zandsteen, kwartsieten en blauwzwarte, dichte kalken. De toppen Maroed (wsch. de Moeroed, fig. 15 localiteit 15) en Kinabaloe (fig. 15 localiteit 16) bestaan uit graniet. Hij steunt hier blijkbaar ten deele op POSEWITZ (30 p. 120). Verder worden uit de streek ten Oosten van de Broeneibai steilgeplooid, grofbankige, kwartsitische zandsteen vermeld, die ook voorkomen langs de Padasrivier (fig. 15 localiteit 17). Uit deze gegevens valt weinig positiefs af te leiden.

Anders is dat met wat RUTTEN mededeelt (34 p. 274): „ten laatste heeft HOTZ, bij onderzoekingen, wier resultaten niet gepubliceerd zijn, in het hoogste bergland van Borneo, om den Kinabaloe en ook verder zuidwaarts, een met kwartsnoeren doorregen complex van glansleien gevonden, dat habitueel met de afzettingen uit W. en Centr.-Borneo de grootste overeenkomst moet hebben; de granodioriet welke den Kinabaloe zelf vormt, heeft de leien in hoornrots veranderd en is dus jonger.” Het is wel zeer te betreuren, dat over dit gebied niets naders is gepubliceerd en dat bv. ook de strekking der lagen niet is vermeld. Het leiencomplex ligt

echter in het vervolg van de laagstrekking van dat uit de Tidoengsche landen en gezien de groote overeenstemming in habitus acht ik het zeer waarschijnlijk, dat ook om den Kinabaloe weer de voortzetting der fylletformatie aanwezig is en dan zou derhalve de granodioriet van dat massief, evenals de granieten van Boven-Kelei en -Segah jonger zijn dan tertiair a.

Blijkens een mededeeling van RUTTEN (34a) komen in de wijdere omgeving van den Kinabaloe kalksteen voor van eocenen ouderdom (zie kaartje l. c. p. 424). Het is te verwachten, dat deze kalksteen behooren tot een gesteentecomplex, dat discordant ligt op het leiencomplex. Het is echter merkwaardig, dat een kalksteen uit het binnenland, als *rolblok* gevonden in S. Kingaran (fig. 15 localiteit 18) op ± 50 km ten Zuiden van den Kinabaloe wordt beschreven als een in marmer overgaande eocene kalksteen. De kalksteen bevat nummulinen, milioliden, Operculina en een Orbitoïde. Zou misschien deze metamorfe kalk in situ deel uitmaken van de fylletformatie?

Dat de fylletformatie zich in het terrein ononderbroken zou voortzetten van de Tidoengsche landen naar de omgeving van den Kinabaloe is zeer onwaarschijnlijk. Ongetwijfeld heeft men hier weer met een „*aire d'ennoyage*” te doen, want REINHARD (31 p. 132) geeft aan, dat het dal der Kinebatanganrivier (fig. 15 localiteit 19) overeenkomt met een Oost-West gerichte tertiaire depressie, die doorloopt naar de westkust en gevuld is met lagen van oudmiocenen of jongoligocenen ouderdom (l. c. p. 128). Ook aan de noordkust is het leiencomplex niet meer aanwezig; hier zijn jongerpalaeogene en neogene sedimenten ontsloten (zie o.a. RUTTEN 34 fig. 70, p. 206 en 34a).

Voortzetting buiten Borneo.

In het voorgaande werd reeds gewezen op de waarschijnlijkheid, dat in het gebied der Telen en dat van de Boven-Kelei en -Segah een aftakking van de oudeocene geosynclinaal naar het Oosten aanwezig is, in welk verband werd genoemd de vondst door BROUWER van fylletisch eoceen in het aansluitingsgebied tusschen den „hals” van Celebes en

het noordelijk schiereiland, benevens dat van Halmaheira. Zou dit laatste inderdaad het vervolg zijn der fylletformatie, dan is het te verwachten, dat ook de merkwaardige „neus” van Borneo, het schiereiland Mangkalihat, in aanleg aan de oudeocene plooiing is toe te schrijven.

