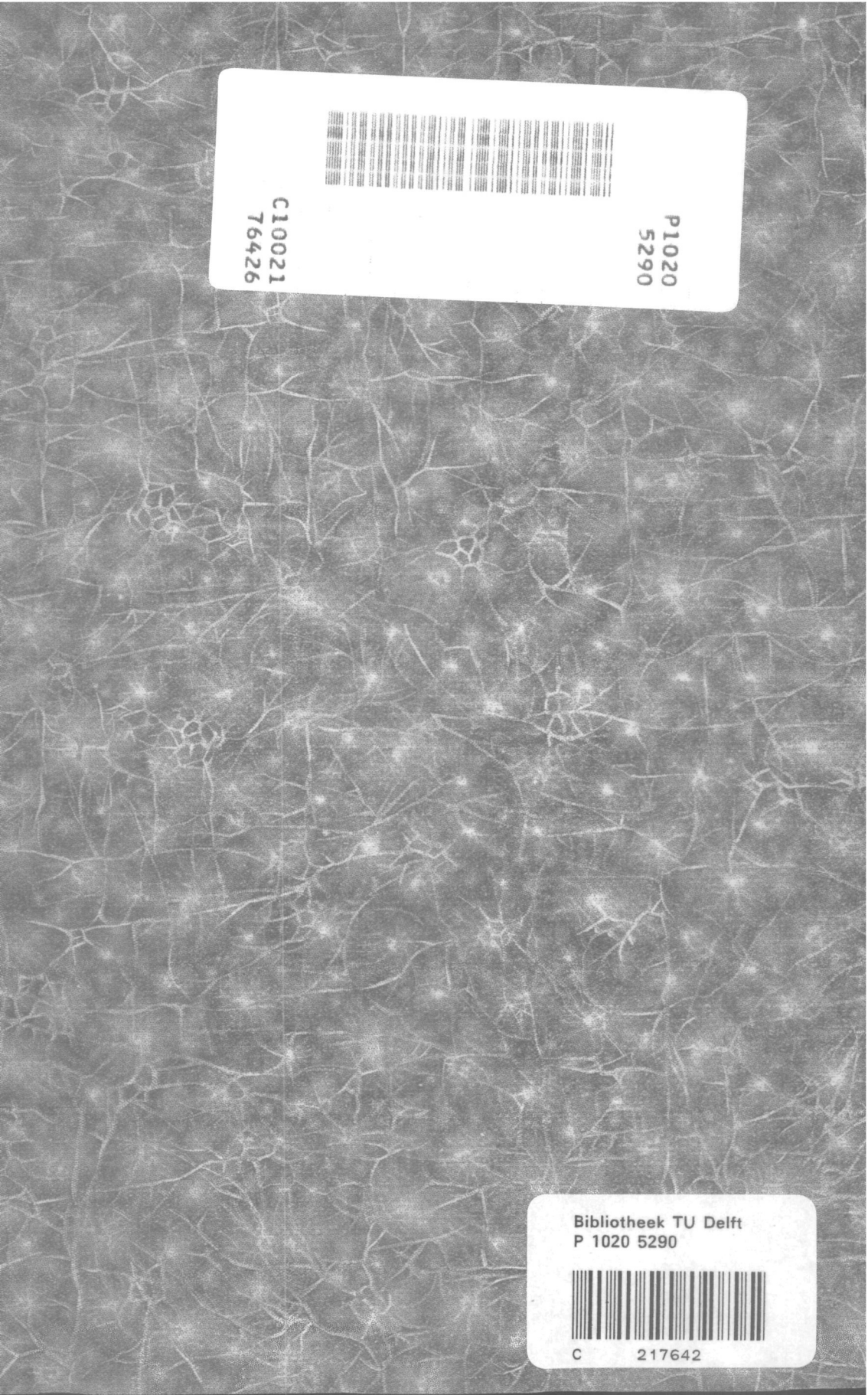

P1020
5290
C10021
76426
Bibliotheek TU Delft
P 1020 5290
C 217642

BIJDRAGE TOT DE GEOLOGIE DER BETISCHE KETENS IN DE PROVINCIE GRANADA.

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. W. H. L. JANSSEN VAN RAAY, HOOGLEERAAR IN DE AFDEELING DER ALGEMEENE WETENSCHAPPEN, VOOR EENE COMMISSIE UIT DEN SENAAT TE VERDEDIGEN OP DINSDAG 5 JULI 1927, DES NAMIDDAGS 3 UUR

DOOR

REINOUT WILLEM VAN BEMMELEN,
MIJNINGENIEUR, GEBOREN TE BATAVIA.

T. H. S.
BIBLIOTHEEK
DELFT.

GEDRUKT BIJ DE TECHNISCHE BOEKHANDEL EN DRUKKERIJ
J. WALTMAN JR. DELFT — 1927.

1020 E 24.

AAN MIJNE OUDERS.

Gaarne maak ik van deze gelegenheid gebruik mijn dank te betuigen aan allen, die tot mijn wetenschappelijke opleiding hebben bijgedragen, vooral aan U, hoogleeraren van de Afdeeling der Mijnbouwkunde aan de Technische Hoogeschool.

In het bijzonder wend ik mij tot U, hooggeachte promotor BROUWER. *Door de talrijke excursies onder Uw leiding, die ik meemaakte en door het jaar, dat ik het voorrecht had als assistent onder U werkzaam te zijn, leerde ik meer van U, dan het gesproken woord in de collegezaal vermag te bereiken. Het is op Uw aanraden geweest, dat ik dit onderzoek ben begonnen en het is met een bijzondere vreugde, dat ik U op deze plaats mijn groote erkentelijkheid kan betuigen voor alle wetenschappelijke voorlichting, die ik bij het werk voor dit proefschrift van U mocht ontvangen.*

Ook aan U, hooggeleerde MOLENGRAAFF, *ben ik veel verschuldigd. Als mensch, zoowel als geoloog, heb ik zeer veel van U geleerd in dit laatste jaar, dat ik het voorrecht had Uw assistent te zijn en daardoor nader met U in aanraking kon komen.*

VOORWOORD.

Onder leiding van Professor Dr. H. A. Brouwer en Dr. Ir. C. P. A. Zeijlmans van Emmichoven bezocht ik, te samen met eenige andere Delftenaren, in den zomer van 1925 de Sierra de los Filabres en de Sierra Nevada, om daarna in de omgeving van Lanjaron het onderzoek van den bouw der Betische ketens aan te vatten.

In den zomer van 1926 begaf ik me na afloop van het XIVe Internationale Geologen-Congres in Madrid weer naar Zuid-Spanje, gedeeltelijk in functie als assistent van Professor Brouwer, om het practisch geologisch karteeren van eenige studenten te regelen, gedeeltelijk ter voortzetting van eigen onderzoekingen.

Het is mij een behoefte van deze plaats te getuigen van mijn groote erkentelijkheid voor allen steun, welke ik bij mijn werk heb mogen ondervinden.

Bijzonderen dank ben ik verschuldigd aan:

Prof. Dr. L. Rutten voor de bereidwilligheid, waarmede hij de gesteenten en preparaten van het nummuliticum bij Diezma heeft onderzocht en gedetermineerd.

Prof. J. van Baren voor de vriendelijke wijze, waarop hij zijn collectie gesteenten uit Marokko ter vergelijking heeft gedemonstreerd.

Prof. Ir. J. A. Grutterink voor de raadgevingen, die ik betreffende de petrografische nomenclatuur van hem mocht ontvangen.

Dr. P. Kruizinga voor zijn hulp bij de determinatie der ammonieten en voor het vervaardigen van foto's van mijn relief van de omgeving van Lanjaron en van gesteente-praeparaten.

Ir. J. Kleinsmiede, m.i. voor zijn hulp bij de karteering van de omgeving van Lanjaron en zijn zeer gewaardeerd gezelschap in den zomer van 1925.

Ir. W. T. B. Reimering, m.i., Ir. A. E. Speyer, m.i. en Ir. J. A. Vermeulen, m.i., voor hun aangename samenwerking en gezelschap bij het karteerwerk in 1926.

Mevr. IJzerman-van Bemmelen voor de naar foto's vervaardigde teekeningen (fig. 4 t/m 8).

Mevr. Rollo-van den Broeke en Mevr. Olivier-Esteban voor hun lessen in de Spaansche taal.

INHOUD.

Blz.

Inleiding 1

Hoofdstuk I. GEOGRAFIE.

Geografisch overzicht 3
Mijnbouw 8
Kaarten 12

Hoofdstuk II. STRATIGRAFIE.

Algemeen overzicht 13

A. Bouwsteenen der Betische Ketens.

1. Inleiding 14
2. Kristallijne schisten.
   a. Algemeen overzicht 19
   b. Beschrijving:
      1. Schisten der Sierra Nevada 20
      2. Schisten van het gebergte van Tocon 21
      3. Schisten in de omgeving van Lanjaron 22
      4. Schisten aan de Zuidkust ten W. van Motril . . 23
   c. Ouderdom:
      1. Beschouwingen over de metamorfosen 24
      2. Ouderdom van de schisten der Alpujarriden . . 26
      3. Ouderdom van de schisten der Sierra Nevada . 29
3. Complexe-zone.
   a. Beschrijving 30
   b. Ouderdom 33
4. Trias.
   a. Algemeen overzicht 33

Blz.

b. Beschrijving van de trias-fyllieten en kwartsieten.

1. Algemeen overzicht 34
2. Trias-fyllieten en kwartsieten uit het gebergte van Tocon 35
3. Trias-fyllieten uit de omgeving van Lanjaron . . 37

c. Beschrijving van de triaskalken en dolomieten.

1. Algemeen overzicht 38
2. Triaskalken van het gebergte van Tocon . . . 39
3. Triaskalken van de westelijke randzone der Sierra Nevada 41
4. Triaskalken uit de omgeving van Lanjaron . . 41
5. Triasdolomieten van de Sierra Almijara en Sierra Tejeda 43

d. Ouderdom der triasgesteenten.

1. Ouderdom der trias-fyllieten en kwartsieten . . 44
2. Ouderdom der trias-kalken en dolomieten. . . 44
3. Vergelijking met de trias elders in het Alpine orogeen 45
4. Conclusie 52

B. Bouwsteenen der Subbetische Ketens.

1. Algemeen overzicht 52
2. De Permo-trias in het gebergte ten Oosten van Granada.
   a. Beschrijving 53
   b. Ouderdom 56
3. Jura van de Sierra Harana.
   a. Beschrijving 56
   b. Ouderdom 58
4. Nummuliticum van de Sierra Harana.
   a. Beschrijving 60
   b. Ouderdom 61

C. Autochtone, jongere Formaties.

1. Inleiding 64
2. Het bekken van Granada en de Valle Lecrin.
   a. Algemeen overzicht 65

Blz.

b. Beschrijving.

1. De Helvetische molasse. 66
2. De Blokformatie. 69
3. De Gipsformatie en Lacustrische formatie. . . 71
4. Het Alhambra conglomeraat 71

3. Het bekken van Guadix. 72
4. Het gebergte tusschen het bekken van Granada en het bekken van Guadix 74
5. Het bekken van Baza 74
6. Omgeving van Seron 75
7. Parallelisatie van de autochtone, jongere formaties aan de Noordzijde der Sierra Nevada en de Sierra de los Filabres . 77
8. Beschrijving van de autochtone, jongere formaties van het zuidelijk kustgebergte 78

Hoofdstuk III. TEKTONIEK.

1. Historische inleiding 79
2. Plaats van de Betische ketens in het Alpine orogeen . . . 80
3. Bewijzen voor den dekbladen-bouw 86
4. Algemeen overzicht van de tektoniek der Betische ketens tusschen Granada en Motril. 88
5. Beschrijving der afzonderlijke gebieden.

I. Het gebergte van Tocon 89
a. Dwarsbreuken en asduikingen 89
b. Dekbladen 91
c. Jura-vensters:

1. Beschrijving der jura-vensters. 102
2. Het ontstaan der jura-vensters 108

II. De trias-randzone ten N.W. der Sierra Nevada . . . 110
III. De trias-randzone ten W. der Sierra Nevada en de Sa Albuñuelas 111
IV. Het gebied tusschen Lanjaron en Motril 113
V. De Zuidkust ten Westen van Motril 119

6. Het ontstaan van de opwelving der Sierra Nevada. . . . 122
7. Het Noord-Zuid-profiel over de Betische ketens 124
8. Conclusie 125

Blz.

Hoofdstuk IV. HET VERLOOP DER GEBERGTE-VORMING. 127

Hoofdstuk V. VERGELIJKING MET DE GEOLOGIE DER OOST-ALPEN.

1. Inleiding 135
2. Vergelijking tusschen het Tauern-venster en de Sierra Nevada-culminatie 136
3. Vergelijking van het verloop der uitwalsingen in de Oost-Alpine en de Zuid-Spaansche dekbladen. 138
4. Vergelijking van de Alpine en de Betische metamorphose. . 142
5. Vergelijking der facies 145
6. Conclusie 146

APPENDIX. Petrografie 148
Litteratuurlijst 169

Kaarten en Profielen.

Blad I. Schematisch blokdiagram van de Betische ketens tusschen Granada en Motril.
Blad II. Geologische kaart van de omgeving van Lanjaron.
Blad III. Profielen bij de geologische kaart van de omgeving van Lanjaron.
Blad IV. Geologische kaart van het gebergte van Tocon.
Blad V. Profielen bij de geologische kaart van het gebergte van Tocon.

Foto's.

Foto 1 hoort bij pag. 5
Foto 2 „ „ „ 6
Foto 3 „ „ „ 6 en 9
Foto 4 „ „ „ 7
Foto 5[1]) „ „ „ 7
Foto 6[1]) „ „ „ 7
Foto 7 „ „ „ 10
Foto 8 „ „ „ 61
Foto 9 „ „ „ 63
Foto 10 hoort bij pag. 63
Foto 11 „ „ „ 64
Foto 12 „ „ „ 105
Foto 13 „ „ „ 107
Foto 14 „ „ „ 117
Foto 15 „ „ „ 114
Foto 16 en 17 hooren bij blad II en III en pag. 113 e.v.

[1]) Op pag. 7 staat abusievelijk foto 6 i.pl.v. foto 5 en foto 7 i.pl.v. foto 6.

INLEIDING.

„Kein Phänomen erklärt sich an und aus sich selbst: nur viele zusammen überschaut, methodisch geordnet geben zuletzt etwas, was für Theorie gelten könnte."

GOETHE.

Als een geweldige, oneindig langzame cadans van de natuur volgen de perioden van bergvorming en vervlakking elkaar op, worden de gesteenten naar de geosynclinalen afgevoerd en door de paroxysmen der aardkorst weer op de continenten terug geschoven.

De laatste, nog onvoltooide uiting van dezen strijd tusschen de opbouwende en afbrekende krachten is het Alpine orogeen, waartoe ook de Betische ketens behooren.

Dit proefschrift poogt een kleine bijdrage te geven tot de kennis van den bouw en het ontstaan der Betische ketens, en zoodoende tot de wijze, waarop de aarde naar haar evenwichtstoestand streeft.

HOOFDSTUK I.

GEOGRAFIE.

GEOGRAPHISCH OVERZICHT.

De Zuidkust van Spanje van Cadiz tot Kaap la Nao wordt gevormd door een O.N.O. gestrekt ketengebergte, de Betische ketens in ruimen zin. De vlakte van de Guadalquivir scheidt deze ketens van de Spaansche Meseta, welke de oude kern van het Iberische schiereiland vormt.

De Betische bergketen is, vooral in het bestudeerde gebied, scherp te scheiden in twee groote eenheden; de Subbetische ketens [1]) en de Betische ketens in engeren zin. [2])

Deze scheiding tusschen Subbetische en Betische ketens (s.s.) geschiedt zoowel op geographische als op geologische gronden.

De Subbetische ketens, welke geheel uit kalkrijke mesozoïsche en tertiaire afzettingen bestaan, vertoonen eenige overeenkomst met de kalk-Alpen en met de Fransche Subalpine-ketens.

De Betische ketens bestaan uit kristallijne gesteenten. Ze vinden hun grootste verheffing in den reusachtigen schist-dom der Sierra Nevada, wier hoogste toppen (Picacho de Veleta en Mulhacen) tot respectievelijk 3470 en 3481 m. boven het zeeniveau oprijzen.

De onderzoekingen beperkten zich tot het centrale deel der Betische ketens in de omgeving van Granada.

Dit gebied nader beschouwend, [3]) merken wij op, dat het in groote trekken in 3 onder-zones te verdeelen is, n.l.:

---

[1]) Dit is het „sistema Penibético" van de nieuwere Spaansche litteratuur. (Peni afgeleid van Paene = bijna). De naam Penibetisch gebruikt Blumenthal [VI, 2] voor het geografisch-tektonisch element, dat het zuidelijke deel der Subbetische ketens tusschen Gobantes en El Chorro vormt. Staub slaat voor de naam „praebetische ketens" in zijn „Gedanken zur Tektonik Spaniens", 1926, pag. 209.

[2]) Deze Betische ketens in engeren zin werden door Machperson en Pacheco Penibetisch genoemd. Met Penibetisch wordt hier echter niet bedoeld Paenebetica (bijna Betisch), maar deze naam is waarschijnlijk afgeleid van Poenibetica, Betische ketens van de Phoeniciers en Carthagers [III, 27, pag. XIII].

[3]) Zie het tektonische blokdiagram van het gebied. Blad I.

1. Centrale zone (het hooggebergte der Sierra Nevada (s.s.) en de Sierra de Albuñuelas);
2. De depressies en voorgebergten ten Noorden der Centrale zone;
3. Het kustgebergte ten Zuiden der Centrale zone.

1. *Centrale zone.* Het *hooggebergte van de Sierra Nevada* verheft zich van af de Valle Lecrin ten Z. van Granada met een enorm sterke rijzing van de kamlijn in oostelijke richting (gemiddeld 1 : 5 van de Valle Lecrin tot de Picacho de Veleta) en bereikt reeds dadelijk bij de Cerro de Caballo de belangrijke hoogte van meer dan 3000 m. Vandaar oostwaarts gaande rijst de kamlijn nog tot de toppen der Veleta en Mulhacen (resp. 3470 en 3481 m.) om daarna geleidelijk in oostwaartsche richting te dalen. Waar de spoorlijn van Guadix naar Almeria haar traverseert, bereikt zij een minimum en gaat daarna over in de Sierra de los Filabres met als hoogste top de Tetica de Bacares (2081,5 m.). Door de sterke asduiking naar het Westen verdwijnt de 1e zone ten Westen van de verbindingslijn Granada—Motril, en hier grenzen de 2e en 3e zone dus direct aan elkaar.

De Sierra Nevada biedt niet die romantische vormen-rijkdom, zooals wij die in de Alpen kunnen genieten. Het is een vrij monotone dom welks kamlijn slechts door de glaciale karen eenige teekening verkrijgt. [1])

De Sierra Nevada, welke naam sneeuwgebergte beteekend, kent thans geen eeuwige sneeuw meer (tot de hoogste toppen bezit zij een fraaie Alpen-flora), behalve perenneerende sneeuwvelden voor wier ondereinde op de N.-zijde tot ± 2800 m. reikt en aan de Zuidzijde tot 3000—3050 m. Het smeltwater stroomt aan de N.W.-zijde af door de Rio Genil, de Rio Monachil en de Rio Dilar, wier barrancos (ravijnen) honderden meters diep in het berglichaam insnijden. Hun water komt via de Guadalquivir in den Atlantischen Oceaan terecht.

De Torrente de Durcal en de Barranco del Torrente vloeien naar het Westen af, en de Rio de Lanjaron naar het Zuiden. Deze laatste rivieren behooren tot het stroomgebied der Guadalfeo, welke in de Middellandsche zee uitmondt.

De Sierra Nevada wordt in haar westelijk uiteinde omgeven door een rand van kalkbergen, welke door hun grillige vormen en steile hellingen gemakkelijk te onderscheiden zijn van de glooiende vormen van den centralen dom.

---

[1]) Obermayer en Carandell: los Glaciares Cuaternarios etc [I, 2].

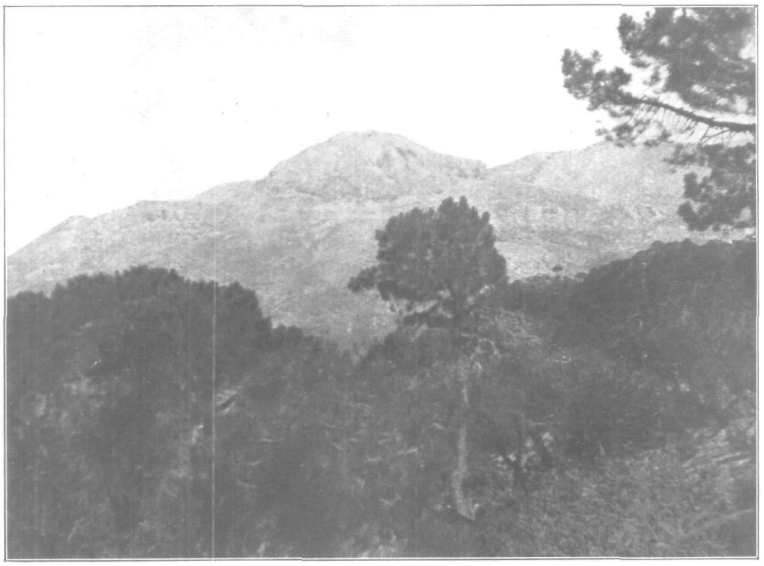


Foto 1.

Gezicht op de kale jura-rotsen der Sierra Harana.
Op den voorgrond het dennenbosch van los Pinares.

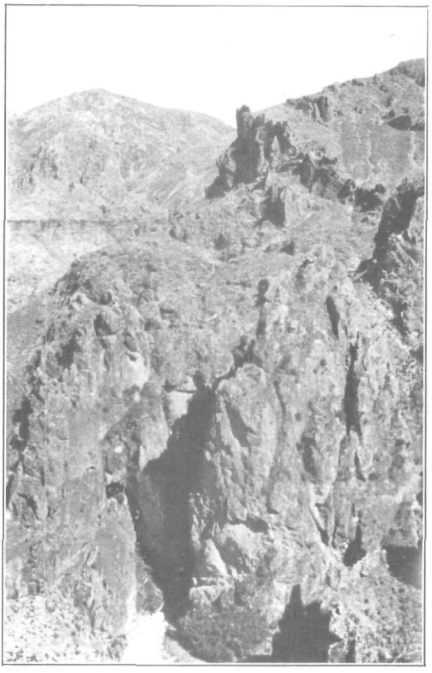


Foto 2.

Kloof van de Barranco de Monachil door de kalken en dolomieten der triasrandzône boven Monachil.

Langs deze westelijke randzone van triaskalken loopt de Valle Lecrin, die gelegen is op de verbindingslijn tusschen Granada en Motril.

Ten Westen van de Valle Lecrin ligt de ruim 1000 meter hooge *Sierra de Albuñuelas*, die voornamelijk uit trias-kalken bestaat en die als voortzetting van de kalken der trias-randzone beschouwd moet worden. Tusschen Agron en Jayena duikt ook deze uitlooper der centrale zone onder de jongere afzettingen van het bekken van Granada weg en grenst dus de Sierra Tejeda van de zuidelijke zone direct aan het bekken van Granada der noordelijke zone.

2. *De depressies en voorgebergten ten N. der Centrale zone.* Het contact tusschen de Betische en de Subbetische ketens wordt grootendeels door bekkens met jong-tertiaire en kwartaire afzettingen gemaskeerd. In ons gebied kunnen wij twee zulke bekkens onderscheiden: het bekken van Granada en dat van Guadix. Het bekken van Granada ligt ± 600 m. boven zee-niveau, dat van Guadix belangrijk hooger (± 1000 m. bij de plaats Guadix). De grens tusschen Betische en Subbetische ketens loopt in het bekken van Granada ongeveer over Santafé naar Ventas de Zafarraya. Ten Noorden van Santafé ligt de Sierra Elvira met gesteenten van Subb. facies en ten Zuiden hiervan verrijst uit de vlakte een klein topje dat bestaat uit triaskalken der Betische facies, zoodat het tertiair-bekken van Granada hier de grens tusschen Betische en Subbetische ketens bedekt.

Tusschen deze twee tertiair-bekkens verheft zich een 1500—2000 m. hoog gebergte, dat in het Noorden hoofdzakelijk uit witte jurakalken bestaat en tot de Subbetische ketens behoort en waarvan de zuidelijke helft grootendeels uit grauwe trias-dolomieten en kalken wordt opgebouwd en tot de Betische ketens gerekend wordt. De grenslijn loopt ongeveer langs den hoofdweg van Guadix naar Granada. Het Subbetische gedeelte van het gebergte, gelegen tusschen den hoofdweg en de spoorlijn van Granada naar Moreda, wordt gewoonlijk Sa Harana genoemd (foto 1). De hoogste top is de Orduña (1940 m.).

Het Betische gedeelte is minder scherp van de randzone van triaskalken, die de Sierra Nevada omgeeft, af te scheiden. Het vormt een plaatselijke verbreeding van deze zone tusschen Güejar-Sierra en Lapeza.

Een afzonderlijke naam voor het gebergte, dat als vier hoekpunten

heeft Nivar, Diezma, Lapeza en Güejar-Sierra, bestaat dan ook niet. In den tekst zal ik dit gebergte aanduiden als *gebergte van Tocon*, naar het dorpje dat in haar centrum gelegen is.

Dit gebergte ten Oosten van Granada is een van de schaarsche plekken, waar het contact tusschen Subbetische ketens en de diepere, kristallijne kern van de Betische ketens bestudeerd kan worden. We hebben reeds gezegd hoe, westwaarts gaande, door een sterke asduiking het kristallijn der Sierra Nevada onder hoogere eenheden wegduikt. In het Oosten is dit contact nog slechts op één plaats ontsloten, en wel over minder grooten afstand dan bij Granada, n.l. in de Sierra de las Estancias.

De vruchtbare *Vega van Granada* is een bloeiende landbouwstreek, welke echter nog schooner tijden gekend heeft onder de nijvere Mooren. 250 jaren lang was Granada de laatste en eenigste staat der Muselmannen in Spanje, tot het 1492 voor de macht der Katholieke koningen bezweek. De godsdienstige onverdraagzaamheid der overwinnaars verjoeg de vroegere inwoners, aan wie rijkdom en voorspoed te danken waren geweest. Eenige decennia na de inneming stortten reeds vele huizen in puin en waren tallooze tuinen en akkers verlaten en verwilderd. Thans vinden we nog het heerlijk mooie Alhambra als bijna ongeschonden getuige van dat glorietijdperk.

Het *gebergte van Tocon* bestaat grootendeels uit bijzonder onvruchtbare dolomieten en kalken. Dennen schijnen 't echter nog op de dolomieten te kunnen bolwerken. Er komen eenige fraaie dennenbosschen voor op de Los Pinares, Lomas de Azafran, Cerro de la Solana, Peña de Orcalate, welke onder geregeld staatstoezicht staan. Tusschen Lapeza en Lugros, op de Loma Robledal vinden we, zooals de naam reeds zegt, eikenbosschen, waarop von Drasche reeds opmerkzaam maakt. [1])

De dun gezaaide bevolking leeft van den landbouw, die zij bedrijft op de schaars voorkomende plekken van kristallijne schisten en triasfyllieten. In het centrum van het gebergte bevindt zich het gehucht Tocon in een bekken van kristallijne schisten.

Mede door het feit, dat honderden meters diepe, bijna ontoegankelijke barrancos het gebergte doorsnijden (foto 2, 3) (Aguas Blancas,

---

[1]) [III 7] pag. 107. „Wendet man sich von hier (Lapeza) südlich gegen Lugros so erklimmt man zu erst einen Kalkrücken um in ein mit Kiefer und immer grünen Eichen bewachsenes Thal hinab zu steigen (der einzige bewaldete Punkt den ich kennen lernte)."

