

beknoper, lichter en goedkoper, ook aan de orde in drie Pelican-uitgaven, onder de titel *Geology and scenery in Scotland* (J.B. Whittow, 1977)in *Ireland* (J.B. Whittow) enin *England and Wales* (A.E. Trueman). Deze deeltjes zijn al wat ouder, en hoewel niet meer in ieder opzicht een weerspiegeling van de nieuwste opvattingen, nog altijd goed en handzaam reisgezelschap. A.L. Harris, C.H. Holland & B.E. Leake (eds.), *The Caledonides of the British Isles - reviewed*. Geol. Soc. Lond., Spec. Publ. 8, Scottish Academic Press, Edinburgh 1979. P.L. Hancock, *The Variscan fold belt in the British Isles*. Adam Hilger Ltd., Bristol 1983. J.G.C. Anderson & T.R. Owen, *The structure of the British Isles*. Second ed. Pergamon Press, Oxford 1980. D.H. Rayner, *The stratigraphy of the British Isles*. Second

ed. Cambridge University Press, London 1983 (degelijke, maar conventionele stratigrafie). R. Anderton, P.H. Bridges, M.R. Leeder & B.W. Sellwood, *A dynamic stratigraphy of the British Isles. A study in crustal evolution*. George Allen & Unwin, London 1979 (een verfrissende moderne benadering). R.G. West, *Pleistocene geology and biology, with especial reference to the British Isles*. Second ed. Longman, London 1977. J.G.C. Anderson, *Field geology in the British Isles, a guide to regional excursions*; Pergamon Press, Oxford 1983. Dit boek bevat vele tientallen excursies in Groot-Brittannië en heel Ierland.

Voor verdere uitgaven wordt verwezen naar het artikel over literatuur op pag. 55.

Zuidwest-Engeland in een geologisch kader

door drs. E.H.M. Wolff

Dit artikel is bedoeld als een reisgids voor de amateur-geoloog die een bezoek brengt aan het zuidelijk deel van Engeland, met name de graafschappen Cornwall, Devon, Somerset, Hampshire en Dorset, grofweg het gebied ten westen van de lijn Bristol-Dorchester. Na één theoretische inleiding zullen de verkregen gegevens in een vijftal excursieroutes in het veld worden toegepast. Binnen het kader van dit artikel is het niet mogelijk diepgaand op de vele interessante onderwerpen in te gaan, voor uitgebreidere gegevens wordt de lezer verwezen naar de literatuurlijst aan het eind van het artikel.

Inleiding

Het hier behandelde gebied maakt deel uit van Variscisch (Hercynisch) Europa en bestaat grotendeels uit Devon-Carbonische gesteenten: schalies, leistenen, kwartsieten en vulkanische gesteenten, die een regionaal synclinorium¹ vormen met een oost-west-richting. Deze gesteenten worden in het oostelijk deel van Zuid-Engeland discordant² bedekt door Permische en jongere sedimenten (afzetting-gesteenten), zoals rode zandstenen en conglomeraten (Perm), groenzanden, kleien en kalkstenen (Mesozoïsch) en zanden, kleien en grind (Tertiair-Kwartair). Zie ook de geologische kaarten afb. 1 en de stratigrafische tabel op pag. 6.

Tegen het einde van de Variscische orogenese³ werden de Devon-Carbonische series geïntrudeerd (binnengedrongen) door granietplutonen, grote onderaards stollende granietlichamen, die naar de diepte toe overgaan in één batholiet⁴, waarvan op grond van geologische en geofysische aanwijzingen wordt verondersteld dat deze verbonden is met de granietintrusies van Normandië en Bretagne in Frankrijk aan de andere zijde van Het Kanaal. De gemiddelde radiometrische ouderdom van deze intrusies ligt rond de 290 miljoen jaar (Boven-Carboon).

Rondom elke granietintrusie is een aureool van contact-metamorphe gesteenten gevormd, waarin ook de meeste in het gebied voorkomende mineralisaties zijn te vinden.

Tijdens deze Variscische orogenese gedroeg het Lizard-complex in Zuid-Cornwall, dat gedeeltelijk uit Precambri-sche gesteenten is opgebouwd, zich als een min of meer rigide blok, waarin vrijwel alleen verticale bewegingen langs breuken plaatsvonden.

Na de afzetting in zeemilieu van de veelal slechts licht scheefgestelde tot horizontaal liggende Mesozoïsche gesteenten is het gebied tijdens het Tertiair meerdere malen onder de zeespiegel verdwenen en weer drooggeval-len; het meest geprononceerde erosieoppervlak, waarschijnlijk van Pliocene ouderdom, ligt ongeveer 120 m boven het huidige zeeniveau.

Door de stijging van het zeeniveau na de laatste IJstijden, waarvan de afzettingen (zand, grind, keileem, etc.) nog overal te vinden zijn (deze worden "Drift" genoemd), drong de zee het land binnen, waardoor verdronken rivierdalen ontstonden. Deze zijn o.m. nog duidelijk te herkennen rond Falmouth, Plymouth en Dartmoor-Exeter.

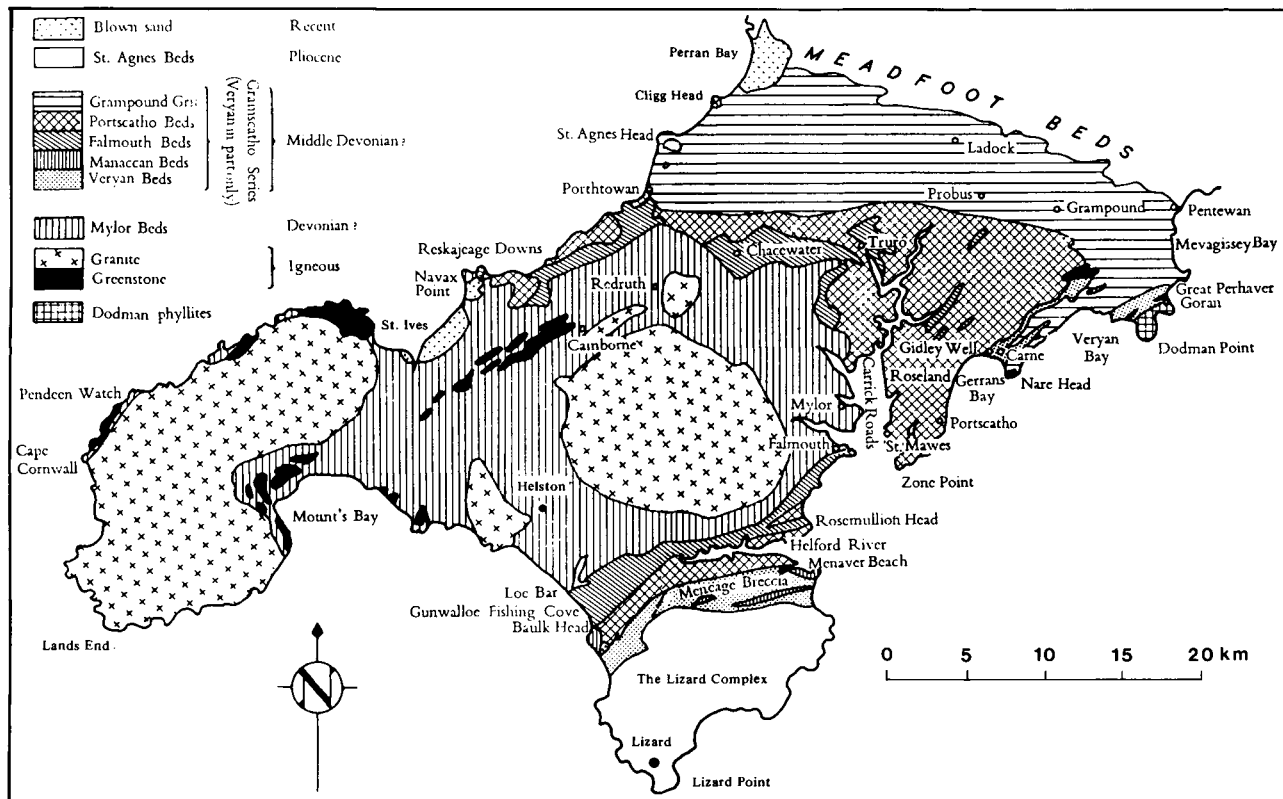
Stratigrafie

Pre-Devon

De oudste gesteenten in het betreffende gebied zijn de waarschijnlijk Precambri-sche, granaathoudende gneizen en hoornblendeschisten van de Lizard, die verderop wat uitgebreider beschreven zullen worden, en Eddystone Rif. Ordovicische en Silurische gesteenten komen slechts voor als exotische (niet binnen de geologische serie thuishorende) blokken aan de westzijde van het Lizard-schiereiland.

Devon

De groene hoornblende-chlorietschisten en de glimmerschisten in de omgeving van Start Point zijn waarschijnlijk gemetamorfoseerde Onderdevonische gesteenten, maar een hogere ouderdom kan niet uitgesloten worden. Zij zijn door breukcontacten gescheiden van jongere Onderdevonische gesteenten, die gekenmerkt worden door een overgang van continentale naar ondiep-water-faciës⁵ met een toenemende vulkanische activiteit. Deze laatste blijkt



Afb. 1. Geologische schetskaart van Zuid- en West-Cornwall. Naar R.M. Barton.

uit het voorkomen van tuffen. Gedurende het Midden- en Boven-Devoon werd het gebied van Cornwall en Devonshire bedekt door een in NE-richting ondieper wordende zee. De sedimenten bestaan voornamelijk uit grauwwacken (onrijpe zandstenen) en leistenen met sporadisch voorkomende kalken, conglomeraten en onderzees uitgevloeiende lava's. Door de aanwezigheid van lokale ondiepere gebieden zijn naast vulkanieten ook kalkstenen met o.m. koralen, brachiopoden en stromatoporen gevormd. In het Boven-Devoon begon vanuit het zuiden de transgressie, die zich voortzette tot in het Onder-Carboon. In Zuid-Devon treft men diepwater-kalken met cephalopoden en schalies met ostracoden aan, terwijl in het noorden sedimenten werd afgezet die in faciës variëren van ondiep marien tot continentaal.