Wat de voortzetting betreft van den noordelijken tak der geosynclinaal worde alleen vermeld, dat op sommige eilanden van de Filippijnen, nl. Mindanao, Masbate, Penay, Palawan en Luzon de zoogenaamde „Kaalformatie” voorkomt, welke door SMITH (43 p. 74) voorloopig werd geparalleliseerd met MOLENGRAAFF's oude leiformatie. Men vermoedt ook, dat er metamorfe gesteenten aanwezig zijn van oudtertiären ouderdom; zoo houdt PRATT metamorfe gesteenten van het Caramoan-schiereiland (Zuidoost-Luzon) voor niet ouder dan oligoceen. En SMITH (43a p. 470) zegt: „there are some schists in the Philippines that appear to be nothing more than metamorphosed Tertiary shales and sandstones.”

Op Formosa is door HANZAWA dynamometamorf eoceen gevonden (57 p. 313 en 16a p. 141-194) met *Discocyclina*, *Camerina* en *Assilina*. Hij is van meening, dat de fylleten en kristallijne schisten van de centrale bergketen alle metamorf eoceen zijn. De plooiing en de metamorfose wordt geacht te vallen in het oligoceen, waarna neogene sedimenten werden afgezet.

Een nadere beschouwing van deze feiten zou zeer interessant zijn, doch zou ons te ver voeren; ik moet met het noemen ervan volstaan.

LITERATUURLIJST.

1. ANONYMUS. Aanteekeningen over de Tidoengsche Landen (Res. Z. en O. Afd. van Borneo). Bewerkt naar het rapport van W. D. MUNNIKS DE JONGH (met een kaart). Jaarb. v. h. Mijnw. 1913. Verh. p. 22-35.
2. L. A. J. BAKX. De genera Fasciolites en Neoalveolina in het Indo-Pacifisch gebied. Verh. v. h. Geol.-Mbk. Gen. voor Ned. en Kol. Geol. Ser. Deel IX. p. 205-266.
3. F. BECKE. Struktur und Klüftung. Fortschr. d. Min., Krist. u. Petr. 1924. p. 185-220.
4. O. BÖTTGER. Die fossilen Mollusken der Eocänformation auf der Insel Borneo. Palaeontographica. Suppl. III, Lief. 1. 1875. p. 9-59.
5. A. C. D. BOTHÉ. Geologische verkenningen in den Riouw-Lingga Archipel en de eilanden der Poelau Toedjoeh (Anambas- en Natoena-eilanden). Jaarb. v. h. Mijnw. 1925. Verh. II. p. 101-152.
6. H. A. BROUWER. The geology of the Netherlands East Indies. New York. 1925.
7. H. A. BROUWER. Geologische onderzoeken op het eiland Celebes (naar onderzoeken van H. A. BROUWER, W. H. HETZEL en H. E. G. STRAETER). Verh. v. h. Geol.-Mbk. Gen. voor Ned. en Kol. Geol. Ser. Deel X. p. 39-218.
- 7a. H. A. BROUWER. Geologische onderzoeken op het eiland Halmaheira. Jaarb. v. h. Mijnw. 1921. Verh. II. p. 3-69.
8. G. TER BRUGGEN. Oud-Tertiair in phyllitische facies in West-Borneo (voorloopige mededeeling). De Mijn ingenieur. 1932. p. 56-57.
9. L. CAYEUX. Les roches sédimentaires de France; Roches carbonatées (Calcaires et dolomies). Paris. 1935.
10. P. VAN DIJK. Over de waarde van eenige Nederlandsch-Indische kolensoorten. Nat. Tijdschr. voor Ned. Indië. XV. 1858. p. 139-158.