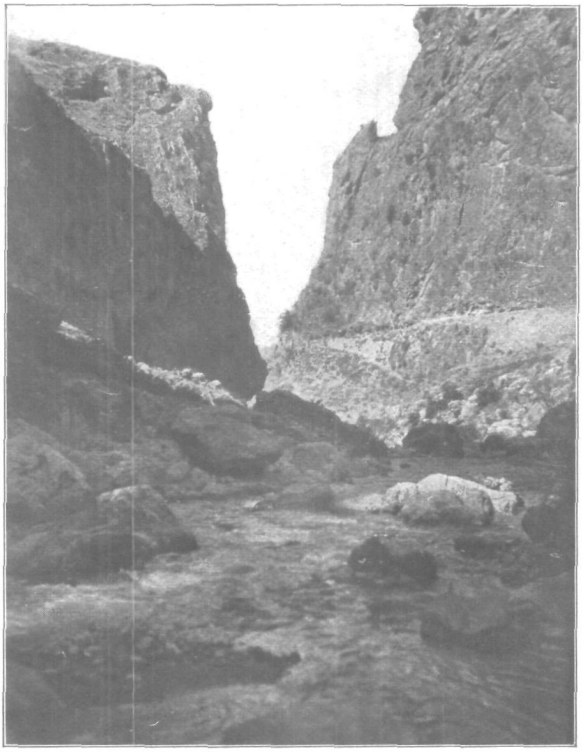


Foto 3.

Kloof van de Aguas Blancas boven Quéntar. Op de rechteroever neemt men de waterleiding waar, die voor de hydraulische winning van alluviale goudertsen bij Granada gediend heeft.

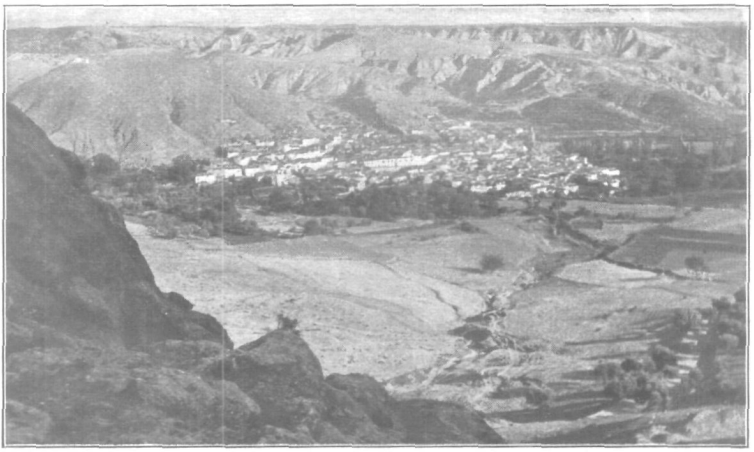


Foto 4.

Gezicht op Lapeza en de vlakte van Guadix (Guadixformatie). Op den voorgrond kalken van de triasrandzône.

Rio Padules enz.) leven deze menschen zeer geïsoleerd van de buitenwereld, en zijn zij grootendeels analfabeet.

De *Vlakte van Guadix* (foto 4) strekt zich ten Oosten van dit gebergte uit. Het is een troostelooze grassteppe, waar o.a. het esparto gras een vrij groote verbreiding heeft. Zij wordt ontwaterd door de Fardes en de Rio de Guadix, welke, na zich vereenigd te hebben, in de Guadalquivir uitmonden.

De Fardes ontspringt in het gebergte ten Oosten van Granada op de grens van het gebergte van Tocon en de Sierra Harana en blijft deze grens volgen tot ze in de vlakte van Guadix komt.

Het water uit dit bekken, dat op slechts 50 km. van de Middellandsche zee gelegen is, vloeit niet in die zee uit, doch bereikt langs een zeer langen weg den Atlantischen Oceaan.

3. *De Gebergten ten Zuiden der Centrale zone.* De ketens tusschen de Guadalfeo, die bij Motril uitmondt, en de Rio Grande, die bij Adra de Middellandsche zee bereikt, worden meestal onder den naam van Las Alpujarras samen gevat. Ze bestaan hoofdzakelijk uit kristallijne schisten, triasfyllieten en triadische kalken en dolomieten (foto 5).

Hun grootste hoogte bezitten zij, evenals de Sierra Nevada, aan hun Westeinde, waar het reusachtige kalkmassief van de Sierra de Lújar (foto 6) zich tot ± 2000 meter boven zee verheft. Van daaraf dalen zij in oostelijke richting tot de Rio Grande. Hun oostelijke voortzetting vinden ze in de Sierra de Gador, die ook weer 2000 m. hoogte bereikt.

Afgezien van eenige alluviale stranden, dalen zij vrij steil naar de Middellandsche zee af. Dank zij het milde klimaat en de betrekkelijke vruchtbaarheid van den bodem liggen hier talrijke welvarende dorpjes verspreid. Druiven, amandelen en olijven behooren tot de hoofdproducten. Ten Westen van de Guadalfeo vinden de Alpujarras-ketens hun voortzetting in de Sierra de las Guájaras, Sierra Almijara (hoogste top Nava Chica 1831 m.) en de Sierra Tejeda (hoogste top Cerro Lucero 2135 m.). Het zijn woeste, vrijwel onbewoonde gebergten, die grootendeels uit dolomieten bestaan, welke met hun grillige kamlijnen een buitengewoon imposanten indruk maken (foto 7). Slechts enkele bergpaden leiden er over heen. Vooral in de Sierra Tejeda zijn ze soms door uitgestrekte dennebosschen bedekt, waaruit hars voor terpentijnbereiding gewonnen wordt.

MIJNBOUW.

Sinds de vroegste geschiedenis heeft Spanje als mijnbouwland een grooten naam gehad en ook in het gebied, dat in dit proefschrift besproken wordt, getuigen de tallooze oude stortkegels en uitgewerkte aders van de mijnbouw-activiteit, die in den loop der eeuwen aan den dag werd gelegd. Zoo was bijv. de stichting van de oorspronkelijke stad Granada te danken aan de exploitatie van de goudhoudende, alluviale afzettingen van de Darro en de Genil door de Phoeniciers.

Het verertsings-proces van Zuid-Oost Spanje is misschien in verband te brengen met het, op de bergvorming volgende vulkanisme, zooals we dat in de 200 km. lange strook van jong-tertiaire eruptiva van de Cabo de Gata tot de Cabo de Palos in de Provincie Almería waarnemen.

De thermale werkingen hiervan hebben waarschijnlijk tot de vorming van ijzer-, zilver-, lood-, zink- en koper-ertsen aanleiding gegeven. [1]) De oplossingen zetten in spleten hun ertsen af of verdrongen metasomatisch de triaskalken en glimmermarmers.

Behalve het Huelva-district bezit Spanje geen belangrijke *koper*-mijnbouw. De totale jaarlijksche koperproductie buiten het Huelva-district bedraagt niet meer dan eenige honderden tonnen. Misschien bezit de Sierra Nevada eenige toekomst wat betreft den koper-mijnbouw.

In de schisten der Sierra Nevada komen vele siderietgangen voor, welke met chalcopyriet geïmpregneerd zijn. Verscheidene pogingen tot exploitatie van deze ertsen werden reeds aangewend en in de Mining and Scientific Press van 1922 (pag. 291) verscheen een artikel („Copper in the Sierra Nevada, Spain", door De Kalb), waarin nog eens op de mogelijkheid van de stichting van een grootbedrijf op dit voorkomen wordt gewezen.

Vooral de gangen van Rascal, Veta Grande, Léon de Plata en Bacares lijken veelbelovend. Waterkracht is ruim voorhanden, zoodat de afvoer van het erts m.b.v. kabelbaantjes en de tramlijn van Güejar Sierra naar Granada zou kunnen geschieden. De scheiding der chalcopyriet van de sideriet, die vroeger veel bezwaren gaf, zou tegenwoordig door flotation te bewerken zijn. Vroeger is dan ook enkel de oxydatie- en cementatie-zone verwerkt, welke laatste somtijds zeer *zilver*rijk bleek te zijn (0.8—1.0% Ag).

---

[1]) F. Schumacher. Übersicht über die nutzbaren Bodenschätze Spaniens 1926, pag. 75.

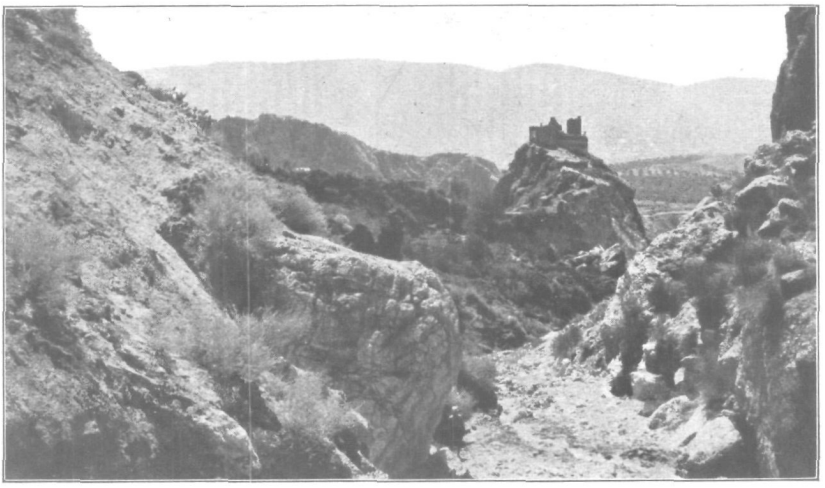


Foto 5. Foto Zermatten.

De Rio Salado en het Castillo de los Moros bij Lanjaron.
Op den achtergrond de Sierra de Lújar.

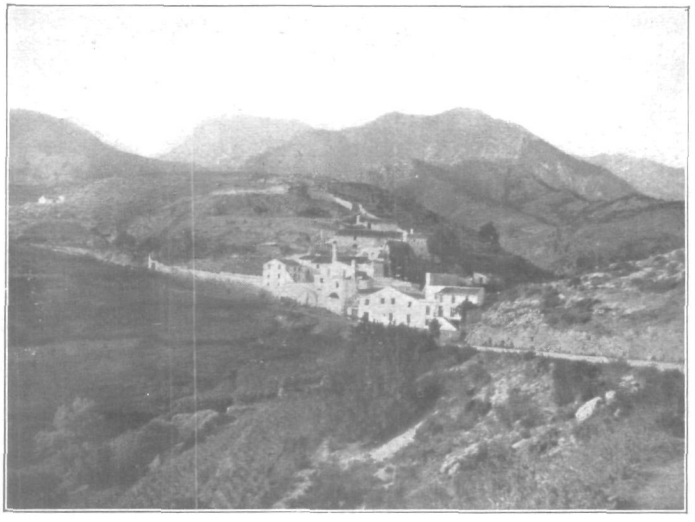


Foto 6.

De dolomieten van de Sierra Tejeda.
Gezien van de weg Nerja—Frigiliana.

De Spaansche geologen en de Kalb zijn van meening, dat de *goud*houdende, alluviale afzettingen in het tortonien uit de omgeving van Granada en ook in de Valle Lecrin en het bekken van Orgiva hiervan afkomstig zijn. Deze werden reeds van oudsher ontgonnen. Bij Quentar vinden we de bouwvallen van het 16 km. lange kanaal, waarvan 6,5 km. als tunnel, dat eenige tientallen jaren geleden door een Fransche maatschappij is aangelegd om het goud langs hydraulischen weg te winnen (foto 3).[1]) Thans ligt de exploitatie overal stil.

In de triaskalken komen op vele plaatsen metasomatische *lood*-gangen en -nesten voor, welke soms eenig zilver bevatten. In het Oosten zijn de belangrijke zilverhoudende loodertsen van Cartagena en Mazarrón in Murcia aan de jong-tertiaire, zure stollingsgesteenten gebonden, en het is mogelijk, dat ook deze verder afgelegen Pb-ertsen met jonge vulkanische werkzaamheid in verband staan. De productie van Pb-ertsen in de Prov. Granada is echter onbelangrijk en is bovendien van 6700 ton in 1913 tot 3200 ton in 1922, met een gemiddeld Pb-gehalte van 54%, teruggeloopen. In de Sierra de Lújar werken nog enkele loodmijnen, meerendeels zijn ze echter uitgeput, zooals de mijnen in het gebergte van Tocon (bij de Rio Padules, bij Lapeza, etc.). Slechts in de omgeving van de Venta del Molinillo zijn nog eenige mijntjes in bedrijf. Hier bevinden zich de zilverhoudende Pb- en ook Cu-ertsen in de permo-trias-leien en zandsteenen. Het galeniet-concentraat werd door sorteering in buddles van het stuk geklopte erts verkregen en het Cu-erts geheel met de hand uitgezocht. De productie bedraagt niet meer dan eenige tientallen tonnen concentraat van beide per jaar.

Ten Zuiden van de Venta del Molinillo komt in de triaskalken *sfaleriet* voor, waarop eenige galerijen gedreven worden.

Van belang is het *ijzer*-erts, dat in de glimmermarmers of de triaskalken voorkomt. De statistiek geeft voor 1907 een productie van ijzererts in de prov. Granada van 197000 ton en voor 1923 slechts van 5000 ton. De vindplaatsen zijn aan den Noord- en den Zuidvoet der Sierra Nevada gelegen, waar ze in de glimmermarmers der complexe zone of aan de onderzijde der triaskalken voorkomen. Het laatste is bijv. het geval met het plaatselijk 50 m. dikke hematietlichaam aan de basis van de triaskalken der Cerro de Conjuro bij Orgiva en de oxydische ijzerertsen aan de onderzijde der triaskalken bij Lanjaron, waar verscheidene proeftunnels op gedreven zijn. In de

---

[1]) A. J. Bourdariet. Notes sur les Alluvions aurifères de Grenade (Espagne). Bull. de la Soc. Belge de Géologie de Pal. et d'Hydrol. Tome VIII, 1894.

marmers aan de N.-zijde van het gebergte bij Alquife, komen mooie, oxydische ijzerertsen voor, waar zij door een Engelsche maatschappij worden gewonnen.

Ook deze ijzerertsen, wier voorkomen geheel analoog is met die in de Sierra de los Filabres en de Sierra Alhamilla, schijnen van jongeren datum en hydrothermaal-metasomatisch te zijn. [1])

In de Provincie Granada komen talrijke ferrugineuse, somtijds koolzuur en chloorhoudende, warme *bronnen* voor. Guardiola en de Sierra zijn van meening, dat deze bronnen uit vadoos water bestaan, welke hun Fe-gehalte door uitlooging der ertsafzettingen verkregen hebben, [2]) doch de mogelijkheid bestaat, dat we in sommige juist de ertsbrengers te zien hebben.

Een zekere vermaardheid hebben zich onder andere de bronnen van Lanjaron verworven, welke Fe, Mn, Alkali en Ca-bicarbonaten, sulfaten en chloriden bevatten, benevens een gering gehalte aan vrij koolzuur (temp. tot 30°) (zie tabel).

Marmers en *serpentijnen* worden, vooral door de gebrekkige vervoermiddelen, voor zoover mij bekend is, tegenwoordig in dit gebied nergens meer geëxploiteerd.

*Gips*groeven in de triasfyllieten of kalken vindt men daarentegen op ettelijke plaatsen in bedrijf (o.a. Güejar Sierra, Niguélas en Lanjaron) (foto 7).

De *bruinkool*-lagen in het messinien van het tertiair-bekken van Granada zijn economisch onbeteekenend. In de omgeving van Alfacar komt een bruinkoollaag voor, welke in 1926 door middel van een fraai schrijven aan „el Jefe del Expedicion Holandesa" (n.l. Prof. Brouwer) te koop werd aangeboden.

Resumeerende zien wij, dat de Prov. Granada als mijnbouwdistrict weinig belang bezit. Fe en Pb zijn de voornaamste producten, terwijl de Cu-ertsen van de Sierra Nevada eenige mogelijkheden tot ontwikkeling bezitten.

---

[1]) Prof. R. W. van der Veen. Origin of the Bilbao, Almería, and Santander iron ores. Econ. Geol. Vol. XVII, No. 7, 1922, pag. 602 e.v. Zeylmans van Emmichoven. Geol. onderzoekingen in de Sierra de los Filabres (Almería, Spanje). Dissertatie Delft 1925, pag. 52 e.v.

[2]) Hierros de Almería y Granada, pag. 190.

Foto 7.

Gipsgroeve in de „Gipsrug" ten O. van Lanjaron.

CHEMISCHE ANALYSE VAN MINERALE BRONWATEREN BIJ LANJARON (GRANADA)

door D. José Ubeda y Correal en D. Rosendo Castells y Ballespi (1914).

	Salud num. 1		Salud num. 2		San Antonio		Capuchina		Capilla		El Salado		San Vicente	
Gassen	C.C.	Grammen[1]	C.C.	Grammen	C.C.	Grammen	C.C.	Grammen	C.C.	Grammen	C C.	Grammen	C.C.	Grammen
Koolzuur	234,0	0,45981	380,0	0,746-0	328,0	0,64452	595,0	1,16917	525,0	1,03162	505,0	0,99232	41,0	0,08056
Zuurstof	6,2	0,00886	8.0	0,01144	6,8	0,00972	9,2	0,01315	8,3	0,01186	7,6	0,01086	6,6	0,00943
Stikstof	19,8	0,02489	37,0	0,01651	25,2	0,03168	40,8	0,06129	36,7	0,04614	32,4	0,04073	22,4	0,02816
Vaste zouten	Grammen [1]		Grammen		Grammen		Grammen		Grammen		Grammen		Grammen	
Na bicarbonaat	0,22865		0,14419		0,12710		3,16188		1,21648		0,65473		0,04328	
K ,,	0,05740		0,05502		0,07219		0,15729		0,33790		0,07630		0,02389	
Li ,,	—		—		—		sporen		sporen		sporen		—	
Ca ,,	0,13998		0,23294		0,25927		1,63902		0,10198		0,66870		0,06989	
Mg ,,	0,01616		0,05532		0,02076		0,07196		0,04611		0,17987		0,02786	
Fe ,,	0,00035		0,00022		0,00326		0,05280		0,03973		0,04260		0,00024	
Mn ,,	—		—		—		0,00083		0,00051		0,00022		—	
Na chloride	0,04590		0,13532		0,30604		4,77757		0,05166		3,17358		0,03215	
K ,,	—		—		0,03228		0,08120		—		0,10655		—	
Ca ,,	0,07586		0,03280		0,06709		2,52325		0,02011		0,67965		0,05044	
Mg ,,	0,02287		0,02590		0,06681		0,54553		0,01326		0,22701		0,02209	
Na sulfaat	0,02648		0,02315		0,03022		0,24610		0,01588		0,13081		0,00621	
Ca ,,	0,04473		0,04849		0,04621		0,91185		0,00887		0,03291		0,01394	
Mg ,,	0,04002		0,01893		0,01490		0,14481		0,00895		0,03696		0,01263	
Al fosfaat	—		—		—		0,00253		—		0,00169		—	
Al	0,00361		0,00167		0,00215		0,01033		0,01391		0,01176		0,00126	
SiO_2	0,01378		0,01578		0,02178		0,04738		0,01778		0,02136		0,01278	
Organ. bestandd.	—		—		—		sporen		—		sporen		—	
Totaal. . . .	0,71579		0,78973		1,07001		14,37433		1,89313		6,04470		0,31666	

[1]) Per liter.

KAARTEN.

Een moeilijkheid bij de beschrijving van het onderzochte gebied doet zich nog voor in de benaming van de geografische eenheden. Deze wisselt vaak bij de verschillende auteurs, kaarten en in den volksmond. Ik heb me echter geheel gehouden aan de benamingen van de militaire kaart (Mapa Militar itinerario de España) 1 : 200.000, blad 85 (prov. Granada) van het jaar 1916.

Een groot bezwaar bij de geol. karteering op schaal 1 : 50.000 van het gebergte ten Oosten van Granada was, dat de fraaie topografische kaart van 1 : 50.000, die men bezig is voor heel Spanje te maken, voor deze provincie nog niet bestaat. Ik heb me daardoor moeten behelpen met de bovengenoemde militaire kaart van 1 : 200.000, waarvan ik de groote wegen en rivieren en ligging der dorpen als basis genomen heb. Behalve de kleine schaal, is ook de afwezigheid van voldoende hoogtecijfers een groot nadeel van deze kaart bij meer gedetailleerde karteeringen.

Bij de kleinere rivieren, bleek de kaart onbetrouwbaar en gebruikte ik veelal eigen schetsen en opmetingen.

Daar de rivierdalen vaak een goede plaats-aanduiding voor het verloop van de geologische grenzen vormen, werden somtijds kleine ravijntjes ingeteekend, waar op andere plaatsen grootere weg gelaten werden.

De volgende geol. kaarten van het gebied waren ter mijner beschikking:

R. v. Drasche. 1879. Schaal 1 : 392.727.
Taramelli en Mercalli 1886.
Mission d'Andalousi 1886. Schaal 1 : 600.000.
Mapa Geologico de España segunda edicion. Schaal 1 : 400.000.
D. Domingo de Orueta 1922. Schaal 1 : 400.000.
R. Guardiola en A. de Sierra 1925. Schaal 1 : 400.000. (Deze laatste kaart werd ook gedeeltelijk overgenomen in de gids voor het XIV int. geol. Congres te Madrid [III, 27]).

HOOFDSTUK II.

STRATIGRAFIE.

ALGEMEEN OVERZICHT.

Zoowel stratigrafisch als tectonisch laten de gesteenten zich ongedwongen volgens onderstaande tabel indeelen. [1])

A. BOUWSTEENEN DER BETISCHE KETENS.

1. Trias (Alpine facies).
2. Complexe zone der Sierra Nevada (ten deele mesozoïsch?).
3. Kristallijne schisten:
   a. der centrale zone (Sierra Nevada). (Ouderdom? Althans gedeeltelijk prae-hercynisch).
   b. der noordelijke en zuidelijke zone (Geb. van Tocon, Alpujarras, Sierra de los Guájaras, Sierra de Almijara, Sierra de Tejeda) (prae-hercynisch).

B. BOUWSTEENEN DER SUBBETISCHE KETENS.

1. Nummuliticum.
2. Krijt.
3. Jura.
4. Permo-trias (Germaansche facies).

C. AUTOCHTONE, JONGERE FORMATIES.

Kwartair { Jongste vormingen.
Diluvium (Alhambra congl. en Guadix-formatie).

[1]) De nummers van de handstukken en dunne doorsneden in den tekst hebben betrekking op de collectie van gesteenten en praeparaten van Spanje, welke zich bevindt op het Instituut voor Mijnbouwkunde te Delft.

Neogeen
- Messinien — lacustrische formatie. / gipsformatie.
- Sarmatien / Tortonien — blokformatie.
- Helvetien (en burdigalien).

Deze verdeeling geldt hoofdzakelijk voor de oostelijke helft der Betische ketens. Ten Westen van het bekken van Granada en de Sierra Tejeda verzwakken de tegenstellingen tusschen Subbetische en Betische ketens. We vinden zoowel in de eerste als in de laatste de trias in Germaansche facies, ook vinden we de jura niet alleen beperkt tot het Subbeticum, maar eveneens rondom Malaga in de Betische ketens. De oorzaak hiervan hebben wij waarschijnlijk te zoeken in de voortgezette asduiking naar het Westen, waardoor de bouwsteenen der Betische ketens verdwijnen onder hoogere tectonische eenheden, i.c. die der Subbetische ketens.

A. BOUWSTEENEN DER BETISCHE KETENS (s.s.).

INLEIDING.

Zooals reeds bij het geografisch overzicht werd opgemerkt bestaan de Betische ketens (s.s.), afgezien van de tertiaire en kwartaire formaties, geheel uit kristallijne gesteenten. Aan den hoogen graad van metamorfose dezer gesteenten is het te wijten, dat fossielvondsten hierin uiterst schaarsch zijn. Alleen de triaskalken zijn paleontologisch met voldoende zekerheid gedetermineerd.

Door deze omstandigheid en mede door den zeer gecompliceerden tektonischen bouw der Betische ketens, is het tot nu toe onmogelijk gebleken om met zekerheid de normale stratigrafische volgorde der formaties vast te stellen. Wel zijn vele veronderstellingen hieromtrent geuit, doch de meeste berusten op de twee principes:

1. hoe dieper de lagen, des te hooger hun ouderdom;
2. de graad van metamorfose neemt met den ouderdom toe, welke beide principes slechts gelden voor continentale gebieden, waar de laagsuccessie ongestoord is. Hier zal het diepste sediment ook het oudste zijn en onder invloed der regionaal-metamorfose de hoogste graad van kristallijnheid bezitten. Scherp geteekend loopt deze ouderdomsgrens ook vaak bij groote discordanties, bij welke de oude, geplooide

gesteenten dieper liggen en een hooger graad van kristallijnheid bezitten dan de daaroverheen transgredeerende sedimenten, die aan geen orogenetische bewegingen onderworpen zijn geweest.

Duidelijk is echter, dat voor een dekbladen-gebergte deze twee stellingen niet meer gelden. Noch laag-successie, noch graad van kristallijnheid bieden ons hier eenige waarborg omtrent den relatieven ouderdom. Een treffend voorbeeld hiervan zien we in de kristallijne mesozoïsche „Bündner Schiefer" of „Schistes Lustrés" der Alpen.

De graad van metamorfose van een gesteente is alleen afhankelijk van hetgeen het gesteente doormaakte en staat in geen direct oorzakelijk verband met zijn ouderdom. Hierop dienen we goed acht te slaan, wanneer wij ons zonder de hulp van fossielen een oordeel omtrent de stratigrafie trachten te vormen. Wij beginnen hierbij met op petrografische gronden groepen van gesteenten te onderscheiden, welke wij in het gebergte trachten te vervolgen. Dit kan ons een indruk omtrent de tektoniek van het gebied geven. Op grond van tektonische-, petrografische- en vergelijkend stratigrafische overwegingen is het dan misschien mogelijk om een vermoeden omtrent den relatieven ouderdom der gesteenten uit te spreken. Dezen weg zullen wij bijv. voor de kristallijne schisten der Alpujarras volgen (zie pag. 26 e.v.).

Brouwer was de eerste, die dezen weg insloeg en zich er van onthield om een oordeel over den ouderdom der kristallijne gesteenten te geven. [1]) Hij onderscheid de volgende eenheden in de kristallijne gesteenten der Betische ketens. [2])

Trias { Kalksteenen en dolomieten, tendeele zijde-glanzende schisten, zandsteenen en kwartsieten, gips, rauchwacken.

Mengzone { Glimmermarmers, schisten en kwartsieten, kalksteenen en mergels, muscoviet, oogengneis.
Toermalijn- en granaat-gneisen, amfibolieten, glimmerschisten (vaak granaathoudend), serpentijn.

Kristallijne schisten { ten deele granaatglimmerschisten.
ondergeschikt amfibolieten en serpentijn.

---

[1]) H. A. Brouwer. Zur geologie der Sierra Nevada. Geol. Rundschau 1926, Heft 2, pag. 136. „Wo bei Mangel an Fossilen auch die Petrografischen Merkmale keine sicheren Anhaltspunkte geben, haben wir uns vorläufig über das Alter der verschiedenen kristallinen Schiefer keine bestimmte Meinung bilden können."

[2]) H. A. Brouwer. Zie boven, pag. 127.

Deze indeeling zullen wij voor de bespreking van de kristallijne gesteenten der Betische ketens behouden.

De gesteenten, die hierboven als samenstellers der mengzone vermeld staan, geven aan deze zone een geheel eigen karakter, zoodat dus de mengzone niet alleen ontstaan kan zijn door menging van de bestanddeelen van het overschuivende en overschoven pakket.

In de Oost-alpen wordt bijvoorbeeld de N.O.-rand van het Tauernvenster met de naam „Mischungszone" aangegeven,[1]) omdat hier een menging op het contact van twee eenheden heeft plaats gevonden. Kwartsieten, rauchwacken, triasdolomieten en kalken van het Radstätter dekblad, dat een Oost-alpine dekblad is, zwemmen hier als schollen in een grondmassa van „Grünschiefer" welke tot het Penninicum van het Tauernvenster behooren.