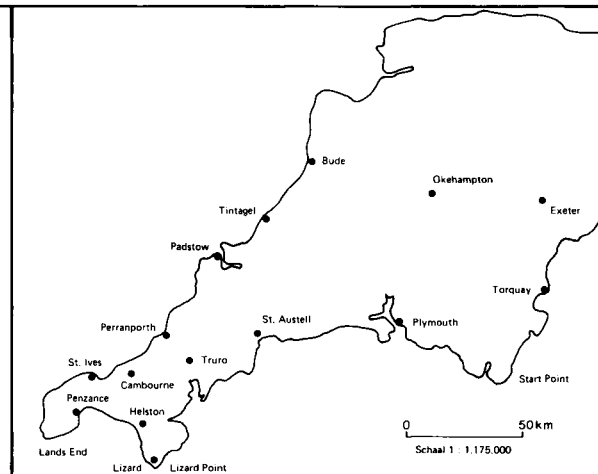
Carboon

De Carbonische gesteenten, die een groot deel van het gebied vormen, staan bekend onder de naam Culm, het Variscische equivalent van de Alpine flysch⁶, en weerspiegelen een toenemende tektonische activiteit. De meest geaccepteerde driedeling is op het ogenblik:

Bude-formatie
Crackington-formatie — Boven-Carboon
Onder-Carboon

Het Onder-Carboon bestaat voornamelijk uit grijze schalies en dunne zandstenen met plaatselijke inschakelingen van leien, kalkstenen, chert⁷ en in het zuiden tuffen en lava's. Deze afzettingen weerspiegelen langzame sedimentatie onder rustige omstandigheden met periodieke vulkanische activiteit.

De Crackington-formatie, die het onderste gedeelte van het Boven-Carboon beslaat, bestaat grotendeels uit schalies en dunbankige grauwwackes, door turbidieten (troebelings-



stromen⁸) ontstaan. De erop liggende Bude-formatie is opgebouwd uit dikke grauwwacke- en zandsteenbanken en schalies.

Perm

De problemen bij het dateren van de in het algemeen fossielloze roodgekleurde breccies, conglomeraten, zandstenen en mergels, die in Oost-Devon en West-Somerset dagzomen, zijn een oorzaak voor het nog steeds in gebruik zijn van de oude benaming "New Red Sandstone Series" voor Perm en Trias in het gebied. Met "Old Red" werd vooral vroeger het Engelse Devoon aangeduid. Zeer summier weergegeven is de opeenvolging van beneden naar boven: klei - conglomeraat - breccie - zandsteen - rode mergels. Deze laatste gaan concordant⁹ over in Triadische conglomeraten. Het aspect van de gesteenten wijst op sterke ververing in een woestijnklimaat. Aan het begin van het Perm zijn op grote schaal plateau-lava's uitgevloeid, die echter grotendeels zijn weggeërodeerd.

Trias

Het contact Trias - Perm is concordant, maar delen van de Bontzandsteen en de Muschelkalk (Onder- en Midden-Trias) ontbreken. Waar de Trias-gesteenten transgressief¹⁰ op Carbonische kalken liggen is lokaal een basaal conglomeraat gevormd. De opeenvolging is globaal als volgt: conglomeraten - grove zandstenen (Buntsandstein) - rode mergels - groene en grijze mergels (Keuper - Rhaetien (top van de Trias)). Aan het eind van de Trias vindt een relatieve stijging van het zeeniveau plaats, want na het overwegend continentale karakter van de oudere afzettingen worden er mariene fossielen aangetroffen in Rhaetien-gesteenten. Ook het fijner worden van de gesteenten (groene en zwarte schalies) wijst op een dieper milieu van afzetting.

Jura

De Lias, die normaal stratigrafisch op de Trias afzettingen ligt, bestaat grotendeels uit donkere kleien met inschakelingen van lichter gekleurde kalkstenen; een zeer bekend gebied waar deze gesteenten dagzomen is de omgeving van Lyme Regis (zie verderop in dit artikel). In opwaartse richting worden de inschakelingen van carbonaatabanken talrijker. De Jura als geheel wordt gekenmerkt door het voorkomen van cyclothemmen (zich herhalende afwisselingen) van klei - silt - zand - kalksteen (al dan niet oölitisch¹¹), die afzetting in een ondieper wordende zee weergeven.

Op grote schaal echter wordt de Jura gekarakteriseerd door een gestage stijging van het zeeniveau, culminerend in de ontwikkeling van het bekken waarin de klei van het Kimmeridgien werd afgezet. De Dogger bestaat uit oölitische kalkstenen, op (sub)littoraal niveau (ongeveer tussen de vloedlijn en tien meter daaronder) gevormd, en in mindere mate uit mariene kleien. Er zijn echter sterke horizontale faciëswisselingen in het gebied aanwezig, zodat elders in het gebied in plaats van oölitische kalken dikke kleipakketten aanwezig kunnen zijn.

Tijdens de Boven-Jura werden overwegend diepwater-afzetting (Oxford- en Kimmeridge-klei) gevormd; pas tegen het eind van deze periode, toen de gesteenten van Portland en Purbeck werden afgezet, vond een vulling van het tot dan aanwezige bekken plaats.

Krijt

De afzettingen uit deze periode kunnen als volgt onderverdeeld worden (van beneden naar boven): Wealden - Onderste Groenzand - Gault - Bovenste Groenzand, tezamen het Onder-Krijt vormend; en de "Chalk", ongeveer overeenkomend met het Boven-Krijt. De Wealden is een delta-afzetting, terwijl het Groenzand en de Chalk van marien karakter zijn. Zij geven een transgressie aan, die in westelijke richting voortschreed, want bij Swanage liggen Groenzand en Gault op Wealden, terwijl deze in de omgeving van Lyme Regis op Lias-gesteenten liggen en bij Teighnmouth zelfs op Permische gesteenten.

Tertiair en Kwartair

Tegen het einde van het Krijt vond na een lichte Alpine plooiing (in feite meer een scheefstelling) van de gesteenten erosie plaats, waardoor de Tertiaire gesteenten op verschillende horizonten van o.m. het Boven-Krijt liggen. Vrijwel het gehele Tertiair is onder littorale omstandigheden gevormd en men treft lignieten (bruinkool) in de delta-, lagune- en ondiep-mariene afzettingen aan.

Aan het begin van het Oligoceen begon een afkoeling van het klimaat, die tenslotte culmineerde in de IJstijden in het Pleistoceen. Tijdens het Mioceen en Pliocene lag het gebied voor het grootste deel vrijwel constant boven water, zodat er weinig afzettingen, maar wel erosie-oppervlakken gevormd zijn.

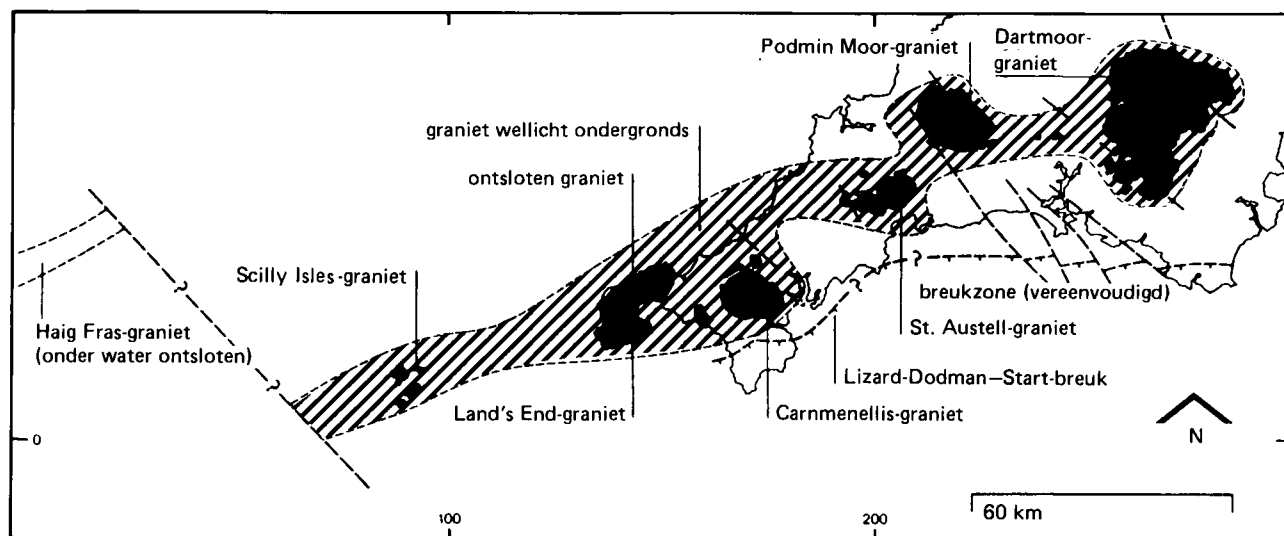
In het Pleistoceen (Kwartair) werden tijdens de glaciale keileem en zwerfstenen over het gebied verspreid. In het latere Kwartair werden eolische (door de wind vervoerde) zanden en alluviale afzettingen (grind, zand, silt, klei en turf) gevormd.

Het afwateringssysteem wordt waarschijnlijk goeddeels bepaald door de Krijtbedekking, maar is uiteraard beïnvloed door de ijsbedekking en de oriëntatie van grootschalige diaklaas¹²-systemen en breukpatronen.

Tektoniek

De door de Caledonische orogenese (ongeveer op de grens Siluur-Devoon) opgeheven gebergten ten noorden van het betreffende gebied leverden het materiaal voor de vulling van de Devonische geosynclinale¹³, waaruit het grootste deel van Zuidwest-Engeland is ontstaan. Plooiingen bij Truro en mogelijke dekbladstructuren in het Lizard-gebied zouden wijzen op het bestaan van Caledonische tektoniek in dit gebied.

Afb. 2. De granieten van ZW-Engeland zijn koepels op het dak van één batholiet.



Tegen het einde van het Carboon werd het zeer dikke sedimentpakket geplooid door de Variscische orogenese. Er trad breukvorming en overschuiving op en de krachten waren voldoende om in daarvoor geschikte gesteenten plaatselijk cleavage (leisplijting) te doen ontstaan. Tijdens de eindstadia van deze orogenese vond intrusie van de granieten plaats.

De Alpine orogenese, die in het Mioceen een hoogtepunt bereikte, veroorzaakte opheffing van de Britse eilanden als totaal en gaf, naast een lokale lichte plooiing en scheefstelling, aanleiding tot de vorming van vele, overwegend dextrale¹⁴ horizontaalverschuivingen in een NW-SE lopend systeem.

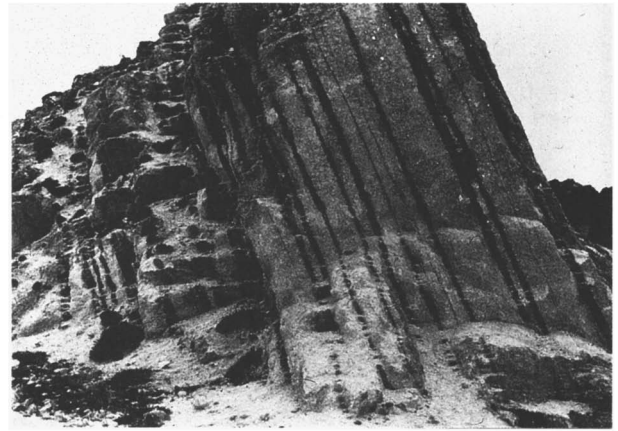
Plutonisme

De oudste intrusieve gesteenten in het gebied, op die van het Lizard-schiereiland na, zijn de overwegend groengekleurde gangen (dykes) en intrusieplaten (sills) in de Devono-Carbonische sedimenten. Het zijn grotendeels groenige, amfiboolrijke gesteenten (dolerieten), lokaal geassocieerd met onderzees uitgevloeiende lava's (kussenlava's). Een aantal van de gangen zijn meegeplooid met de sedimenten en zijn dus vóór de Variscische orogenese geïntroduceerd, andere doorsnijden de structuren en zijn dus na de plooiing ingedrongen (post-tektonisch). In het algemeen volgen deze kleinschalige intrusies min of meer de strekking van de omringende gesteenten. Nabij de graniet-intrusies zijn zij contact-metamorf beïnvloed, zodat zij ouder dan de granieten moeten zijn. Uit radiometrische ouderdomsbepalingen blijkt echter dat het verschil minimaal is.

