

Firestone kaart: Mapas de Carreteras 1 : 500.000, nr. 3, C3.

Beiträge zur Kenntnis der höheren Oberkreide der Baskischen Depression (Nordspanien) und ihrer Echinozoen-Fauna, door F. Radig; uitg. Erlanger Geol. Abhandl., Heft 94, 1973.

Die irregulären Echiniden aus dem Cenoman und Turon der Baskischen Depression (Nordspanien), door H. Raabe, in: N.Jb.Paläont.Abh. 127, 1, Stuttgart, Nov. 1966.

Kaart: Firestone - Cornisa Cantabrica, T 22, 1 : 200.000.



Afb. D - 11. De Baskische kust bij Liencres, ten W van Santander. De uitverweerde zeeëgels komen vaak terecht in de geulen tussen de harde kalkbanken uit het Campanien.

Een handstukje Spaans

- Ola, Señor / Señora, buenas días / tardes (olaah, senior, senjora, boe-enos die-as = dag / tardes = namiddag, mag best tot het donker is)
- halo in het Spaans is geen ordinaire begroeting en goedendag wensen is wel een verplichting. Veel Spanjaarden antwoorden niet eens als ze niet eerst worden begroet;
- alle klinkers worden uitgesproken, het Spaans kent geen dubbelklanken
- Soy Holandés (Ik ben een Hollander)
- soi; de h wordt nauwelijks hoorbaar uitgesproken
- Soy aficionado a piedras / fósiles / minerales

(Ik ben een liefhebber van stenen / fossielen / mineralen) afisieronádo, of als een vrouw alleen het woord doet: aficionada; klemtoon op e van stenen, o van fossiel en a van mineraal

- Permíte Usted de buscar algunas muestras? (Vindt u het goed dat ik enkele monsters verzamel?)

u = oe, klemtoon e: oesté; búscar; algúnas; moe-èstras

- Muchas gracias Señor / Señora (hartelijk bedankt); tanto gusto

(het was me heel aangenaam); adiós.

Veel verder zullen we maar niet gaan, want dan gaat de Spanjaard nog denken dat u werkelijk vloeiend Spaans spreekt. Als dank? Sigaretten, sigaren (veel Spanjaarden roken als schoorstenen. Presenteer er één en als het bevalt geef het hele pakje), Hollands lepeltje met bv. een molentje, al dan niet echt verzilverd, 'Delfts' tegeltje. Het kost allemaal maar een paar gulden en het kan wonderen doen.

W. de V.

Geologie en mineraalvorming in Portugal

door Prof.Dr. L.J.G. Schermerhorn

Inleiding

Portugal, 89.106 km² groot, meet 570 km van noord naar zuid en 200 km van oost naar west. In dit kleine bestek gaat een rijke geologie schuil. Wie Portugal bezoekt en zich voor de geologie interesseert doet goed om in Lissabon de Geologische Dienst (Serviços Geológicos de Portugal, Rua da Academia das Ciências, 19-2º) te bezoeken en zich de geologische overzichtskaart van het land (op schaal 1:1000.000) aan te schaffen. Dat is wel een vrij oude kaart (1968) maar hij geeft de verdeling der gesteenten goed weer. De meer gedetailleerde kaart op 1:500.000 uit 1972 is uitverkocht. Er wordt gewerkt aan moderne geologische kaarten op 1:200.000 (van de acht zijn al enige verschenen) en verder zijn er detailkaarten op 1:50.000 van wisselende ouderdom en kwaliteit die een groot deel van het land bestrijken. Al deze kaarten alsmede overzichtskaarten van het Kwartair, de hydrolo-

gie, de delfstoffen, het continentale plat e.d. zijn hier verkrijgbaar en een bezoek aan het museum loont de moeite. Twee zaken heeft het Iberisch Schiereiland meer dan de rest van Europa: graniet en pyriet. Beide worden in dit overzicht wat uitvoeriger behandeld.

De Hercynische cyclus

De Iberische geologie valt in twee tijdvakken uiteen. Het eerste loopt tot het einde van het Paleozoïcum en het grootste deel hiervan behoort tot de Hercynische cyclus, een periode van gesteente- en gebergtevorming in Iberië die in het late Precambrium begint en in het Perm eindigt. Het tweede, post-Hercynische tijdvak omvat de Mesozoïsche en jongere geschiedenis met als belangrijkste gebeurtenissen de opening van de Noordatlantische Oceaan en de Alpine gebergtevorming.