11. J. J. K. ENTHOVEN. Bijdragen tot de geographie van Borneo's Wester-Afdeeling. (2 dln.) Leiden. 1903.
12. L. J. C. VAN ES. Geologische kaart van Nederlandsch-Indië; schaal 1 : 1.000.000. Toelichting bij Blad IX (West-Borneo en Billiton). Jaarb. v. h. Mijnw. 1918. Verh. II. p. 1-35.
13. R. EVERWIJN. Overzicht van de mijnbouwkundige onderzoekingen, welke tot nu toe door den Dienst van het Mijnwezen in de Wester-Afdeeling van Borneo werden verricht (met eene overzichtskaart). Jaarb. v. h. Mijnw. 1879. 1. p. 3-87.
- 13a. H. FRIJLING. Bijdrage tot de geologie van het landschap Kotawaringin en de afdeeling Ketapang resp. gelegen in de Residenties Zuider-, Ooster- en Westerafdeeling van Borneo (met gebruikmaking van gegevens verzameld door J. E. LOTH en J. W. H. ADAM). Jaarb. v. h. Mijnw. 1918. Verh. I. p. 210-223.
14. H. GRUBENMANN und P. NIGGLI. Die Gesteinsmetamorphose. I. Allgemeiner Teil. Berlin. 1924.
15. A. HARTING. Bijdrage tot de geologie van Beraoe (met een geologisch schetskaartje van Beraoe 1 : 750.000). Gedenkboek VERBEEK. Verh. v. h. Geol.-Mbk. Gen. voor Ned. en Kol. Geol. Ser. Deel VIII. p. 205-212.
16. A. HARTING. Enkele geologische waarnemingen langs de S. Kajan. De Mijnningenieur. 1930. p. 176-179.
- 16a. S. HANZAWA. Notes on some eocene foraminifera found in Taiwan (Formosa) with remarks on the age of the Hori slate formation and crystalline schists. Sc. Rep. Tohōku Imp. Univ. Sendai. II Ser. Geol. 12. 1931.
17. ALBERT HEIM. Geologie der Schweiz. Bd. II. 1. Leipzig. 1921.
18. G. J. HINDE. Description of fossil radiolaria from the rocks of Central-Borneo, obtained by Prof. Dr. G. A. F. MOLENGRAAFF in the Dutch exploring expedition of 1893-94. Als appendix in no. 26.
- 18a. G. L. L. KEMMERLING. Topographische en geologische beschrijving van het stroomgebied van de Barito, in

- hoofdzaak wat de Doesoenlanden betreft. Tijdschr. v. h. Kon. Ned. Aardr. Gen. Tweede serie. Deel XXXII. (1915). pp. 575-641 en 717-772.
19. W. C. B. KOOLHOVEN. Het primaire voorkomen van den Zuid-Borneo-diamant. Verh. v. h. Geol. MbK. Gen. voor Ned. en Kol. Geol. Ser. Deel XI. p. 189-232.
 20. P. G. KRAUSE. Ueber tertiäre, cretaceische und ältere Ablagerungen aus West-Borneo. Samml. des geol. Reichsmuseums in Leiden. Ite Serie. Bd. V. p. 169-220.
 21. F. KREKELER. Over een nieuw voorkomen van fossielhoudend Palaeozoikum in Midden-West-Borneo (voorloopige mededeeling). De Mijnningieur. 1932. p. 167-172.
 22. F. KREKELER. Aanvullende mededeelingen omtrent het voorkomen van Palaeozoicum in West-Borneo. De Mijnningieur. 1933. p. 191-192.
 23. L. H. KROL. Mijnbouwkundig Geologisch Onderzoek West-Borneo. Jaarverslag 1930. Jaarb. v. h. Mijnw. 1930. Alg. Ged. p. 48-54.
 24. W. LEUPOLD en I. M. VAN DER VLERK. The Tertiary. Feestbundel MARTIN. Leidsche Geol. Meded. Deel V. 1931. p. 611-648.
 25. J. E. LOTH. Verslag over de resultaten van geologisch-mijnbouwkundige verkenningen en opsporingen in de residentie Westerafdeeling van Borneo. Jaarb. v. h. Mijnw. 1918. Verh. I. p. 224-280.
 26. G. A. F. MOLENGRAAFF. Geologische verkenningstochten in Centraal-Borneo (1893-1894). Leiden-Amsterdam. 1900.
 - 26a. G. A. F. MOLENGRAAFF. On oceanic deep-sea deposits of Central-Borneo. Kon. Akad. v. Wetensch. Procecdings. 1909. p. 141-147.
 27. G. A. F. MOLENGRAAFF. Hoofdtrekken der geologie van Oost-Borneo naar aanleiding der reizen van prof. dr. A. W. NIEUWENHUIS en anderen. Geol.-MbK. Gen. voor Ned. en Kol. Verslagen der Geologische Sectie. Eerste deel. 1914. p. 175-179.
 28. G. A. F. MOLENGRAAFF. De geologie der zeeën van Nederlandsch Oost-Indië. Leiden. 1922.