Een mengzone noemt Staub bijv. ook de omgeving van Arosa, waar Penninische en Oost-alpine elementen met elkaar verschubt zijn.

Op het tektonisch karakter der „mengzone", waarin zij met de bovenstaande mengzonen overeenkomt, vestigt Brouwer den aandacht, waar hij zegt (l.c., pag. 335): „.... die nördliche Trias der Sierra Nevada über die stark laminierte und wechselnd ausgebildete Mischungszone von sehr weit südwärts verfrachtet worden ist."

Dit transport heeft ook veroorzaakt, dat een tektonische menging tusschen deze gesteente-groep en de overschoven trias heeft plaats gevonden. Zeijlmans van Emmichoven beschrijft dit bijv. voor zijn conglomeratische mergels in de Sierra de los Filabres. Van de omgeving van Nigüelas, die door In de Betouw van der Voort en Zermatten is onderzocht, beschrijft Brouwer een zone tusschen de glimmermarmers en triaskalken van ongeveer 300 m. dikte, waarin marmers en mergels met triaskalken en fyllieten alterneeren (l.c., pag. 124). Ook in de gipsrug ten Oosten van Lanjaron is dit het geval (zie pag. 118). Voor deze zones van tektonische dooreenmenging, die in dat karakter ook geheel overeenkomen met dergelijke zones in de Oost-alpen, wilde ik de naam mengzone behouden, doch voor de groep van gesteenten die onder de naam complexe zone vermeld zullen worden (pag. 30) en welke petrografisch zeer uiteenloopende samenstelling bezitten, zoowel mineralogisch als wat betreft de graad van metamorfose, en waarin zoowel Praehercynische als Posthercynische gesteenten kunnen voorkomen, wilde ik voorstellen de naam „*complexe zone*" te gebruiken.

---

[1]) L. Kober. Bau und Entstehung der Alpen 1923, pag. 109—110.

Wij vatten hieronder samen de gesteenten, die alleen of voornamelijk uit deze zone bekend zijn, waardoor deze zone zich *facieel* van de bovenliggende en onderliggende bouwsteenen der Betische ketens onderscheidt. Omtrent haar stratigrafisch en tektonisch karakter tasten we nog in het duister. Deze zone is althans door sterke tektonische invloeden gestoord en kan daardoor ook geheel of gedeeltelijk een mengzone zijn, waarbij dus bijv. gesteenten der complexe zone met gesteenten der Alpujarriden gemengd zijn, zooals dit bijvoorbeeld ten Oosten van Lanjaron het geval is.

De bespreking van de gesteenten zullen we in de eerste plaats splitsen volgens hun voorkomen in het gebergte van Tocon aan den Noordkant der Sierra Nevada en het gebied aan den Zuidkant ervan (omgeving van Lanjaron etc.) en ten tweede volgens hun voorkomen in de verschillende tektonische eenheden. We zullen daarom beginnen met schematisch de opeenvolging der lagen en de tektonische eenheden in die gebieden aan te geven.

BOUWSTEENEN DER BETISCHE KETENS TUSSCHEN GRANADA EN MOTRIL.

	NOORDZIJDE. (Gebergte van Tocon).	ZUIDZIJDE. (Westelijke Alpujarras, Sierra de las Guájaras etc.).	
Subbetische bouwsteenen in de Sierra Harana	nummuliticum jura permo-trias		Subbetisch dekblad van Brouwer Betisch dekblad van Staub
Betische bouwsteenen tusschen Granada en Motril	trias (kalken en dolomieten, fyllieten) + prae-hercynische schisten → Guajar dekblad (bij Diezma is deze serie verdubbeld)	triaskalken en dolomieten + prae-hercynische schisten → Guajar dekblad (Alpujarriden)	Betische dekbladen van Brouwer Granada dekblad van Staub
	trias (kalken en dolomieten, rood-violette fyllieten en kwartsieten) → Roode dekblad	trias (kalken en dolomieten, fyllieten) → Lanjaron dekblad (Alpujarriden)	
	trias (kalken, grijze fyllieten) → Grijze dekblad	trias (kalken met fyllieten) → Lujar dekblad (Alpujarriden)	
	complexe zone schisten der Sierra Nevada	complexe zone schisten der Sierra Nevada	Mogelijk Penninicum volgens Brouwer en Staub

Toelichting tot de nomenclatuur.

De naam „Betisch dekblad" gebruikt Staub voor de Subbetische ketens, waarvan volgens hem het kristallijn van de Prov. Malaga en de Sierra de las Estancias de basis zou vormen. Mij lijkt echter de naam, die Brouwer eraan gaf *(Subbetisch dekblad)* beter, omdat de Subbetische ketens er het hoofdbestanddeel van vormen.

De naam „*Alpujarriden*" voor het stel van de drie triasdekbladen in het onderzochte gebied (Guájar dekblad, Lanjaron dekblad, Lujar dekblad) is bedoeld als een plaatselijke verzamelnaam. De naam „*Betische dekbladen*", die Brouwer er aan gaf, kan dan gereserveerd blijven voor een systeem van dekbladen gelijkwaardig met de Austride bladen van de Oost-alpen. De Alpujarriden verhouden zich tot de Betische dekbladen als de Tiroliden of Grisoniden tot de Oost-alpine dekbladen.

De Alpujarriden vallen ongeveer samen met de verbreiding van het „Granada-dekblad" van Staub aan de West-omranding der Sierra Nevada.

De Betische en Suprabetische eenheden die Blumenthal uit het doorbraakdal der Rio Guadalhorce in de Prov. Málaga beschrijft, zijn waarschijnlijk tektonisch hooger gelegen eenheden dan de Alpujarriden. De Alpujarriden zouden t.o.v. het Malageensche Beticum als Infrabetisch te betitelen zijn. [1])

Kristallijne Schisten.

Algemeen overzicht.

Bij de bespreking der kristallijne schisten is het gewenscht de schisten van de Sierra Nevada te onderscheiden van de schisten der omringende gebergten aan de Z.-, W.-, en N.-zijde.

De petrografische gronden hiervoor zijn niet sterk. Er zijn wel eenige verschillen op te merken in de bestudeerde schisten der Sierra Nevada en der omringende gebergten, maar deze kunnen het gevolg zijn van onze beperkte kennis der voorkomende gesteente-typen.

Deze scheiding is echter gewenscht op grond van de tectoniek, daar de schisten der Sierra Nevada, tot aan andere, dieper liggende tectonische eenheid behooren dan de schisten der omringende gebergten, waarvan ze door de complexe randzone afgescheiden worden.

---

[1]) Zie Blumenthal [VI, 2], noot onder aan blz. 43.

Bij de beschouwingen omtrent den ouderdom der schisten zullen we ze daarom niet gezamenlijk kunnen bespreken.

De schisten der Sierra Nevada.

De groote dom der Sierra Nevada bestaat bijna uitsluitend uit kristallijne schisten, wier hoofdkenmerk is de rijkdom aan granaten. Ze zijn meestal donker van kleur door de aanwezigheid van grafiet. Er komen voorts vele kwartslenzen in voor. De schisten zijn sterk dynamo-metamorf: Plooiing, uitwalsing, kataklase, etc. zijn overal waar te nemen. (De talrijke, dicht gedrukte plooien wijzen erop, dat de dikte niet alleen van stratigrafischen oorsprong is, maar dat ook door de tektoniek verdubbelingen hebben plaats gevonden). De graad van metamorfose is meestal die van de mesozone. R. von Drasche merkt op „jene feinblättrige Phyllite, wie wir sie z.B. im Rheinischen Uebergangs-gebirge treffen, vermissen wir vollständig." [III, 7, pag. 97].

Epimetamorfe fyllietische schisten komen ook voor.

Zeylmans van Emmichoven beschrijft b.v. fyllietische schisten uit de Sierra de los Filabres, welke het O. verlengde der Sierra Nevada vormt, waarvan hij zegt, dat zij de „kern" van het gebergte vormen [III, 26, pag. 11].

Men is er nog niet in geslaagd om bepaalde gidshorizonten in deze schisten te onderscheiden. Wel komen er afwijkende kristallijne gesteenten in voor. Zoo vermeldt Botella in de Bar de los Azulecos, tusschen de pieken van de Mulhacen en de Veleta de volgende serie, welke eenige analogie met de complexe randzone vertoont. (Alleen ontbreken hierin de marmers en mergels):

groen-gesteente;
gneis;
granaat glimmerschisten;
gneis;
groen-gesteente;
granaat glimmerschisten;
kwartsiet met pyroxeen, chloriet en granaat;
kwartsiet met toermalijn.

Verder treffen we in de schisten op talrijke plaatsen basische intrusiva en serpentijnen aan.

R. von Drasche vermeldt er twee op den weg van Granada naar de Picacho de Veleta. In de Bar de San Juan komt een

bekende groeve in serpentijn voor. Zermatten en In de Betouw van der Voort brachten eenige voorkomens aan den Westrand van het gebergte in kaart [H. A. Brouwer, III, 4, pag. 121]. Taramelli en Mercalli geven op hun kaart verscheidene voorkomens aan bij den Picacho de Velata en aan de Zuidzijde van het gebergte. De Kalb vermeldt er eenige bij de ijzerspaatgangen.

Ook in de Sierra de los Filabres vond Zeylmans van Emmichoven eveneens talrijke metamorfe basische intrusiva, die hij onder den naam Zobtenieten samenvatte. Zij zullen althans gedeeltelijk wel met de Zobtenieten in de schisten der Sierra Nevada te vergelijken zijn. In de complexe zone der Sierra Nevada (zie aldaar) komen metamorfe basische gesteenten voor (amfibolieten in hoofdzaak), maar of deze amfibolieten met de basische intrusiva in de schisten in ontstaan en ouderdom te vergelijken zijn, is nog een open vraag. Een vergelijking van de basische intrusiva in de schisten met de Penninische „Grünschiefer" is waarschijnlijk gewettigd.

Opvallend is de afwezigheid van kalk in dit reusachtige complex van schisteuse gesteenten. In de buurt van de complexe randzone kunnen kalkschollen voorkomen, zooals de vondsten van Zermatten bij Niguëlas en la Calahorra bewezen. Deze zijn echter vergezeld door gesteenten van de complexe zone. Voorts komen er slechts epigenetische siderietgangen in voor, welke reeds onder den Mijnbouw besproken werden (zie pag. 8).

Taramelli en Mercalli geven op hun kaart [III, 23] tusschen de toppen van de Mulhacen en de Veleta aan „paleozico prevalgono calcari saccaroidi", waarmede zij vermoedelijk de bovengenoemde ijzerspaat-voorkomens bedoelen.

Een scherpe grens tusschen de schisten der Sierra Nevada en de gesteenten der complexe zone is moeilijk te trekken, daar het karakter van deze zone nog niet geheel duidelijk is en we nog niet weten welke gesteenten wij daartoe moeten rekenen.

Schisten van het gebergte van Tocon.

De schisten vormen hier de basis van het Guajar-dekblad. In het oostelijk deel van het gebergte tusschen Lapeza en Diezma, volgen op de schisten normaal de trias-fyllieten en kalken van dit dekblad en deze opvolging herhaalt zich daar tweemaal (zie prof. No. I bl. V). In het westelijk deel treffen we de schisten meestal als fatoes in de hoogere deelen van het gebergte aan, waar de bijbehoorende trias-

fyllieten en kalken er reeds afgeërodeerd zijn. Ze vormen hier de erosie-resten van het Guajar-dekblad (zie profiel No. II-IX).

Ten N.O. van Purche, op den weg van Granada naar den Picacho de Veleta, komt de successie schisten, fyllieten, kalken van het Guajar-dekblad weer volledig ontwikkeld voor (zie profiel No. X).

Het zijn steeds glimmerschisten, welke bestaan uit muscoviet, kwarts, kleine granaat, biotiet, grafiet, soms chiastoliet, stauroliet, zirkoon, rutiel, chloriet, limoniet.

Aan de granaten kunnen wij meestal waarnemen, dat zij ouder zijn dan de interne, differentieele bewegingen in de schisten t.g.v. de Alpine orogenese en dat zij door de daarop volgende erosie dichter onder de oppervlakte kwamen, waardoor zij niet langer stabiel waren, en gedeeltelijk door de mineralen der epizone weer verdrongen werden (retrometamorphose). Dat de differentiëele bewegingen jonger dan de granaten zijn, volgt uit de waarneming, dat zij voor de beweging een obstakel vormden, waardoor voor en achter de granaten een bewegingshof ontstond (bijv. d.d. 926). Doordat ze daarna tengevolge van de erosie van de mesozone in de epizone terecht kwamen, trad een terugloopende verandering of retrometamorfose in, waarbij de granaten door kwarts, biotiet en chloriet vervangen werden. Ze geven meestal de oude omtrekken nog aan, waarin eenige relicten van granaat liggen, als de getuigen van een vroegeren metamorfen toestand.

Dat de biotiet, die o.a. in de plaats van de granaat gekomen is, jonger is dan de Alpine orogenese, valt af te leiden uit het feit, dat ze niet meer van de dynamische werkingen te lijden heeft gehad; ze is hypidiomorf, de splijtrichting is vaak onafhankelijk van de schistositeit en de blaadjes zijn meestal niet unduleus (in tegenstelling met de muscoviet).

Voorbeelden van de schisten uit het gebergte van Tocon zijn: 925 d.d., 926 d.d., 930 d.d., 931, 932 d.d., 1015, 1054, 1060, 1069, 1070, 1072, 1089 d.d., 1106, 1107, 1097*a* en *b* d.d., 1117, 1118.

Schisten in de omgeving van Lanjaron.

Evenals in het gebergte van Tocon vinden we de schisten het best ontwikkeld aan de basis van het Guajar-dekblad. Ze zijn epi- tot mesometamorf, sterk door Alpine dynamometamorfose beïnvloed en ze vertoonen verschijnselen die op Post-alpine retromorfose wijzen, zooals de vervanging der granaten (zie boven).

De meest voorkomende bestanddeelen zijn: muscoviet (unduleus

uitdoovend), kwarts (kataklastisch unduleus), granaat, biotiet (epigenetisch), chloriet, grafiet, voorts veldspaat, epidoot, zoisiet, stauroliet, andalusiet (chiastoliet), distheen, toermalijn, amfibool, rutiel, zirkoon, erts, calciet en limoniet. (Voorbeelden zijn de h.st. 195, 196, 198, 198 A. d.d., 199 d.d., 200 d.d., 201, 202 d.d., 273 d.d., 274, 275, 276, 280, 281 d.d., 282, 283, 284 d.d., 285 d.d., 287, 290, 292 d.d., 293 d.d., 295 d.d., 296, 298 d.d., 332, 352, 353, 357 d.d.).

In de syncline van het Lanjaron-dekblad ten Zuiden van Lanjaron zijn deze schisten ook door de erosie gespaard. Ze zijn hier niet meer dan epimetamorf en daardoor moeilijk van de triasfyllieten te onderscheiden. De granaat-relicten, die wij er somtijds in aantreffen (bijv. d.d. 316), wijzen er echter op, dat dit epimetamorfe uiterlijk gedeeltelijk het gevolg kan zijn van retrometamorfose. Het is ook mogelijk dat zij inderdaad gedeeltelijk uit triasfyllieten bestaan, maar zij hangen tektonisch althans samen met de meer westelijk gelegen schisten van het Guajar-dekblad (zie profiel 2 blad III).

(Voorbeelden van deze schisten uit de syncline van Lanjaron zijn 209 d.d., 313 d.d., 314, 315, 316 d.d., 317, 318 d.d., 319, 320 d.d., 321).

Schisten van de Zuidkust ten W. van Motril.

Tusschen Motril en Almuñecar bevinden zich de schisten, die de basis van het Lanjaron-dekblad vormen. Zij lijken uiterlijk en ook petrografisch veel op de schisten ten Westen van Lanjaron en in 't gebergte van Tocon. Het zijn meestal granaat-glimmerschisten welke door een groot gehalte aan epigenetische biotiet een bronskleurig uiterlijk krijgen. Stauroliet, chiastoliet, sillimaniet, epidoot, ziosiet, amfibool, granaat zijn voorkomende bestanddeelen (voorb. d.d. 1152).

In de Rio Verde, die bij Almuñecar uitmondt, komen veel epidoot-amfiboolgesteenten voor. De groote rots, die het strand bij Almuñecar in tweeën deelt, bestaat er bijna geheel uit (d.d. 1151).

Bij La Herradura rusten op deze schisten met str. N.W.—Z.O. en helling naar het Zuiden de kalken en dolomieten van het Lanjaron-dekblad en op deze dolomieten volgen weer kristallijne schisten (voorb. 1157), die waarschijnlijk met de schisten van het Guajar-dekblad samenhangen (zie tektoniek).

Orueta[1]) vermeldt in deze schisten „augengneise", welke hij

[1]) Boletin del Instituto Geológico de Espana, Tomo XLIII, tercera serie 1922: „Estudio petrográfico de Sierra Almijara y de la parte occidental de Sierra Nevada y las Alpujarras.

niet ten Oosten van Herradura aantrof. Het schijnt, dat, evenals bij de triaskalken zuidwaarts gaande, een toename van kristallijnheid is waar te nemen (zie pag. 43), ook in de kristallijne schisten naar het Zuiden gaande, hooger metamorfe gesteenten gaan optreden.

De stratigrafie, die Orueta op grond van zijn petrografische studies voor de Sierra de Almijara en Tejeda opstelt, is, van oud naar jong:

„Augengneiss";
glimmergneis;
veldspaathoudende glimmerschisten;
glimmerschisten;
glimmerschisten met stauroliet en chiastoliet;
dolomietische kalken en dolomieten;
idem met pyroxeen;
glimmerschisten met chloritoïd;
glimmerschisten met granaat;
epidoot-kwartsieten;
amfibolieten en amfibool-gneisen.

Wij zien uit dit lijstje welke gesteenten voorkomen. Of dit een stratigrafische opeenvolging is, zooals Orueta zegt, betwijfel ik, daar ze gebaseerd is op overwegingen, die voor een dekbladengebergte niet geldig zijn, zooals dat bij de inleiding tot de bespreking der stratigrafie van de Betische ketens besproken is (pag. 14-15).

Beschouwingen over de metamorfosen.

Een van de belangrijkste, doch mede een van de moeilijkste problemen in de geologie van de Betische ketens is het onderzoek naar den ouderdom van haar kristallijne schisten.

Belangrijk, omdat hiermede vérstrekkende conclusies omtrent hun bouw verband houden; moeilijk, door de afwezigheid van fossielen.

De paleontologie kan ons hier geen hulp bieden. Een andere weg, waarlangs wij kunnen hopen iets hieromtrent te weten te komen, is de analyse van den petrografischen habitus van het gesteente.

Alle processen, die het gesteente doorgemaakt heeft, drukken hun stempel erop en het is wellicht mogelijk, dat de petrografische bestudeering van het gesteente ons iets leert omtrent zijn geschiedenis en zijn „leeftijd".

Deze weg biedt minder zekerheid dan de paleontologische methode. Wij weten nog weinig omtrent oorzaken, wezen en vooral

ook omtrent de snelheid der gesteente-metamorfosen. Een reeks veranderingen bijv., die in het ééne geval in den loop van geologische systemen een gesteente ondergaat, kan een ander gesteente, misschien in één enkele periode doorloopen.

De algemeene geologische geschiedenis van de Alpine-ketengebergten leert ons, welke invloeden op de schisten der Betische ketens hebben gewerkt en in welke perioden deze hebben plaats gehad.

Zooals in het verloop der gebergtevorming (§ IV) nader uiteengezet zal worden, zijn de Betische ketens een plooiingsgebergte van tertiairen ouderdom en zijn ze in hun bouw met de Alpen te vergelijken. De gesteenten, uit welke de Alpen bestaan, hebben, behalve deze tertiaire of Alpine bergvorming, gedeeltelijk ook de jong-paleozoïsche (Hercynische) orogenese meegemaakt, soms zelfs nog oudere.

De geologische geschiedenis der gesteenten in de Alpine-ketens in groote trekken is (geheel of gedeeltelijk) de volgende:

1. Een Praehercynisch tijdvak met Praehercynische gesteente-metamorfosen.

2. Hercynische orogenese met intrusies en vulkanisme en daarop volgende denudatie van het gebergte. Tijdens deze periode ontstonden de Hercynische gesteente-metamorfosen.

3. Een tijdperk van sedimentatie, dat grootendeels in het mesozoïcum valt. In dit tijdperk hadden chemische veranderingen in de oudere gesteenten en mesozoïsche sedimenten plaats, welke het karakter van een regionaal metamorfose dragen. Met de diepte nemen temperatuur en druk toe en daardoor veranderen de physisch-chemische omstandigheden voor de mineralen, hetgeen tot vorming van mineraalgroepen aanleiding geeft, die voor bepaalde dieptezônen karakteristiek zijn (epi-, meso- en katazone van G r u b e n m a n n).

Deze Posthercynische-Praealpine regionaal metamorfose der gesteenten neemt in een bepaald gebied volgens den stratigrafischen ouderdom toe. De jongste sedimenten liggen in de epizone, de oudere achtereenvolgens in de meso- en katazone. De gesteenten uit het geërodeerde Hercynische ketengebergte liggen het diepst.

4. Hierop volgt het tijdperk der Alpine orogenese, dat in hoofdzaak tot het tertiair behoort. De bergvorming gaf aanleiding tot veranderingen in textuur en structuur der gesteenten. De mineralen, die ontstaan, hangen ook thans samen met de temperatuur en druk-

toename met de diepte. De omkristallisaties gaan dus door tijdens de Alpine orogenese, doch de verandering der physisch-chemische omstandigheden heeft niet stratigrafisch regionaal, maar tektonisch zonaal plaats. De Intra- en Postalpine omkristallisaties richten zich naar de tektonische diepte der gesteenten. Hierdoor zullen niet als bij 3. de *oudste* gesteenten onder de hoogste temperatuur en druk zich bevinden, maar die gesteenten, welke tengevolge van de Alpine overschuivings-tektoniek door het dikste dekbladen-pakket bedekt worden.

Door de veranderingen in diepte-ligging, die de Alpine bergvorming veroorzaakt en door de erosie, die hierop volgt, kunnen ook gesteenten uit diepere zones in hoogere terecht komen en daardoor zullen de omkristallisaties gedeeltelijk terugloopend zijn, zal retrometamorfose optreden.

Voorts veroorzaken vulkanische werkingen, welke met de bergvorming gepaard gaan, verschijnselen van contact-metamorfose.

Al deze dynamische- en chemische invloeden worden als Alpine-metamorfose der gesteenten samengevat.

In het bovenstaande overzichtje zijn de invloeden, aan welke de gesteenten in de Alpine ketengebergten geheel of ten deele onderworpen waren, zeer schematisch aangegeven en in eenige groote hoofdgroepen ingedeeld. De laatste groep is langs petrografischen weg nog wel verder te ontleden, vooral wat betreft de tijdelijke opeenvolging van de mechanische en chemische veranderingen in de gesteenten. Het is echter meestal zeer moeilijk om het effect van de oudere invloeden of de relicten hiervan in het gesteente terug te vinden. Staub heeft dit bijv. gepoogd voor de gesteenten-metamorfosen in Graubünden, waarbij hij zelfs 15 opeenvolgende stadia onderscheidt [IV, 10].

We zullen thans nagaan of het met het bovenstaande aprioristische inzicht omtrent den aard en tijdelijken opeenvolging der veranderingen in de gesteenten mogelijk is ons een oordeel te vormen omtrent den ouderdom der kristallijne schisten.

Ouderdom van de schisten in de Alpujarriden.

De epimetamorfe triasfyllieten liggen thans na de Alpine orogenese vaak dieper dan de mesometamorfe kristallijne schisten. Deze laatste vormen bijv. in het gebergte van Tocon de hoogste gedeelten van het gebergte, terwijl de fyllieten aan de basis voorkomen. Bij Diezma nemen we de volgende opvolging waar:

triaskalken;
triasfyllieten;
schisten;
- - - - - - - - - - -
triaskalken;
triasfyllieten;
schisten.

Dit is niet de normale toename van metamorfose, die we volgens de toename van temperatuur en druk verwachten. We zien uit deze successie, dat de Alpine-bergvorming de volgorde van de Praealpine regionaal metamorfose verstoord heeft.

Verdubbeld is de oorspronkelijke successie:

triaskalken;
epimetamorfe triasfyllieten;
meso- tot katametamorfe schisten.

In deze oorspronkelijke successie zien we de normale toename van metamorfose met de diepte, welke toename vòòr de Alpine-bergvorming, volgens de *stratigrafische diepte* ontstaan is. [1]) De kristallijne schisten zijn dus *ouder* dan de *trias*. Brouwer zegt reeds [III, 4, pag. 135]: „Während ältere Schisten vorläufig als prätriadisch ohne nähere Altersbestimmung betrachtet werden."

Posthercynische (permische) ouderdom, of Praehercynische ouderdom zijn nu nog mogelijk. Permische ouderdom is echter om de volgende redenen onwaarschijnlijk:

1. Daar deze formatie direct volgt op de Hercynische bergvorming, die ook in dit gebied zijn sporen heeft achter gelaten, is het te verwachten, dat ze conglomeratische afbraak-producten van dit gebergte of een transgressie-conglomeraat zal bezitten. De permische afzettingen in de Alpen en in de Betische ketens worden vaak door conglomeraten gekarakteriseerd. In de kristallijne schisten daarentegen zijn *nooit* conglomeraten waargenomen.

2. De overgang van de mesometamorfe schisten in de epimetamorfe fyllieten is vaak zeer abrupt, terwijl wij bij de regionale metamorfose in een pakket van Posthercynische sedimenten geleidelijke toename verwachten moeten.

Hiervoor zijn twee verklaringen mogelijk, n.l.:

a. Door tektonische uitwalsingen kunnen deze overgangen plaatselijk verdwenen zijn, waardoor epimetamorfe gesteenten direct op

[1]) Zie pag. 25, sub. 3.

meso- of kata-metamorfe gesteenten komen te rusten. De overgang van de epi-metamorfe in meso- tot katametamorfose is echter niet een kwestie van honderden meters, maar van vele kilometers. (Zie Heim. Geologie der Schweiz, II, pag. 858—859). De mate van uitwalsing zou dus enorm groot geweest moeten zijn, en de dikte der Posthercynische afzettingen eveneens onwaarschijnlijke afmetingen bereikt moeten hebben.

b. Waarschijnlijker is dan ook de verklaring, dat er een oorspronkelijk onderscheid in de graad van metamorfose van de schisten en Praetriadische fyllieten bestaat, dat zij n.l. door de Hercynische discordantie gescheiden worden.

De door erosie blootgelegde metamorfe schisten van Praehercynischen ouderdom werden discordant bedekt door de versche triaskleien en gezamenlijk met deze aan de jongere metamorfosen onderworpen.

Het is mogelijk, dat de oorspronkelijke clino-discordantie overal door de dynamische werkingen werd uitgewischt, het is mogelijk, dat de Alpine metamorfose het onderscheid in kristallijnheid tusschen Prae- en Posthercynische gesteenten op vele plaatsen vervaagde, het feit echter, dat er meestal een scherpe grens te trekken is [1]) tusschen kristallijne schisten en triasfyllieten, is slechts ongedwongen door een discontinuïteit in hun geschiedenis, m.a.w. door een Hercynische discordantie te verklaren.

c. Als derde motief om de kristallijne schisten der Alpujarriden een Praehercynischen ouderdom te geven, geldt hun overeenkomst met het kristallijn der Oost-alpine dekbladen. Evenals in de Oostalpen de kristallijne Praehercynische gesteenten de basis of kern der dekbladen vormen, omgeven door een mantel van trias en jura, zoo bezit ook het Guajar-dekblad een basis van kristallijne schisten, waarop de trias-fyllieten en kalken rusten. Heim zegt uitdrukkelijk van de kristallijne gesteenten [III, 3, pag. 852]: „damit ihre Natur als kristalline Schiefer *älter ist als Trias*, ergibt sich ferner daraus, dasz alle späteren Metamorphosen zusammen aus den Mesozoïschen und tertiairen Gesteinen — zwar zonenweise auch hochkristalline schiefrige Gesteine, — aber im groszen und ganzen daraus *keine echten „kristallinen Schiefer" zu schaffen vermocht haben*".