De geologische geschiedenis van Portugal begint tegen het eind van het Precambrium (dus in de tijd vóór 550 miljoen jaar geleden) met de oudste sedimenten die in de zich ontwikkelende

Hercynische cyclus werden afgezet: de *Serie Negra*. Het zijn metamorfe schalies en zandstenen, die zwarte fijnkorrelige kwartsietlagen bevatten (zwart vanwege hun gehalte aan organisch materiaal) waaraan de Serie Negra haar naam dankt. Ze worden gevolgd door de zeer uitgestrekte *Beira Schisten* (van Cambri-sche ouderdom) die ook uit schalies en zandstenen bestaan maar geen zwarte kwartsieten bevatten. De Beira Schisten bedekken grote delen van Noord-Portugal. In Zuid-Portugal gaan ze over in het *Cambrium*, dat gekenmerkt is door een horizon uit metamorfe kalksteen, die in de grote marmergroeven van Estremoz, Borba en Vila Viçosa ontgonnen wordt.

Marmer en graniet zijn de belangrijkste gesteenten die in Portugal als siersteen voor de bouw geëxploiteerd worden. In 1989 werden 550.000 ton marmer en 115.000 ton graniet gewonnen. De helft van de marmerproductie wordt geëxporteerd: het grootste deel gaat naar Spanje, Nederland nam in 1989 4.800 ton af. Daarentegen bedroeg de (Mesozijsche) kalksteenwinning voor de cementfabricage in dat jaar ruim 9 miljoen ton.

De Beira Schisten en het Zuidportugese Cambrium liggen zwak discordant op de Serie Negra, die om deze reden tot het bovenste Precambrium gerekend wordt. Andere Precambrijsche gesteenten zijn niet met zekerheid bekend hoewel hun aanwezigheid wel vermoed wordt. De tektonische bewegingen die tussen Serie Negra en Cambrium plaatsvonden veroorzaakten plaatselijke opheffing en erosie van de Serie Negra en de karakteristieke zwarte kwartsieten worden als rolstenen in de kwartsconglomeraat-inschakelingen in de Beira Schisten teruggevonden.

Aan het eind van het Cambrium traden krachtigere tektonische bewegingen op die lokale discordanties, soms zeer geprononceerd, tussen Beira Schisten/Cambrium en Ordovicium teweegbrachten. Het *Ordovicium* begint met een kwartsiethorizont, de in Zuidwest-Europa wijd verbreide Armoricaanse Zandsteen, gevolgd door donkere schalies met trilobieten. Opheffing en erosie van oudere gesteenten in het noordwesten van het schiereiland werden gevolgd door de afzetting van de Ordovicische sedimentaire ijzerertsafzettingen (van het ijzeroöliet-type) van Noord-Portugal en Noordwest-Spanje. Sommige van deze afzettingen zijn zeer groot, zoals Moncorvo in Noordoost-Portugal (niet in ontginning); het erts bestaat grotendeels uit de hematietvariëteit speculariet.

Het *Siluur* beslaat uitgestrekte gebieden in Noordoost- en Zuid-Portugal en bestaat uit een zeer afwisselende reeks van gesteenten die van schalies en zandstenen tot zwarte cherts (lydieten) en kalkstenen lopen, vaak vergezeld van basische en andere vulkanieten.

Recente onderzoeken hebben geleid tot een nieuwe duiding van de Paleozoïsche geologie van Portugal. Het was bekend, dat het westen van het Iberische Schiereiland gekenmerkt is door de aanwezigheid van peralkalische vulkanische en plutonische gesteenten, ten dele al in de vorige eeuw ontdekt (peralkalisch betekent dat er meer natrium aanwezig is dan in veldspaat gebonden

kan worden, zodat natrium-pyroxenen en/of -amfibolen zoals aegirien en riebeckiet gevormd worden). Zulke gesteenten komen voor in Cambrium, Ordovicium en Siluur. Hun optreden tezamen met basische en zure vulkanieten (d.w.z. bazalten en rhyolieten) wijst erop, dat er gedurende deze periode rifts gevormd werden in een zone die van Noordwest-Spanje over Portugal naar Zuidwest-Spanje loopt. Een *rift* is een slenk, begrensd door breuken die de aardkorst doorkruisen en magma aantappen. Rifts ontstaan boven opwellingen in de aardmantel die de korst opheffen, spleten en uiteen trekken. Verdergaande ontwikkeling kan leiden tot de vorming van oceanische korst: zo zijn de oceanen ontstaan. De aanwezigheid van rifts leidt, samen met het patroon van opheffing en sedimentatie en van toevoer van warmte en magma, tot de conclusie, dat er zich tijdens het vroege Paleozoïcum onder het westelijk deel van het schiereiland een manteldiapier vormde, d.w.z. een pluim uit langdurig opwellend materiaal in de mantel.