29. R. B. NEWTON and R. HOLLAND. On some Tertiary foraminifera from Borneo collected by Professor MOLENGRAAFF and the late Mr. A. H. EVERETT, and their comparison with similar forms from Sumatra. *Annals and Magazine of Natural History*. Ser. 7. Vol. III. 1899. p. 245-264.
30. TH. POSEWITZ. Borneo. Entdeckungsreisen und Untersuchungen. Gegenwärtiger Stand der geologischen Kenntnisse. Verbreitung der nutzbaren Mineralien. Berlin. 1889.
31. M. REINHARD. Contributions to the physiography and geology of the South-East coast of British North Borneo. *The Geographical Journal*. 1924. p. 121-134.
32. H. ROSENBUSCH. Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Bd. II. Massige Gesteine. 1. Stuttgart. 1907.
33. H. ROSENBUSCH — A. OSANN. Elemente der Gesteinslehre. Stuttgart. 1923.
34. L. M. R. RUTTEN. Voordrachten over de geologie van Nederlandsch Oost-Indië. Groningen-Den Haag. 1927.
35. L. RUTTEN. Over fossilhoudende tertiaire kalksteen uit Britsch Noord Borneo. *Gedenkboek VERBEEK*. Verh. v. h. Geol.-Mbk. Gen. voor Ned. en Kol. Geol. Ser. Deel VIII. p. 415-427.
36. B. SANDER. Zur petrographisch-tektonischen Analyse. *Jahrb. d. Geol. Bundesanstalt*. Wien. 1923. p. 183-253.
37. B. SANDER. Gefügekunde der Gesteine, mit besonderer Berücksichtigung der Tektonite. Wien. 1930.
38. C. J. VAN SCHELLE. De geologische en mijnbouwkundige onderzoekingen in de Wester-Afdeeling van Borneo. *Jaarb. v. h. Mijnw.* 1880. 2. p. 33-41.
39. C. SCHMIDT. Ueber die Geologie von Nordwest-Borneo und eine daselbst entstandene „Neue Insel“. *Gerlands Beiträge zur Geophysik*. Bd. VII. 1904. p. 121-136.
40. W. SCHMIDT. Statistische Methoden zur Gefügeuntersuchung kristalliner Schiefer. *Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch.* Wien. 1917.

41. W. SCHMIDT. Gefügestatistik. Tschermaks Min. u. Petrogr. Mitt. Bd. 38. 1925. p. 392-423.
42. W. SCHMIDT. Gefügesymmetrie und Tektonik. Jahrb. der Geol. Bundesanstalt. Wien. 1926. p. 407-430.
43. W. D. SMITH. Geology and mineral resources of the Philippine Islands. Manila. 1924.
- 43a. W. D. SMITH. The geologic structure of the Philippine Archipelago. Gedenkboek VERBEEK. Verh. v. h. Geol.-Mbk. Gen. voor Ned. en Kol. Geol. Ser. Deel VIII. p. 461-480.
44. H. STILLE. Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin. 1924.
45. TAN SIN HOK. Discoasteridae, coccolithinae and radiolaria. Feestbundel MARTIN. Leidsche Geol. Meded. Deel V. 1931. p. 92-114.
46. G. B. TRENER. Geologische Aufnahme im nördlichen Abhang der Presanellagruppe. Jahrb. der K. K. Geol. Reichsanstalt. Wien. 1906. p. 405-496.
47. J. G. H. UBAGHS. Mijnbouwkundig Geologisch Onderzoek Oost-Borneo. Jaarverslag 1931. Jaarb. v. h. Mijnw. 1931. Alg. Ged. p. 59-61.
48. J. G. H. UBAGHS. Kort verslag van den Dienst van den Mijnbouw over het 4de kwartaal 1931.
49. J. H. F. UMBGROVE. De pretertiaire historie van den Indischen Archipel. Leidsche Geol. Meded. Deel VII. 1935. p. 119-155.
50. I. M. VAN DER VLERK. Het genus *Lepidocyclina* in het Indo-Pacifisch gebied. Dienst v. d. Mijnb. in Ned.-Indië. Wetensch. Meded. No. 8. 1928. p. 7-86.
51. FR. VOGEL. Mollusken aus dem Jura von Borneo. Samml. des geol. Reichsmuseums in Leiden. 1te Serie. Bd. V. p. 127-153.
52. J. WANNER. Beiträge zur Geologie und Geographie von Nordost-Borneo. Ergebnisse einer von Dr. K. STAMM in den Jahren 1913 und 1914 ausgeführten Reise. N. Jahrb. f. Min., Geol. und Pal. Beilage-Band XLV. p. 149-213.