Met het bovenstaande is de *Praehercynische ouderdom der kristallijne schisten van de gebergten om de Sierra Nevada* waarschijnlijk

[1]) Bijv. in het gebergte van Tocon.

gemaakt. Een scherpe grens te trekken tusschen deze schisten en de trias-fyllieten is echter alleen dààr mogelijk, waar we ook werkelijk een plotselingen overgang in elkaar waarnemen, zooals in het gebergte van Tocon.

Het kan echter gebeuren dat de Alpine metamorfose, welke overal de clino-discordantie uitwischte, ook het verschil in kristallijnheid heeft vervaagd.

Zoowel Hetzel in de Sierra Alhamilla als Zeijlmans van Emmichoven in de Sierra de los Filabres hadden somtijds moeite om de glimmerschisten van fyllieten te onderscheiden.

De ouderdom van de schisten der Sierra Nevada.

Hieromtrent geeft de studie der metamorfosen minder houvast dan voor de kristallijne schisten der Alpujarriden.

Ze zijn meestal meso-metamorf, doch zoowel epi- als kata-metamorfe gesteenten komen voor. Allen vertoonen de sporen van Alpine-metamorfose.

De mogelijkheid om met behulp van de tektoniek en de opeenvolgende trappen van metamorfose den relatieven ouderdom van de schisten vast te leggen t.o.v. gesteenten van bekenden ouderdom, zooals bijv. van de schisten t.o.v. de trias uit de Alpujarras, bezitten we hier niet.

We kunnen slechts de uitspraken van Heim [III, 3, pag. 852] en Kober [VII, 8, pag. 242] in herinnering brengen, dat de karakteristieke „Kristalline Schiefer", de kata-gesteenten nooit door de Alpine-metamorfose ontstaan zijn.

Waar de granaatglimmerschisten der Sierra Nevada direct onder de fyllieten der triasrandzone gelegen zijn, slechts door een enkele meters dikke complexe-zone er van gescheiden, zooals dit vaak aan den Zuidkant van het gebergte van Tocon het geval is, nemen we weer een sprong in het mineralogisch karakter waar, die er op wijst, dat we hier niet met een normale toename der chemische veranderingen naar de diepte t.g.v. Alpine-metamorfose te maken hebben, De Alpine-metamorfose is hier niet dieper dan de epizone blootgelegd, zoodat deze schisten hun mesometamorfe karakter niet door de Alpine, maar door de Hercynische metamorfose verkregen hebben. Ze zijn dus, *althans gedeeltelijk Praehercynisch.*

Bij de vergelijking met de Geologie der Oost-alpen zullen we echter zien (§ V, sub 4), dat de schisten der Sierra Nevada zich op een diepte bevinden waar een „Penninische" metamorfose begint op

te treden, zoodat de *mogelijkheid* bestaat, dat een *gedeelte van deze schisten mesozoïsch* is en haar epi-mesokristallijnheid door de Alpine-metamorfose verkregen heeft. Ze onderscheiden zich echter door hun kalkarmoede van de mesozoïsche mesometamorfe Bündner Schiefer.

We kunnen dit pakket schisten nog niet stratigrafisch ontleden en vatten hen daarom voorloopig als groep samen, in het midden latende of zij misschien met de complexe-zone tot de diepere dekbladen der Betische ketens behooren en de autochtone ondergrond zich zelfs onder de Sierra Nevada-schisten bevindt.

Complexe Zone. [1])

Beschrijving.

Tusschen de schisten der Sierra Nevada en de trias-randzone bevindt zich een zone van zeer complexe petrografische samenstelling. Ze bestaat hoofdzakelijk uit gneisen, zooals: oogengneisen, granaat-glimmer-gneisen, albiet-gneisen, toermalijn-gneisen, amfiboolgesteenten (amfibool-gneisen, granaat-amfibolieten, amfibolieten), granaat-glimmerschisten, marmers, dolomieten en mergels.

R. von Drasche onderscheidt reeds op zijn kaart een meer kristallijne zone aan den N. en W.-rand van de schisten der Sierra Nevada.

Brouwer en zijn leerlingen onderzochten deze zone op verschillende plaatsen in den zomer van 1925 [III, 4].

Haar gesteenten zijn bijna overal aan den rand der Sierra Nevada aanwezig, maar ze worden ook iets meer naar binnen, *in* de schisten aangetroffen.

Hierop wijzen de vondsten van Hamer en Westerveld bij Monachil en van Zermatten [2]) bij La Calahorra en waarschijnlijk ook bij Nigüelas [III, 4, pag. 124 en 126].

Meer naar het centrum van de kristallijne schisten toe werden zij nog niet aangetroffen. Wel vermeldt Botella tusschen den Mulhacen en den Velata gneisen etc. (zie pag. 19), die ook uit de complexe-zone bekend zijn, maar de glimmermarmers, dolomieten en mergels ontbreken in dat profiel.

Ik heb bij het onderzoek van het gebergte van Tocon slechts de complexe *rand*zone nagegaan en heb niet zuidelijker in de schisten gezocht of ze zich nog eens herhaalde. Het zou echter wel gewenscht zijn om eens te onderzoeken of inderdaad op eenigen afstand van de

---

[1]) Zie over dezen naam pag. 16 en 17.

[2]) Volgens mondelinge mededeeling.

complexe randzone nog een tweede complexe-zone, alhoewel minder goed ontwikkeld, te vervolgen is. Dit zou ook de tektoniek van de schisten der Sierra Nevada kunnen verduidelijken.

Zeijlmans van Emmichoven vermeldt uit de Sierra de los Filabres geheel analoge gesteenten. (Bijv. de toermalijn-gneisen, amfibolieten, glimmermarmers etc. uit de anticline van la Rosariera).

Hij geeft bovendien een uitstekende beschrijving van *conglomeratische mergels* uit zijn gebied [III, 26, pag. 18 e.v.]. Deze vergezellen bijna steeds de glimmer-marmers en gaan er soms in over [III, 26, pag. 20]. Om verschillende redenen is hij echter van meening, dat deze mergels door een discordantie van de glimmer-marmers gescheiden zijn en rekent ze tot de onder-trias. In de complexe-zone der Sierra Nevada komen ook dergelijke conglomeratische mergels voor, die eveneens de marmers steeds vergezellen en er geleidelijk in over kunnen gaan (voorbeelden van die overgangen tusschen marmers en mergels zijn h. st. 176, 260, 261, 262 d.d., 1093 d.d.). Er is geen aanleiding om tusschen de glimmermarmers en de mergels een discordantie te leggen en ik reken ze bij de complexe-zone, waar ze steeds in voorkomen en wel vaak als hoogste etage, en niet tot de trias-dekbladen, die er op volgen. (*Zie nader over de congl. mergels*, pag. 47—48).

In de complexe-zone komen zoowel zwak metamorfe-gesteenten (mergels, sericiet-kwartsieten e.d.) als ook sterk metamorfe-gesteenten voor („augen" gneisen, granaat-gneisen, etc.). De complexe-zone maakt door deze laatste gesteenten vaak den indruk grover kristallijn te zijn dan de schisten der Sierra Nevada. De granaten bijv. hebben soms bijna de grootte van een hazelnoot, terwijl de granaten in de schisten der Sierra Nevada meestal niet veel grooter dan een speldeknop zijn.

Alhoewel aan *dynamometamorphose* een zeer groote rol moet worden toegekend wat betreft de vorming van den huidigen habitus der gesteenten van de complexe-zone, is de hooge graad van kristallijnheid misschien gedeeltelijk door *contact-metamorfose* veroorzaakt, waarop bijv. gesteenten als toermalijnrots (d.d. 887), kleine nesten van granaat in de schisten en toermalijn-gneisen, marmers met groote veldspaat-kristallen (d.d. 1095),[1]) tremoliet-gesteenten

---

[1]) Opmerkelijk is de kalkarmoede dezer plagioklazen in de marmers. Van eenige bepaalde ik het anorthiet-gehalte m.b.v. de Federow-methode en ook door de uitdoovingshoeken der met verdund zoutzuur uitgeprepareerde kristallen en vond steeds slechts 0—5 % An.

(d.d. 880) wijzen. Contact-metamorfose kan ook het verschil in kristallijnheid der marmers verklaren, die nu eens dichte kalken zijn, dan weer grofkristallijne glimmermarmers, die met granaat-glimmerschisten afwisselen. De oorzaak van deze contact-metamorfose, of *verband houdende met* de oorzaak hiervan, zijn waarschijnlijk de dynamo-metamorfe zure en basische stollingsgesteenten in de complexe-zone. Er komen hierin bijv. veel witte gneisen of granulieten voor (Barrois en Offret noemen ze leptynieten) [III, 2, pag. 94], welke in de Rio Lanjaron ook in de schisten onder de complexe-zone als meer dan honderd meter lange, platte lenzen van ± 1 m. dikte te vervolgen zijn (h.st. 153 d.d.). Ook de toermalijngneisen zijn mogelijk dynamo-metamorfe, zure orthogneisen.

Verder komen er in voor granaat-amfiboolgneisen en amfibolieten, welke door dynamo-metamorfose uit basische stollingsgesteenten ontstonden.

Behalve deze orthogneisen komen in de complexe-zone ook veel *paragneisen* voor, zooals glimmerschisten met kleine tot zeer groote veldspaatoogen.

De gneisen komen meestal aan de basis der complexe-zone voor, terwijl de marmers, dolomieten en conglomeratische mergels den bovenkant vormen. [1])

Voorbeelden van de gesteenten der complexe-zone zijn: glimmermarmers en dolomieten h. st. 157, 159, 163 d.d., 168, 170, 174, d.d., 228, 235 d.d., 239, 240, 241, 257, 258, 1095 d.d.

Conglomeratische mergels: 158, 160, 166, 177, 180, 243, 244, 248, 249, 250 d.d., 256, 259 d.d., 262 d.d., 264, 1058, 1063, 1064.

Overgangen tusschen marmers en mergels: 176, 260, 261, 262 d.d., 1093 d.d.

Granaatglimmerschisten: 175, 179 d.d., 193 d.d., 218, 246, 251, 252, 255.

Gneisen (para-) 172 d.d., 178 d.d., 253 d.d.

Toermalijngneis: 173.

---

[1]) Staub vergist zich, wanneer hij zegt [VI, 29, pag. 216]:

„Zwischen die Trias und den liegenden Bündner-schiefer schalten sich sowohl im Norden als Westlich und Östlich der Sierra Nevada Lamellen von Gneisen, Amfiboliten und Paleozoïcum ein", zoodat de basis van zijn conclusie „Es gehört daher diese Trias gar nicht zu diesem Kristallin sondern diese Trias bildet eine unabhängige höhere Decke" enz. onjuist is.

Amfiboolgneis, granaatamfibolieten e.d.: 171 d.d., 219 d.d., 1055, 1099 d.d.

Granulieten: 153 d.d., 169, 238 d.d., 245, 263 d.d.

Ouderdom.

Ook voor de ouderdomsbepaling van de gesteenten der complexe-zone bezitten we bijna geen aanknoopingspunten. Fossielen zijn er niet in gevonden en de vermoedens, die over den ouderdom zijn uitgesproken, berusten hoofdzakelijk op vergelijkend tektonische overwegingen.

Brouwer (l.c., pag. 335) vergelijkt de complexe-zone met het Penninicum der Alpen. Ook Staub maakt deze vergelijking voor de complexe-zone en de schisten der Sierra Nevada samen. Hij onderscheidt trias en jura (l.c., pag. 215) zonder daarvoor voldoende redenen aan te voeren, in een successie van de complexe-zone, die hij waarschijnlijk aan de beschrijving van Brouwer in zijn artikel „Zur Geologie der Sierra Nevada" in de Rundschau 1926, Heft 2, ontleend heeft.

Zeijlmans van Emmichoven noemt de glimmer-marmers jong-paleozoïsch. Eén zijner gronden hiervoor is een Hercynische relict-structuur, die hij in de richting van den dagzoom der marmers waarneemt. Deze Hercynische richting kan echter ook door afzetting van mesozoïsche sedimenten in Hercynisch gestrekte bekkens veroorzaakt worden of door de duiking van de Alpine geanticlinale as welke duiking zich manifesteert in het feit, dat ten Zuiden van Seron de trias voor de erosie gespaard bleef. Deze richting hoeft dus niet op Hercynischen ouderdom te wijzen.

Wij kunnen voorloopig slechts zeggen, dat bij de opvatting van den dekbladenbouw der Betische ketens de *mogelijkheid* bestaat, dat de marmers, dolomieten, conglomeratische mergels enz. mesozoïsch zijn.[1])

Trias van de Oostelijke helft der Betische Ketens.

Algemeen overzicht.

De trias der Betische ketens bezit in het Oosten een Alpine en in het Westen een Germaansche facies. De Subbetische ketens, welke zich op het Spaansche schiereiland bevinden, hebben eveneens de Germaansche triasfacies. Op het oostelijk verlengde der Subbetische ketens, n.l. op de Balearen, is de trias weder meer Alpien ontwikkeld.

[1]) Zie ook pag. 145 bovenaan.

Tusschen Granada en Motril kunnen we in de Betische ketens twee afdeelingen der trias onderscheiden. Voor een verdere onderverdeeling verwijs ik naar de uitkomst van de beschouwingen omtrent den ouderdom der trias-gesteenten (pag. 52).

Boven- en midden-trias:	kalken, kalkfyllieten, glimmer-marmers, dolomietische kalken, dolomieten, soms gips en rauchwacken.
Onder-trias: [1])	fyllieten, kwartsieten, fyllietische kwartsieten, fyllietische schisten, talrijke kwartsaders en nesten, soms gips en rauchwacken.

Triasfyllieten en kwartsieten.

Algemeen overzicht.

Deze groep komt steeds voor aan den basis van triaskalken. Het zijn bonte (grijze, blauwe, gele, bruine, roode, groene) fyllieten en fyllietische kwartsieten, waarin kwartsaders voorkomen, die somtijds, vooral in 't Z.. de helft van het gesteente uitmaken. Ze voelen vaak door een talkgehalte eenigszins vettig aan.

Plaatselijk bevatten ze gips en ze kunnen mergelachtig ontwikkeld zijn.

De mineralen, welke er hoofdzakelijk in voorkomen, zijn muscoviet (sericietisch), kwarts (steeds unduleus kataklastisch), chloriet, calciet en ascessorisch grafiet, limoniet, soms toermalijn (d.d. 327) en rutiel (d.d. 367).

Hun dikte wisselt sterk; soms bereiken ze een dikte van meer dan 200 m., zooals ten Z.O. van Lanjaron, of van bijna 1000 m. als bij Lapeza; op andere plaatsen zijn ze weer geheel afwezig.

De fyllieten kunnen aan de eene zijde overgaan in echte glimmerschisten en aan de andere zijde geen hooger graad van metamorfose bezitten dan schalies of leien.

Hierdoor is hun begrenzing t.o.v. de kristallijne schisten somtijds moeilijk. Zoowel Hetzel [III, 14, pag. 5] als Zeijlmans van Emmichoven [III, 26, pag. 24] namen overgangen van glimmerschisten in de fyllieten waar. Vooral aan de Zuidzijde, waar de triasfyllieten tot fyllietische schisten kunnen worden en de kristallijne

[1]) Mogelijk ten deele reeds perm.

schisten, eventueel door retrograde metamorphose, ook daartoe kunnen naderen (zie pag. 37) leverde de onderscheiding bezwaren op.

Aan de Noordzijde in het gebergte van Tocon is steeds een scherpe scheiding tusschen triasfyllieten en kristallijne schisten mogelijk.

Ik heb daarom deze onderscheiding slechts aan de Noordzijde in de kaart voor het gebergte van Tocon doorgevoerd en in het blokdiagram de glimmerschisten en de fyllieten samen genomen.

Bij de bespreking zal blijken, dat een concordante overgang der fyllieten in de kalken eenige malen geconstateerd werd.

Door de plooiingen kan echter een schijnbare discordantie ontstaan.

Daar de fyllieten een geringer weerstand tegen plooiing bezitten dan de kalken, ontstaat vaak een discordante of disharmonische plooiing, waarbij de fyllieten intensiever geplooid en gekreukeld worden dan de competente kalklagen [1]) (bijv. bij de bovenste electrische centrale in de Barranco de Monachil).

Trias-fyllieten en kwartsieten uit het gebergte van Tocon.

Hier kunnen we drie dekbladen met Alpine-trias onderscheiden. Deze dekbladen noemen we, van onder naar boven:

1. Het Grijze dekblad;
2. Het Roode dekblad;
3. Het Guajar dekblad.

waarvan het bovenste (3) zich in het oostelijk deel van het gebergte bovendien verdubbeld heeft.

Hierdoor is in het Westen een drie- en in het Oosten een viermalige herhaling van de triasfyllieten-afdeeling waar te nemen.

In het gebergte van Tocon is er een opmerkelijk onderscheid in de facies der middelste afdeeling van triasfyllieten en kwartsieten en de onderste en de bovenste afdeeling.

De *onderste en bovenste afdeeling* bestaat uit soms bonte, doch meest grijze fyllieten en slechts weinig kwartsieten. Triasfyllieten van

---

[1]) Sander (Tschermaks Min. petr. Mitteil. 1911, pag. 286) zegt hierover: „Derselbe Druck erzeugt um so kleinere Falten, je näher die Flächen minimaler Schubfestigkeit an einander rücken."

Deze vlakken met minimum weerstand tegen schuifkrachten worden door de laagvlakken gevormd.

het bovenste Guajar-dekblad zijn bijv. h.st. 924, 960, 967, 1134, 1108, 1109, 1120, 1135, en van het onderste- of grijze dekblad zijn voorbeelden h.st. 1082, 1083, 1084, 1096, 1105, 1137, 1139, 1140, 1141, 1142).

De *middelste afdeeling* bestaat uit roode- tot violette kwartsieten en fyllietische schalies. Ze zijn soms groen gevlekt of bijna wit. De groene kleur ontstaat wellicht door plaatselijke reductie van ferrie- tot ferro door organische bestanddeelen; de witte kleur kan door oppervlakkige verweering en bleeking door uitlooging van het ijzergehalte der kwartsieten ontstaan zijn.

De kwartsieten overheerschen vaak over de fyllieten, zooals bijv. in de omgeving van Tocon. De kwartsieten bevatten echter steeds sericiet of glimmer. Waar de fyllieten meer voorkomen, zijn ze ook meestal zandig ontwikkeld, zooals langs den hoofdweg bij de Venta del Molinillo.

Voorbeelden van de fyllieten en kwartsieten van het Roode dekblad zijn: h. st. 952, 953, 971, 972, 1059, 1073, 1074, 1075, 1076, 1079, 1080 d.d., 1086, 1088, 1091, 1100, 1111, 1112, 1113, 1114, 1115, 1121, 1125 d.d., 1126, 1128, 1130 d.d., 1133.

De korrels der kwartsieten zijn soms tamelijk grof, (h.st. 1080 d.d.) doch nooit trof ik er werkelijke conglomeraten in aan. Uitgewalste kwartslenzen maken soms den indruk van een uitgewalst conglomeraat van kwarts rolsteenen te zijn. [1]) Het feit echter, dat deze lensvormige bestanddeelen uitsluitend uit kwarts bestaan, welke bovendien overeen komt met de talrijke kwartsaders in het gesteente, onderscheidt ze van de grove conglomeraten, die in de permotrias aan de basis der Subbetische bladen voorkomt en uit rolsteenen van wisselende petrografische samenstelling bestaan (bijv. h.st. 936 d.d., 1124). Bovendien wijst het voorkomen als nesten in plaats van als banden op herkomst uit plaatselijke kwartsinjecties en niet van kwartsconglomeraten.

De afwezigheid der conglomeraten is een onderscheid met de Alpine Verrucano, hoewel deze roode, soms groengevlekte kwartsieten en zandige schalies overigens treffend veel hierop gelijken.

Ten Westen van het gebergte van Tocon, tusschen de Rio Genil en de Rio de Monachil, kunnen we ook een drievoudig terugkeeren der triasfyllieten en kwartsieten in de serie waarnemen. We vinden ze ten N.W. van Purche, in de omgeving van Cº Mimbres en in die van de Cº San Jeronimo.

---

[1]) Zie h.st. 1374.

Het is echter opmerkelijk, dat hier het onderscheid tusschen onderste en middelste pakket van triasfyllieten vervaagt. De middelste afdeeling is wel meestal roodviolet en kwartsietisch, maar daarnaast ook gewoon als de grijze fyllieten der onderste afdeeling ontwikkeld (h.st. 1138, 1143). De onderste afdeeling bestaat nog wel grootendeels uit grijze fyllieten, doch deze zijn somtijds violet tot rood, zooals die van het middelste pakket (h.st. 1137, 1139, 1140, 1141, 1142). In het hoofdstuk Tektoniek zal deze kwestie nader besproken worden.

Het bovenste pakket, dat tot het Guajar-dekblad behoort, houdt echter hetzelfde karakter als in het gebergte van Tocon. 't Is namelijk hoofdzakelijk als grijze fyllieten ontwikkeld.

De triasfyllieten uit de omgeving van Lanjaron.

Bij de bespreking der triaskalken uit de omgeving van Lanjaron zal blijken, dat we hier een drievoudige herhaling van die kalken kunnen waarnemen, n.l. de kalken en dolomieten van het Guajar-dekblad, het Lanjaron-dekblad en het Lujar-dekblad. Deze onderverdeeling is met de triasfyllieten echter niet zoo goed mogelijk.

Van kalken van het Lujar-blad kennen we de basis niet. Slechts tusschen de kalken in, waarschijnlijk tengevolge van tektonische complicaties, vond ik grijze fyllieten (bij de mond van de Mojonera in de Guadalfeo en even ten Z. van Velez de Benaudalla). Onder kalken van het Lanjaron-dekblad komen de bonte fyllieten en kwartsieten goed ontwikkeld voor.

Voorbeelden hiervan zijn h.st. 181, 190 d.d., 210 d.d., 211, 213, 214 d.d., 215 d.d., 217, 326, 327 d.d., 328 d.d., 329 d.d.

Ten Zuidoosten van Lanjaron vormen ze bijv. een meer dan 200 m. dik pakket (h.st. 181, 190 d.d., 328 d.d., 329 d.d.). Ze zijn grijs, blauw, groen, geel, bruin, enz., echter zelden of nooit rood, zooals bij het Roode-dekblad aan den Noordkant der Sierra Nevada. Er komen vele kwartsaders en nesten in voor. Bovendien bevatten ze ten Z.O. van Lanjaron aan den onderkant gips en kalkschollen (zie hierover pag. 118). Ook zuidelijker, op den weg van Orgiva naar Velez de Benaudalla liggen bij km. 8,2 gipsrijke fyllieten op de kalken van het Lujar-dekblad.

Naar het Zuiden toe zijn de triasfyllieten van het Lanjaron-dekblad echter minder duidelijk als zoodanig te herkennen. Ze worden schisteuser, voelen niet meer zoo vettig aan, kortom ze gaan meer op de schisten der Alpujarras lijken. Ze bereiken een hooger graad van metamorfose, zooals dit ook met de triaskalken het geval

is (zie pag. 43 bij de triasdolomieten van de Sierra Almijara en Sierra Tejeda).

Onder de kalken van het Guajar-dekblad trof ik geen triasfyllieten aan. Of deze hier geheel niet zijn gevormd, of dat ze door uitwalsingen zijn verdwenen, dan wel door een hooger graad van metamorfose niet meer van de kristallijne schisten zijn te onderscheiden, vormen drie alternatieven, waaruit ik geen besliste keuze kan motiveeren.

Brouwer acht uitwalsing het waarschijnlijkst. Hij zegt n.l. in verband hiermee (l.c., pag. 132): „Zwischen Trias und kristallinen Schiefern wurden keine Triasschiefer angetroffen. Diese Verhältnisse weisen auf die Anwesenheit von groszen Ueberschiebungen mit starker Auswalzung von Schichten hin." Ik ben ook van meening, dat dit het waarschijnlijkste is op grond van de beschouwingen over het verloop der uitwalsingen (§ V, sub 3).

Opmerkelijk is, dat de schisten van het Guajar-dekblad ten Zuiden van Lanjaron, waar zij in de syncline van het Lanjaron-dekblad gespaard zijn, op gewone trias-fyllieten gaan gelijken en hiervan nog slechts door het plaatselijk optreden van granaten zijn te onderscheiden.

Triaskalken.

Algemeen overzicht.

De concordantie van de triaskalken met de triasfyllieten en kwartsieten is waarschijnlijk door den geleidelijken overgang, die vaak is waar te nemen. De fyllieten worden aan den bovenkant mergelachtiger; er ontstaan kalkfyllieten en rauchwacken. Kalklaagjes, alterneerend met fylliet of leiklei-laagjes vormen de basis der kalken, die naar boven toe steeds zuiverder worden en minder terrigeen materiaal gaan bevatten.

De bovenste afdeeling van de trias bestaat overigens uit kalken van zeer uiteenloopenden habitus. Ze zijn dicht tot zeer grof kristallijn, zuiver kalk tot zuivere dolomieten, volkomen wit tot donkerblauw bitumineus, dungelaagd tot dikbankig, massief of breccieus. Ze zijn soms fyllietisch op de laagvlakken of echte kalkfyllieten en glimmermarmers. Mergels, rauchwacken, ferriguneuze kalken enz. komen soms voor. De oorzaak van deze verscheidenheid van kalken en hun wisselende successie zie ik, behalve in primaire verschillen der ontstaans-omstandigheden, ook in de levensgeschiedenis der kalken na hun vorming. De orogenese veroorzaakte uitwalsingen en ver-

dubbelingen en gaf aanleiding tot groote verschillen in metamorfose.

Al kunnen wij echter geen algemeen geldende stratigrafie voor deze triaskalken geven, [1]) zoo vormen toch deze kalken een zeer kenmerkend complex, hetwelk als een soort gidslaag door het heele gebergte te vervolgen is.

Dit geeft ten eerste de mogelijkheid om de saamhoorigheid van deze uiteenloopende kalktypen te constateeren, en ten tweede kunnen wij met behulp van deze gidslaag de groote tektonische eenheden van den dekbladenbouw onderscheiden (zie bijv. bij „de gronden der dekbladenbouw" sub *a* pag. 87, 2e alinea).

De triaskalken van het gebergte van Tocon.

We nemen in de westelijke helft van het gebergte van Tocon een drievoudige herhaling van de triaskalken waar en in het oostelijk deel een viervoudige.

Dit komt, zooals we reeds bij de triasfyllieten vermeldden, doordat we hier drie dekbladen met trias in Alpine facies kunnen onderscheiden, waarvan het bovenste zich in het Westen bovendien verdubbeld heeft. Dit waren het Grijze-dekblad, het Roode-dekblad en het Guajar-dekblad.

In het algemeen overzicht der triaskalken werd de aandacht erop gevestigd, dat het niet mogelijk was een algemeen geldige stratigrafie voor de triaskalken op te stellen. Toch zijn er voor 't gebergte van Tocon eenige regels op te geven, n.l.:

a. de kalken aan de basis van het Grijze- en Roode-dekblad zijn meest platig of onregelmatig gelaagd met een fyllietisch laagvlak.

b. de kalk van het Roode-dekblad is in de bovenste afdeeling dolomietisch.

1. De kalken van het Grijze-dekblad.

De kalken aan de basis hebben tot kenmerk onregelmatig gelaagd te zijn; soms ontaardt de gelaagdheid in onregelmatige lenzen. De laagvlakken bezitten een fyllietisch huidje (geel tot roestkleurig). Verder zijn deze kalken meestal bitumineus, waaraan ze hun grijsblauwe kleur ontleenen.