Kenmerkender voor het gebied zijn echter de graniet-intrusies, waarop de bekende, hooggelegen moerassige terreinen ("moors") van Zuidwest-Engeland ontstaan zijn. Van oost naar west kan men zes koepels van één grote batholiet onderscheiden, nl. Dartmoor, Bodmin Moor, St. Austell, Cornmenellis, Land's End en de Scilly-eilanden. Zij vormen een zone die parallel loopt aan een groot schuifvlak, dat door de Lizard, Dodman Point en Start Point loopt (zie afb. 2). Aan de oppervlakte verweert de graniet tot de bekende "wolzak"-structuren, die o.m. op Dartmoor het karakteristieke landschap accentueren, kleurenfoto A.

De hoofdmineralen van de graniet zijn kwarts, kaliveldspaat, plagioklaas en biotiet. De meest voorkomende

Afb. 3. Aan de zuidzijde van Cape Cornwall zijn contact-metamorphe nevengesteenten van de Land's End-graniet te zien.



Afb. 4. Aan de noordkant van Cornwall, ten NO van St. Agnes, ligt Cligga Head, een natuurmonument, waarin de schuinstaande smalle lodes duidelijk in de lichtere greisen zichtbaar zijn. Zie ook kleurenfoto B.

accessorische mineralen zijn toermalijn, zirkoon en apatiet. Voor het grootste deel zijn de granieten als magma's ingedrongen, hoewel er soms aanwijzingen zijn voor granitisatie¹⁵.

Tegen het einde van de intrusieperiode vond de mineralisatie plaats waardoor het gebied zijn bekendheid verkregen heeft. In het algemeen wordt het buitenste deel van de intrusie gevormd door grofkorrelige graniet met grote (tot ± 20 cm lange) orthoklaas-fenokristen¹⁶, terwijl meer naar het midden de gesteenten wat fijnkorreliger van karakter zijn. Op veel plaatsen komen aan de uiterste randen echter ook fijnkorrelige gesteenten voor, ontstaan door snelle afkoeling ("chilled border") en contaminatie (besmetting) van het magma door de omgevende gesteenten. Met de granieten zijn aplieten en pegmatieten¹⁷ geassocieerd.

Bekend is de Meldon-apliet aan de noordwest-flank van Dartmoor, waarin o.a. topaas, fluoriet, spodumeen en beryllium-mineralen aangetroffen worden. De in mindere mate aanwezige pegmatieten bestaan overwegend uit veldspaat, kwarts, glimmer en toermalijn, met soms topaas en apatiet (omgeving St. Ives).

Verder weg van de intrusies vindt men lamprofiergangen¹⁸ met veel mafische (donkere) mineralen, zij zijn overwegend sterk omgezet. Een aantal van hen heeft vermoedelijk als toevoerkanal gediend voor de Permische lava's.

Tijdens de latere stadia van afkoeling van de granieten werden daarin en in de omgevende gesteenten vele mineraaladers gevormd. Men kan twee hoofdgroepen onderscheiden:

I. De hypothermale aders; deze zijn ontstaan bij temperaturen die niet ver onder het stollingspunt van de granieten lagen en lopen vaak parallel aan de reeds vermelde gangen. Zij bevatten o.m. cassiteriet en wolframiet.

II. De mesothermale aders, ontstaan bij een lagere temperatuur. Zij hebben vaak een oriëntatie dwars op die van de oudere mineralisaties en bevatten galeniet, sfaleriet, andere mineralen (ook voornamelijk sulfiden) en soms pekblende.

Voorts vond greisening (omzetting van veldspaat in kwarts en glimmers onder invloed van hydrothermale oplossingen) en toermalinisatie (aanrijking in toermalijn door dezelfde oorzaak) plaats. Kleurenfoto's E en F.

Metamorfose

Het later te behandelen Lizard-schiereiland buiten beschouwing latende, kunnen we in het gebied twee soorten metamorfose onderscheiden, nl. A. de Variscische regionale metamorfose¹⁹ en B. de post-tektonische contactmetamorfose²⁰, die door de intrusie van de granieten veroorzaakt is.

A. In de omgeving van Tintagel zijn de Bovendevoonische en Ondercarbonische gesteenten regionaal gemetamorfiseerd tot chloriet- en biotietischisten met een sterk ontwikkelde cleavage (druksplijting). De graad van metamorfose was ongeveer midden-groenschistfaciës. Zij liggen tussen minder metamorfe gesteenten met een zwakkere cleavage. Ten noorden van de Lizard is de pumpellyiet-actinolietfaciës (een lage graad van metamorfose) gelieerd met de eerste fase van deformatie (zie Tektoniek).

B. De contactmetamorfe aureolen rondom de granieten kunnen tot ongeveer 6,5 km breed zijn, afhankelijk van de diepte waarop de intrusie plaats vond en de grootte daarvan. Ook de aard van het omringende gesteente speelt een rol. Aan de buitenste randen van de aureolen kunnen vlekken de enige aanwijzing zijn voor contactmetamorfose. In kleiige gesteenten zijn nabij het granietcontact soms kwarts-cordiëriet-biotiet-hoornrotsen ontstaan, maar meestal komt andalusiet voor in de plaats van cordiëriet. In meer kalkige gesteenten ontwikkelden zich amfibool, pyroxeen en granaat. In de echte kalkstenen van Ondercarbonische ouderdom aan de noordrand van Dartmoor ontstonden kalksilicaat-hoornrotsen met wollastoniet, granaat en calciet. Uit het magma afkomstige borium droeg bij tot de vorming van toermalijnrijke gesteenten (schorliet). Metamorfose van groengesteenten leidde tot de vorming van hoornblend-plagioklaas-gesteenten.

Tenslotte gaf late hydrothermale activiteit aanleiding tot retrograde metamorfose²³, waarbij overwegend chloriet, kwarts, sericiet en muscoviet ontstonden. Zie afbeelding 3.

Mijnbouw

In tegenstelling tot de grote mijnbouwkundige activiteit in vroeger eeuwen, waarvan de vele verlaten mijnen en groeves getuigen (afb. 5), waren er omstreeks 1970 nog maar vier mijnen in gebruik. Er is echter hernieuwde belangstelling voor het gebied, wat blijkt uit een grotere activiteit met betrekking tot het opsporen van ertsen. De voornaamste gewonnen ertsmineralen zijn die van tin (er zijn aanwijzingen dat cassiteriet, het belangrijkste tinerts, al in de Bronstijd (± 1800 v. Chr.) werd ontgonnen) koper, lood, zink, zilver (als bijproduct van lood), arseen, antimoon, ijzer en mangaan. Daarnaast wordt of werd in mindere mate wolfram, kobalt, nikkel, uranium, bariet en fluoriet gemijnd. In zeer kleine hoeveelheden wordt bismut, molybdeen en goud aangetroffen.

Al deze ertsen komen voor in gemineraliseerde gebieden, die geassocieerd zijn met de granietintrusies. Op sommige plaatsen werd cassiteriet ontgonnen in de afzettingen van (voormalige) rivierdalen. De als erts ontgonnen mineralen ontstonden door het binnendringen van restmagma's en rijk aan vluchtige bestanddelen zijnde fracties van het magma in de spleten die voorkwamen in de reeds gestolde graniet en in het omringende gesteente. In het algemeen staan de ertsgangen, "lodes" genaamd, in directe relatie tot de vele breukstructuren, met name de afschuivingen. De oriëntatie van vele hypothermale tingangen komt overeen met die van een hoofd-diaklzensysteem in de graniet, dat ruwweg NE-SW tot E-W loopt. Een later ontstaan mesothermaal systeem van gangen ("cross-

courses") met lood- en zinkertsen heeft een oriëntatie die hier ongeveer loodrecht op staat. De helling van de gangen is in het algemeen groter dan 70°, maar sommige hebben een helling van minder dan 45°. Afb. 4. Het ertsgehalte van de gangen varieert sterk in horizontale en verticale richting. Zij zijn gewoonlijk het rijkst aan mineralen op punten waar de strekking of helling een sterke verandering van richting vertoont of waar gangen elkaar snijden. De soort en hoeveelheid van ertsmineralen laat soms wel, soms niet een duidelijke samenhang met het nevengeesteente zien. Door uitloging en daaropvolgend neerslaan van de opgeloste mineralen nabij de grondwaterspiegel kan een sterke secundaire aanrijking van ertsen optreden, vooral van koper-sulfiden en kopercarbonaten.

De mineraalafzettingen komen grotendeels voor in de vorm van aders en omzettingzones. Vanaf het centrum van mineralisatie (i.c. de granietintrusie) naar buiten toe kan men vijf types onderscheiden:

I. Overwegend kleinere aders met veldspaat, kwarts, wolframiet, soms cassiteriet en in wat mindere mate fluoriet en sulfiden.

II. Smalle aders die omgeven worden door greisen (kwarts-glimmer-gesteente) met chloriet, toermalijn en wat cassiteriet en wolframiet. Het omgevende gesteente is sterk gekaoliniseerd en gesericitiseerd (omgezet in kaolien, resp. sericiet; beide zijn kleimineralen).