53. N. WING EASTON. Voorloopige mededeeling over de geologie van het stroomgebied der Kapoeasrivier in de Westerafdeeling van Borneo. Tijdschr. v. h. Kon. Ned. Aardrk. Gen. Tweede Serie. Deel XVI. 1899. p. 245-258.
 54. N. WING EASTON. Geologie eines Teiles von West-Borneo nebst einer kritischen Uebersicht des dortigen Erzvorkommens. Jaarb. v. h. Mijnw. 1904. Wetensch. Ged. p. I-XV en 1-542.
 55. N. WING EASTON. Geologisch overzicht van West-Borneo; verschil en overeenkomst met Centraal- en Zuid-Oost-Borneo. Geol.-Mbk. Gen. voor Ned. en Kol. Verslagen der Geologische Sectie. Eerste deel. 1914. p. 179-189.
 56. H. WITKAMP. Beknopt voorloopig overzicht van de geologische resultaten der Midden-Oost-Borneo Expeditie 1925. Midden-Oost-Borneo Expeditie 1925. Weltevreden. 1927. p. 105-116.
 57. H. YABE and S. HANZAWA. Geological history of the island of Taiwan (Formosa). Proceedings of the Imperial Academy. VI. 1930. No. 8. p. 313-316.
 58. C. P. A. ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN. Mijnbouwkundig Geologisch Onderzoek Oost Borneo. Jaarverslag 1930. Jaarb. v. h. Mijnw. 1930. Alg. Ged. p. 60-66.
 59. C. P. A. ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN. Mijnbouwkundig Geologisch Onderzoek West Borneo. Jaarverslag 1931. Jaarb. v. h. Mijnw. 1931. Alg. Ged. p. 52.
 60. C. P. A. ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN. Bijdragen tot de geologie van Borneo. Bijdrage no. 2. Het eoceen ten Z. van S. Kerijau in het O. deel van het Centrale Müllergebergte (W. Afd. van Borneo). De Ing. in N. I. Nov. 1935.
 61. C. P. A. ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN en G. TER BRUGGEN. Bijdragen tot de geologie van Borneo. Bijdrage no. 1. Voorloopige mededeeling over het tertiair ten W. van het merengebied in de W. Afd. van Borneo. De Ing. in N. I. Nov. 1935.
-

STELLINGEN.

I.

De oudeocene geosynclinaal van West-, Centraal- en Noord-Borneo heeft zich via de Philippijnen minstens tot Formosa uitgestrekt.

II.

Het al of niet voorkomen van pleochroïtische hoven in een stollingsgesteente is geen criterium voor den ouderdom daarvan.

De Ing. in N.-I., 1934, IV, p. 183.

III.

SANDER's opvatting, dat kwarts in dynamometamorfe gesteenten vooral in volgens de c-as gestrekte stukken wordt verdeeld, verdient de voorkeur boven die van NIGGLI, volgens welke de verdeeling plaats vindt in een richting loodrecht op die as.