Bij den hoogen top, welke de Z.O.-hoek van het gebergte van

[1]) Zie voor de algemeene regels, die voor de verschillende gebieden te geven zijn, de speciale behandeling der triaskalken van die gebieden.

Tocon vormt, vond ik bovendien rauchwacken aan de basis (h.st. 1065).

Op deze kalken volgen kalken, die regelmatiger gelaagd zijn en ook meestal niet een fylliet of kleilaagje op het voegvlak bezitten. Ze zijn dun tot dikbankig, bitumineus of blauw en wit geband, dicht of kristallijn en vaak wit dooraderd (h.st. 1098, 1078).

Deze successie is bijvoorbeeld goed waar te nemen ten O. van Lapeza in de Rambla de Cabuzon, waar de kalken een dikte van bijna 1000 meter bezitten.

2. De kalken van het Roode-dekblad.

Deze bestaan aan de basis uit dezelfde kalken als die van het Grijze-dekblad en zijn vooral in de Cerro de la Venta en de Prados del Rey goed waar te nemen (h.st. 961, 962, 963, 984, 1066). De kalken met een fyllietisch voegvlak kunnen daarbij in echte kalkfyllieten overgaan (h.st. 964, 965 d.d.). Ook komen mergelachtige kalken voor (h.st. 996, 1067, 1104). Bij Padules trof ik bovendien, als bij den top aan den Z.O.-hoek van het gebergte, rauchwacken bij de basis aan (h.st. 1101). Ten W. van Tocon, langs de Rio Tocon bevinden zich kalken, welke eigenaardige wormachtige gebogen kalksteelen vertoonen, welke vooral op het voegvlak goed waar te nemen zijn (h.st. 1087 en 1087*a*). Zeijlmans van Emmihoven beschrijft dergelijke kalken uit de Sierra de los Filabres [III, 26, pag. 124]. In de Balearen komen deze kalken ook in de trias voor (z.g. Calcaires à Annelides of Wurmröhrenkalk) en worden daar tot de Keuper gerekend.

De kalken van het Roode-dekblad onderscheiden zich voornamelijk van die van het Grijze, doordat zij aan den bovenkant bestaan uit dolomietische kalken en dolomieten.

Op deze voorgaande kalken volgen namelijk lichtgrijze tot blauwe, endogeen breccieuse, kristallijne, dolomietische kalken, die een zeer onregelmatig oppervlak bezitten, doordat het kitmiddel gemakkelijker oplosbaar is dan de dolomietische bestanddeelen. Wanneer de oplossing van het kalkachtige bindmiddel verder doorgaat, veroorzaakt dit een tot fijn gruis uiteenvallen der endogeene breccies. Dit geeft aanleiding tot 't grillig relief van de hieruit bestaande berglandschappen, bijv. „los Dientes de la Vieja" (= de tanden van het oudje). De dolomietische kalken kunnen overgaan in zeer grof tot suikerkristallijne, vaak helder witte, soms blauw en wit gebande dolomieten. Deze dolomieten vallen bij verweering uitéén in de afzonderlijke dolomiet-kristalletjes, zoodat ze met de hand vaak geheel

te verwrijven zijn en de „ramblas" en kleine ravijntjes met een helder wit dolomietzand vullen.

De dolomietische kalken komen vooral voor in de Dientes de la Vieja, de ruggen bij de Va del Molinillo, Altos del Charillo, Sierra de Nivar (h.st. 949, 966 d.d., 1056, 1131). De dolomieten in Cerro Casafuerte, Lomas del Pajarillo, Peña de Orcalate en de Cerro Solana (h.st. 1061, 1090, 1110, 1119).

3. De kalken van Guajar-dekblad.

In het oostelijk deel van het gebergte van Tocon, waar het Guajar-dekblad verdubbeld is, zijn de bijbehoorende kalken goed te bestudeeren, terwijl ze in het Westen meestal weggeërodeerd zijn.

De onderste serie kalken is tamelijk dik; ze vangt aan met platige blauw en wit gebande, kristallijne kalken, welke naar boven toe overgaan in kristallijne dolomietische marmers (h.st. 927, 928 d.d., 1023), welke vaak glimmerhoudend zijn (h.st. 929 d.d.).

De bovenste serie kalken vormt slechts een smallen rug ten Noorden van de Fardes, welke rug bovendien hier en daar uitgewalst is. Ze bestaat hoofdzakelijk uit grijze, fijn kristallijne, endogeen breccieuse, dolomietische kalken (h.st. 921, 940). Ook gele, platige kalken komen voor (h.st. 941).

De triaskalken van de westelijke randzone der Sierra Nevada.

Ten Westen van Güejar Sierra kunnen we weer twee kalkcomplexen onderscheiden. Het onderste pakket bevat tegenover het station op den Zuidoever van de Genil veel gips, dat in groeven ontgonnen wordt; bij de Co San Jeromino is het aan de basis platig, fyllietisch en aan den bovenkant dolomietisch (*Dornajo* bijv.).

In 't algemeen schijnt ook in de westelijke randzone der Sierra Nevada de basis meestal als platige triaskalken en het bovenste deel als dolomieten of dolomietische kalken ontwikkeld te zijn.

De triaskalken van de omgeving van Lanjaron.

We kunnen in de omgeving van Lanjaron een drievoudige herhaling van het pakket triaskalken waarnemen, n.l. van het Lujar-dekblad, het Lanjaron-dekblad en het Guajar-dekblad.

Het *onderste pakket kalken* is dat van de Sierra de Lujar. Hiervan ken ik de basis niet. De Guadalfeo snijdt er zich bij de Escalante ten Z. van Velez de Benaudalla een paar honderd meters diepe cañon doorheen, zonder den ondergrond dezer kalken te bereiken.

Monsters van dit onderste pakket (verzameld aan de noord-

zijde bij den mond van de Mojonera in de Guadalfeo) zijn Nr. 229 d.d., 230, 231, 232, 233, 234, 303, 305.

Het *middelste pakket kalken* behoort tot 't Lanjaron-dekblad en vormt ten Zuiden van Lanjaron een groote syncline. De dikte van deze kalken wisselt zeer. Het vormt als Zuid-oever van de Rio de Lanjaron een paar honderd meter hoogen steilwand, die veel bijdraagt tot de pittoreske ligging van het badplaatsje op den glooienden en met dichte kastanje-bosschen begroeiden Noord-oever. Aan de Zuid-zijde der syncline zijn de kalken plaatselijk geheel afwezig (zie kaart), hetgeen waarschijnlijk aan uitwalsingen toe te schrijven is.

Bij de Venta del Diablo aan den hoofdweg ten Oosten van Lanjaron is de volgende successie waar te nemen:

Aan de basis een 5 tot 20 m. dik pakket van dunplatige vaak grofkristallijne kalken (laagjes 0.2—1 c.m. dik) met geel fyllietisch laagvlak, waartusschen dikkere banken (20—40 c.m.) van rose, gele massieve of breccieuse kalken, welke tot lenzen uitgeknepen zijn.

Hierop volgt een 10—100 m. dik pakket van min of meer gelaagde blauwe tot helderwitte, dichte tot suikerkristallijne, vaak breccieuse, soms glimmerhoudende, dolomietische kalken (h.st. 183, 185 d.d., 186, 220, 221, 224, 225, 226, 272, 216, 310, 311, 312, 322, 323, 325 d.d.).

Ook hier dus de waarneming, die wij reeds aan de Noord-zijde der Sierra Nevada in het gebergte van Tocon deden, n.l.: *De basis der kalken is dun gelaagd en fyllietisch op het laagvlak. De bovenkant is dolomietisch.*

Zoowel ten Oosten als ten Westen van Lanjaron zijn deze kalken soms aan de basis verertst (sideriet, limoniet, h.st. 189, 191). Verscheidene verlaten groeven en proefgangen trof ik er in aan.

Ten Westen van Lanjaron bevinden zich bovendien rauchwacken onder de kalken, welke ook in het gebergte van Tocon hier en daar aan de basis voorkomen (zie pag. 40).

Dat de kalkfyllieten niet alleen aan de basis der kalken voorkomen, bewijzen hun voorkomens tusschen de kalken op 2 k.m. ten W. van Lanjaron aan den hoofdweg, op den bodem van de Rio de Lanjaron vóór zijn samenvloeiing met de Tejarillo (h.st. 367 d.d.) en in de kloof van de Rio Izbor bij de Puente d'Ifo.

Het *bovenste kalkpakket* behoort tot het Guajar-dekblad. Hier treffen we weer de verschillende typen van kalken aan, welke meest grof kristallijn en dolomietisch zijn (h.st. 205, 279, 302 d.d.). H.st. 205 en 302 bevatten zelfs witte tremolietstengels, wat op een hooge graad van metamorphose wijst.

Ten Westen van Lanjaron komen ze nog juist even onder het helvetien te voorschijn. Nog verder westelijk vormen ze de Sierra de las Guájaras (zie blad II).

De triasdolomieten van de Sierra Almijara en Sierra Tejeda.

In de omgeving van Lanjaron konden we reeds plaatselijk het hooge dolomietgehalte der triaskalken constateeren.

Deze gaan in de Sierra de la Guajaras bij Lentegi over in de suikerkristallijne, grijze- tot helderwitte dolomieten, zooals wij die ook reeds uit het gebergte van Tocon beschreven hebben.

In de Sierra de Almijara en Tejeda is deze graad van kristallijnheid zoo mogelijk *nog meer toegenomen.* Deze gebergten bestaan uit grofkristallijne, grijze tot witte dolomieten met tremoliet e.a. mineralen (h.st. 1155 d.d.).

Op den pas over de Sierra Tejeda, tusschen Frigiliana en Jayena, vond ik hier en daar schisten tusschen de dolomieten ingeschakeld. Bijv. bij Va Herramiento aan den Zuidkant van het gebergte en ± 1 k.m. ten Z. van de Venta Panadero, die dicht bij den pasovergang ligt (h.st. 1156 d.d.). Of deze schisten er stratigrafisch in thuis hooren of tektonische daar terecht gekomen zijn, kon ik niet uitmaken.

Barrois en Offret[1]) rekenen de dolomieten uit de Sierra de las Guajaras en de Sierra de Almijara p.p. tot de trias en Sierra Tejeda en Sierra Almijara p.p. tot het „primitif". Zij zeggen echter, dat deze dolomieten zoo zeer op elkaar lijken, dat zij petrografisch vaak niet te onderscheiden zijn, doch zij werden door een vondst van *Megalodon* in de dolomieten bij Lentegis gedwongen deze tot de trias te rekenen.

Daar zij in hun tijd nog geen begrip van dekbladenbouw hadden, kwamen zij aan den anderen kant ertoe de dolomieten van die Sierra Tejeda en Almijara, die aan hun Zuid-zijde (bij Frigiliana bijv.) ondubbelzinnig *onder* de kristallijne schisten wegduiken, tot een nog oudere formatie dan die schisten te rekenen en zoodoende tektonisch samenhangende en petrografisch identieke gesteenten van elkaar te scheiden (zie hierover tektoniek van de Zuidkust ten W. van Motril, pag. 119).

Ik beschouw deze reusachtige dolomiet-gebergten als trias, althans mesozoïcum. Tusschen Maro en Herradura, waar de dolomieten der Sierra Tejeda de zee bereiken, bevinden zich minder meta-

[1]) Mission d'Andalousie [III, 2, pag. 82 en 84].

morfe, blauwe, gebankte kalken, die ook elders in de triaskalken veel voorkomen.

Ouderdom der triasgesteenten.

Triasfyllieten en kwartsieten.

Deze groep omvat grootendeels de etages van Motril en Albuñol, die Barrois en Offret in hun stratigrafie op onzekere gronden tot het Cambrium rekenen.

Wij hebben echter opgemerkt, dat meestal (vooral ten Noorden van de Sierra Nevada) de fyllieten scherp van de kristallijne schisten te onderscheiden zijn.

Bij de beschouwingen over den ouderdom der kristallijne schisten werd de waarschijnlijkheid van een discordantie tusschen de schisten en de fyllieten naar voren gebracht (zie pag. 28). De schisten zijn Praehercynisch, de fyllieten Posthercynisch.

Aan den anderen kant bewijst de concordante overgang van de fyllieten in de kalken, zooals die op pag. 38 beschreven wordt, dat ze bij de kalken behooren en deze zijn de eenigste formatie der Betische bouwsteenen, waarvan de ouderdom op grond van fossielvondsten met voldoende zekerheid als trias is vastgelegd.

Ze vertoonen bovendien een sterke gelijkenis met de fyllieten en kwartsieten, die in de Alpen aan de basis der triaskalken en dolomieten voorkomen en ook dáár tot de trias gerekend worden.

R. v. Drasche zegt bijv. van de roode-violette kwartsieten, op den weg van Granada naar de Veleta: „. . . . Welche sich durch nichts von unseren gewöhnlichen Werfener Schiefern und Sandsteinen unterscheiden."

Het is waarschijnlijk dat de fyllieten *Post-hercynisch* en wel *oud-triadisch* zijn.

De Verneuil (voor de Sierra de Gádor en de Alpujarras), De Sierra (voor de Sierra de los Filabres), Hetzel (voor de Sierra de Alhamilla), Zeijlmans van Emmichoven (eveneens voor de Sierra de los Filabres), Brouwer (voor de omringende gebergten der Sierra Nevada), beschouwen de fyllieten eveneens, wegens hun samengaan met de triaskalken, als triadisch.

Ouderdom der triaskalken en dolomieten.

In het bestudeerde gebied werden geen fossielen in de triaskalken gevonden. De overeenkomst der kalken met de triaskalken uit de Sierra de los Filabres, waar Zeijlmans van Emmichoven

Myophoria, *Mytilus* en ? *Avicula contorta* in vond, maakt echter een parallelisatie hiermede zonder eenig voorbehoud mogelijk. [1])

Alle typen van kalken, die Zeijlmans van Emmichoven onder de letters α—ϑ beschrijft, treft men ook in de omranding der Sierra Nevada aan en voor de beschrijving verwijs ik daarom naar de dissertatie van Zeijlmans van Emmichoven.

Slechts de echte witte-grijze, suikerkristallijne Lentegis-dolomieten beschrijft Zeijlmans van Emmichoven niet en van hen komen ook geen handstukken in zijn collectie voor. Zijn dolomieten zijn meer de endogeen-breccieuze, dolomietische kalken, zooals ze ook in het gebergte van Tocon en uit de omgeving van Lanjaron voorkomen (zie beschrijving der triaskalken).

De waarneming, dat de triaskalken aan de bovenzijde dolomietischer zijn dan aan de basis, komt goed overeen met de stratigrafie, die Barrois en Offret opstelden voor de trias, n.l.:

bovenste kalken: Witte *dolomietische* kalksteenen van Lentegis.
onderste kalken: Blauwe kalksteenen van Gador.

Vergelijking met trias elders in het Alpine Orogeen.

De volgende successie is in de trias der Sierra Nevada vaak waar te nemen, zonder dat zij een algemeene geldigheid bezit.

Kalkafdeeling.
5. Dolomieten en breccieuse dolomietische kalken;
4. Dik- tot dunbankige bitumineuse kalken;
3. Golvend platige kalken met fyllietisch voegvlak; (soms met wormvormige buisjes).
2. Rauchwacken en gips;
1. Fyllieten en kwartsieten.

We zullen deze stratigrafie achtereenvolgens vergelijken met de stratigrafie van Barrois en Offret voor Las Alpujarras en Sierra Tejeda, van Zeijlmans van Emmichoven voor de Sierra de los Filabres, van Hetzel voor de Sierra Alhamilla, verder met die der Balearen, der West- en der Oost-Alpen.

---

[1]) Een bezoek in den zomer van 1925 in de Sierra de los Filabres en de collecties van de heeren Zeijlmans van Emmichoven en Hetzel stelden mij in staat om mij van de gelijkheid der kalken te overtuigen. Zeijlmans van Emmichoven, die in 1925 eveneens de Sierra Nevada bezocht, was eveneens van oordeel, dat we hier zonder twijfel met dezelfde kalken te maken hebben.

Barrois en Offret geven de volgende stratigrafie:

Trias	D.	Calcaires dolomitiques blanchâtres de Lentegis.
	C.	Calcaires bleus de Gádor.
Cambrien	B.	Schistes, gypses, grès, calcaires dolomitiques jaunes d'Albuñol.
	A.	Schistes satinés et schistes à chloritoid de Motril.
	X.	Schistes micacés, schistes et quartzites actinolitiques.
Primitif	ζ^1.	Micaschistes grenatifères, amfibolites.
	ζ^2.	Gneis amfiboliques et dolomies.

Hiervan komt D met onze 5 overeen, C met 4 en 3, B met 2 en A met 1.

ζ^1 en ζ^2 behooren tot het kristallijn; de dolomieten uit ζ^2 echter waarschijnlijk weer tot de trias (zie pag. 43). De plaats van *x* is problematisch.

In groote trekken bestaat er echter een groote overeenkomst in de successie volgens Barrois en Offret en volgens mijne waarnemingen.

Zeijlmans van Emmichoven stelde voor de Sierra de los Filabres, het oostelijk verlengde van de Sierra Nevada, de volgende stratigrafie op, echter zonder haar een algemeen geldigheid toe te kennen.

3. Bovenste afdeeling. Kalken en dolomieten.	Licht grijze, kristallijne, saccharoïde, zwak bitumineuse, vaak endogeen breccieuse dolomieten; donkere, witgeaderde, bitumineuse dolomietische kalken; donkerblauwe, glanzende, fijnkristallijne kalken; fijnkristallijne tot marmerachtige kalken, opgebouwd uit alterneerende, licht blauwe en witte, dunne lagen.
2. Middelste afdeeling. Iriseerende leien.	Meest blauwe en paarse, ook groene en roode, glanzende, meest iriseerende leien en schalies; grauwe fyllietische tot kwartsietische schisten; grauwzwarte, doffe schalies en leikleien; kwartsgangen; gips.
1. Onderste afdeeling. *b.* Kalken.	Licht blauwe, dichte tot fijnkristallijne, golvend platige, soms mergelige kalken; donkerblauwe kalken met calcietaders; rauchwacken en kalkschisten.

a. Conglomeratische mergels.	Conglomeratisch-breccieuse, gele, mergelige gesteenten; dunne conglomeraatbankjes; rauchwacken. Lenzen van kalken, kleileien, gips en dynamometamorf basisch stollingsgesteente.

De kalken en iriseerende leien komen, zooals reeds ter plaatse werd opgemerkt, overeen met die uit de Sierra Nevada, met dit onderscheid echter, dat de trias-gesteenten in het laatste gebied iets metamorfer zijn dan in de Sierra de los Filabres. De typische, grof kristallijne Lentigis dolomieten uit de Sierra Tejeda beschrijft Zeijlmans niet en zij komen ook niet in zijn collectie voor. Waar hij in de middelste afdeeling nog spreekt van iriseerende leien, schalies en zelfs van leikleien, zijn het in de omgeving der Sierra Nevada meestal typische fyllieten tot fyllietische schisten.

Wel neemt ook Zeijlmans van Emmichoven waar, dat de kalken meestal aan den bovenkant dolomietisch zijn, zooals dat ook in de Sierra Nevada het geval is.

De conglomeratische mergels rekent hij tot de onderste trias en deze worden door ons bij de marmers van de complexe-zone gerekend, welke ze steeds vergezellen. Op sommige plaatsen kunnen ze met de trias-fyllieten ep gips een soort tektonische menging geven, zooals dat bijv. in den gipsrug bij Lanjaron het geval is. Deze gipsrug is een typisch analogon van hetgeen Zeijlmans van Emmichoven als conglomeratische mergels beschrijft. Wij dienen echter hierbij op het volgende te letten. In dezen gipsrug, vaak vergezeld van glimmermarmers, en ook onder den gipsrug bij de glimmermarmers van de complexe-zone, komt een gele mergel met bruine spikkels voor, waarin kleine kwarts en kalk-rolstukjes, lenzen en bolletjes van uitgewreven schisten etc. zich bevinden. Deze conglomeratische mergels in engeren zin rekenen wij bij de complexe zone, de gipsrug echter of de conglomeratische mergels in ruimen zin zijn een tektonische menging van gneisen, marmers, conglomeratische mergels (s.s.) van de complexe-zone en kalken, rauchwacken, gips en fyllieten der trias. Het is een soort „Knetgestein" zooals Heim dat beschrijft op pag. 93, bd. II_1 van de Geologie der Schweiz. Ik leg zoodoende het abnormale contact niet onder, maar *in* den gipsrug als mengzone tusschen de complexe-zone en de trias.

Wanneer we deze waarnemingen toetsen aan de uitstekende beschrijving van Zeijlmans van Emmichoven, dan merken we op, dat zijn conglomeratische mergels (s.l.) ten eerste, evenals in de

Sierra Nevada, altijd tusschen oude marmers van de complex-zone en trias optreden. Voorts bestaan ze uit conglomeratische mergels (s.s.), marmers, basische stollingsgesteenten en geheel verwreven en vermalen leien, kalken, rauchwacken en gips der trias, zoodat ook hier misschien het karakter der conglomeratische mergels (s.l.) meer is een tektonische mengzone tusschen complexe-zone en trias dan een stratigrafische onderste afdeeling der trias.

Wanneer we dus de discordantie of althans liever gezegd het abnormale contact in de stratigrafie van Z e i j l m a n s verleggen van onder-de-conglomeratische mergels (s.l.) naar boven-de-conglomeratische mergels (s.s.), dan krijgt zij het volgende beeld:

kalken
leien
kalken
leien
wwwww
conglomeratische mergels (s.s.) } congl. mergels (s.l.)
marmers.

De bovenste kalken en leien is thans vrijwel gelijk met de onderste serie kalken en leien. Z e i j l m a n s nam aan, dat dit een stratigrafische serie was, omdat er geen *noodzaak* bestond om deze stratigrafie door tektonische verdubbelingen te verklaren. In de westelijk van de Sierra de los Filabres gelegen gebergten vinden we echter meestal aan de basis van een pakket kalken en fyllieten Praehercynische schisten, zoodat hier blijkt dat de stratigrafie van de trias niet uit een herhaling van kalken, leien—kalken, leien, maar enkel uit kalken en fyllieten bestaat. Aan den anderen kant zullen we bij de tektoniek vernemen, dat tektonische verdubbelingen voorkomen, zoodat ik het waarschijnlijk acht, dat ook bij de trias-stratigrafie van Z e i j l m a n s v a n E m m i c h o v e n dit de oorzaak van die successie is, tenzij sterke wisselingen in facies aan te nemen zijn.

Een zelfde gemis aan noodzaak om een successie door tektonische werkingen te verklaren treffen we ook in het gebergte van Tocon aan bij het Roode- en Grijze-dekblad. Ook hier mankeert het kristallijn om de basis der dekbladen te kenmerken. Wanneer we het Roode- en het Grijze-triasdekblad echter als een normale successie beschouwden, zouden we genoodzaakt zijn een geheel afwijkende stratigrafie met sterke facies-wisselingen op enkele kilometers afstand aan te nemen. De waarneming, dat op andere plaatsen dergelijke verdubbelingen door ontwijfelbare, tektonische oorzaken konden ont-

staan, doen ook hier er toe besluiten de tektonische oplossing het waarschijnlijkst te achten (zie tektoniek, pag. 93); op deze manier is er dus een algeheele overeenkomst tusschen de triasstratigrafie in de Sierra de los Filabres en de Sierra Nevada te verkrijgen.

Hetzel geeft voor de Sierra Alhamilla de volgende stratigrafie:

Bovenste afdeeling. In hoofdzaak fyllietische, blauwe en violette zachte leien. Enkele kwartsieten.
Grootst waargenomen dikte ± 200 m.

Middelste afdeeling. Dolomieten en kalken, waarvan de donkere dolomieten overheerschen. In de dolomieten komt soms gips voor. Aan de basis op enkele plaatsen een lichtgele, fijnkorrelige kalksteen, fijne conglomeraten in hoogere horizonten.
Grootst waargenomen dikte ± 400 m.

Onderste afdeeling. Fyllietische blauwe en violette leien. Chlorietschisten. Vele kwartsieten. Enkele kalkbanken. Talrijke kwartsgangen door alles heen. Gips.
Grootst waargenomen dikte minstens 100 m.

We zien hier in de onderste en bovenste afdeeling de aequivalenten van onze trias-fyllieten en in de middelste afdeeling van onze kalken. Van de kalkhorizont merkt Hetzel op pag. 9 op, dat de kalken t.o.v. de dolomieten meer aan basis voorkomen. Dit stemt overeen met de waarnemingen van Zeijlmans van Emmichoven in de Sierra de Los Filabres en van Barrois en Offret en van mij in de omgeving der Sierra Nevada. Het verschil tusschen de onderste en bovenste afdeeling der fyllieten is nihil. Hetzel legt den nadruk op de afwezigheid van kwartslenzen in de bovenste afdeeling.

Hij heeft echter geen noodzaak gevonden om groote tektonische bewegingen ter verklaring van den bouw van zijn gebied te hulp te roepen, alhoewel er wel aanduidingen daartoe aanwezig waren in den vorm van op het tertiair lijkende, fijnkorrelige, lichtgele foraminiferen kalken aan de basis van zijn middelste afdeeling.

Dat de tektoniek zeer zeker ingewikkelder is dan een eenvoudige plooiing, heeft het onderzoek in de Sierra de los Filabres en de Sierra Nevada uitgewezen en het is waarschijnlijk, dat deze stratigrafie in de Sierra Alhamilla slechts een schijnbare, door de tektoniek veroorzaakte, afwijking is. Hoe deze afwijking door de tektoniek verklaard kan worden zal echter een nader onderzoek ter plaatse dienen uit te maken, liefst nadat ook in de tektoniek van de om-

liggende gebergten, als bijv. de Sierra de Gádor meer klaarheid is gebracht.

Voor de trias in de Baléaren geeft Douvillé in zijn „Péninsule Ibérique", pag. 43, het volgende schematische profiel:

3. Keuper: dolomieten, soms breccieus;
2. Muschelkalk: kalken waarin gebogen buisjes, (Calcaire à annelides, wurmröhren kalk);
1. Bonte zanden en roode kleien ± 50 m. dik.

Deze trias-serie uit het oostelijk verlengde van de Subbetische ketens komt goed met die der Betische trias overeen, waar ze hoogstens wat meer metamorf is. Het Roode-dekblad bezit bijv. tusschen Tocon en Quéntar de volgende successie:

3. Breccieuse dolomieten en dolomietische kalken;
2. Blauwe, platige kalken met wormvormige buisjes;
1. Roode kwartsieten en fyllieten (van enkele tientallen meters dikte).

Volgens Darder en Fallot bestaat de keuper op Majorca uit een onderste afdeeling van mergels en rauchwacken en een bovenste, meer dolomietische afdeeling [III, 8, pag. 29]. Evenals de Subbetische Germaansche trias, wier voortzetting de trias der Balearen vormt, bevatten ze eruptiefgesteente.

In de *West-Alpen* zijn in de trias twee facies te onderscheiden, n.l. een Helvetische, welke nog veel op de Germaansche facies lijkt, en een Penninische, welke een overgang naar de Alpine-facies vormt.

In de Helvetische facies kunnen we aan de basis vaak kwartsieten der bontzandsteen onderscheiden; hierop volgt de muschelkalk, waartoe de röthidolomieten behooren en vervolgens de keuper, die weer schisteus is (Quarten-schiefer). De schisteuse ontwikkeling aan den top maakt, dat deze Helvetische facies niet op de trias-ontwikkeling der Alpujarriden lijkt. Ook in het Penninicum is dit nog het geval, maar in de bovenste Penninische dekbladen nemen we een overgang naar de trias der Oost-Alpine dekbladen waar. E. Haug[1]) noemt dit het *type Piemontais*. De onderste en middelste étages komen nog met de Helvetische facies overeen, doch de

[1]) E. Haug. Contribution à une Synthese Stratigraphique des Alpes occidentales. Bull. Soc. Geol. de France, IV, serie T, 25, 1925, pag. 221.

bovenste afdeeling is niet schisteus, doch als Hauptdolomiet ontwikkeld. Dit is ook de trias-ontwikkeling in de onder- en midden-Oost-Alpine dekbladen. Met dit type Piemontais vertoont de trias der Betische ketens veel overeenkomst.