III. Kwarts-cassiteriet-aders met sulfiden (arsenopyriet en Fe-rijke galeniet) en wat wolframiet. Deze aders zijn de belangrijkste tinleveranciers. Deze gangen, waarvan het nevengeesteente zeer sterk getoermaliniseerd, gechloritiseerd en op wat grotere afstand van het contact ook gesericitiseerd is, gaan geleidelijk over in:

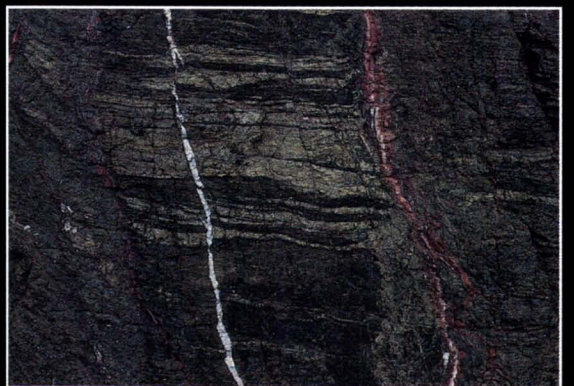
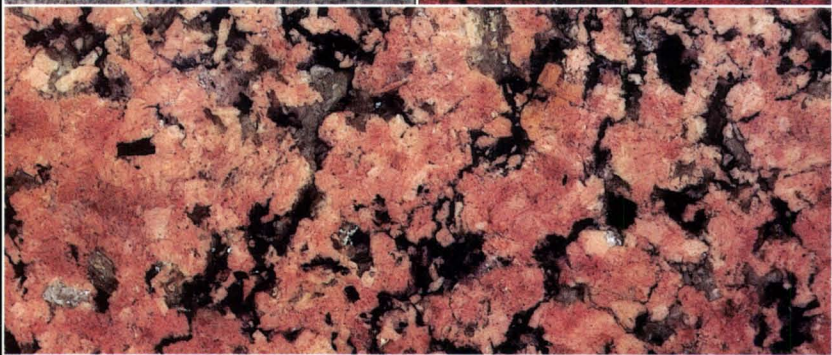
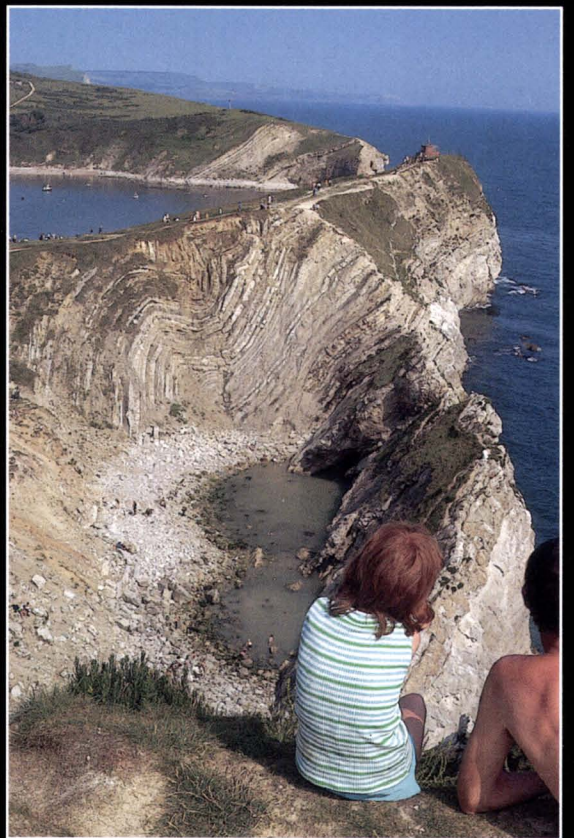
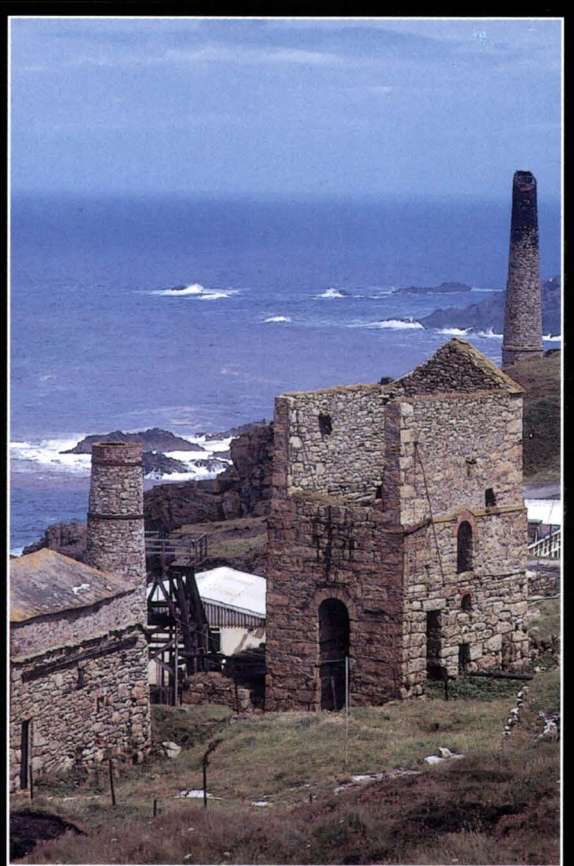
IV. Mineralisaties met minder sterke omzettingen, deze aders bevatten veel chalcopyriet, pyriet, sfaleriet en wat fluoriet en hematiet.

V. Het vijfde type heeft als gangesteente kwarts en carbonaat en bevat galeniet, sfaleriet, pyriet en andere sulfiden. In sommige wordt zilver, kobalt en pekblende aangetroffen.

Door hernieuwde magmatische activiteit kunnen deze zones echter in elkaar geschoven zijn (telescoping), of zelfs van volgorde veranderd zijn.

De afzettingen van kaolien (porseleinaarde) zijn op het ogenblik de belangrijkste delfstof in het gebied. De kaolien is in oorsprong magmatisch gevormd door sericitisatie en kaolinisatie van de graniet door hydrothermale oplossingen, afkomstig uit de aders, maar naar men aanneemt is tijdens het Tertiair de hoeveelheid kaolien belangrijk vergroot door verwerking. In de omgeving van St. Austell en St. Dennis zijn verscheidene grote "claypits" te vinden. Hoge, witte afvalbergen markeren er het landschap. Ze bestaan grotendeels uit kwarts, maar ook o.a. toermalijn is algemeen. Kleurenfoto C.

Verder wordt klei ontgonnen voor de baksteenindustrie. Zand, grind en gebroken steen dienen voor de bouw en aanleg van spoorwegen e.d.



A	B
C	
E	G
F	H

bij de kleurenfoto's

A. Wolzakstructuren, door verwerking ontstaan, in graniet. De plaatselijke bevolking zag er eerder kaaspersen dan wolbalen in en noemde ze "cheese wrings". Cheese Wring Quarry, Bodmin Moor, coördinaten 186/26-72.

B. De hoge "engine houses", machinegebouwen boven de tinmijnen, zijn typisch voor het landschap van Cornwall. Ze zijn bijna alle verlaten, zoals deze ruïnes van de Levant mine, aan de kust tussen Cape Cornwall en Pendeen Watch. De nog wel werkende Geevor mine loost roodachtig slib in zee, zoals achter de gebouwen te zien is (foto 1973).

C. De St. Austell-graniet is op grote schaal "gekaoliniteerd", waarbij door circulerende zure vloeistof de veldspaten werden omgezet in een wit, aardachtig produkt: kaolien. Dit wordt ten N van St. Austell in vele open groeven gewonnen, o.a. voor de papier- en porseleinfabricage. De foto toont de Blackpool Clay Pit bij St. Austell. De kaolien wordt met waterstralen bespoten, de slurrie gaat naar een fabriek. Vooral kwarts blijft over, deze wordt op hoge afvalbergen gedumpt: de "white Alps". Mineralen in de graniet en de aders hierin zijn o.a. glimmers (biotiet, gilbertiet = een gelige muscoviet), kwarts (amethyst), toermalijn, turkoois, topaas.

D. Scheefgestelde en geplooidde lagen uit het Purbeckien en Portlandien (B.-Jura) zijn goed te zien in de Stair Hole (ten O van Osmington, Dorset). Op de achtergrond is een deel van de Lulworth Cove zichtbaar. Hier is de zee via een oude rivierdoorsnijding achter de harde Jura-riche binnengedrongen en heeft zachtere Wealden-lagen weggespoeld, waardoor een uitholling in de kustlijn ontstond. Ook bij Stair Hole zijn de zachte lagen aan erosie onderhevig.

E. Enkele dunne aders, waaronder een met ertsmineralen, in een greisen: een kwarts-glimmergesteente. Vergroting 1,8 x. Herkomst: Cligga Head, N-Cornwall. Een greisen is doorgaans een plaatselijke verandering van graniet in de buurt van aders, waar vluchtige delen uit een restsmelt – die chemisch zeer actief zijn – vooral de veldspaten sterk aangetast hebben. Deze kunnen zodoende vervangen zijn door witte tot groengrijze glimmeraggregaten, die vaak lithiumhoudend zijn. Ook fluoriet (paars) en topaas kunnen in greisen worden aangetroffen.

F. Toermalijngraniet, vergroting 2,5 x, Luxulyan. Aan de randen van granietintrusies, in het bijzonder in Cornwall, treedt vaak "toermalinisatie" op onder invloed van boriumhoudende circulerende vloeistoffen. In plaats van biotiet wordt toermalijn gevormd, bij toenemende concentratie van de "flux" worden ook de veldspaten vervangen; in een laatste stadium is er alleen nog kwarts naast toermalijn. De foto toont een gestopt stadium, waarin steenrode kaliveldspaatkristallen nog wel aanwezig, maar sterk gecorrodeerd zijn. De toermalijn komt voor als "zonnen": radiaalstralige aggregaten.

G. Geserpentiniseerde peridotiet, roodgekleurd door ijzer, vergroting 1,8 x, Lizard-schiereiland, rolsteen. Peridotiet is een ultrabasisch gesteente, mogelijk afkomstig uit de aardmantel, dat voornamelijk uit Mg- en Fe-rijke silicaten (olivijn en orthopyroxen) bestaat. Dichter bij het aardoppervlak gekomen, en bij aanwezigheid van water, wordt

peridotiet veelal "geserpentiniseerd", d.w.z. dat de magnesiumsilicaten overgaan in serpentijnmineralen, die overwegend lichtgroen van kleur zijn. Zij kunnen echter gemakkelijk verkleuren door oxidatie en daardoor in allerlei tinten van rood, geelgroen en bruin voorkomen. Pseudomorf van serpentijn naar orthopyroxen, bastiet genoemd, geven een oplichtend effect.