De rifts in westelijk Iberië bleven verspreid en vormden geen doorlopend systeem. In twee gebieden in Noord- en Zuid-Portugal zijn ze nader, d.w.z. petrologisch en geochemisch, onderzocht. Met behulp van spoorelementen kunnen de bazalten die de oceanische korst opbouwen geochemisch van andere soorten bazalt onderscheiden worden. Bij het onderzoek van een rift in Noord-Portugal bleek dat deze alle stadia doorlopen had, van beginnende riftvorming met peralkalische rhyolieten en continentale bazalten over normale rhyolieten en sedimenten tot aan de uitstroming van oceaانبodembazalten. Een rift in Zuid-Portugal bleef daarentegen steken in het stadium van beginnende riftvorming, zoals de geochemie der bazalten laat zien. Wat later werden alkalische vulkanieten (fonolieten) geproduceerd maar het eindstadium van oceaanvorming werd niet bereikt.

Op de geologische kaart vallen twee eilandvormige massieven in roze en rode tinten in Noordoost-Portugal op. Dit zijn de complexen van Bragança en Morais en soortgelijke massieven komen ook in Noordwest-Spanje voor. De complexen van Bragança en Morais zijn allochtoon, d.w.z. niet geworteld: ze werden uit het westen over een afstand van zo'n 200 km overschoven. Ze bestaan uit kristallijne gesteenten, ten dele afkomstig uit Noord-Amerika (de Atlantische Oceaan bestond nog niet in het Paleozoïcum) en ten dele ofiolieten, d.w.z. fossiele oceanische korst. Het Onder-Paleozoïcum is niet alleen gekenmerkt door riftvorming en verticale bewegingen die opheffing en erosie veroorzaakten maar ook door granietintrusie, naast de intrusie van peralkalische stollingsgesteenten. Het Onder-Devoon was na het roerige Siluur een wat rustiger tijd waarin platform-kalkstenen afgezet werden.

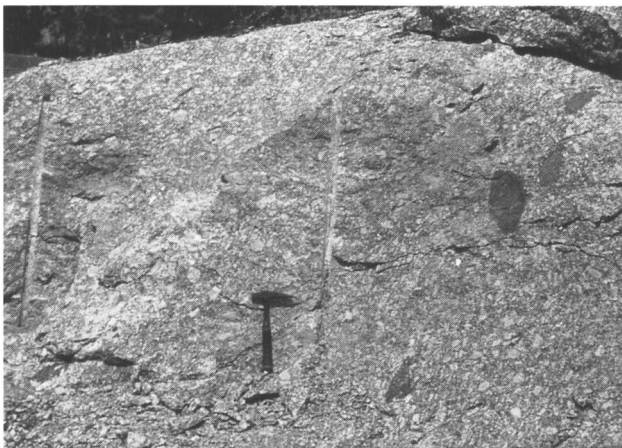
In het *Midden-Devoon* vond de *hoofdphase* der Hercynische orogenese in Iberië plaats. Deze bepaalde het patroon van de noordwest-zuidoost gerichte plooiing van het schiereiland. Er traden nog ettelijke nfasen op, voornamelijk verticale bewegingen, maar de structuur van het geheel werd niet meer belangrijk gewijzigd. Het optreden van deze fase, die in Zuid-Portugal met behulp van fossielen precies gedateerd kon worden, markeert een waterscheiding: de gesteenten die ouder zijn (pretektonisch dus) zijn over het algemeen gedeformeerd, schisteus, ook de granieten, en de gesteenten die jonger zijn (posttektonisch), niet of nauwelijks. Na de hoofdphase werden de gedeformeerde gesteenten opgeheven en de zee trok zich terug uit het grootste deel van het schiereiland. Gedurende deze tijd (Carboon en Onder-Perm) was er een uitgebreide regionale metamorfose actief, vonden de grote granietintrusies plaats en werden er aan de oppervlakte continentale afzettingen met steenkolenbekkens en een continentale flora en fauna (waaronder insecten) gevormd. Het Hercynische massief van Iberië was nu geconsolideerd en staat bekend als Meseta of ook Hesperisch Massief. Het Carboon was ook de tijd waarin de grote ertsafzettingen van de Pyrietgordel ten zuiden van de Meseta ontstonden.