Sander, Gefügekunde der Gesteine 1930, p. 194.
Grubenmann-Niggli, Die Gesteinsmetamorphose I, 1924, p. 462.

IV.

De opvatting, dat *Volborthella* een Cephalopode is heeft in tegenstelling met andere meeningen de meeste waarschijnlijkheid.

V.

De Panioenganlagen in Zuidoost-Borneo kunnen als een onderafdeeling der Alinoformatie worden beschouwd.

Jb. Mijnw. 1932—1933, Alg. Ged., p. 23 (de Alinoformatie wordt daar abusievelijk „Batarongformatie” genoemd).

VI.

De meening van MOHR, dat enkele gesteenten van het Tengger-gebergte, vermeld in het Jb. Mijnw. 1930 Alg. Ged. p. 252—263, ten onrechte basalten genoemd worden, wordt onvoldoende gemotiveerd.

Mohr, De bodem der tropen in het algemeen, en die van Ned.-Indië in het bijzonder, 1ste stuk, 1933, p. 59.

VII.

De conclusies van SILBERMINTZ en ROSCHKOWA betreffende het ontbreken van BeO in door hen onderzochte vesuviaan zijn niet overtuigend.

Centralbl. f. Min., Geol. u. Pal. A, 1933, p. 249—254.

VIII.

De berekeningen van SMETS over de beweging van materiaal op schudgoten zijn onjuist.

De Mijningenieur, 1932, p. 1—6.

IX.

Het gedrag van een deeltje in het waschbed van een „jig” kan niet worden vergeleken met dat van een bol in een nauwe buis.

Spee, Proefschrift Delft, 1935.

X.

Het is gewenscht de definitie van opsporing of mijnbouwkundige opsporing in artikel 2 1ste lid van de Indische Mijnwet te laten vervallen.

XI.

Het verdient aanbeveling de heffing van cijns, die volgens artikel 35 der Indische Mijnwet geschiedt naar een percentage van de bruto-opbrengst, te vervangen door een heffing met de netto-opbrengst als grondslag.

XII.

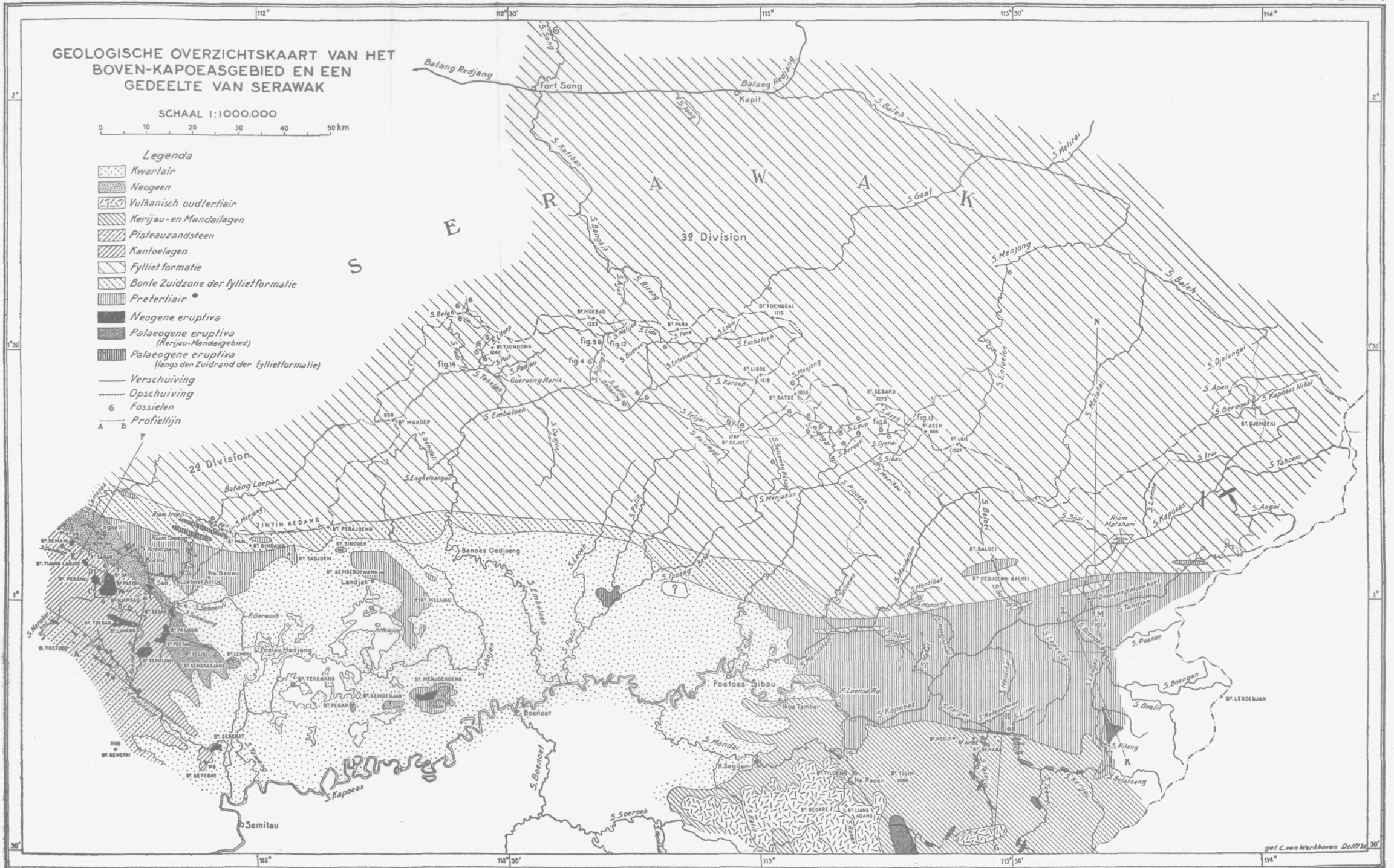
De Batang Loepar Dajaks in West-Borneo behooren tegen de Maleische penetratie te worden beschermd.