H. Serpentinigesteente in rotswand, met dunne aders. Afmeting circa 30 x 20 cm, Devil's Frying Pan, bij Cadgwith.

Foto's P. Stemvers, Weesp.

vervolg van pag.17

Excursies in Cornwall en Devon

I. Het Lizard Complex

Dit uit metamorfe en intrusieve gesteenten bestaande complex (zie afb. 5) wordt aan zijn noordzijde door breukcontracten gescheiden van de andere, Devonische, gesteenten van Cornwall. Uit geofysische gegevens kan worden afgeleid dat de gesteenten van het complex zich niet veel verder dan hun dagzoom uitstrekken. De geologische geschiedenis is vermoedelijk als volgt:

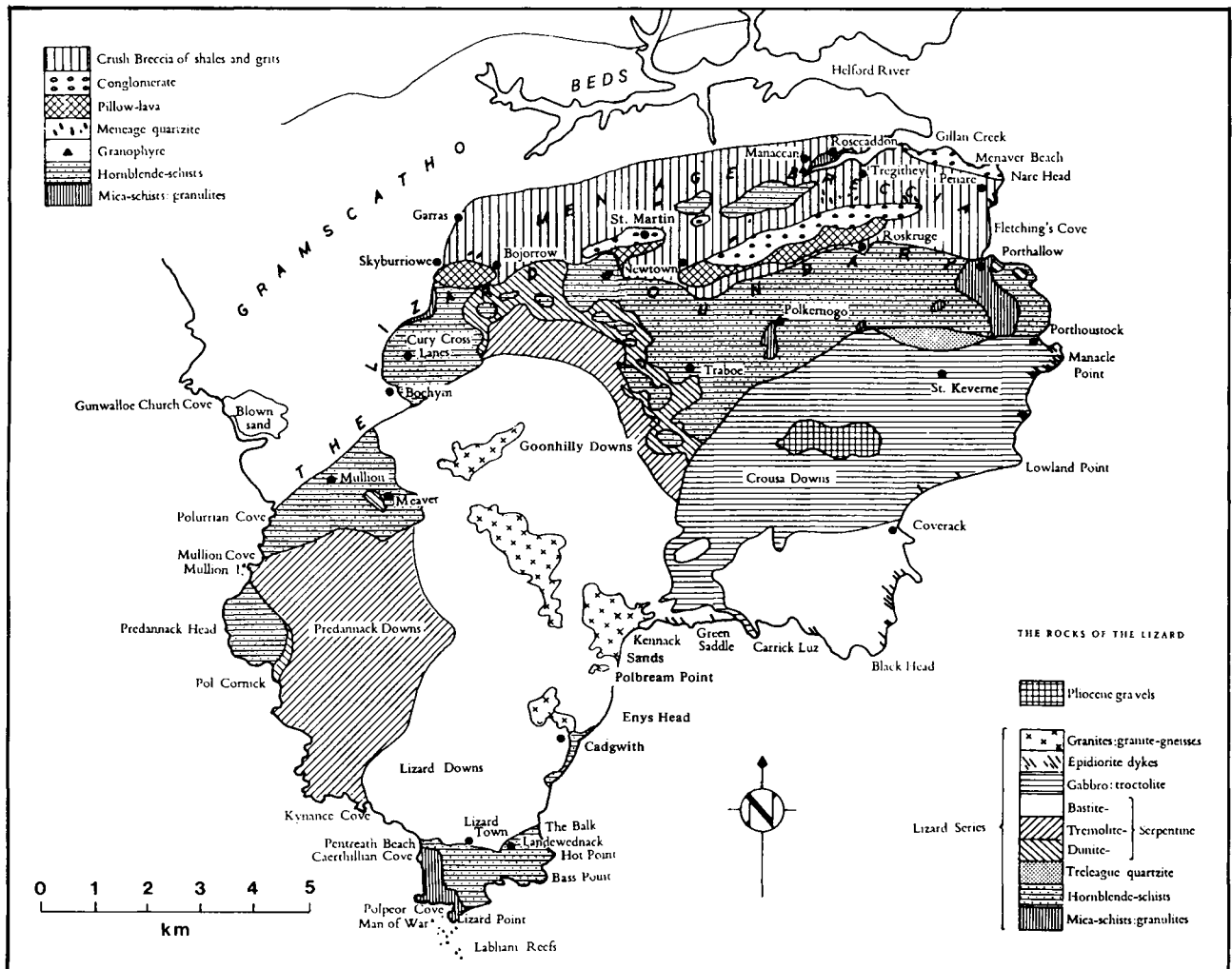
1. Afzetting van mudstones en zandstenen, vulkanische tuffen en bazaltische lava's, die nu de Old Lizard Head Series en de Landwednack- en Traboehoornblendeschisten vormen.
2. Plaatselijke intrusies van zure sills, de huidige Man of War-gneis.
3. Orogene bewegingen van Precambrische en Cambrische ouderdom, waarbij de oudere gesteenten regionaal gemetamorfiseerd werden en peridotiet (een olivijnrijk gesteente) intrudeerde, die vrijwel volledig tot serpentijn is omgezet. Rondom deze intrusies is contactmetamorfose opgetreden.
4. Intrusie van gabbro's.
5. Orogene bewegingen van waarschijnlijk Middendevonische ouderdom, waarbij zich basalt- en dolerietgangen vormden, vrijwel direct daarna gevolgd door de intrusie van fijnkorrelige graniet.
6. Opnieuw tektonische bewegingen, nu van Permo-Carbonische ouderdom, resulterend in plooiing en breukvorming, waarbij door op- en overschuivingen het gehele complex tegen en op de noordelijker gelegen Devonische sedimenten werd geschoven.
7. Post-orogeen afschuiven.

De Old Lizard Head Series bestaat grotendeels uit glimmer- en hoornblendeschisten, ontstaan uit respectievelijk kleien en vulkanische gesteenten. Hierin komen inschakelingen voor van de hoornblende- en plagioklaasamfibolieten van de Landwednack-hoornblendeschisten. Aan de contacten van deze schisten met de peridotiet vindt men de Traboehoornblendeschisten.

De Man of War-gneis wordt aangetroffen bij Lizard Point en wordt op grond van de, met het omringende gesteente overeenkomende, meervoudige plooiing verondersteld eerder dan de peridotiet te zijn geïntrudeerd.

De peridotiet, nu grotendeels gehydrateerd tot serpentijnen, is als een min of meer ronde lug ingedrongen in het nevengeesteente en vertoont naar de randen toe een sterkere omzetting en verbreciëring (vergruizing).

De boogvormige gabbro-intrusie in de omgeving van St. Keverne behoorde tot een ringcomplex dat in de perido-



Afb. 5. Geologisch kaartje van het Lizard-schiereiland. Naar R.M. Barton.

tiet gedrongen is en vertoont sterke vergruizing, met name in de vele aanwezige gangen. De bazaltische gangen, verbonden aan de algemeen in Zuidwest-Engeland voorkomende basische intrusies van Middendevoonische ouderdom, doorsnijden de oudere gesteenten, maar worden op hun beurt weer beïnvloed door de micrograniet, die soms beter injectie-gneis genoemd kan worden. Afb. 6.

Korte beschrijving van een tocht door de Lizard

Het Lizard-schiereiland dankt zijn naam aan de serpentijn-gesteenten die er voorkomen en waarvan de structuur doet denken aan de huid van een hagedis (lizard). Het gesteente werd — en wordt op kleine schaal nog steeds — in groeven gewonnen, o.a. bij Lizard Town, Coverack, Mullion. Het wordt tegenwoordig niet meer als bouw materiaal gebruikt, maar wel om er siervoorwerpen van te maken. Ter plaatse zijn dan ook zaken als asbakken en kleine vuurtorens te koop die uit het fraai geaderde, groen-rood-geel gekleurde gesteente zijn vervaardigd. Aan de kust komen verscheidene mooie ontsluitingen voor, die via paden naar het strand te bereiken zijn, b.v. Kennack Sands. In de baaien of "coves" zijn ook rolstenen van de vele Lizard-gesteenten te vinden. Kleurenfoto's G en H. Bij Polurrian Cove (iets ten noorden van Mullion Cove), aan de westzijde van het schiereiland, is het contact Lizard

Complex - Gramscatho Beds (Devoon) ontsloten. Hier zijn de leien en grauwwacks van de Gramscatho Beds door een breukbreccie gescheiden van de veldspaat-hoornblendeschisten die tot het Lizard Complex behoren.

Tussen Mullion Cove en de zuidelijker gelegen Kynance Cove zijn contacten tussen verschillende types serpentijn onderling en tussen de schisten zichtbaar, alsmede jongere graniet-gneisintrusies.

Bij Lizard Point treft men de schisten en kwartsieten van de Old Lizard Head Series aan, welke aan de uiterste zuidpunt worden afgesneden door de Man of War-gneis. Meer naar het oosten, in de Church Cove bij Landwednack, komen hoornblendeschisten met groengele epidoot voor. Aan de westzijde van het plaatsje Kennack vindt men talk en asbest in gebande gneizen; voortgaande in noordoostelijke richting zijn langs de weg naar Coverack vele basische gangen ontsloten. Afb. 6. In de Dean Quarry komen gangen voor in de aldaar ontgonnen gabbro die analciem, natroliet en prehniet bevatten.

Tenslotte kan ten noorden van Porthallow Cove de Meneage Breccie bekeken worden; deze ± 2 km brede sectie vormt de noordelijke rand van het Lizard Complex.

II. De omgeving van Cape Cornwall (Land's End)

In dit gebied is het contact tussen de Land's End-graniet en zijn metamorfe aureool goed ontsloten. Afb. 3. In de Priest's Cove, een baai pal ten zuiden van Cape Cornwall, kan bij laag water een granietsgang waargenomen worden.

Deze gang vertoont plaatselijk een pegmatitische randzone en toermalinisatie. In de omgevende hoornrots kan men andalusiet vinden. Iets ten zuiden van deze gang loopt een breuk die de hoornblende van de graniet scheidt. In de graniet nabij de breuk komen "nesten" van pegmatitisch materiaal voor, sommige met grote toermalijnkristallen. Pal ten noorden van Cape Cornwall, in de baai Porth Ledden, is het intrusieve contact tussen de graniet en de hoornrots ontsloten. Dit contact is, op plaatsen waar de graniet fijnkorrelig is, sterk getoermaliniseerd.

Bij Botallack, ongeveer twee km noordoostelijk van Cape Cornwall, kan de metasomatose (stoftransport) en de mineralisatie van de basische hoornrotsen bestudeerd worden. Op de plek Grylls Bunny werd tin gemijnd in vlak liggende ertsafzettingen, dit in tegenstelling tot de veel meer voorkomende steil staande "lodes". Onder zwart, toermalijnrijk gesteente ligt chlorietrijk materiaal met cassiteriet, erboven liggen granaat-magnetiethoornrotsen.

Bij het bovenste machinehuis van Botallack Mine, langs het pad omhoog, kan men kussenlava's herkennen. In de gesteenten rond het lager gelegen machinehuis wordt granaat, epidoot, axiniet, actinoliet, magnetiet en toermalijn gevonden. Aan de vervormde, oorspronkelijk blaasvormige holten (vesicles) kan men zien dat de gesteenten oorspronkelijk lava's waren. Iets noordelijk van Botallack liggen de oude mijnegebouwen van Pendeen (kleurenfoto B). In deze omgeving is nog één tinmijn in bedrijf.



Afb. 6. Aan het pad dat vanaf Kennack naar het strand loopt is deze dolerietdyke te zien. Het omringende gesteente is een geserpentiniseerde peridotiet waarin glimmerende kristallen van gedeeltelijk omgezette enstatiet zichtbaar zijn.