Graniet en erts in Portugal

Graniet vormt met zijn afbraak- en omvormingsprodukten zoals zand, klei, kalksteen, schist en gneis het materiaal waaruit de continenten opgebouwd zijn. Graniet kristalliseert uit een magma



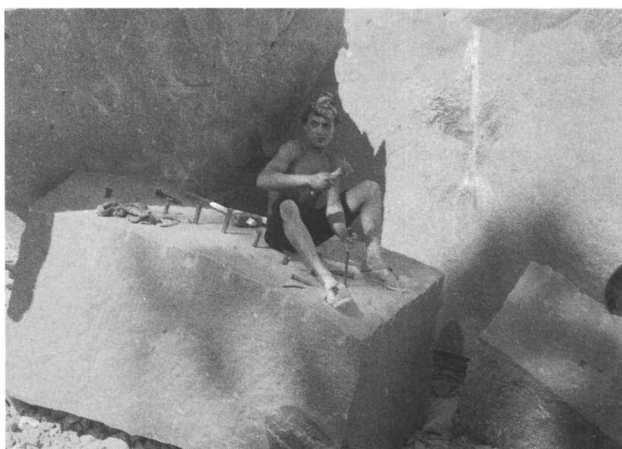
Afb. E - 1. Granietlandschap met wolzakken en tors in de Serra de Gerês, Noord-Portugal.



Afb. E - 2. Grofporfirische graniet (graniet van Viseu, Noord-Portugal).

dat in de aardkorst blijft steken; wanneer een granitisch magma aan de oppervlakte komt vormt het rhyoliet. Graniet in de algemene mineralogische betekenis (die alle granitische gesteenten omvat) is een magmatisch gesteente dat uit veldspaat, 20-60 % kwarts en andere hoofdmineralen (glimmer, amfibool, soms pyroxeen, heel zelden olivijn) bestaat. Behalve de mineralogische is er ook nog de chemische samenstelling die op grond van het voorkomen van veel vrije kwarts in graniet door een hoog percentage siliciumdioxide (meer dan 65 %) gekarakteriseerd wordt (graniet is een 'zuur' gesteente) en verder vrij veel aluminium, natrium en kalium als oxiden aanwijst. Tenslotte is er de korrelgrootte: er zijn fijn-, middel- en grofkorrelige granieten (de grenzen liggen bij 2 en 5 mm) en er zijn de porfirische granieten die grote kaliveldspaatkristallen bevatten die soms 10-15 cm lang kunnen worden. De granitische gesteenten worden volgens de verhouding van kaliveldspaat (meestal mikrokliën, ook wel orthoklaas en zelden sanidien) plus albit tot plagioklaas (oligoklaas en andesien) onderverdeeld in alkaliveldspaatgraniet (veel kaliveldspaat en/of albit), gewone graniet, granodioriet en tonaliet (weinig of geen kaliveldspaat). Dan is er nog leucograniet, een graniet met minder dan 5 % donkere hoofdmineralen (meestal biotiet).

In Portugal is graniet wijd verbreid, van leucograniet tot tonaliet, en granietwolkzakken en verwante erosievormen bepalen het landschap. Afb. E - 1. De Serra da Estrela bijvoorbeeld, het hoogste gebergte in Portugal (bijna 2000 m) met zijn schitterende uitzichten, is een granietgebergte. In grote delen van Noord-Portu-



Afb. E - 3. In de granietgroeven van Noord-Portugal wordt de graniet nog vaak met de hand gespleten. Op de foto is het zetten van de beitels te zien.

gal is grofporfirische graniet een gewoon graniettype. Afb. E - 2. De graniet- en tonalietgebieden in Zuid-Portugal zijn daarentegen vaak slecht ontsloten. In Noord-Portugal kan men vaststellen dat graniet van oudsher de meest gebruikte bouwsteen voor kastelen, kerken en huizen was. Overal zijn granietgroeven te vinden hoewel beton tegenwoordig, helaas, graniet als alledaags bouw materiaal verdrongen heeft. Niettemin wordt er in Portugal veel graniet ontgonnen, hoofdzakelijk als aggregaat: wegverharding e.d. (productie in 1989 ruim 6 miljoen ton) maar ook als siersteen voor de bekleding van gevels, puien, ontvangsthallen enz. (productie in 1989 ruim 115.000 ton). In totaal waren er in 1989 287 granietgroeven in bedrijf waarvan 69 siersteen leverden (een groot deel hiervan was voor de export bestemd). Afb. E - 3. De granietgebonden ertsen zijn hoofdzakelijk tin en wolfram. Hoewel Portugal vroeger een groot aantal tin- en wolframminen telde is er nog slechts één wolframmine in bedrijf gebleven, *Panasqueira*, die tegelijk ook de enige resterende tinmine is, afgezien van enige kleine alluviale ontginningen op tinsteen en titaanmineralen. In 1989 werd 2296 ton wolframiet geproduceerd en 89 ton cassiteriet. De *Panasqueira*-mine, over de gehele wereld beroemd om zijn schitterende mineralen, was een tijd lang de grootste wolfram-producent in Europa. De afzetting bestaat uit een stelsel subhorizontale kwartsaders ontwikkeld in hoornrotsen en vlekken boven een niet ontsloten granietlichaam. Afb. E - 4. De aders zijn gemiddeld 30 cm dik en bevatten wolframiet, arsenopyriet, chalcopyriet, pyriet, pyrrhotiet, sfaleriet (de ijzerrijke marmatiet-variëteit, die op hoge ontstaanstemperaturen duidt) en sideriet; verder ook cassiteriet, apatiet, markasiet, galeniet en vele andere mineralen. Zie kleurenfoto VI. *Panasqueira* produceert concentraten met wolframiet, cassiteriet en zilverhoudende chalcopyriet.