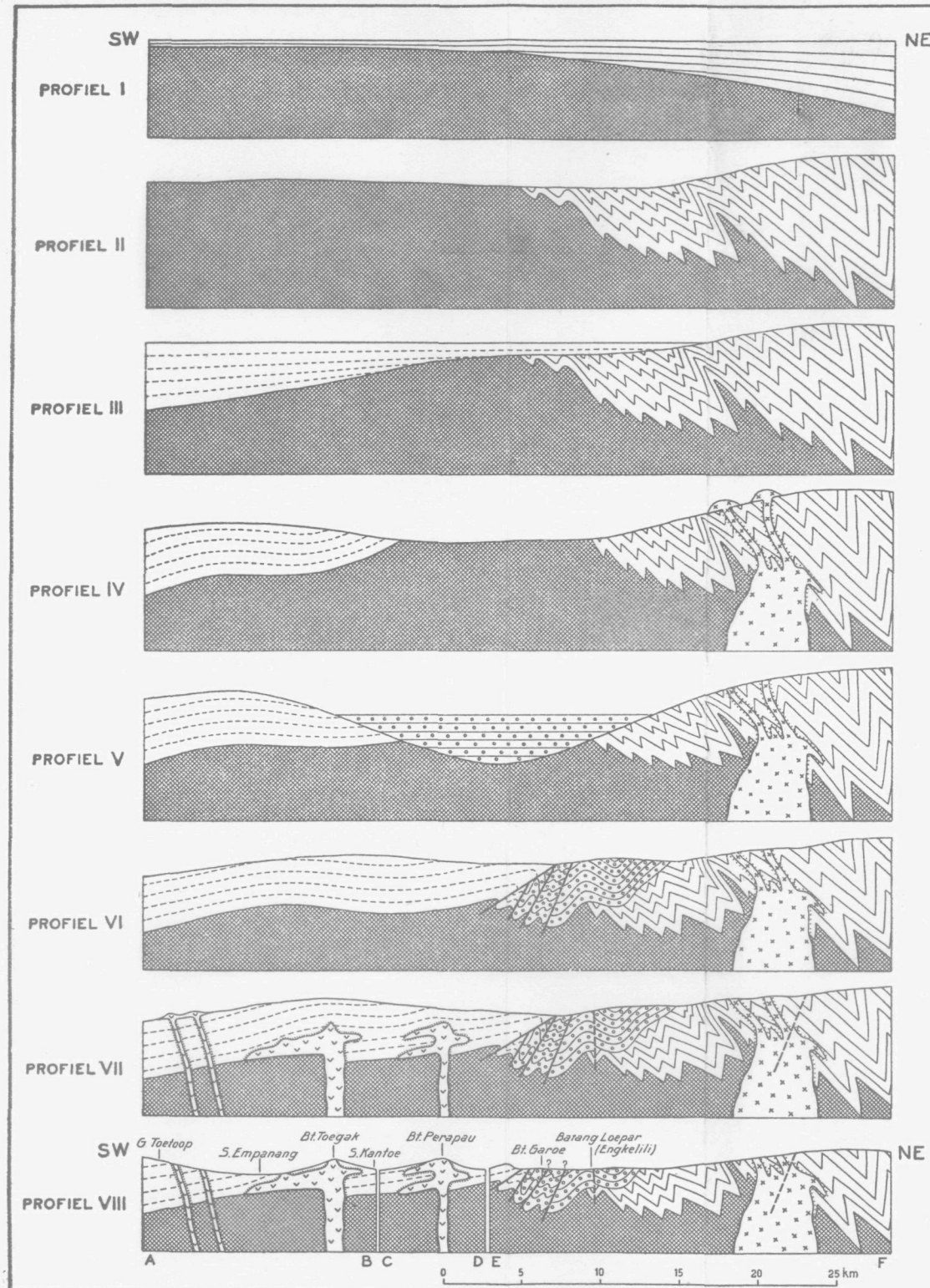
GEOLOGISCHE OVERZICHTSKAART VAN HET BOVEN-KAPOEASGEBIED EN EEN GEDEELTE VAN SERAWAK