III. Verplooid gesteenten tussen Bude en Tintagel

De Devonische en Carbonische gesteenten aan de noordkust van Cornwall hebben vier fasen van deformatie (vervorming) ondergaan:

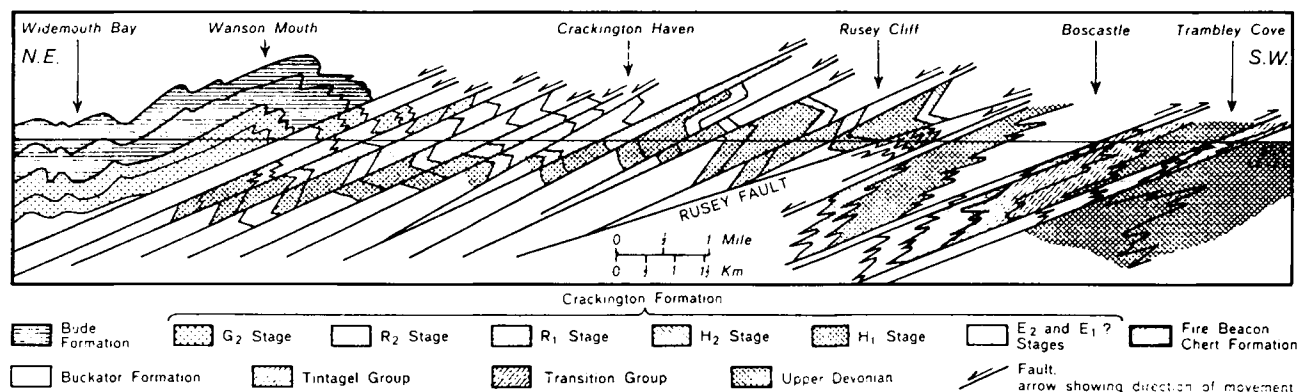
1. Een fase van plooïing met een asrichting van ongeveer oost - west. In de omgeving van Bude zijn deze plooïen rechtopstaand, in zuidelijke richting krijgen zij een meer liggende oriëntatie met een noordwaarts hellend assenvlak.
2. Afschuivingen langs zwak noordwaarts hellende breukvlakken, geassocieerd met plooïing.
3. Afschuivingen langs steile breukvlakken.
4. Horizontaalverschuivingen (wrench-faults), die groten-deels noordwest - zuidoost lopen.

Men vermoedt dat de min of meer rechtopstaande plooïen in het gebied tussen Bude en Wanson Mouth de normaal liggende flank van een zeer grote plooï vormen (zie afb. 7), terwijl het gedeelte Wanson Mouth - Rusey Beach de overkopte vleugel vormt. Op kleine schaal is dit te zien aan de lange overkopte delen van de plooïen langs laatstgenoemd traject. Dit fenomeen wordt nog versterkt door het voorkomen van zwak noordwaarts hellende afschuivingen, waardoor de omgekeerde lange vleugel van deze plooïen overheerst, omdat de korte flank door de breuk-

bewegingen vrijwel verdwenen is.

Er is een plotselinge toename in graad van metamorfose en sterkte van plooïing bij de Rusey-breuk. Dit kan verklaard worden door een afschuiving langs dit zwak in noordelijke richting hellende breukvlak, zodat dieper gelegen gesteenten naar de oppervlakte zijn gebracht.

Afb. 7. Schematisch profiel tussen Trambley Cove en Widemouth Bay. Talloze breuken hebben een kleine hoek t.o.v. het zeeniveau. De Rusey Fault (R.-breuk) is de scheiding tussen gesteenten met verschillende metamorfosegraad. Zie de tekst.

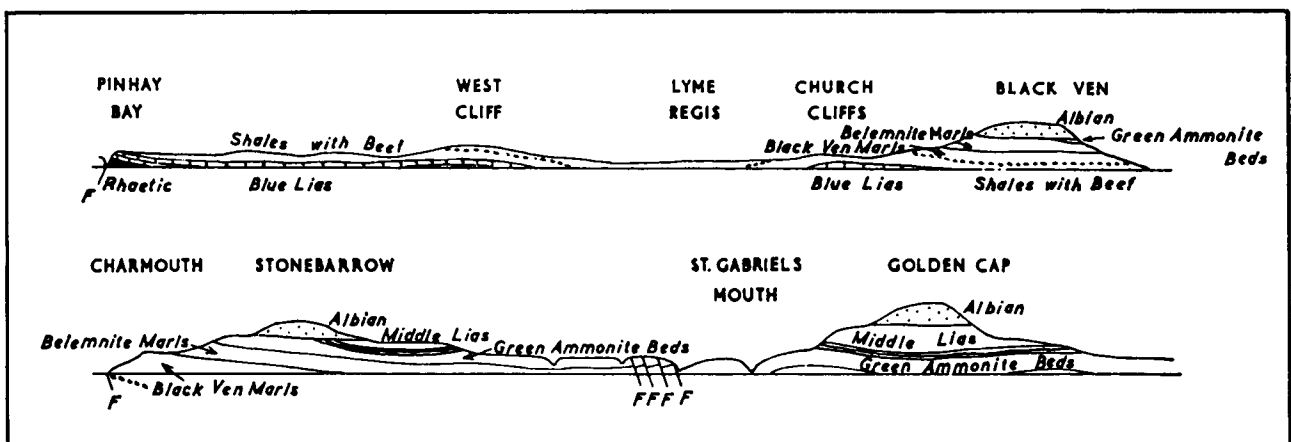




Afb. 8. Zig-zag-plooien in het klif van Millook Haven.

De tweede fase overheerst in het gebied ten zuiden van Rusey, ten noorden hiervan heeft deze fase in de kleiige gesteenten de zeer veel voorkomende zig-zag-plooien veroorzaakt. In de zandstenen is de plooiing van een meer concentrisch (afgerond) karakter. Een indrukwekkend voorbeeld is te zien bij Millook Haven (zie afb. 8), waar een cascade van zig-zag-plooien het klif beheerst. De vele afschuivingen volgen een vlak parallel aan de langste flank van deze plooien. Op meerdere plaatsen, zoals bij Rusey

Afb. 9. Schematische klifsectie tussen Pinhay Bay en Seatown (naar Arkell). Lengte van het profiel ± 10 km, hoogteschaal sterk vergroot.



Cliff, is een later aaneengekitte breukbreccie gevormd. De plooiing en breukvorming van deze tweede fase werd aan het eind van het Devoon veroorzaakt door het omhoogkomen van de Bodmin Moor-graniet.

De derde fase veroorzaakte afschuivingen in noordelijke richting, waardoor een verlenging van de reeds genoemde omgekeerde vleugel van de grote plooi optrad. Bij o.m. Crackington Haven en Millook Haven werden deze breukvlakken gemineraliseerd, ze bevatten lood, zink en koper. De vierde fase, met horizontaalverschuivingen die ongeveer NW - SE lopen, is grotendeels van Tertiair-Kwartaire ouderdom. Deze breuken komen in een aantal zones voor, waarvan, hoewel de verplaatsing langs elke breuk op zich in de orde van een kleine honderd meter is, het cumulatieve effect een paar kilometers kan bedragen.

Het gaat te ver om de tektoniek van deze kuststrook in detail te beschrijven; de lezer wordt verwezen naar de publicatie van Fresney et al. (1972). De bezoeker van dit gebied kan nabij Barras Nose in de Rocky Valley een in de rotsen uitgehouwen cirkelvormig teken aanschouwen, waarvan vermoed wordt dat het van Fenicische oorsprong is. Voor de liefhebber kan nog vermeld worden dat in de schalies nabij het zwembad (Saturday's Pit) van Bude concreties worden gevonden met visfossielen (*Cornubonicus budensis*), maar men wordt verzocht met beleid te hakken en te graven, na toestemming te hebben gevraagd.

IV. De omgeving van Lyme Regis

De belangrijkste punten uit de geologische geschiedenis van het gebied zijn:

1. Begin-Jura de aanvang van een marien en semi-marien afzettingsmilieu na een lange periode van min of meer continentale omstandigheden gedurende het Perm en de Trias.
2. Mariene sedimentatie van zowel ondiep- als diepwater-karakter tijdens de Jura.
3. Tegen het eind van de Jura regressie en erosie na lichte tektonische bewegingen die de gesteenten een lichte scheefstelling in overwegend oostelijke richting gaven.
4. Afzetting van Krijt-gesteenten met een groot hiaat t.o.v. de onderliggende gesteenten.
5. Erosie gedurende het Cenozoïcum, waardoor met grind bedekte Krijt-gesteenten hoger gelegen erosie-resten vormen, terwijl oudere gesteenten dagzomen in de tussenliggende dalen en in de kliffen aan de kust.



Afb. 10. Gezicht vanaf Lyme Regis richting Charmouth, met Black Ven (midden) en Golden Cap (achteraan, rechts).

Ontsluitingen aan de kust in de Onder-Lias

We gaan hier iets dieper in op het traject Pinhay Bay - Lyme Regis - Seatown.

Aan de oostzijde van de breuk in de Pinhay Bay dagzoomt het Rhaetien met als bovenste deel de Witte Lias. Daarop ligt de Onder-Lias, waarvan de onderste vier meter geen ammonieten bevatten. Daarna is langs de kust tot aan Lyme Regis de Blauwe Lias ontsloten (zie afb. 9 en 10). Deze formatie bestaat uit een afwisseling van dunne kalkstenen en kalkige schalies met een blauwige tint. Tussen Seven Rock Point, een kaap waar men alleen bij laag water omheen kan lopen, en Lyme Regis vormen de

kalksteenbanken brandingterrassen waarin prachtige grote ammonieten (Arietitites-achtigen) en nautiloïden te zien zijn. Verder worden de kleine brachiopode *Calcirhynchia calcera* (afb. 11a), de oester *Gryphea arcuata* (zie afb. B 7 pag. 32) en crinoiden veel aangetroffen.

Vlak voor Lyme Regis duikt de Blauwe Lias onder het strand en komen de daarop liggende Black Ven-mergels op ooghoogte. Dit zijn voornamelijk donkere kleine en schalies. Het onderste deel is bekend als de "Shales with Beef" (schalies met vlees), omdat er dunne lagen secundaire vezelige calciet in voorkomen met de vezelrichting ongeveer loodrecht op de gelaagdheid, zodat de structuur aan vlees doet denken. De "Shales with Beef" zijn fossielrijk, vooral ammonieten komen voor, zoals *Arnioceras semicostatum* (zie afb. B2, pag. 32).

Bij aankomst in Lyme Regis moet men even op de oude golfbreker van de haven letten. Deze is opgebouwd uit blokken "Roach", een kalksteen met zeer veel schelpfragmenten, die afkomstig is van de top van de Portland Beds, afgezet aan het eind van de Jura in de omgeving van Portland.