Afb. E - 4. Een kwartsgang met wolframiet (grote zwarte, randstandige kristallen) in de wolframmine *Panasqueira*.

De Iberische Pyrietgordel

In het zuidwesten van het Iberisch Schiereiland liggen enorm grote delfstofafzettingen: dit zijn de pyrietlichamen van de Iberische Pyrietgordel, een van de meest belangrijke ertsprovincies in Europa. De mijnen in de Pyrietgordel leveren pyriet als grondstof voor de chemische industrie en de fabricage van kunstmest, en bovendien verschillende metalen, hoofdzakelijk koper maar ook zink, lood, goud en zilver.

De Iberische Pyrietgordel is ongeveer 230 km lang, 30 tot 40 km breed en ligt voor de helft in Portugal en voor de andere helft in Spanje, van Grândola in Zuid-Portugal tot bij Sevilla in Zuidwest-Spanje. In deze zone is de vulkanische formatie die de pyrietafzettingen bevat ontsloten en hier vinden we de pyrietmijnen. Er zijn acht grote en talloze kleinere pyrietafzettingen en bovendien nog zeer vele, vroeger intensief geëxploiteerde mangaanertsafzettingen. De belangrijke pyrietlichamen, waaronder reusachtig grote (dat betekent groter dan 100 miljoen ton erts), liggen



Afb. E - 5. De open pyrietmijn Tharsis (Zuidwest-Spanje).

gemiddeld op ongeveer 30 km afstand van elkaar. Van west naar oost zijn het Lousal bij Grândola, Aljustrel, de recente (1977) ontdekking Neves-Corvo en Sao Domingos (uitgeput) in Portugal en Tharsis, La Zarza, Rio Tinto en Aznalcóllar in Spanje. Afb. E - 5. Al deze afzettingen met uitzondering van Neves-Corvo waren aan de aardoppervlakte ontsloten, zodat de pyriet in de dagzoom onder invloed van het circulerende oppervlaktewater tot een zogenaamde *ijzeren hoed* kon oxideren. Een ijzeren hoed is een afzetting waarin oorspronkelijk sulfidisch erts door ijzeroxide (hematiet en goethiet) vervangen is en waaruit zwavel, koper en de meeste andere elementen met uitzondering van goud en zilver uitgeloozd zijn. Indrukwekkend is de ijzeren hoed van Rio Tinto die op goud en zilver afgebouwd wordt. Afb. E - 6.