SCHAAL 1:1000.000
0 10 20 30 40 50 km

Legenda

- Kwartair
- Neogeen
- Vulkanisch oudtertiair
- Kerijau-en-Mandailagen
- Plateauzandsteen
- Kantoelagen
- Fylliet formatie
- Bonte Zuidzone der fyllietformatie
- Preftertiair
- Neogene eruptiva
- Palaeogene eruptiva (Kerijau-Mandagegebied)
- Palaeogene eruptiva (langs den Zuidrand der fyllietformatie)
- Verschuiving
- Opschuiving
- Fossielen
- Profielijn





SCHEMA DER GEOLOGISCHE GESCHIEDENIS IN HET EMPANANGGEBIED EN DE 2^e DIVISION VAN SERAWAK.

- Profiel I Afzetting van tertiair a
- Profiel II Plooiing van tertiair a; denudatie
- Profiel III Afzetting van tertiair b en jonger palaeogeen
(Kantoelagen en plateauzandsteen)
- Profiel IV Plooiing van tertiair b en jonger palaeogeen; intrusie
van basische stollingsgesteenten; denudatie
- Profiel V Vorming van den neogenen sedimentatietrog
- Profiel VI Plooiing van het neogeen en overschuiving door
het tertiair b (de Kantoelagen)
- Profiel VII Breukvorming en intrusie der neogene
stollingsgesteenten
- Profiel VIII Huidige toestand

LEGENDA

- Neogeen
- Tertiair b en jonger palaeogeen
- Tertiair a (fyllietformatie)
- Pretertiar
- Neogene eruptiva
- Palaeogene eruptiva
- Contacthof
- Opschuiving
- Verschuiving

SCHEMA DER GEOLOGISCHE GESCHIEDENIS IN HET OOSTEN VAN HET BEHANDELDE GEBIED.

- Profiel IX Plooiing van tertiair a; denudatie
- Profiel X Afzetting van tertiair b en jonger palaeogeen
- Profiel XI Plooiing van tertiair b en jonger palaeogeen; intrusies en
vulkanisme van het Mandai- en Kerijaugebied
- Profiel XII Breukvorming, denudatie; huidige toestand