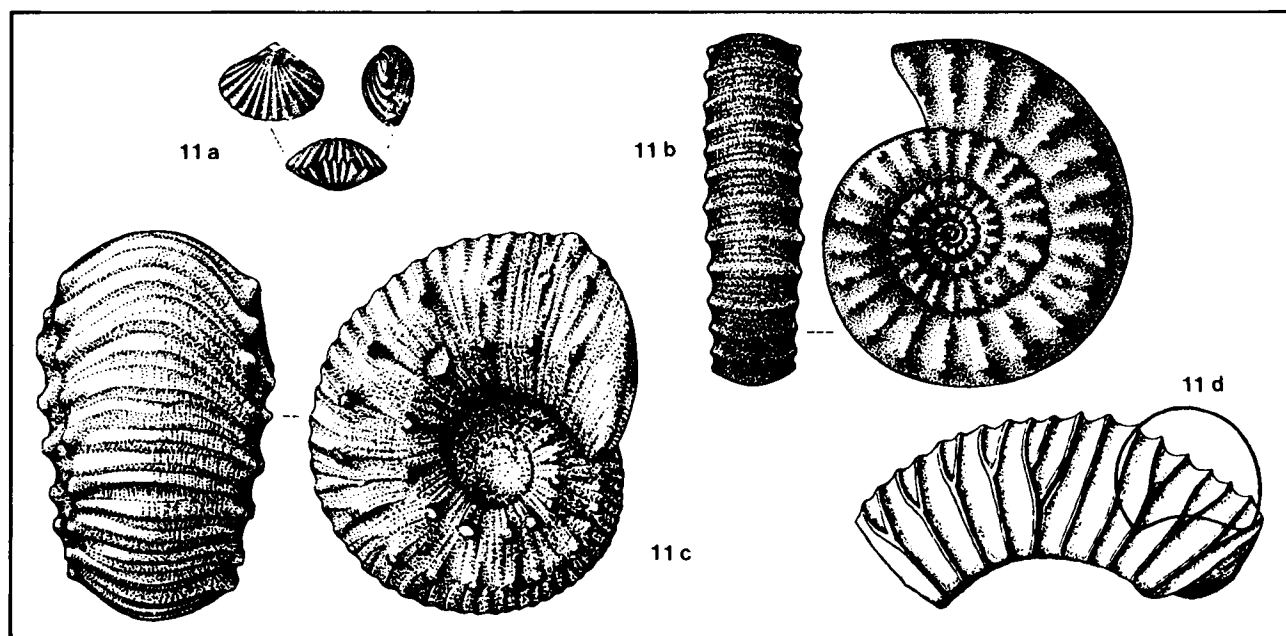
Pal ten oosten van Lyme Regis wordt de Blauwe Lias weer in een anticline aan de oppervlakte gebracht ter plaatse van de Church Cliffs, nu helaas grotendeels ontoegankelijk door een nieuwe zeekering. De zachte kliffen onder de heuvel Black Ven zijn erg afgestort. In deze omgeving vond Mary Anning in de vorige eeuw o.a. de bekende ichthyosaurus-fossielen. De Black Ven bestaat grotendeels uit de gelijknamige mergels (Black Ven Marls), deze bevatten veel fossielen. Met wat geluk kan men er de bekende zeelelie *Pentacrinites fossilis* (afb. 12) tegenkomen, die vaak gepyritiseerde, complete skeletten op vlakke kalkplaatjes heeft nagelaten. Verder zijn er ammonieten, zoals de algemene *Microderoceras birchi* (afb. 11b), *Caenisites brooki*, *Promicroceras planicosta* (afb. B3, pag. 32), *Echioceras raricostatum* (afb. B6 aldaar) en *Asteroceras stellare* (afb. B4). *Microderoceras birchi* komt voor in knollen, of nodules, die in een bepaalde laag liggen: het Birchi Nodular Bed, dat als de grens tussen de Shales with Beef en de eigenlijke Black Marls beschouwd wordt. De op de Black Ven Marls liggende lichter gekleurde Belemniet-mergels zijn goed ontsloten. Het bovenste deel bestaat uit Gault (Krijt), maar aan de oostzijde komt hieronder nog een wig van een paar meter "Green Ammonite Beds", het bovenste deel van de Onder-Lias (Jura),

Afb. 11a. *Calcirhynchia calcera*, een brachiopode, Het-tangien (Onder-Lias), x 1.

Afb. 11b. *Microderoceras birchi*, ammoniet, Sinemurien, ca. x 1/2.

Afb. 11c. *Liparoceras cheltiense*, Onder-Pliensbachien, ca. x 1/2.

Afb. 11d. *Pavlovia rotunda*, fragment van ammoniet, kenmerkend voor het Kimmeridgien, x 1.





Afb. 12. Pentacrinites fossilis, een gepyritiseerde zeelolie, die soms op het strand onder Black Ven kan worden gevonden. Het complete ex. is 5½ cm hoog.

voor. In de Black Ven is zodoende duidelijk de discordantie tussen de Jura en het Krijt zichtbaar.

Op het strand onder de kliffen van Stonebarrow kunnen al dan niet gepyritiseerde ammonieten gevonden worden. Aan de bovenzijde van de Belemniet-mergels is de Belemniet-stone goed herkenbaar, afgestorte brokstukken vol met belemnieten kunnen op het strand worden gevonden. Ten oosten van St. Gabriel's Mouth bestaan de kliffen uit "Green Ammonite Beds", met veel fossielen, o.a. van ammonieten waarvan de kamers gevuld zijn met groenachtige calciet, vandaar de naam. *Liparoceras*-soorten zijn er algemeen. Afb. 11c.

Het bovenste deel van de Golden Cap, het hoogste klif aan dit deel van de kust, bestaat uit het Bovenste Groenzand. Het onderste gedeelte bestaat uit de "Green Ammonite Beds", er tussenin zijn de "Three Tiers", drie harde, uitstekende zandsteenbanken, zeer goed zichtbaar. Zij geven de basis van de Midden-Lias aan.

Op de lage kliffen ten oosten van de Golden Cap kunnen vele "groene" ammonieten worden gevonden, terwijl men verder in de richting van Seatown loopt. Hier wordt door een breuk de Midden-Lias op zeeniveau gebracht, terwijl de Onder-Lias verder oostwaarts niet meer dagzooit.

V. De geologie rondom Portland

Chesil Beach

Dit ± 29 km lange strand (weergegeven op afb. 13), bestaande uit strandgrind, begint bij Burton Bradstock als een gewoon strand, maar gaat na ongeveer 13 km over in een strandwal die The Fleet, een ondiepe lagune, scheidt van de zee. Zowel de breedte en hoogte van de wal alsook de korrelgrootte van het voornamelijk uit vuursteen bestaande materiaal nemen toe (van fijn grind tot grof grind) in de richting van Portland.

De opmerkelijk constante korrelgrootte op een bepaalde plaats en de toename daarvan in zuidoostelijke richting is nog niet eenduidig verklaard. Men neemt aan dat de grotere stenen in ZO-richting verplaatst kunnen worden onder invloed van de sterkere, uit de Atlantische Oceaan komende golven, terwijl de kleinere fractie juist in tegen-gestelde richting verplaatst wordt door de zwakkere golven die uit de Noordzee komen.

Portland-Weymouth-Purbeck

Structureel gezien is dit gebied de zwak hellende, zuidelijke flank van een anticline, waarvan de as ongeveer in oost-west-richting door de plaats Lodmoor loopt. Van beneden naar boven is de gesteenteopvolging globaal als volgt: Kimmeridge Clay - Portland Sand - Portland Limestone - Onder-Purbeck. Door de druk van de erop-liggende gesteenten worden de klei en het zand weggedrukt, zodat aardverschuivingen ontstaan. Deze hebben tot gevolg dat de kalksteen van de Portland Limestone-groep steile kliffen vormt, vaak langs hoofddiaklazen. De Kimmeridge Clay is goed ontsloten in het gebied rond Kimmeridge Bay en is, naast andere fossielen, rijk aan ammonieten (*Aulacostephanus* en *Pectinatites*). Er zijn enkele niveaus van olieschalieën aanwezig. In 1826 ontstond door spontane ontbranding bij Ringstead Bay een vuur dat vier jaar aanhield, de betreffende plaats wordt nog steeds Burning Cliff genoemd. Onder Hounstout Cliff (nabij St Alban's Head) wordt het bekende Rotunda Nodula Bed aangetroffen; de nu schaarse nodules bevatten tot 30 cm grote ammonieten (*Pavlovia rotunda*). Algemeener zijn brokstukken van deze ammoniet. Afb. 11d. De Portland Sand-groep bestaat grotendeels uit mergels, silt- en zandstenen en gedolomitiseerde zandstenen en is verder niet interessant. De Portland Limestone-formatie bestaat uit drie laagpakketten, van onder naar boven de Dungy Head-, Dancing Ledge- en de Winspit-afzetting. Alledrie zijn fossielrijk, met name ammonieten en lamelli-branchiaten (schelpen) worden veelvuldig aangetroffen. De Winspit-afzetting levert de bekende Portland-bouw-

Afb. 13. Chesil Beech.



steen. In deze afzetting kan soms de reuze-ammoniet *Titanites* worden gevonden, maar schelpen komen meer voor.

De Purbeck-groep kan worden onderverdeeld in de Lulworth Beds (Jura) en Durlston Beds (Krijt). Er zijn tot dusverre geen ammonieten in aangetroffen, zodat correlatie met andere gebieden moeilijk is. De gesteenten van de Lulworth Beds bestaan uit dunbankige lagunaire kalkstenen en geven t.o.v. de dikbankige mariene kalken van de eronder liggende Portland-groep dus een verandering van milieu aan. De basis bestaat veelvuldig uit evaporieten. De basis van de Durlstone Beds is daarentegen marien en weerspiegelt een transgressie. Het gesteente bestaat plaatselijk vrijwel alleen uit oesterschalen. Daarop liggen kalkstenen van zowel mariene als zoetwater-oorsprong. In deze kalkstenen, vooral ontgonnen in groeves op Purbeck, zijn veelvuldig voetsporen van dinosauriërs gevonden. De Durlston Beds gaan naar boven toe over in de zanden en grinden van het Weald, die door rivieren afgezet zijn. Deze gesteenten zijn in andere gebieden, met name in het Weald (een landstreek in Kent) uitgebreider onderzocht dan in het hier behandelde gebied, zodat we er verder geen aandacht aan zullen schenken.

Geologische termen verklaard

1 Synclinorium: een samengestelde, grootschalige syncline die uit meerdere plooien van een kleinere orde bestaat. Het omhullend oppervlak van deze plooien is op zich een synform (een plooi die naar beneden sluit).

2 Discordant: door een scheidingsvlak gescheiden van de oudere, onderliggende gesteenten, de gelaagdheid hiervan maakt vaak een hoek met die van de jongere gesteenten.

3 Orogenese: episode van tektonische activiteit en gebergtevorming, gewoonlijk aan plaatgrenzen waar aardkorst verdwijnt (destructieve plaatgrenzen).

4 Batholiet: een groot, onderaards ingedrongen magmatisch gesteentelichaam, overwegend van granitische samenstelling, dat zich tot onbekende diepte uitstrekt.

5 Faciës: het totaal van eigenschappen van een gesteente, voortkomende uit plaats en vorming ervan. Het milieu en klimaat tijdens vorming van een gesteente zijn voorbeelden van invloeden op de faciës.