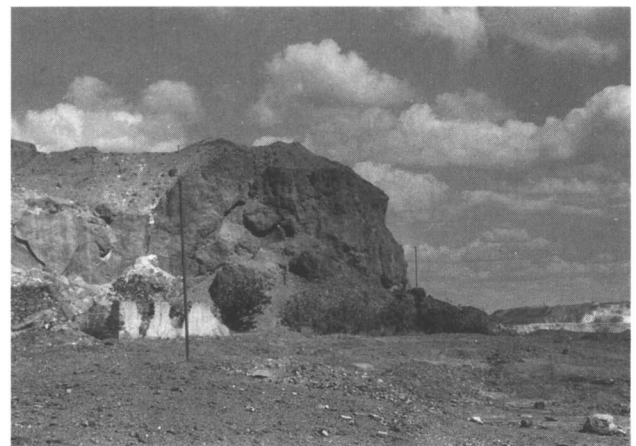
De pyrietafzettingen van de Pyrietgordel worden al meer dan vijftig eeuwen op koper ontgonnen. Ze waren al aan de Phoeniciërs en hun opvolgers de Carthagers bekend en het bestaan van deze rijke kopermijnen was voor de Romeinen een reden temeer om het Iberische Schiereiland op Carthago te veroveren. Van de grootschalige Romeinse exploitatie van de pyrietmijnen op goud, zilver en koper zijn vele resten overgebleven. Gedurende de Middeleeuwen en later kwam de ontginning praktisch stil te liggen tot deze omstreeks het midden van de negentiende eeuw hervat werd. De aanzet daartoe werd door de Industriële Revolutie gegeven. De chemische productie werd aan het eind van de achttiende eeuw geïndustrialiseerd, met als gevolg een steeds wassende behoefte aan grondstoffen. De belangrijkste chemische grondstof en hulpstof was zwavelzuur, dat nu niet meer in glazen flessen maar in veel grotere hoeveelheden in loden kamers bereid werd. Om zwavelzuur te maken was zwavel nodig, dat grotendeels van de Etna in Sicilië kwam. Teneinde het bestaande monopolie te doorbreken werd naar een andere bron voor zwavel gezocht en in pyriet gevonden. Het werd snel duidelijk, dat verreweg de grootste afzettingen in de Iberische Pyrietgordel te vinden waren en met buitenlands, voornamelijk Engels kapitaal werden de oude Romeinse mijnen zoals Rio Tinto en Aljustrel (dit is de Moorse naam, de Romeinse naam was Vipasca) weer tot nieuw leven gewekt. Een welkome bijkomstigheid was het gehalte aan koper en edele metalen, dat nog steeds de voornaamste bestaansredenen voor de mijnen vormt. Gedurende een periode aan het eind van de negentiende eeuw was de Pyrietgordel zelfs de belangrijkste koperproducent ter wereld. Omdat er later nieuwe, goedkopere bronnen voor zwavel ter beschikking kwamen loont het eigenlijk niet om pyriet als zwavelerts te ontginnen. Dat het in de Pyrietgordel toch gebeurt heeft andere redenen: bescherming van de nationale hulpbronnen in Spanje en Portugal en winning van de waardevolle metalen. Pyriet is zwaveldisulfide, FeS_2 , niet het zwavelmonosulfide of zwavelijzer, FeS , dat als mineraal (troiliet) op aarde niet of nauwelijks voorkomt, wel in meteorieten. Er bestaat wel een monosulfidisch ijzersulfidemineraal, pyrrhotiet, maar dit is een mineraal gekenmerkt door een moeilijk cijfermatig te vangen ijzertekort ten opzichte van zwavel, zodat de algemene formule

Fe_{1-x}S luidt (het is bovendien een zeer gecompliceerd mineraal dat in verschillende kristalvormen optreedt). Als mineraal vormt pyriet goudgeel glanzende, kubische kristallen maar de pyrietafzettingen van de Pyrietgordel bestaan uit een zeer fijnkorrelig, onooglijk grauw gesteente, *pyritiet*. Pyriet is hoofdbestanddeel en wordt door andere sulfiden vergezeld, voornamelijk door chalcopyriet, CuFeS_2 , sfaleriet, ZnS , en galeniet, PbS . Vele andere mineralen, zoals arsenopyriet, pyrrhotiet, vaalerts, enz., komen zeer ondergeschikt voor. Het aanwezige tin treedt op als cassiteriet. De gemiddelde samenstelling van het erts (dat gewoonlijk weinig of geen niet-sulfidisch nevgesteente bevat) bedraagt ongeveer 46 % zwavel en 40 % ijzer, met ongeveer 0,7 % koper, 2,9 % zink, 1,1 % lood, 0,8 ppm (gram per ton) goud en 30 ppm zilver. De aanwezigheid van zwavel maakt dat de grote hoeveelheden ijzer die bij de verwerking overschieten niet of nauwelijks als ijzererts benut worden.

De wereldproductie aan pyriet bedraagt per jaar ongeveer tien miljoen ton, gerekend naar de inhoud aan zwavel (d.w.z. het dubbele à drievoudige in pyriet). Daarvan neemt Spanje ruim 900.000 ton (d.i. ruim 2 miljoen ton pyriet) voor zijn rekening en staat daarmee op de derde plaats na China en de voormalige Sovjet Unie; Portugal produceert ongeveer 80.000 ton. De reserves aan pyriet van de Iberische Pyrietgordel bedragen minimaal 680 miljoen ton.

Pyriet is het meest voorkomende sulfide en dus een heel gewoon mineraal, en pyrietafzettingen zijn zeer verbreid. Wat de pyrietafzettingen van de Iberische Pyrietgordel onderscheidt zijn hun afmetingen. Praktisch alle ertslichamen zijn geplooid en geërodeerd, zodat het vaak moeilijk is om de voorhanden reserves en de aanvankelijke grootte van een voorkomen te bepalen. Als voorbeeld: het erts van Rio Tinto vormde oorspronkelijk een lens die ruim 4,5 km lang was bij 1,5 km breed en tot 80 m dik.