De stratigrafie der trias in de *Oost-Alpen* is zeer in het algemeen de volgende:

Norien . . . . . Bovenste kalkgroep. (Haupt-dolomiet en Dachsteinkalken);
Carnien . . . . . Middelste kalkarme groep (Raibler schisten);
Ladinien } . . . . Onderste kalkgroep (Alpine muschelkalk);
Anisien }
Werfenien . . . . Onderste kalkarme groep (Alpine bontzandsteen).

Een dergelijke herhaling zouden we misschien in het gebergte van Tocon bij het Roode- en Grijze-dekblad kunnen waarnemen, waar de successie is:

dolomieten platige kalken	} bovenste kalkgroep.
roode kwartsieten en fyllieten	middelste kalkarme groep.
platige kalken	onderste kalkgroep.
grijze fyllieten	onderste kalkarme groep.

De Lentegis-dolomieten vergelijkt S t a u b met de Haupt-dolomiet. De roode kwartsieten zouden dan met de Raibler-schisten overeenkomen, doch ze lijken wat facies betreft in het geheel niet op grauwe leien en mergels die in het carnien meestal de kalk-afzetting onderbreken. S t a u b zegt wel (l.c., pag. 210) dat aan de basis van de Haupt-dolomiet typische Raibler-schisten voorkomen, maar vermeldt niet wat voor formatie hij daarmede bedoelt en waar hij dat heeft waargenomen. [1])

De platige kalken vergelijkt S t a u b met de ladinische afdeeling en de kalken met fyllietisch voegvlak met de schelpkalk uit het conisien.

Ik heb eenige pagina's terug uiteengezet, waarom we beter deze serie van het Roode- en Grijze-dekblad, zooals de naam reeds aanduidt, als het product van een tektonische verdubbeling kunnen beschouwen en niet als een primaire stratigrafische successie.

---

[1]) Misschien op den weg van Granada naar den top van de Veleta, tijdens de excursie van het XIV uit geol. Congres te Madrid in 1926, waar ten N.W. van de Dornajo roode en grijze fyllieten tusschen de kalken voorkomen.

Het ontbreken van typische diepzeekalken met hun rijke ammonieten-fauna (Hallstätter-kalken) [1]), het ontbreken van Raiblerschisten [2]), die in het carnien in de Oost-Alpen en Tirol een kenmerkende onderbreking van de kalkvorming veroorzaken, maken dat de facies en stratigrafie der Betische trias niet in alle opzichten met de Oost-Alpine trias te vergelijken is. Alhoewel zij dus duidelijk een mariene nerietische ontwikkeling der trias bezit, vind ik de uitspraak van Staub (l.c., pag. 216): „Die Facies der Nevada Trias ist..... *vollständig* Ost Alpin" een weinig te sterk.

CONCLUSIE: *We komen dus tot het resultaat, dat de trias van de Betische ketens een nerietische-Alpine ontwikkeling bezit. De bovenste dolomieten (Lentegis dolomieten) komen overeen met de Hauptdolomieten uit de Keuper. De bankige en golvend platige, bitumineuse kalken (Gádor-kalken) met de Alpine schelpkalk en de onderste afdeeling van kwartsieten en fyllieten met de Alpine bontzandsteen.*

B. DE BOUWSTEENEN DER SUBBETISCHE KETENS.

Algemeen overzicht.

In de Subbetische ketens komen geen Praehercynische gesteenten voor. Zij bestaan geheel uit jongere formaties.

In het gebergte ten Oosten van Granada is de grens tusschen Betische en Subbetische ketens scherp te trekken, maar verder westwaarts vervaagt zij, zooals reeds in de inleiding van de stratigrafie gezegd werd (zie pag. 14).

In bovengenoemd gebergte vinden we de Germaansche facies van de trias [3]) der Subbetische ketens rusten op de Alpine facies der trias

---

[1]) P. Fallot (l.c., pag. 447) onderscheidt een depressie in de ondiepe muschelkalkzee, welke van Sicilie via Minorca naar de Ebro-vallei loopt, dus dwars op de richting der Thetys, welke ook door de diepe jurassische geosynclinaal wordt gevolgd. Slechts in deze depressie werden triadische cephalopoden gevonden. Ook Tornquist en Deecke nemen deze verbreiding der depressie in de Westelijke Muschelkalkzee aan.

[2]) Slechts bij het Roode- en Grijze-dekblad in het gebergte van Tocon bestaat de mogelijkheid, dat er een middelste kalkarme groep voorkomt.

[3]) Misschien doen we beter in het gebergte ten O. van Granada van permo-trias te spreken. Zie daaromtrent pag. 56.

In de Germaansche trias van de Subbetische ketens is niet de typische Duitsche driedeeling door te voeren. Ze wordt verder door vele basische intrusiva gekarakteriseerd.

der Betische ketens. In de Subbetische ketens is geen Alpine trias bekend.

De Germaansche trias-facies der Subbetische ketens gaat westwaarts in de Balearen weer in meer Alpine facies over.

Van de jongere formaties zijn in de Sierra Harana slechts jura en nummuliticum door fossielvondsten met zekerheid bekend. Deze twee zijn met elkaar verplooid. De witte nummulieten-kalken kunnen bedriegelijk veel op de witte liaskalken lijken en zijn dan alleen door het voorkomen van nummulieten en orbitoïden ervan te onderscheiden.

In de volgende bladzijden zullen alleen de waarnemingen in het gebergte ten Oosten van Granada besproken worden. Voor de stratigrafie van de Subbetische ketens zie men het werk van de Mission d'Andalousie, de dissertatie van R. Douvillé, enz.

Permo-trias van het gebergte ten Oosten van Granada.

Beschrijving.

Op de trias-dolomieten van de Sierra de Tocon en onder-jura-kalken van de Sierra Harana treffen we een strook van typische roode en grijze zandsteenen, conglomeraten, leien en kalken aan, die waarschijnlijk permo-triadischen ouderdom bezitten. Deze strook is te vervolgen langs de Rio Bermejo (= roode rivier), B^{co} de las Minas en de Rio Fardes. De dikte is gewoonlijk aanzienlijk (eenige honderden meters).

In deze gesteenten zijn een grijze- en een roode groep te onderscheiden, die zich eenige malen herhalen (bij de V^{a} de Molinillo 3x).

De *roode groep* bestaat uit karmosijn roode, vaak glimmerhoudende, zandsteenen (935, 1132), [1]) welke soms overgaan in zeer grove polymikte conglomeraten (936 d.d., 1124) en ook roode en groene schalies voor.

De *grijze groep* bestaat uit grijze conglomeraten (h.st. 1005 d.d., 1053), meestal fijner dan de roode conglomeraten, grauwacken (h.st. 922 d.d., 933, 992), leien (h.st. 942, 993 d.d.), kalkige leien (h.st. 994, 1010 d.d.) en platige bitumineuse, witdooraderde kalken (h.st. 923, 934).

---

[1]) In uiterlijk komen deze geheel overeen met handstukken der roode trias zandsteenen uit de omgeving van Ceuta (N.-Marokko), welke Prof. Van Baren in 1926 aldaar verzameld heeft en welke zich thans in de collectie van de landbouw-hoogeschool te Wageningen bevinden.

We hebben hier waarschijnlijk met de afbraak-producten van het Hercynische gebergte te maken, die gedeeltelijk boven- en gedeeltelijk onder water zijn afgezet. Of de herhalingen van deze groepen in de serie primair stratigrafisch of secundair tektonisch zijn, valt moeilijk met zekerheid te zeggen. De profielen wisselen zeer sterk van plaats tot plaats.

Tusschen Diezma en de Rio Fardes treedt het volgende profiel er in op (van boven naar beneden):

Grijze leien en grauwacken, die overgaan in fijne conglomeraten.
Doorzet met kwartsaders en nesten.

Roode, zandige schalies.

Grauwacke en grijs conglomeraat (grof) met kwarts-nesten.
(Sterk uitgewalst en vergruisd).
Grauwe leien en grauwacken, waartusschen enkele banken van bruinroode zandsteenen en een paar groote lenzen (± 1—3 m.) van gele rauchwacken (h.st. 1004).
Platige, bitumineuze kalken en kalkige leien.

Roode zandsteenen, die soms plaatselijk overgaan (bijv. in h.st. 1124) in grove, roode conglomeraten.

Grijze leien en grauwacken.

In de roode zandsteenen is op enkele plaatsen een fraaie kriskrasgelaagdheid waar te nemen. Typisch is een pseudo kriskrasgelaagdheid, die soms tengevolge van de interne differentieele bewegingen kan ontstaan, en bij oppervlakkige beschouwing licht voor een gewone, discordante parallel-structuur gehouden kan worden. (fig. 1).

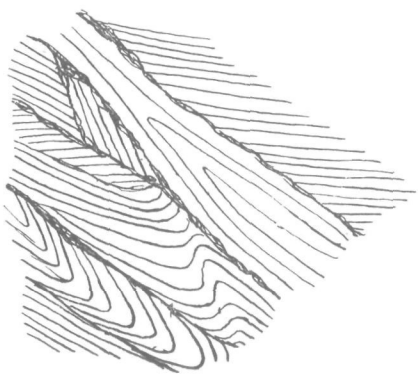


Fig. 1.

In de omgeving van de Va del Molinillo biedt de onderscheiding van de roode fyllieten en kwartsieten der Betische trias van de roode facies der Subbetische permo-trias soms eenige moeilijkheden en het lijkt mij daarom goed nog even speciaal op de verschilpunten te wijzen:

1. De roode Betische trias-kwartsieten en fyllieten zijn meestal fyllietischer. Het zijn meer zandige schalies, terwijl de roode zandsteenen uit de Subbetische permo-trias, duidelijke korrelige zandsteenen met somtijds discordante parallel-structuur zijn.

2. De roode Betische trias-kwartsieten en fyllieten hebben bonter kleuren (helder rood, violet, groen, grijs, wit), terwijl de Subbetische roode zandsteenen meestal dof rood zijn.

3. De roode Betische trias-kwartsieten en fyllieten bevatten nooit conglomeraten, terwijl de Subbetische zandsteenen daar vaak geleidelijk in overgaan.

4. De roode Subbetische zandsteenen en conglomeraten wisselen met grijze grauwacken, kalken, conglomeraten, etc. af, in tegenstelling met de Betische ondertrias, die enkel uit fyllieten en kwartsieten met kwartsnesten bestaat.

Een paar honderd meter ten Westen van Diezma, even ten Zuiden van den hoofdweg, bevindt zich op de grens van de permo-trias en het eoceen een *orthofier of syenietporfier* (h.st. 1001 d.d.).

Opmerkelijk is, dat in het preparaat 1001 geen dynamometamorfose waarneembaar is, in tegenstelling met de andere preparaten van de permo-trias, die allen sterke kataklase vertoonen. Er kan hier een *selectieve dynamometamorphose* hebben plaats gehad, doordat de interne bewegingsvlakken, door het massieve stollingsgesteente, dat veel grooter weerstand tegen schuifbewegingen bood dan de omringende sedimenten, er door afgeleid werden en er omheen liepen. Dergelijke waarnemingen beschrijft ook E. Künze aan peridotietintrusies in de Penninische dekbladen. [1]) Ik acht de afwezigheid van verschijnselen van Alpine dynamometamorfose althans geen voldoende reden om een Post-Alpine ouderdom dezer porfier aan te nemen.

Ze behoort waarschijnlijk bij de permo-trias, [2]) vooral daar ook de trias elders in de Subbetische ketens [3]) en de permo-trias in Noord-Marokko (zie bij ouderdom op de volgende blz.), door het voorkomen van andesieten, ofieten, enz., gekenmerkt zijn.

---

[1]) Schweiz. Min. und Petr. Mitt., Band VI, 1926, pag. 300.

[2]) Ook de vondst van een orthofier rolsteentje in een grijs permo-trias-conglomeraat pleit hiervoor. Zie de Appendix (petrografie).

[3]) M. Levy et Bergeron. Etude Géol. de la Serrania de Ronda. Mission d'And., pag. 220 e.v.

S. Calderon. La Region epigénique de l'Andalousie et l'origine de ses ophites. Bull. de la Soc. Géol. de France 1889, deel XVII, pag. 100 e.v.

Ouderdom.

De trias der Subbetische ketens is, zooals gezegd werd, in Germaansche facies ontwikkeld en bevat meestal bonte mergels en kalken met groote gipsmassa's en ofiet-intrusies.

De gesteente-serie tusschen Diezma en Cogollos Vega wijkt echter sterk van dit type af.

Hierin komen geen mergels en geen gips voor, die in de Subbetische trias zoo typisch zijn. Ze kenmerken zich daarentegen door grove conglomeraten en zandsteenen, welke waarschijnlijk de afbraakproducten van het Hercynische gebergte zijn en meer analogie vertoonen met bijv. het perm uit de Alpen.

Staub (l.c., pag. 209, 217) spreekt van „Alpine Verrukano" en Germaansche trias, die ten Z. van de Orduña aan de basis der Subbetische ketens voorkomen en waaronder de Alpine trias van de Betische ketens wegduikt. [1])

Gentil beschrijft uit Noord-Marokko fluviatiele en lagunaire, roode conglomeraten, zandsteenen en leien, waarin diabasen en andesieten voorkomen en welke hij tot het eind van het perm of de basis der trias rekent. De beschrijving komt goed overeen met de serie aan de basis der Sierra Harana. [2])

Michel Levy en Bergeron (Mission d'Andalousie, pag. 225) vermelden uit de Serrania de Ronda, in het Oosteinde der Betische ketens (s.s.), eenige kleine voorkomens van roode zandsteenen en conglomeraten, die zij tot het perm rekenen. Ook de conglomeraten, zandsteenen, leien en kalken uit de serie tusschen Cogollos Vega en Diezma zijn op grond van deze overeenkomsten waarschijnlijk *permo-triadisch.*

Jura.

Beschrijving.

De Noordzijde van het gebergte ten O. van Granada bestaat hoofdzakelijk uit jurakalken, die kale witte ruggen vormen, welke reeds uit de verte van de donkere bitumineuse trias-dolomieten te onderscheiden zijn. Zij verheffen zich tot de hoogste toppen van het

---

[1]) Deze waarneming deed hij in den zomer van 1926, toen hij tijdens de excursie van het IXe Internationale geol. Congres te Madrid met Prof. Brouwer de omgeving van Cogollos Vega bezocht).

[2]) Zie noot op pag. 53.

voorgebergte (Orduña 1941 m. en Peñon de la Mata (rots des doods) 1890 m.) [1])

Het zijn voornamelijk massieve, zoögene kalken, zuiver wit of grijs (h.st. 916 d.d., 920, 969 d.d., 1022, 1046 d.d., 1049 d.d.) [2]) soms lichtrood (h.st. 946 d.d.) of geel (h.st. 916 d.d., 919).

Plaatselijk kunnen ze breccieus en dolomietisch zijn (h.st. 914, 915, 1011 d.d., 1021 d.d., 1046 d.d., 1047, 1050 d.d.).

Tusschen de massieve kalken bevinden zich dun-dikbankige kalken met zwarte, soms roode silex-concreties (h.st. 1052) en voorts crinoïden-kalken met afdrukken van bivalven (h.st. 1365) en ook oölietische kalken (d.d. 1049).

In de witte kalken der jura-vensters (zie tektoniek) komen plaatselijk roode, mergelige partijen voor, waarin crinoïden en harpoceratidae werden gevonden (h.st. 973, 974, 975, 976 d.d., 977) en ook knollige gele en roode jurakalken, welke enkele afdrukken van bivalven vertoonden (h.st. 988 d.d., 989). Over het algemeen zijn de kalken echter arm aan fossielen.

Deze zoögene kalken zijn vrij van terrigeen-materiaal en onderscheiden zich daardoor van een serie van kleien, mergels en mergelige zandsteenen (veldspaatrijk), die ik bijv. tusschen Diezma en los Villares en bij de Peñon de la Mata goed ontsloten vond en waarvan de jurassische ouderdom nog te betwijfelen is (h.st. 917 d.d., 1051 d.d.).

Speyer en Vermeulen vervolgden op de Zuidhelling van de Rio Blanco een strook van dergelijke, mergelige kalk zandsteenen, welke zij tot het nummuliticum rekenden op grond van de vondst van nummulieten in het verlengde van deze strook aan de Westgrens van het gebergte (zie bij nummuliticum, pag. 61).

Waar de jura-kalken door de Betische dekbladen overschoven zijn, is de grens op de plaatsen, waar trias- en jurakalken direct op elkaar liggen, vaak moeilijk vast te leggen, omdat beide hier breccieus en dolomietisch zijn en misschien ook eenigszins door de overschuiving met elkaar vermalen werden (voorb. van kalken uit deze overgangszone zijn h.st. 947 d.d., 950 d.d., 958, 959, 978, 979, 980 d.d. 985 d.d., 986).

---

[1]) Barometerwaarneming.

[2]) De handstukken van de jura in de omgeving van Ceuta, die Prof. Van Baren in 1926 aldaar verzamelde, komen in uiterlijk geheel met deze gesteenten overeen.

Ouderdom.

Het is niet zeker of een discordantie of concordantie tusschen de jura en permo-trias bestaat. Bertrand en Kilian (M. d.'A., pag. 409) vermelden uit dit gebied (bij Güevejar) groenige mergels en rauchwacken op de roode trias-zandsteenen, welke overeenkomen met dergelijke gesteenten in de Sierra Elvira, Loja en bij Cortijo Enebral. Fossielen hebben zij er niet gevonden, maar zij rekenen het tot de infralias als overgangsterm tusschen de continentale trias en de mariene jura. De faciesovergang tusschen deze twee is echter in dit gebied opvallend plotseling en daarbij merken we op, dat ten O. van Granada de jura niet op de gewone Germaansche trias rust, zooals we die in de rest der Subbetische ketens kennen, maar dat deze formatie waarschijnlijk het perm en een gedeelte der trias omvat.

Michel Levy en Bergeron (M. d'A., pag. 225) spreken van een discordante bedekking der permische, roode glimmer kwartsieten door de jurakalken tusschen Malaga en Colmenar. In Marokko is de lias transgressief en ook Gentil zegt, dat in de omgeving van Tanger de jura discordant op de permo-trias rust (l.c., pag. 698). Dit is waarschijnlijk in het gebergte ten Oosten van Granada eveneens het geval.

Wat den ouderdom betreft kunnen we zeggen, dat de jurakalken van de Sierra Harana tot de *lias* behooren. De lias der Subbetische ketens wordt door Bertrand en Kilian als volgt gekarakteriseert (M. d'A., pag. 418): [1]) „En resumé, les étages sinémurien et liasien sont représentés dans l'Andalousie méridionale par une *série puissante de calcaires blancs très compacts*, sillonnés de veines spathiques. Ces couches sont souvent coralligènes et renferment d'autres fois des *rognons de silex* en grande abondance. Les *fossiles bien conservés sont rares* et appartiennent exclusivement aux brachiopodes.

Op deze witte liaskalken volgt het *toarcien*, dat in Andalousie bestaat uit roode, fossielrijke mergels (ammonitico rosso), welke makkelijk als gids-horizont dienen en gekarakteriseerd zijn door de groep van de *Hildoceras bifrons* en *Levisoni*. [2]) Ook in Noord-Afrika bezit de ammonitico rosso een groote verbreiding [3]) en Haug zegt van het toarcien in Andalousie (pag. 988): „. . . . est absolument identique aux calcaires rouges d'ammonites de l'Afrique du

[1]) Cursiveering door mij.
[2]) Zie Mission d'Andalousie [III, 3, pag. 414 e.v.]. Douvillé [III, 5, pag. 46 e.v.].
[3]) Haug [III, 11, pag. 986 e.v.].

Nord, de l'Apennin et des Alpes de Lombardie. C'est l'ammonitico rosso, avec sa faune habituelle."

Tot deze étage behooren ook de roode, fossielrijke mergels op de grens van het Venster Venta del Puerto en de overschoven triaskalken.

50 m. ten Zuiden van k.m. 260 van den hoofdweg tusschen Guadix en Granada werden hierin eenige ammonieten gevonden, welke allen door hun duidelijk sikkelvormige ribben tot de *Harpoceratidae* behooren, doch door hun geschonden toestand (ze zijn door verschuivingen en bergdruk gedeformeerd) is een species-benaming niet met zekerheid mogelijk.

Verscheidene (Nr. 974, 975, 987) bezitten weinig talrijke, grove, eenvoudige, sikkelvormige ribben en behooren waarschijnlijk tot de groep van *H. bifrons*. Een ander exemplaar (973) behoort wegens haar vlakke schijfvorm, talrijke, sikkelvormige ribben en hooge kiel tot de groep van *H. complanatus*.

973: Door de bergvorming tot een ellips vervormd. De verhouding tusschen diam. en hoogte der laatste winding is daarbij echter waarschijnlijk niet veranderd en bedraagt $^{45}/_{100}$. De navel is eenigszins geschonden, maar het is nog wel te zien, dat ze te eng voor de *H. radians*-groep is. De ribben zijn duidelijk sikkelvormig en talrijk (± 65 in de laatste winding). De kiel is hoog, door een scherpe knik of voor afgescheiden van de zijwanden. De diameter bedraagt ongeveer 50 m.m.

Deze kenmerken komen overeen met:

H. complanatus uit de roode kalk bij Spitzstein (V. Hauer Ceph. Lias N.O.-Alpen, Pl. IX, fig. 9—10, pag. 34).

987 is een afdruk van den zijkant van een ammoniet. Diam. 54 m.m., laatste winding 18 m.m. (verhouding tot de diam. $^{35}/_{100}$); navel 20 m.m. (verhouding tot de diam. $^{49}/_{100}$). Ribben vrij grof, duidelijk sikkelvormig en naar het centrum toe verflauwend, waardoor ze op ± $^{2}/_{3}$ van de hoogte der winding (gerekend vanaf de ventrale zijde) verdwijnen. Aantal ribben ± 45 in de laatste winding. De overgang van de windingen naar den navel is steil. Aantal windingen 3.

Deze kenmerken komen overeen met:

H. comensis von Buch (overgangsvorm naar H. Mercati). Meneghini Mon. Calcaire rouge amm. de Lombardie et de l'Apennin Central, Pl. VIII, fig. 4a, pag. 28.

985. Slecht geconserveerd exemplaar. Het wordt door eenige kleine verschuivingen vervormd. Diam. ± 80 m.m. Drie windingen, convoluut. Vlakke zijkant en waarschijnlijk rechthoekige doorsnede der windingen. Zeer grove, sikkelvormige ribben.

De kenmerken van dit exemplaar komen overeen met:

H. bifrons Brug.

Meneghini (Mon. calc. rouge de Lombardie et de l'Apennin Central), Pl. II, fig. 4a, pag. 10.

974. Eenige fragmenten van de ventrale zijde van ammonieten, welke een rechthoekige doorsnede vertoonen met een kiel en twee duidelijke breede voren. Zeer grove sikkelvormige ribben. Kleine individuen. Ook deze behooren waarschijnlijk in de groep der *H. brifons* thuis. (Meneghini, pl. I en II).

Alhoewel dus een zekere speciesbenaming niet mogelijk is, merken we toch op dat alle exemplaren overeenkomst vertoonen met Harpoceratidae uit de ammonitico rosso, waar ook Haug reeds voor Zuid-Spanje de aandacht vestigt (zie pag. 58 onderaan).

Nummuliticum.

Beschrijving.

Aan de Zuidzijde der Sierra Harana werd op drie plaatsen het nummuliticum aangetroffen.

1. Een strook tusschen de jura en de permo-trias langs den hoofdweg bij Diezma.
2. Een strook tusschen de jurakalken ten Westen van Prado Negro.
3. Een (?) muis in het overschuivingscontact der Betische trias en de jura-kalk van het venster Puerto Blanco (zie pag. 107).

1. *De strook bij Diezma.*

Het nummuliticum vangt hier aan met een basaal conglomeraat op de permo-trias, dat bestaat uit kleine kwarts rolsteenen door kalk verkit, waarin groote nummulieten (h.st. 997, 1160).

Hierop volgen gele-roodbruine, breccieuze kalken met of zonder nummulieten (h.st. 998, 999, 1000, 1002, 1166, 1169), welke overgaan in zeer massieve, witte kalken, welke op het oog zeer veel op de massieve, witte jurakalken gelijken. Ze zijn hier echter door het voorkomen van kleine kwartskorrels en doorsneden van nummulieten van te onderscheiden (h.st. 1191 d.d., 1192, 1193 d.d., 1194 d.d.).

Op deze kalken volgt een pakket van zachte grijze mergels of mergelige leien (h.st. 1027 d.d.) welke met fijnkorrelige conglomeraat bankjes (h.st. 1025 d.d.) en foraminiferen kalken (h.st. 1013 d.d., 1014 d.d.) alterneeren.

Tenslotte rusten hierop weer de massieve, witte jurakalken der Sierra Harana.

De dikte van deze serie wisselt zeer. Maximaal zal zij niet meer dan een honderdtal meters bedragen, om naar 't Westen gaandeweg

uit te wiggen; in 't Oosten verdwijnt het onder de jongere formaties van de vlakte van Guadix.

2. *De strook bij Prado Negro.*

Ten Westen van Prado Negro (een gehucht in de Sierra Harana ten Z. van V^a Molinillo) bevindt zich tusschen de jurakalken een smalle strook van sterk gestoorde, en uitgewalste, kwartshoudende kalken, welke mikroscopisch *nummulinen* en *orthophragminen* bleek te bevatten (h.st. 1048 d.d.). Deze strook vindt haar Westelijke voortzetting in een zeer uitgesproken combe achter de eerste kalkrug van de Sierra Harana (Peñon de la Mata).

Nog verder westelijk, bij Cogollos Vega, vonden Speijer en Vermeulen deze strook nummuliticum weer terug op de Zuidoever van de Rio Blanco. [1]) Haar lengte zou dus ruim tien k.m. bedragen.

3. Op de grens van het venster *Puerto Blanco* en de overschoven trias werd in de combe van roode fyllieten een stuk glauconiet-kalk gevonden, welke mikroscopisch foraminiferen, waaronder orbitoïden (*orthophragmina's*) bleek te bevatten (h.st. 995 d.d.). Alhoewel het me niet waarschijnlijk lijkt, bestaat de mogelijkheid, dat dit stuk hier door exogene invloeden is gebracht.

Ouderdom.

Prof. Dr. L. Rutten was zoo welwillend de verzamelde gesteenten van het nummuliticum mikroscopisch aan een voorloopig onderzoek te onderwerpen en hun ouderdom, voor zoover mogelijk, vast te stellen. Gaarne wil ik hem op deze plaats nogmaals mijn bijzonderen dank voor zijn bereidwilligheid betuigen. Het lijkt mij het beste hieronder de beschrijving van Prof. Rutten voor de afzonderlijke nummers te laten volgen:

1. Praeparaten van het nummuliticum bij Diezma.

> No. 1191. Diema. Witte, massieve nummulietenkalk. In het gesteente zijn vooral radiate nummulieten met een diameter van niet meer dan 10 m.m. zichtbaar. Onder het microscoop blijkt het gesteente vrij sterk omgekristalliseerd te zijn. Men herkent echter Nummulina's en Orthophragmina's. Alveolina of Assilina zijn niet in het praeparaat te vinden. Zeker prae-oligoceen; mogelijk lutétien.
>
> No. 1193. Witte, massieve nummulietenkalk ten Z. van den hoofdweg bij Diezma. Is het fossielrijkste gesteente van de ge-

[1]) Mondelinge mededeeling. Zie h.st. 1343.

heele collectie, een echte foraminiferenbreccië, waarin naast schaarsche Rotalidae en Operculinen tallooze Nummulina's, Orthòphragmina's, Alveolina's en vrij vele Assilina's voorkomen.