6 Flysch: dikke opeenvolging van door troebelingsstromen afgezette grauwackezandstenen, afgewisseld met mariene schalies, afkomstig van snel opgeheven en geërodeerde plooingsgebergten; in de latere stadia van orogenese wordt ook de flysch betrokken.

7 Chert: silex, hoornsteen, vuursteen.

8 Troebelingsstromen: afglijdingen van los sediment langs de continentale hellingen van continenten. Door hun hoge dichtheid ten gevolge van het in suspensie vervoerde sediment bewegen deze stromen dicht langs de bodem, waardoor de zeebodem geërodeerd wordt. Bij afnemen van de stroomsnelheid wordt de sedimentlading afgezet.

9 Concordant: het scheidingsvlak tussen oudere en jongere gesteenten loopt evenwijdig aan de gelaagdheid.

10 Transgressief: een opeenvolging van de gesteentelagen die een dieper worden van de zee weerspiegelt, dit houdt in dat de kustlijn zich verwijderd van de betreffende plaats.

11 Oölitisch: bestaande uit bijna ronde korrels met een concentrische structuur, een karakteristiek produkt van carbonaatneerslag in ondiepe, warme, door stromingen schoongehouden zeegebieden.

12 Diaklazen: breuken in gesteenten zonder zichtbare verplaatsing. Zij komen meestal in evenwijdige sets voor.

13 Geosynclinaal: ook wel geosyncline genoemd, een langgerekt dalingsgebied in de aardkorst dat opgevuld

wordt met sedimenten die een aanzienlijke dikte kunnen bereiken en naderhand kunnen worden geplooid.

14 Dextraal: een verplaatsing langs een vertikaal breukvlak, waarbij in het horizontale vlak gezien de relatieve verplaatsing van de betreffende blokken in de richting van de wijzers van de klok is.

15 Granitisatie: omzetting van omgevend gesteente tot graniet onder invloed van hete vloeistoffen en gassen zonder dat een magmatisch stadium doorlopen wordt.

16 Fenokristen: ten opzichte van de grondmassa duidelijk grotere kristallen in een magmatisch gesteente, in een vroeg stadium van kristallisatie gevormd.

17 Pegmatiet: zeer grofkorrelig, intrusief magmatisch gesteente, verbonden aan onderaards gestolde gesteentelichamen (plutonen), met een daaraan verwante chemische samenstelling, soms echter aangerijkt met ongewone elementen en mineralen. Zij zijn gewoonlijk in een laat stadium van de intrusie ontstaan.

Apliet: Fijnkorrelig gesteente, voorkomend als aders in granieten of het direct omringende nevengesteente, veelal wat SiO₂-rijker dan de graniet.

18 Lamprofier: alkalirijk, donkergekleurd, in gangen voorkomend gesteente, rijk aan biotiet of andere donkere mineralen (augiet, hoornblende). In het algemeen zijn lamprofieren sterk omgezet.

19 Regionale metamorfose: de verandering van de mineraalinhoud en de structuur van reeds bestaande gesteenten zonder dat zij hierbij vloeibaar worden, veroorzaakt door de hoge temperatuur en druk op grote diepten.

20 Contactmetamorfose: ofwel thermische metamorfose: een overeenkomstige verandering, maar dan bij hoge temperatuur en lagere druk, komt voor rondom magmatische intrusies.

21 Retrograde metamorfose: een metamorfose waarbij reeds eerder gemetamorfoseerde gesteenten opnieuw aan verhoogde druk en/of temperatuur worden onderworpen, echter niet in die mate als tijdens de oudere metamorfose, zodat de toen gevormde mineralen worden omgezet in andere, die een lagere graad van metamorfose kenmerken.

Literatuur

Ager, D.V.; Smith, W.E. (1973) — The Coast of South Devon and Dorset between Branscombe and Burton Bradstock; Geologists' Association Guides no 23

Anderson, J.G.C. (1983) — Field Geology in the British Isles; Pergamon Press

Bennison, G.M.; Wright, A.E. (1970) — The Geological History of the British Isles; Edward Arnold Publishers, London

Edmonds, E.A.; McKeown, M.C.; Williams, M. (1975) — British Regional Geology: South-West England; Her Majesty's Stationery Office, London

Freshney, E.C.; McKeown, M.C.; Williams, M. (1972) — Geology of the Coast between Tintagel and Bude; HMSO, London

Hall, A. & Jackson, N.J. (1975) — Summer Field Meeting in West Cornwall; Proceedings of the Geologists' Association, vol. 86, 1975, Part 1

Hancock, P.L. (1983) — The Variscan Fold Belt in the British Isles; Adam Helger, Bristol

Melville, R.V.; Freshney, E.C. (1982) — British Regional Geology: the Hampshire Basin and Adjoining Areas. HMSO, London

Smith, D.G. ET AL. (1983) — Cambridge Encyclopedie van de Aardwetenschappen; Unieboek, Weesp

Steers, J.A. (1948) — The Coastline of England and Wales. Cambridge.

Onlangs verschenen in Geonieuws (uitg. Mineralogische Kring Antwerpen) twee uitgebreide artikelen over mineralenvindplaatsen in Cornwall, door W.R. v.d. Berg. Het betreft de nummers 9 en 10 van jaargang 9 (1984). Deze uitgaven zijn leverbaar en wel door storting van f. 8,50 (incl. porto) op AMRO-bank Schoorl, (postgiro

2162), rekening 43.12.56.845, t.n.v. P. Tambuyser, Bovenweg 23, Schoorl. Voor België geldt een prijs van 125 BF (incl. porto), over te maken aan H. Dillen, Doornstraat 15, B-2780 St-Gillis-Waas, postrekening 000-0291704-25. Men ontvangt dan beide nummers (red.).

Mesozoïsche afzettingen in Oost-Engeland: een speurtocht naar Jura- en Krijtfossielen

door Ir. G. Buntsma

Een klifkust vormt een natuurlijke ontsluiting: het klif laat een doorsnede van diverse geologische lagen zien en op het abrasieplatform kunnen fossielen uit een bepaalde laag gevonden worden. De erosie van de zee zorgt ervoor dat er steeds nieuw materiaal voorhanden is. Ten eerste omdat het platform zelf erodeert en ten tweede doordat klifinstortingen nieuwe stenen uit hogere lagen leveren. Kliffen bieden dan ook prachtige gelegenheden om iets meer van de geologie te weten te komen en om fossielen te zoeken. Dit artikel zal de geologie en de fossielen van de klifkust van North Yorkshire en een stukje kust van Humberside tot onderwerp hebben.

Het lagenpakket in Yorkshire helt af naar het oosten. Aangezien de kust van noordwest (Whitby) naar zuidoost (Bridlington) loopt, zult u van Whitby naar Bridlington toe steeds jongere lagen te zien krijgen. Een bekken in Whitby, een dome in Robin Hood's Bay en breuklijnen zoals de Peak Fault bij Ravenscar zorgen voor plaatselijke uitzonderingen. In het eerste gedeelte van dit artikel komen de geologische geschiedenis en het ontstaan van de diverse lagen aan de orde. In het tweede gedeelte wordt de kust van noord naar zuid afgereisd om de vindplaatsen van fossielen te beschrijven.

Geologische geschiedenis

Tijdens de Trias stak het grootste deel van wat nu Groot-Brittannië is boven water uit; er heerste een woestijnklimaat. Aan het einde van de Trias begon het land te dalen, zodat transgressie optrad en de zee binnendrong. De afzettingen van Yorkshire ontstonden in het westelijke gedeelte van de huidige kust. In het zuiden lag een lang rif in oost-west-richting. Dit rif, dat de Market Weighton-as genoemd wordt naar de tegenwoordige stad die erop ligt, kwam tot aan het wateroppervlak of stak er juist iets boven uit. Deze situatie bleef globaal tot het einde van het Onder-Krijt bestaan.

In het Rhaetien (dit is de laatste tijd van de Trias, al wordt deze in Engeland vaak tot de Jura gerekend) was er een brakke zee waarin kleine diertjes in slechts weinig soorten voorkwamen.

Aan het begin van de Onder-Lias ontstond een ondiepe modderzee, waarin fijn sediment en weinig zand werd afgezet. Er was een rijk dierenleven, bestaande uit schelpen (vooral veel oesters), belemnieten, ammonieten en grote zeereptielen zoals Ichthyosaurussen en Plesiosaurussen. De Midden-Lias verschilde van de Onder-Lias, doordat

er naar verhouding meer zand werd afgezet. In de Boven-Lias was de zee weer modderiger en dieper.

Aan het einde van de Lias kwam de oceanobodem in beweging. Sommige delen gingen omhoog en op deze plaatsen erodeerden de bovenste lagen van de Boven-Lias (de Yeovillian Beds) af. Andere delen daalden juist en daar bleven alle afzettinglagen behouden.

Het eerstvolgende laagpakket dat werd afgezet was de Dogger, die tot de Midden-Jura wordt gerekend. De Dogger bestaat uit zandsteen, die op sommige plaatsen groen is van chamosietkorrels (een ijzersilicaat, ontstaan in warm water). Omdat de zeebodem waarop die Dogger afgezet werd niet vlak was als gevolg van de bewegingen aan het einde van de Lias, ontstond er in de diepere gedeelten een dikkere laag dan op de hoger gelegen delen. Zodoende varieert de Dogger in dikte van minder dan 1 m (Whitby) tot 12 m (Blea Wyke Point).

Het materiaal dat rivieren aanvoerden werd in de baai niet even snel door zeestromingen afgevoerd. Hierdoor groeide er aan de westkust een delta oostwaarts. De lagenpakketten afgezet in en bij de delta vormen een afwisseling van zandstenen en schalies zonder enig marien fossiel. Deze lagen zijn, van oud naar jong: de Saltwick Formation, de Cloughton Formation en de Scalby Formation. Plaatselijk komen wel plantenfossielen voor (b.v. het Whitby Plant Bed).

Om dit alles te begrijpen is het goed om naar een tegenwoordige delta te kijken. Een delta bestaat uit een netwerk van rivierarmen, die behalve water ook zand en klei richting zee vervoeren. Het zwaardere zand komt reeds in de armen zelf tot bezinking, de klei komt merendeels in zee terecht en breidt de delta onder water uit. Herhaalde overstromingen in het deltagebied zorgen niet alleen voor een moerasachtig gebied met een weelderige plantengroei, maar zorgen er ook voor, dat de vegetatie af en toe bedekt wordt met een flinke laag zand of slib en zo de kans heeft te fossiliseren. De afzettingen krijgen een chaotisch beeld, doordat de rivierarmen herhaaldelijk verstopt raken en het water nieuwe stroombeddingen richting zee uitslijt.

Gedurende de periode van deltavorming bleef de zeebodem echter zakken. Dat betekende, dat de delta-afzettingen tot driemaal toe door mariene afzettingen onderbroken werden (Eller Beck Formation, Millepore Bed, Scarborough Formation).

Aan het einde van de Jura verdween de delta voorgoed in

vervolg op pag. 28