Het zuidwesten van Iberië, gewoonlijk de Zuidportugese Zone genoemd, sluit niet direct aan bij de geologische geschiedenis van het overige deel der Meseta, zoals die in het voorgaande is weergegeven. De oudst ontsloten gesteenten zijn leien en kwartsieten, die uit het Boven-Devoon stammen. In tegenstelling tot de overige Meseta bleef de zee de Zuidportugese Zone in het Onder-Carboon bedekken. Het Tournaisien, de onderste afdeling van het Onder-Carboon, bestaat uit schalies met inschakelingen van andere sedimenten zoals zandsteen of kalksteen, in afwisseling met veel vulkanisch materiaal, zowel zuur (kwartskaratofieren) als ook basisch (spilieten en dolerieten). Het zijn submariene afzettingen en de vulkanieten onderbreken de normale sedimentatie. Kenmerkend is, dat de vulkanieten aan eruptiecentra gebonden zijn, zodat ze plaatselijk wel zeer dik kunnen worden maar niet zeer uitgestrekt zijn. Er bestaat dusdoende geen directe correlatie tussen de vulkanieten van de verschillende pyrietvoorkomens. Pyriet is een produkt van het zure vulkanisme, het werd tegen het eind van een vulkanische cyclus uit fumarolen



Afb. E - 6. Cerro Colorado: de ijzeren hoed op de pyrietafzetting van Rio Tinto.

op onderzeese vulkaanhellingen afgezet. Het pas afgezette materiaal was mobiel en kon op de vulkaanhellingen gaan glijden om aan de voet opnieuw afgezet te worden, als sediment. Vele pyrietafzettingen vertonen als gevolg sedimentaire structuren zoals graderingsgelaagdheid en afglijdingen. Bovendien kon de pyriet buiten het bereik van de vulkanen op schalie afgezet worden, zoals in Lousal of Tharsis. Na de afzetting van pyriet volgt de afzetting van jaspis en van mangaanerts. *Jaspis* is een ijzerhoudend kiezelig gesteente dat zeer verbreid is in de Pyrietgordel, waar het van vulkanische oorsprong is. Heuvels en heuvelruggen door jaspisrotsen gekroond komen hier overal voor en danken hun ontstaan aan de grote hardheid en taaiheid van dit erosiebestendige gesteente. Jaspis vormt hier lenzen en lensvormige lagen die enige honderden meters lang kunnen worden bij dikten tot enkele tientallen meters. Ten zuidoosten van Aljustrel ligt een heuvelrug, de Serra de Feitais, met een uitgestrekt jaspisvoorkomen.

Er zijn twee hoofdvariëteiten van jaspis, zwart op grond van zeer fijn verdeeld magnetiet en rood dankzij hematiet. Ten gevolge van de sterke plooiing en deformatie in de Pyrietgordel werden de jaspislagen meestal gebroken en gedeformeerd, waarbij de breuken en breukjes later door melkkwarts geheeld werden.

De mangaanerts-afzettingen zijn klein en worden niet meer geëxploiteerd. Het erts bestond hoofdzakelijk uit rhodoniet en rhodochrosiet en deze mineralen, samen met hun oxidatieproducten, kan men nog wel op de storthopen tegenkomen.

In het Viséen was het vulkanisme ten einde en er vormde zich een bekken waarin een kilometers-dikke flysch uit turbidieten (grauwackes en schalies), de Culm, afgezet werd. In het Westfalen, aan het eind van het Carboon, werd de Pyrietgordel sterk geplooid, overschoven en licht gemetamorfoseerd.

Het post-Hercynische tijdvak

Het *Mesozoïcum* omzoomt de Meseta in het westen (Estremadura) en zuiden (Algarve). De oudste afzettingen stammen uit de late Trias en zijn in rivieren en meren afgezette rode zandstenen, conglomeraten, mergels en schalies. Omstreeks deze tijd begon de vorming van de rift waaruit de Noordatlantische Oceaan zich zou ontwikkelen en Portugal lag op de rand van deze rift. In de Onder-Jura dringt de zee binnen en er worden evaporietlagen afgezet. Zoutkoepels uit deze lagen afkomstig bevatten voornamelijk steenzout (haliet), samen met anhydriet en wat kalizout. Portugal is altijd een belangrijke zoutproducent geweest, maar de productie was voornamelijk uit zoutpannen afkomstig. Dat zout werd in de Middeleeuwen aan gans Europa geleverd en uit de opbrengst werden de ontdekkingsreizen bekostigd. Later kwam de productie uit zoutkoepels op gang. Portugal produceert jaarlijks ongeveer 600.000 ton steenzout (Nederland ruim 4 miljoen ton).