Van Orthophragmina komen verschillende soorten voor: 1. een kleine, in het centrum sterk verdikte vorm van 2 bij 0,6 m.m., met duidelijke centrale zuiltjes; 2. een buitengewoon platte, volmaakt zuillooze vorm, wiens afmetingen maximaal 10 bij 0,5 m.m. worden; 3. een zeer platte vorm van meer dan 5 m.m. diameter bij een dikte van 0,4 m.m. Hij verschilt van de vorige door het bezit van talrijke zuiltjes, die als dikke en sterk prominente puisten op de oppervlakte uitsteken. Het is van belang, dat Orthophragminen zoo talrijk en zoo goed ontwikkeld zijn. Hun aanwezigheid toont aan, dat de kalksteen praeoligoceen is; hun talrijkheid maakt het waarschijnlijk, dat de kalksteenen lutétien of auversien zijn.

Van Assilina komt maar één vorm voor; hij is vrij schaarsch. Een exemplaar met 4 omgangen meet 3 bij 0,8 m.m.; een met 5 omgangen 6 bij 1 m.m. Het voorkomen van Assilina wijst erop, dat de kalksteen niet jonger dan auversien is.

De Nummulinen behooren minstens tot 2 soorten, die beide tot de „radiate" nummulieten behooren; de eene soort is klein, met 4 omgangen op een dimensie van 3 bij 1,3 m.m. en duidelijk megalosfeer; de andere iets grooter, met een maximale diameter van 10 m.m. bij een dikte van 2,5 m.m.

De Alveolinen zijn van het eenvoudige type; zij zijn vrij onregelmatig van vorm.

De geheele fauna wijst met groote waarschijnlijkheid op lutétien. (foto 8).

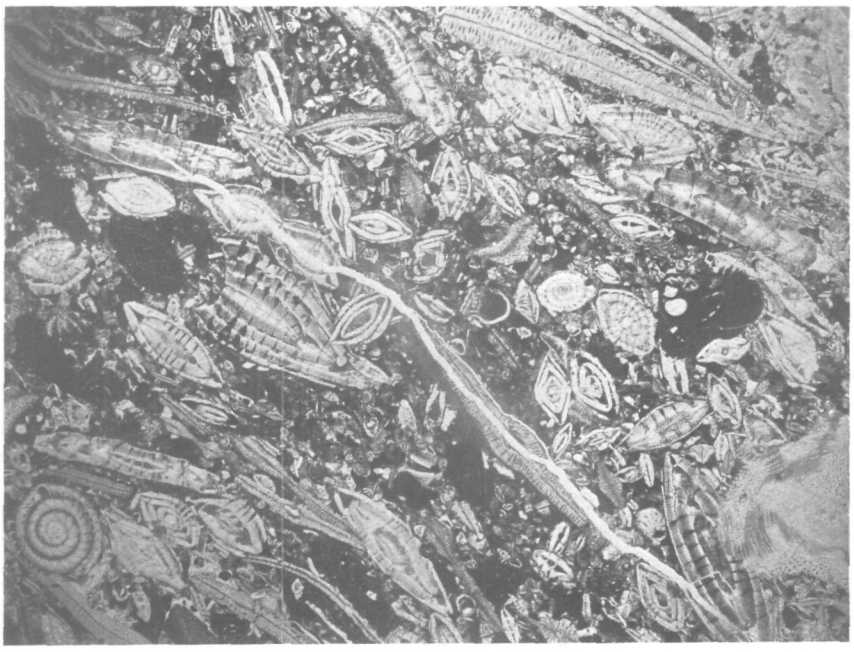
No. 1194. Een, aan kleine verschuivinkjes rijke, witte kalksteen van Diezma. Hij is, evenals 1193, een echte foraminiferenbreccië, maar is veel minder rijk aan vormen. Het meest in het oog springen Nummulina's, die blijkbaar alle „radiaat" zijn, en die een diameter van meer dan 10 m.m. kunnen bereiken. Daarnaast komen vrij groote, zeer platte Orthophragminen en Lithothamnium voor. De kalksteen is zeker prae-oligoceen, en het is niet onwaarschijnlijk, dat hij lutétien is; er is hier echter veel minder zekerheid dan bij 1193.

De volgende praeparaten zijn gemaakt van gesteenten welke gevonden zijn in de akkers, die het nummuliticum bij Diezma bedekken.

No. 1003. Dichte kalksteen van Diezma. Macroscopisch is wel te zien, dat het gesteente fossielen bevat; de fossielen zelf zijn echter vrijwel onherkenbaar. Onder het microscoop blijkt ook deze kalksteen vrij sterk veranderd te zijn. Men herkent echter schaarsche Rotalidae, Lithothamnium, ?? een fragment van een Carpenteria en Orbitoiden, die zeer waarschijnlijk tot Orthophragmina behooren. Zeer waarschijnlijk prae-oligoceen.

No. 1008 is door het voorkomen van geweldige nummulieten gekenmerkt. In het slijpplaatje ziet men, naast deze, tallooze kleine en groote Orthophragminen. Ouderdom als bij de vorige: beslist prae-oligoceen, waarschijnlijk lutétien of auversien.

No. 1026. Een kalksteen van Diezma met Echiniden en Rotalidae; niet met kenmerkende fossielen.



Vergr. 5 × Foto 8. Foto Kruizinga.

Dunne doorsnede No. 1193 van de witte massieve nummulietenkalk bij Diezma.

Vergr. 14 × Foto 9. Foto Kruizinga.

Dunne doorsnede No. 995 van de muis uit het overschuivingscontact der Puerto Blanco.

Uit het bovenste pakket van grijze mergelige leien met fijn conglomeratische bankjes en foraminiferen-kalken bij Diezma zijn afkomstig:

No. 1013. Een, deels verkiezelde kalksteen met fragmenten van Nummuliniden en Orbitoiden, die waarschijnlijk tot Orthophragmina behooren. Ouderdom onzeker.

No. 1014. Sterk veranderde kalksteen met veel kwartskorrels. Slecht bewaarde fossielen, en wel: Lithothamnium, ondetermineerbare Nummulinidae en Orbitoiden. Ouderdom onzeker.

No. 1014a. Kwartsrijke kalksteen; de kwarts komt in splinterige en afgerolde, vaak unduleus uitdoovende korrels voor. Er komen besliste exemplaren van Nummulina in het gesteente voor. Orbitoiden zijn niet in het praeparaat te vinden. Er schijnen verder in voor te komen ? Carpenteria en mogelijk een groote ?? Linderina; voorts Miliolidae, Echinidenresten, Koralen, ?? Amphistegina en ? Operculina.

Ten laatste komen er drie of vier doorsneden van een mij onbekende kleine, kegelvormige foraminifere in voor.

2. De (?) muis uit het overschuivingscontact van de trias over de jura bij Puerto Blanco is:

No. 995. Een glaukonietische kalksteen met buitengewoon talrijke Globigerinidae, met kleine Rotalidae en met enkele Orbitoiden, die zoo goed als zeker tot Orthophragmina behooren. Zoo goed als zeker prae-oligoceen. (foto 9).

3. Uit het voorkomen ten W. van Prado Negro is afkomstig:

No. 1048. Een fossielrijke kalksteen met Textularidae, Lithothamnium, Nummulina, vele Globigerinen en Orthophragminen. De laatste zijn voor een deel radiair-stralig, n.l. vijfhoekig met iets concave zijden aan het polygoon en met een diameter van $2^1/_2$ m.m. Zeker prae-oligoceen; mogelijk lutétien. (foto 10).

Samenvattend kan gezegd worden, dat voor het meerendeel der gesteenten een *praeoligoceene* ouderdom zoo goed als zeker is, hetgeen ook in overeenstemming is met hetgeen R. Douvillé zegt [III, 6, pag. 93]: „Il est extrêmement probable, dans l'état actuel de nos connaissances, qu'il n'existe pas d'Oligocène inférieur dans le détroit nord-bétique".

Van de serie van grijze mergels, conglomeraten en kalkbankjes boven de witte kalksteenen bij Diezma (welke laatste waarschijnlijk tot het lutétien behooren), is de ouderdom echter onbekend (praep. 1013, 1014, 1014*a*). Een oligoceene ouderdom blijft hiervan mogelijk. Dat Oligoceen hier voorkomt is des te meer waarschijnlijk, door de vondst van een foraminiferenkalk (No. 1006), welke een oligoceene ouderdom bezit.

No. 1006 wijkt van de vorige gesteenten af, in zoovere als er naast Globigerinen, kleine Nummulina's, ? Operculina en Lithothamnium *onmiskenbare Lepidocyclinen* voorkomen. Met het voorkomen van Lepidocyclinen harmonieert de afwezigheid van Orthophragmina en de afwezigheid van stoere Nummulieten. Volgens onze tegenwoordige kennis moet dit gesteente tot het Oligoceen gerekend worden. (foto 11).

Dit handstuk werd echter als los stuk, ongeveer 100 m. onder de dagzoom van het nummuliticum gevonden, zoodat het wel waarschijnlijk, doch niet zeker is, dat het hieruit afkomstig is.

C. AUTOCHTONE, JONGERE FORMATIES.

Inleiding.

Zooals uit het hoofdstuk tektoniek zal blijken, heeft het nummuliticum nog aan den dekbladenbouw deelgenomen. Het neogeen daarentegen is wel is waar op sommige plaatsen sterk gestuwd, doch nergens vormt het overschuivingen. Robert Douvillé toonde aan, dat de Subbetische ketens in de omgeving van Jaen over het aquitanien van het voorland werden geschoven. Dit oudste mioceen treffen we echter in het centrale deel der Betische ketens niet aan. Hier transgredeert de mioceenzee iets later, n.l. in het burdigalien of helvetien en de daarop volgende formaties zijn autochtoon. [1])

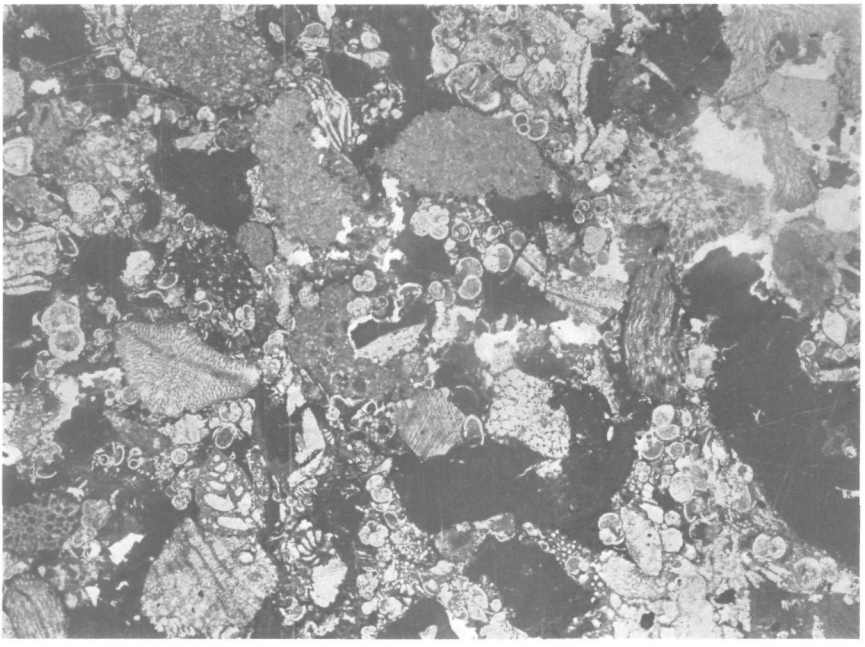
Er is nog geen algeheele overeenstemming in de stratigrafie van deze formaties bereikt, ondanks het feit dat reeds vele onderzoekers hun bijdrage hiertoe leverden, zooals Silvertop, Verneuil en Collomb, von Drasche, Gonzalo y Tarin, Orueta, Cortázar, Taramelli en Mercalli, Bertrand en Kilian, Douvillé en Siegert.

De autochtone, jongere formaties vinden hun grootste verbreiding aan de Noordzijde in het bekken van Granada, de Valle Lecrin, het dubbelbekken van Guadix en Baza en de omgeving van Seron. Aan de Zuidzijde is de verspreiding zeer gering (o.a. bij Guajar Faraguil, Orgiva en Ugijar).

Het werk van Bertrand en Kilian is de laatste algemeene beschrijving van het tertiair van het bekken van Granada, en munt uit door een paleontologische argumentatie. We zullen dan ook in hoofdzaak hun stratigrafische indeeling volgen en als basis gebruiken voor een poging tot parallelisatie van de jongere formaties aan de

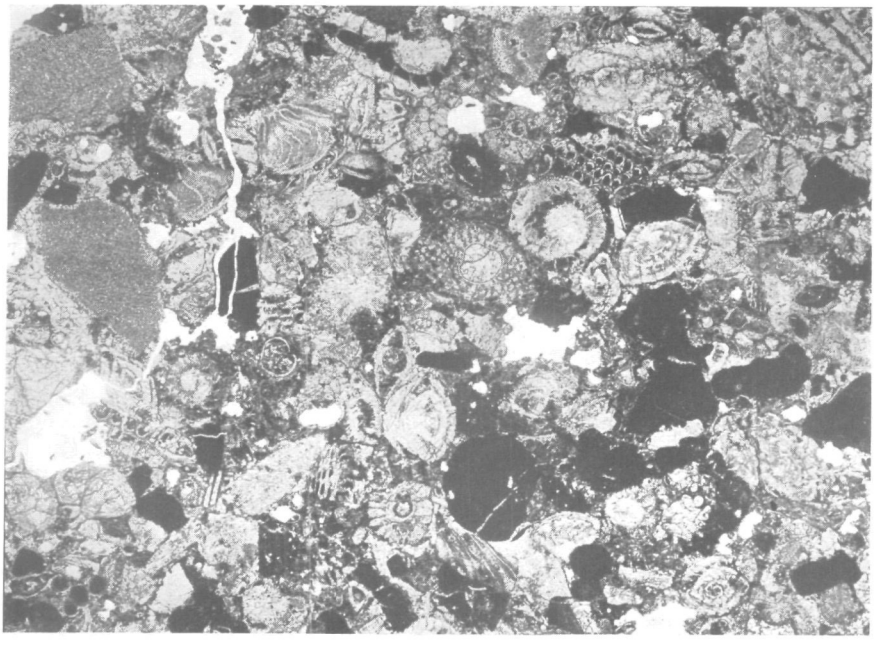
---

[1]) Zie hierover nader in het hoofdstuk „Verloop der gebergtevorming".



Vergr. 9 × Foto 10. Foto Kruizinga.

Dunne doorsnede No. 1048 van de kalksteen uit het nummulaticum bij Prado Negro.



Vergr. 14 × Foto 11. Foto Kruizinga.

Dunne doorsnede No. 1006, kalksteen met lepidocyclinen
(o.a. even boven het midden der foto).

Noordzijde der Sierra Nevada met die van haar oostelijk verlengde, de Sierra de los Filabres (zie tabel op pag. 77).

Mijn waarnemingen beperkten zich tot het Z.W. deel van het bekken van Guadix, het Z.O. deel van het bekken van Granada, de Valle Lecrin en de zuidwestelijke kustgebergten.

Aangezien de onderzoekingen in hoofdzaak gericht waren op de tektoniek van de formaties der Betische ketens, die nog aan den dekbladenbouw deelgenomen hebben, is niet getracht de verschillende eenheden van het tertiair en kwartair op de kaart van elkaar te onderscheiden en zal ik mij beperken tot het vermelden van eenige waarnemingen en opmerkingen dienaangaande.

Daar bovendien de parallelisatie der diverse formaties uit de geïsoleerde bekkens in sommige opzichten nog te wenschen overlaat, zal ik eerst de verschillende voorkomens afzonderlijk bespreken, om vervolgens in een tabel (zie pag. 77) weer te geven welke parallelisatie ik waarschijnlijk acht.

Het bekken van Granada en de Valle Lecrin.

Algemeen overzicht.

Hier zijn de volgende formaties te onderscheiden.

1. Mariene kalken, mergels, kleien, conglomeraten; in hoofdzaak als strandafzetting ontwikkeld. (Helvetische molasse).
2. Grove conglomeraten met zeer groote, weinig gerolde stukken, afwisselend met mariene mergels, zanden en kleien. Soms als koraalkalk ontwikkeld (Blokformatie).
3. Gipshoudende formatie.
4. Lacustrische formatie.
5. Jongere conglomeraten (Alhambra conglomeraat).
6. Recente vormingen.

Over de opeenvolging en de ruimtelijke verbreiding van deze formaties zijn de verschillende auteurs het vrijwel eens. Slechts wat betreft de ouderdomsbepalingen loopen de meeningen nog al uiteen.

Silvertop noemt (1) de mariene molasse van de omgeving van Alhama mioceen. Discordant hierop volgen (2) koraalkalken (coralline limestone) en vervolgens (3) de gipsformatie en (4) de lacustrische formatie, welke ook nog tot het mioceen behooren.

Von Drasche onderscheidde (2) de blokformatie waarop

volgt (4) de gips-horizont en waaronder (1) de *lithothamnium*-kalken liggen. Hij rekende deze formaties tot het mioceen. Verder onderscheidde hij het Alhambra-conglomeraat, doch spreekt hierover geen vast ouderdoms-oordeel uit. Hij vermoedt echter, dat de vorming in verband met den diluvialen ijstijd heeft gestaan.

Gonzalo y Tarin rekende alle formaties (1) tot en met (5) tot het mioceen en het Alhambra-conglomeraat tot het kwartair.

D. Cortázar, wiens indeeling ook aan de geologische kaart van Spanje (1 : 400.000, 2e uitgave) en de internationale geologische kaart van Europa (1 : 1.500.000 van 1918) ten grondslag ligt, onderscheidt behalve mioceen en kwartair ook plioceen. Tot het mioceen rekent hij (1) de mariene strandafzettingen en (2) de blokformatie. De verbreiding van (3) de gipsformatie en (4) lacustrische formatie valt met het plioceen van zijn kaart samen. Eveneens beschouwt hij als plioceen de strook ten Noorden der Genil tusschen Loja en de Sierra Elvira, die Bertrand en Kilian als tortonien (blokformatie) aangeven. Het Alhambra-conglomeraat rekent hij tot het diluvium.

Taramelli en Mercalli spreken van gipslagen in plioceene afzettingen van het bekken van Granada en rekenen eveneens tot het plioceen (1) de *lithothamnium* kalken en (2) conglomeraten van de Genilvallei. Later vereenigden zij zich echter met de opvatting van Bertrand en Kilian, die deze formaties tot het helvetien en tortonien rekenen.

Bertrand en Kilian hebben zich door een nauwkeurige, paleontologische studie der tertiair-formaties verdienstelijk gemaakt. Zij ontkennen de aanwezigheid van plioceen in het bekken van Granada.

Tusschen het Alhambra-conglomeraat en de blokformatie hebben zij geen discordantie kunnen waarnemen en zij rekenen het tot het hoogste lid der blokformatie (sarmatien). (3) de gipshoudende formatie en (4) de lacustrische formatie rekenen zij tot het messinien (pontien).

Beschrijving der voorkomens in het bekken van Granada en de Valle Lecrin.

1. De *helvetische molase* [1]) treft men in hoofdzaak als een smalle strook aan den Westrand van de Sierra Nevada (van Quentar via

[1]) Douvillé is van meening dat Bertrand en Kilian deze formaties wat te jong geschat hebben en ook onder mioceen (burdigalien) vertegenwoordigd is.

de Valle Lecrin tot Lanjaron). Verder komt zij als kleine, geïsoleerde plekken in de Sierra de Albuñuelas voor en bezit in de omgeving van Alhama een vrij groote uitbreiding. Ze bedekt overal discordant haar substratum, dat uit kristallijne schisten, mesozoïcum of nummuliticum bestaat. Ik heb haar kunnen waarnemen in de omgeving van Quentar (h.st. 1103 d.d.), Genil (h.st. 1092), Monachil, Padul, Albuñuelas en ten W. van Lanjaron (h.st. 206, 207 d.d., 208 d.d.).

In de *omgeving van Quentar* vormt het helvetien eenige gemarkeerde ruggen, welke Z. 50° W. strekken en 30° N.W. hellen.

Bertrand en Kilian (Mission d'Andalousie, pag. 486) geven de volgende opeenvolging der lagen in deze ruggen van onder naar boven:

1. Grijze mergels met vezelige gips.
2. Bank van lacustrische kalk.
3. Grove molasse met *pecten, lithothamnium* etc.

In de onderste, zachte, gipsrijke mergels groeven zich twee zijriviertjes der Aguas Blanquillas in, waardoor men een markante, topografische scheiding tusschen de andere Betische formaties (kristallijne schisten en kalken) en het tertiair verkrijgt. Het voorkomen van gips aan de basis der molasse is opmerkelijk. Bertrand en Kilian vermelden het enkel nog uit de omgeving van El Pradon bij Loja. Het wijst er op, dat aan de transgressie der zee in het helvetien in het bekken van Granada een immersie van eenige afgesloten bekkens heeft plaats gehad, waarbij gips kon worden gevormd. [1])

Ten N.W. van Quentar, op den weg naar Beas de Granada bestond de molasse bijna uitsluitend uit bryozoën en echinodermenresten [2]) (d.d. en h.st. 1103). Ten W. van den weg naar Beas kan men zeer fraai waarnemen, hoe de bruine blokformatie discordant op de gele molasse rust. De heuvels van helvetische molasse ten N.W. van Quentar bereiken ruim 1100 meter hoogte.

Ten *Z.O. van Monachil* komen grove conglomeratische kalken voor met *pecten, ostrea*, enz. voor, als typische strandvormingen. Ze zijn vrij sterk geplooid en strekken O.N.O.

---

[1]) Silvertop vermeldt ook nog bij Ezcuzar gips onder *lithothamnium* kalken. Bertrand en Kilian (Mission d'And., pag. 484) zijn echter van meening dat deze *lithothamnium* kalken onder de gipsformatie ligt.

[2]) Bertrand en Kilian geven dit ook aan in het profiel 21, pag. 211 van de Mission d'Andalousie, waar zij spreken van Molasse à Bryozoaires.

Ten *Westen van Padul* vindt men het helvetien met de triaskalken verplooid. Het heeft O.—W. strekking en hellingen van 30—50° N. en Z. De triaskalken strekken eveneens O.—W. Met een basaal conglomeraat van goed gerolde, vuistgroote trias-dolomieten vangt het helvetien aan. Hierop volgen fossielrijke, witte, poreuze foraminiferen en *lithothamnium*kalken met *pecten*, *ostrea*, koralen, gastropoden.

Discordant op deze helvetische molasse volgen conglomeraten en zanden van het tortonien, welke iets minder sterk geplooid zijn.

In de *omgeving van Albuñuelas* kon ik mij van de juistheid van het profiel van Bertrand en Kilian overtuigen (M. d'A., pag. 482, fig. 14). Zeer kenmerkend is hier de dikke laag, die hoofdzakelijk uit Ostreas bestaat *(Ostrea gingensis)*. Deze laag vond ik 8 k.m. zuidelijker terug in een kleine erosierest van helvetische molasse in de Sierra de las Guájaras. Tusschen Guajar Faraguil en Guajar Alto, op ongeveer gelijke hoogte als bij Albuñuelas (± 450 m.), bevonden zich daar gele, mergelige conglomeraten en zanden, waarin een oesterbank van ± 50 c.m. dikte (Str. 0.48 Z., helling 30° Z.W.). Dit voorkomen dankt zijn ontstaan aan een zelfde soort golf van de tertiair-zee, zooals we die bij Albuñuelas kennen. Tijdens de praemioceene erosie groeven de Rio Santo en de Rio de las Guájaras in de zachtere dagzoomen van kristallijne schisten tusschen de dolomieten van de trias diepe erosiedalen, welke door de helvetische transgressie zee-armen werden.

In de Valle Lecrin is de strekking van het helvetien N.O. tot N.Z., met een sterke helling naar het N.W., zoodat hier waarschijnlijk de invloed der asduiking van de Sierra Nevada zich sterk doet gevoelen. In de tertiairgolf van Albuñuelas is de strekking ± O.—W. en vindt men geringe helling naar N. en Z. Deze geringe plooiing is een opvallend onderscheid t.o.v. de mariene molasse aan de Noordzijde van de Sierra de Albuñuelas en ook facieel wijkt het er eenigszins af. Er komen kleine, tektonische sprongen in voor. (Bijv. ten N.W. van Salares in het dal van de Torres, str. O.—Z., helling tot 60° N. Het zuidelijk deel was ruim 3 m. t.o.v. het noordelijk deel gezakt).

4 k.m. ten *Westen van Lanjaron* rusten discordant op de triaskalken een pakket van fijne conglomeraten en mergels (h.st. 370, 374, 375, 376, 381, 382) en zeer massieve witte tot grijsgele kalken welke mikroscopisch blijken te bevatten *lithothamnium*, *lithophyllum*, schelpdoorsneden, echinodermenresten, brijozoen, voorts vele foraminiferen *(globigerinen, textularia, nodosaria, rotalia, cristallaria,*

miliolinae etc.) (h.st. en d.d. 207 en 208). Het geheel heeft de facies van een strandafzetting. Op dit complex rusten conglomeraten, kleien en mergels, welke waarschijnlijk tot het tortonien behooren. Een discordantie kon niet met zekerheid vast gesteld worden.

2. De *Blokformatie* is langs den geheelen Westrand van het gebergte van Tocon en de Sierra Nevada goed ontwikkeld. Van af Alfacar vormt zij een onderbroken strook via Pinos Genil naar Padul en vandaar zuidwaarts in de geheele Valle Lecrin tot 4 k.m. ten Westen van Lanjaron. Zij bedekt discordant de helvetische molasse. Deze discordantie is meestal moeilijk waar te nemen. Goed ontwikkeld is zij echter ten W. van Quentar, waar zij door Bertrand en Kilian werd beschreven.[1]) Duidelijk trof ik haar ook aan ten Westen van Padul, waar sterk geplooid helvetien (tot 50° helling, str. O.—W.), discordant door minder sterk geplooid tortonien (tot 20° helling, str. O.—W.) bedekt wordt.

Ten *Westen van Lanjaron* vermeldde ik reeds lithotamniumkalken uit het helvetien. Hierop volgen, waarschijnlijk discordant, mergels, kleien en conglomeraten, die tot het tortonien behooren.

Ze zijn goed te bestudeeren in de omgeving van de Cortijo aan den hoofdweg, waarop staat „Lanjaron 4 kilometros". Ten Westen van deze Cortijo ligt een dik conglomeraatpakket geel-bruin van kleur en oogenschijnlijk ongelaagd. Het bestaat grootendeels uit goed gerolde triasdolomieten en kalken en enkele glimmerschisten. Bij de Cortijo kunnen we waarnemen, hoe ze rusten op fijne conglomeraten, zanden en kleien, die O.Z.O. sterkken en met 50° helling naar het Z. er onder weg schieten. Aan den Noordkant van den hoofdweg is een kleigroeve voor een pottenbakkerij. De kleur der klei is grijs-geel-rood, de korrel onvoelbaar fijn, de lagen zijn 5—20 c.m. dik en staan zeer steil. Discordant op dit complex van tortonien liggen ten Zuiden van den hoofdweg kristallijne schisten en trias-kalken. Oogenschijnlijk hebben wij hier dus te maken met een geval, waarin ook nog het mioceen der Betische ketens door overschuivings-tektoniek beïnvloed is. Bij nadere beschouwing merkt men echter met een *groote aardverschuiving* te maken te hebben. Deze schisten en kalken breiden zich in den vorm van een tong over het tortonien uit [2]); deze tong heeft een richting O.N.O. Hij vangt aan met een zeer breede basis van meer dan 1000 m. ten N. van den weg, waar de kalken der trias-randzone een N.W. verloo-

[1]) Mission d'Andalousie, pag. 491.
[2]) Zie blad II.

pende steilrand vertoonen en eindigt met een smalle punt bij de rivier in het dal. Het oppervlak bedraagt ongeveer 1 k.m^2. De schisten bestaan uit geheel verbroken fyllieten, glimmerschisten en kwartsieten, waarin geen constante helling en strekking te meten is (h.st. 350). De kalken zijn vaak grof kristallijn, zeer breccieus en rose of wit (h.st. 277) of blauw (h.st. 278) van kleur.