Riftvorming wordt begeleid door het binnendringen van basisch magma en aan beide zijden van de Noordatlantische Oceaan zijn Mesozoïsche dolerietgangen wijd verbreid. Het Iberisch Schiereiland bevat de langste van deze gangen, de Messejana-Doleriet, van vroeg- tot middenjurassische ouderdom, die van de Atlantische kust in Zuid-Portugal over een lengte van 530 km tot Ávila ver in Spanje loopt en daar onder het Tertiair duikt. In de Jura omspoelde de zee aanvankelijk de Meseta geheel en de afzettingen zijn marien; de Portugese Jura is beroemd om zijn ammonieten. De Boven-Jura bevat bruinkoollagen. Het Krijt is grotendeels marien maar bevat hiaten. In het Onder-Krijt trekt de zee zich terug om na het Aptien terug te komen: dit is een wereldwijde transgressie, veroorzaakt door het omhoogkomen van oceaandruggen ten gevolge van versnelde spreiding van de oceaانبodem.

Gedurende het Krijt werden langs de kust van Zuid-Portugal drie plutonische complexen gevormd. Het Sintra-Massief, ten westen van Lissabon, bestaat voornamelijk uit graniet. Bij Sines ligt een kleiner massief uit dioriet, gabbro en syeniet. Het Massief van Monchique in het westen van de Algarve bestaat hoofdzakelijk uit nefelien-syeniet (foyaïet).

De overgang van het Krijt naar het *Tertiair* is regressief: de zee trok zich terug en het Onder-Tertiair is gekenmerkt door erosie. Pas in het Mioceen treden mariene afzettingen op, die in continentale afzettingen met bruinkoollagen overgaan. De twee grote noordoost gerichte depressies van de Taag en de Sado ontstonden in het Onder-Mioceen. Tijdens het Mioceen werd de Serra da Arrábida ten zuiden van Lissabon geplooid. Het Pliocceen begint marien en gaat dan over in continentale afzettingen met bruinkool en diatomiet.

Gedurende het vroege Kwartair (Pleistoceen) worden er langs de kust terrassen gevormd die de standen der dalende zeespiegel tijdens de ijstijden weergeven. Op sommige terrassen werden gereedschappen uit de vroege Steentijd aangetroffen. Het binnenland was aan erosie en de vorming van schiervlakten onderhevig, met de afzetting van stuifzand, zoetwater-kalksteen en lateriet. Het klimaat was zeer droog gedurende het opdringen van de ijskap en nat tijdens de interglaciale fasen van afname van het ijs. De Serra da Estrela in Noord-Portugal was door gletsjers bedekt en vertoont morenes en een groot U-dal.

Voor mineralenzoekers is Portugal niet het meest aangewezen land. Van de talloze tin- en wolframminen en mijntjes is er nog maar één actief. Er is één goudmijn in bedrijf maar het goud is zo fijn verdeeld dat men zelfs met een ertsmicroscoop van geluk mag spreken als men een korreltje goud te zien krijgt. Bovendien zijn de mijnen niet op bezoek ingesteld. Jaspis is het enige mineraal (het is eigenlijk een gesteente) dat men zoveel men wil kan verzamelen in de Pyrietgordel.

Portugal - een mineralogische excursie

door C. Rewitzer *)

Sinds meer dan 15 jaar bezoek ik regelmatig Portugal. Niet alleen de opmerkelijke vondsten, die ik vooral in de eerste jaren heb gedaan, hebben mij talloze keren voor een verzamel-vakantie naar dit land gelokt. Het waren vooral de hartelijke gastvrijheid van de Portugezen, die ik steeds weer ondervond, en de heerlijke, vaak nog bijna ongerepte natuur in het noordelijke deel van het land, die mij aantrokken; hierdoor werden ruimschoots de vaak wat matige vondsten goedge maakt.

Met de hier volgende vindplaatsbeschrijvingen wil ik vooral proberen, ook het land en zijn bewoners dichterbij u te brengen, wanneer ik u rondleid door dit mooie deel van Europa. Op afb. F - 1 zijn de beschreven voorkomens aangegeven.

Vervolg op pag. 29.

*) Vertaling uit het Duits: G.M. van Ravenzwaaij-Hermanus en J. Stemvers-van Bommel