De dikte van schisten, zoowel als kalken, is sterk wisselend (van 0,5 tot 15 m. schist en van 0,5 tot 10 m. kalk).

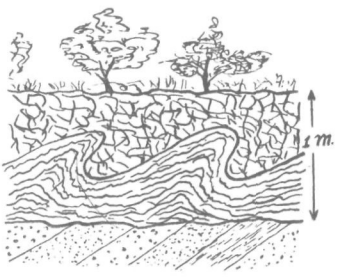


Fig. 2.

Aan de Noordzijde der tong, waar het contact met het tortonien bij de groeve is bloot gelegd, nemen wij een eigenaardig stuwprofiel in schisten en kalken waar (fig. 2).

Aan den Zuidkant van de tong blijkt deze te rusten op een syncline van mergelige zanden en conglomeraten, welke een asduiking naar het W. bezit. De bovenkant van den N. vleugel dezer syncline is vlak onder de schisten met een scherpen hoek omgeklapt (fig. 3).

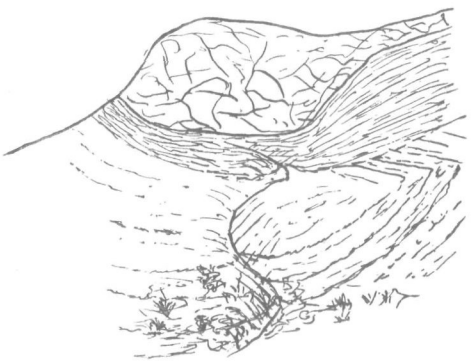


Fig. 3.

Maar al hebben we hier niet direct met een zuiver tektonisch fenomeen te maken, in het hoofdstuk over tektoniek (pag. 114) zullen we zien, dat deze aardstorting waarschijnlijk het gevolg is van de buitengewoon sterke asduiking, welke eventueel met N.—Z. gerichte verschuivingen gepaard ging. Deze schiep vermoedelijk de sterke reliefverschillen, welke niet snel genoeg door de erosie uitgewischt konden worden en aanleiding gaven tot een dergelijke aardstorting.

Over den ouderdom van deze aardstorting is weinig te zeggen. De breccieuse kalken zijn weder geheel verkit, de erosie heeft sindsdien een ravijn van meer dan honderd meters diepte, zoowel in het materiaal van de aardstorting, als ook in den overstorten ondergrond ingegraven. Den ouderdom acht ik minstens diluviaal.

3. De *gipsformatie* en de *lacustrische formatie* vinden hun grootste verbreiding in het westelijk deel van het bekken en verder treffen we ze aan in de omgeving van Alfacar ten N. van Granada. De lacustrische afzetting in den omtrek van Alfacar bestaat uit bonte mergels. Er komt een bruinkoollaag in voor, die Mallada[1]) ook vermeldt, en waar in 1926 een povere poging tot exploitatie werd aangewend (zie Mijnbouw).

4. Het *Alhambra-conglomeraat* werd als jongere conglomeratische afzetting het eerst door Von Drasche onderscheiden. Deze zouden volgens Hausman na de laatste orogenetische bewegingen in dit gebied ontstaan zijn en dus horizontaal liggen.

Alle auteurs nemen de aanwezigheid van dergelijke jonge conglomeraten in het bekken van Granada aan, behalve Bertrand en Kilian. Deze rekenen de Alhambra-conglomeraten tot het tortonien. Hun bewijzen hiervoor zijn:

1. gering petrografisch onderscheid;
2. de oogenschijnlijke afwezigheid van een discordantie met het tortonien;
3. bij Alfacar nemen zij waar, dat de conglomeratische lagen onder de gips en de lacustrische formatie wegduikt.

Deze lagen worden door Cortázar op de geol. kaart (seg. edicion) als diluvium aangegeven, wat hierdoor niet juist kan zijn. Von Drasche echter, geeft in zijn kaart deze conglomeraten, evenals Bertrand en Kilian, als „blok-formatie" aan en beperkt het Alhambra-conglomeraat tot de directe omgeving van Granada.

In het bekken van Guadix komt een conglomeratische formatie voor, die door v. Drasche reeds met het Alhambra-conglomeraat werd geparalleliseerd. Deze Guadixformatie nu, is zeker jonger dan de lacustrische formatie (zie pag. 74). Volgens Siegert [III 21, pag. 599—600] is deze Guadix-formatie via de depressie ten N. van de Sierra Harana in geïsoleerde plekken tot in het bekken van Granada te vervolgen. Ik acht het althans waarschijnlijk, dat er in het bekken van Granada, evenals in dat van Guadix, jongere conglomeratische vormingen bestaan, welke van de orogenese weinig meer te lijden hebben gehad, doch welke door de erosie weer grootendeels vernietigd zijn. Slechts omtrent de begrenzing van deze terrassen

[1]) Mem. d. Inst. Geol. de Esp. 1907. Tomo VI. Systemas Eoceno, Oligoceno y Mioceno, pag. 583.

bestaan meeningsverschillen. Cortázar geeft ongetwijfeld zijn diluvium op de geol. kaart een te groote uitbreiding, terwijl Bertrand en Kilian in het geheel ontkennen van hun aanwezigheid een ander uiterste vormen.

De terrassen aan weerszijden van de Bco de Huenos bij Monachil en de Bco del Torrente bij Nigüelas zou ik bijvoorbeeld tot het diluvium (Alhambra-conglomeraat) willen rekenen.

Tot het *alluvium* behoort in hoofdzaak de vruchtbare Vega van Granada aan weerszijden der Genil en de Vega van Padul aan het N.-einde van de Valle Lecrin. In de laatste komt veen voor, waarvan Mallada [1]) een analyse geeft.

Het bekken van Guadix.

Siegert onderscheidt hierin twee formaties:

1. Guadix-formatie;
2. Fonelas-kalken.

De Fonelas-kalken zijn een lacustrische vorming, waarin plaatselijk vele zoetwaterslakken voorkomen. Ze hebben in de omgeving van het dorpje Fonelas, ± 5° naar 't Zuiden, (Siegert [III, 21, pag. 597]). Deze formatie is te paralleliseeren met de *lacustrische formatie* uit het messinien van het bekken van Granada. Siegert (pag. 591) bepaalt haar ouderdom op onder- of midden-mioceen en achtte de opvatting van Gonzalo y Tarin en Cortázar, die ze als plioceen beschouwen, onhoudbaar.

Bij Co Albuñuelas, tusschen Diezma en Lapeza, trof ik gipshoudende, vleeschkleurige kalken aan onder de Guadix-formatie, (h.st. 937 en 938), zoodat in het bekken van Guadix mogelijk ook de *gipsformatie* vertegenwoordigd is.

Discordant tusschen deze formaties en de allochtone gesteenten van het gebergte bevinden zich in de omgeving van de Co Albuñuelas sterk gestuwde, grijze mergels, kleien, fijne mergelige conglomeraten en meterdikke, massieve kalkbanken (h.st. 1019 en 1020), waarin enkele foraminiferen (globigerinen, *rotalia*; d.d. 1019 en 1020). De strekking is O.—W. De plooien zijn vaak naar het Noorden overkipt (h. 60° N., 75° Z., enz.). Zonder paleontologische basis is het niet met zekerheid uit te maken of we hier met het helvetien of met een mariene ontwikkeling van het tortonien te maken hebben. Ik laat

[1]) Mem. d. Inst. Geol. de Esp. 1911. Tomo VII. Sistemas Plioceno, Diluvial y Alluvial, pag. 486.

bij mijn aanname, dat we hier waarschijnlijk met helvetien te maken hebben, de volgende overwegingen gelden.

In het bekken van Baza [Siegert, III, 21, pag. 587] is het tortonien marien ontwikkeld als kalk, mergels, kleien en conglomeraten van gelijkmatige witte- tot lichtgele kleur; het helvetien wordt uit dit bekken door Gonzalo y Tarin beschreven als *intensief geplooide, mariene* afzettingen.

Zoo als later blijken zal (pag. 74) heeft het tortonien over het scheidings-gebergte, tusschen het bekken van Granada en Guadix, waarschijnlijk een vrij groote verbreiding gehad, als grove conglomeraten van glimmerschisten etc, zij het dan ook misschien minder dik ontwikkeld dan aan den Westrand.

Wanneer we de sterk geplooide mariene-lagen aan den Oostrand van dit gebergte als tortonien zouden beschouwen, moeten we een buitengewoon plotselinge facies-wisseling van grove conglomeraten in kalken, kleien en fijne conglomeraten aannemen.

Vooral op grond van dit bezwaar en mede door het feit, dat de lagen sterker geplooid zijn, dan mij dit elders van het tortonien, bekend is, acht ik het waarschijnlijk, dat we hier met het *helvetien* te maken hebben.

Opmerkelijk is dan echter de oogenschijnlijke afwezigheid van het tortonien in het bekken van Guadix, terwijl deze formatie, zoowel naar het Westen, als naar het Oosten, (zie pag. 74—76) zoo'n groote ontwikkeling bezit.

De *Guadix-formatie* rust op de Fonelas-kalken en wordt er waarschijnlijk door een geringe clino-discordantie van gescheiden.

Volgens Siegert [III, 21, pag. 579] hellen de Fonelas-kalken 5° Z. en de Guadix-formatie 2° Z.

Ze bestaat uit weinig gerold bergpuin en conglomeraten aan den rand van het bekken. Naar het centrum nemen hierin de zandsteenen, zanden, mergels, leem en kleien toe. Het materiaal is geheel afkomstig van de omringende bergketens, zoodat de samenstelling daarvan dus afhankelijk is. Bij Diezma bestaat zij grootendeels uit kalkrolsteenen van de Sierra Harana, welke door kalk reeds stevig verkit zijn.

Ten Oosten van Lapeza duikt de trias-randzone geleidelijk weg onder conglomeraten van meer dan vuistgrootte weinig gerolde stukken van de schisten der Sierra Nevada, die gewoonlijk nog geheel los zijn of een roodachtig cement bezitten.

De formatie bereikt bij Diezma en bij Lapeza een hoogte van ruim 1200 m. Siegert [III, 21, pag. 597—598] neemt er talrijke

tektonische sprongen in waar, welke in aantal naar de randen van het bekken toenemen. Vooral tusschen Diezma en Lapezza treffen we vaak verschuivingen en scheefstelling der lagen aan, hetgeen er op wijst, dat het hoogte-verschil tusschen het gebergte van Tocon en het bekken van Guadix nog na de vorming van deze formatie verder geaccentueerd is.

De Guadix-formatie is jonger dan de lacustrische Fonelas-kalken, die Siegert met het messinien van het bekken van Granada geparalleliseerd heeft. De opvatting van Bertrand en Kilian, dat deze formatie tot het tortonien zou behooren [M. d'A., III, 3, pag. 492] kan dus niet juist zijn. Slechts plioceene of diluviale ouderdom zijn mogelijk. Siegert [III, 21, pag. 599 e.v.] acht een *diluvialen ouderdom* in verband met het grooter puinafvoerend vermogen der rivieren in den diluvialen ijstijd waarschijnlijk.

Het gebergte tusschen het bekken van Granada en van Guadix.

Sporadisch hierover verspreid vond ik rolsteenen van echte granaatglimmerschisten der Sierra Nevada en de complexe-zone. Ik ben van meening, dat we in deze steenen de relicten van het *tortonien* moeten zien en niet van de Guadix-formatie en Alhambra-conglomeraat. Immers de Guadix-conglomeraten bestaan bij Diezma geheel uit rolsteenen der Sierra Harana, zoodat deze reeds tijdens de vorming van de Guadix-formatie hooger dan het bekken van Guadix moest liggen. De granaat-glimmer-schisten, die ik in de Sierra Harana aantrof, zijn daar dus vóór de vorming van de Guadix-formatie gebracht.

Bekken van Baza.

Gonzalo y Tarin onderscheidde reeds hier oud-mioceen, dat als spaarzame resten onder de jongere lagen aan den dag treedt. Deze formatie is petrografisch en paleontologisch met het *helvetien* van het bekken van Granada te vergelijken (o.a. *Pecten Opercularis*, welke Bertrand en Kilian ook uit het bekken van Granada vermelden).

Discordant hierop volgen mariene mergels, kleien en conglomeraten, die volgens Siegert tot het tortonien behooren [III, 21, pag. 589] en vervolgens een dikke horizont, die door gipslagen gekarakteriseerd is. De afsluiting wordt door lacustrische lagen gevormd. Deze bezitten een individuenrijke, vormenarme gastropoden fauna, die geheel overeenstemt met die uit de lacustrische formatie

van het bekken van Granada, die Bertrand en Kilian beschrijven. Ook Gonzalo y Tarin onderscheid discordant boven zijn ondermioceen een mariene-formatie (met gips) en een lacustrische formatie. Hij rekent ze tot het plioceen. De parallelisatie met de *gipsformatie* en de *lacustrische formatie* uit het bekken van Granada is echter volgens Siegert [II, 21, pag. 589] geheel gewettigd.

Omgeving van Seron.

Van de jongere autochtone formaties uit de omgeving van Seron vinden we gegevens van Siegert, Mallada en Zeijlmans van Emmichoven.

Siegert [III, 21, pag. 549] beschrijft hier een conglomeraat („blockpackung") van weinig gerolde stukken, welke zeer verschillende afmetingen bezitten. Deze conglomeraten zijn vast verkit door een kiezelig, kalkig bindmiddel. Vaak treedt de kalk op als kleine, ronde concreties van 2—3 m.m. diameter, welke de formatie een typisch en gemakkelijk herkenbaar uiterlijk geven.

De formatie is zeer fossielrijk (*clypeaster, pecten* sp., *ostrea* sp., *ballanus* sp., etc).

Discordant op deze kalken bevinden zich mergelige kalken aan, waarin hij echter geen fossielen vond.

Opmerkelijk is 't dat Siegert eerst [III, 21, pag. 549] dit conglomeraat helvetien noemt, maar later (pag. 551) op de overeenkomst spreekt o.a. de groote verscheidenheid in de afmetingen der rolsteenen, hunne geringe afronding en zelfs ook de grofste conglomeratenfossielen bevatten. De helling dezer conglomeraten is bij Seron 20—30° Z.

Mallada geeft in zijn „Explicacion del Mapa Geológico de España" in hoofdzaak een resumé van de Spaansche litteratuur. Hij vermeldt uit de omgeving van Seron [III, 19, pag. 558] de volgende mioceene lagen (van onder naar boven):

1. Blauwe kleien;
2. Conglomeraten (*Ostrea Crassissima* Lain komt hierin veelvuldig voor);
3. Kalken (soms oölitisch).

Zeijlmans van Emmichoven vermeldt eveneens [III, 26, pag. 40 e.v.] grove conglomeraten, welke langs den geheelen Noordkant van het door hem bestudeerde gebied der Sierra de los Filabres voorkomen. Het is vrij sterk geplooid. (30—50° helling naar het N. en Z.). Evenals Siegert vergelijkt hij het met de blokformatie

[III, 26, pag. 41]. Dit conglomeraat is zeer waarschijnlijk het zelfde als Siegert en Mallada beschrijven. Zeijlmans van Emmichoven noemt echter een marien ontstaan weinig plausibel, terwijl Siegert en Mallada vele mariene fossielen er in vermelden.

Onder dit conglomeraat vond hij op drie plaatsen lithothamnium-kalken, die hij als strandafzetting beschouwt. Deze kalken vertoonen een groote overeenkomst met de lithothamnium-kalken, zooals die bijv. ten W. van Lanjaron voorkomen en tot het helvetien van het bekken van Granada en de Valle Lecrin behooren. Zeijlmans van Emmichoven zegt hierover, pag. 40: „Ik ben geneigd de lithothamnium-kalken tot het plioceen te rekenen, zonder hiervoor eenige gronden te kunnen aanvoeren." Op grond van deze tamelijk willekeurige ouderdomsaanname komt hij tot een jong pliocene tot diluvialen ouderdom der grove conglomeraten.

Discordant op het grove, geplooide conglomeraat rusten jongere conglomeraten, welke hij zich als afbraakproduct der geplooide conglomeraten denkt en wier ouderdom dus hoogstens diluviaal zou zijn. In deze conglomeraten heeft de Rio de Almanzora haar tegenwoordige bedding uitgeslepen en daarin recente fluviatiele afzettingen gedeponeerd.

Een jong plioceene of diluviale ouderdom, die Zeijlmans van Emmichoven voor de grove conglomeraten mogelijk acht, lijkt mij weinig waarschijnlijk, want er is uit het plioceen der Betische ketens nergens een dergelijke, krachtige plooiing bekend, waarbij de lagen 30°—50° helling verkregen. Men krijgt den indruk dat Zeijlmans van Emmichoven zijn formaties te jong schat. De geologische kaart van 1918 geeft de omgeving van Seron, in tegenstelling met den vorigen druk, ook als mioceen aan [1])

---

[1]) Ook de formaties, die Hetzel tot 't plioceen rekent, vertoonen veel overeenkomst met het tertiair in de omgeving van Seron en het helvetien bij Monachil en Lanjaron o.a. lithothamnium-kalken van El Hoyazo. Ik acht het dan ook niet onmogelijk, dat zijn plioceen althans gedeeltelijk tot het mioceen gerekend moet worden, zooals de geol. kaart van 1918 aangeeft.

Uitgaande van de stratigrafie in het bekken van Granada acht ik, volgens voorgaande waarnemingen en beschouwingen, de volgende

parallelisatie der autochtone, jongere formaties aan de Noordzijde der Sierra Nevada en Sierra de los Filabres

waarschijnlijk.

	VALLE LECRIN EN BEKKEN VAN GRANADA.	BEKKEN VAN GUADIX.	BEKKEN VAN BAZA.	OMGEVING VAN SERON.
alluvium.	Vega v. Granada en Padul. kalktuffen, enz.	kalktuffen, enz.	kalktuffen. enz.	recente breccies alluviale afzettingen langs Rio Almanzora.
diluvium.	Alhambra-congl.	Guadix-form.		jongste terrassen van Zeijlmans v. Emmichoven.
plioceen.	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~
messinien.	*gips-formatie.* lacustrische form. (zwak geplooid)	*gips-formatie.* lacustrische form. (Fonelas kalken).	*gips-formatie.* lacustrische form.	*bovenste kalk-*horizont v. Siegert en Mallada.
sarmatien. tortonien.	grootendeels mariene grove congl. kleien, mergels en zanden. (Blokformatie v. Von Drasche). in het Westen met koraalkalken (zwak geplooid).		mariene mergels, kleien en conglomeraten (zwak geplooid).	mariene (grove) conglomeraten (geplooid).
	~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~
helvetien (en burdigalien).	mariene strandvormingen met pecten,ostrea etc. lithothamnium en bryozoenkalken. (zwak-sterk gepl.)	mariene kalken, kleien, mergels en kalken met foraminiferen (sterk geplooid).	marine afzettingen o.a. met pecten opercularis (sterk geplooid).	mariene strandafzettingen met o.a. pecten en ostrea. lithothamniumkalken. (geplooid).
	~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~

Voor de algemeene, historisch geologische conclusies, die we uit dit vergelijkend overzicht kunnen trekken, verwijs ik naar het hoofdstuk „Verloop der Gebergte-vorming".

Zuidelijk kustgebergte.

In het zuidelijke kustgebergte ten W. van de Guadalfeo komen zeer weinig jongere afzettingen voor.

Helvetien. In de Sierra de las Guajaras trof ik tusschen Guájar Faraguil en Guájar Alto, op ± 450 m. hoogte een erosierest aan van gele, mergelige zanden en conglomeraten met een 50 c.m. dikken oesterbank. Het voorkomen toont veel overeenkomst met de 8 k.m. noordelijker gelegen tertiair-golf van Albuñuelas, waarmee het waarschijnlijk gelijktijdig ontstaan is (zie pag. 68).

Dit voorkomen bewijst, dat de zee in het helvetien, zij het dan ook misschien met een smalle arm via de diepe erosie-dalen van de Guadalfeo en de Rio de las Guájaras veel zuidelijker gereikt heeft dan Bertrand en Kilian veronderstelden.

Tot het *diluvium* reken ik de fluviatiele afzettingen, welke na hun vorming weer aan erosie ten prooi zijn gevallen. Bijvoorbeeld de resten van terrassen aan weerszijde van de Rio Izbor tusschen de Puente de Ifo en haar samenvloeiing met de Guadalfeo en de terrassen op de oevers van de Rio Verde tusschen Otivar en Jete.

Tot de *recente vormingen* reken ik de fluviatiele depots en strandvormingen, zooals de Vega van Motril en Almuñecar.

Verder de kalktuf- en ijzeroker-vormingen in de omgeving van Lanjaron, welke hun ontstaan grootendeels aan de minerale bronnen aldaar te danken hebben (h.st. 309, 187).

Een groote verbreiding bezitten, overal waar kalken voorkomen, de recente breccies en kalksinter-terrassen. Op hun bestaan wijst vooral Hausmann [III, 12, pag. 28 e.v.]. Hun ouderdom kan misschien gedeeltelijk tot in het diluvium terug reiken. Door de snelle verdamping van het oppervlakkig afvloeiende Ca-karbonaat houdende regenwater wordt kalk afgezet (bijv. h.st. 223) en jong hellingpuin er door verkit. Ik trof deze typische zuidelijke vormingen aan in de omgeving van Lanjaron, Velez de Benaudalla (h.st. 1149),[1]) Itrabo en Nerja.

Vooral bij Nerja bezitten deze breccies en conglomeraten een groote uitbreiding. Ze bestaan uit rolsteenen van grofkristallijne, witte en blauwe dolomieten, welke door kalk vast verkit zijn. Ze stijgen van de kust land-inwaarts, tot ze bij Frigiliana op 380 m. hoogte de dolomieten van de Sierra Tejeda bereiken. De helling is ± 7°.

[1]) R. v. Drasche [III, 7, pag. 103] vermeldt gele, poreuze horizontale kalken bij Velez de Benaudalla en zegt, dat hieruit de geheele Sierra de Lújar bestaat. Hij bedoelt hiermede waarschijnlijk de jonge kalksinter-terrassen, welke veelvuldig aan den oever der rivier voorkomen.

HOOFDSTUK III.

TEKTONIEK.

E pur si muove.

HISTORISCHE INLEIDING.

In de studie van de Betische ketens (s.l.) zijn drie periodes duidelijk te onderscheiden.

In de eerste en oudste periode trachtte men den bouw van deze bergketens door horsten en slenken en eenvoudige plooien te verklaren. Dit is bijv. het oogpunt waaruit Hausmann (1842), en de Mission d'Andalousie (1886) de tektoniek beschouwden. Dit is ook de grondslag van de huidige opvattingen der Spaansche geologen. In de Gids van het XIVe Internationale Geologen Congres te Madrid in 1926 voor de excursie naar de Sierra Nevada worden de Betische ketens beschreven als een kristallijn massief „la Meseta Andalusa". Tusschen deze Andalousische Meseta en de Iberische Meseta werden de Subbetische ketens tot eenvoudige plooien samengeperst of in een aantal kleinere horsten en slenken verdeeld.

Met de ontwikkeling der dekbladenleer in de Alpen, brak aan het begin van deze eeuw ook voor de Betische ketens (s.l.) een nieuw stadium van studie in (tweede periode) dat voornamelijk op de tektoniek der Subbetische ketens gericht was. R. Nicklès (1904) [1]), R. Douvillé (1906) [2]) en L. Gentil (1918) [3]) vonden hier groote overschuivingen, wier wortels in het Zuiden te zoeken waren.

Reeds verschillende geologen, zooals Termier [4]) (1906), Douvillé [5]) (1911), L. Gentil (1918) [3]), Argaud (1922) [6]),

---

[1]) R. Nicklès. Sur l'existence des phénomènes de charriage en Espagne dans la zone subbétique 1904.

[2]) R. Douvillé. Exquisse Géologique des Préalpes subbétique 1906.

[3]) L. Gentil. In een serie artikels in de Comptes Rendues hebd. 1918.

[4]) P. Termier. La synthèse géologique des Alpes (1906) overgenomen in „A la gloire de la Terre", pag. 65.

[5]) R. Douvillé. Handbuch der Regional Geologie, Heft 7. La Péninsule Ibérique, pag. 180 (1911).

[6]) E. Argand. La tectonique de l'Asie. Congrès Géologique International Compte-rendu XIIIe session 1922, pag. 351, fig. 18.

Staub[1]) (1924), spraken toen het vermoeden uit, dat ook de Betische ketens door dekbladen waren opgebouwd.

De derde periode omvat het onderzoek van de Betische ketens in engeren zin. Hetzel[2]) onderzocht de Sierra Alhamilla, Zeijlmans van Emmichoven[3]) de Sierra de los Filabres (in de omgeving van Seron), Brouwer en zijn leerlingen de Sierra Nevada[4]) en Blumenthal[5]) de omgeving van Malaga.

In zijn „Gedanken zur Tektonik Spaniens"[6]) trekt Staub vrij gedetailleerde parallellen tusschen de Betische ketens en de Oost-Alpen. De grondgedachte hiervoor gaf Argand in zijn „La Tectonique de l'Asie"[7]) en „des Alpes et de l'Afrique".[8])

Plaats van de Betische ketens in het Alpine orogeen.

Voor we overgaan tot een nadere behandeling van het onderzochte gebied, lijkt het mij wenschelijk eerst na te gaan hoe dit gebied ten opzichte van de groote tertiaire gebergten gelegen is en de verschillende meeningen over het regionaal-tektonisch verband aan te geven.

E. Suess[9]) plaatste de Betische ketens reeds in het Alpine plooiïngssysteem, welke volgens hem een bijna gesloten gordel om het westelijk deel der Middellandsche Zee vormt. De Appenijnen vervolgt hij over Sicilië naar Noord-Afrika. Daar splitst zich in het Rif een tak af, die bij Gibraltar in een scherpe, naar het Westen convexe boog naar Europa terugkeert en als de O.N.O. gerichte Betische ketens de Z.O. kust van Spanje begeleiden, om in de Balearen vrij uit te loopen.

---

[1]) R. Staub. Der Bau der Alpen, pag. 250 (1924).

[2]) W. H. Hetzel. Bijdrage tot de geologie van de Sierra Alhamilla (Prov. Almeria). Dissertatie Delft 1923.

[3]) C. P. A. Zeijlmans van Emmichoven. Geologische onderzoekingen in de Sierra de los Filabres. Dissertatie Delft 1925.

[4]) H. A. Brouwer. „Zur Geologie der Sierra Nevada". Geol. Rundschau, Bd. XVII, 1926, heft 2, pag. 136. „Zur Tektonik der betischen Kordilleren". Idem, heft 5, pag. 332.

[5]) M. Blumenthal. „Zum Bauplan betischer und penibetischer Decken im Norden der Provinz Malaga". Geol. Rundschau, Bd. XVIII (1927), heft 1, pag. 37—44.

[6]) Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, LXXI, 1926.

[7]) Compte Rendu du XIII Congres Int. Bruxelles 1922, pag. 351, fig. 18.

[8]) Bull. dl. Soc. Vaudoise des Sciences Nat. Vol. 55. Nr. 214, 1927, pag. 236.

[9]) E. Suess. Das Antlitz der Erde, Bd. I, 1885, pag. 304.

Suess wijst er op, dat alle reizigers den nadruk leggen op de regelmatigheid van den boog, waarmede de Rif in de Betische ketens overgaat.

Eigenaardig in deze opvatting van Suess is de wervelvorm van de ketens en de daarmee gepaard gaande wisseling in de richting der plooiende kracht, die naar het Oosten in de Appenijnen, naar het Zuiden in N.-Afrika, naar het Westen bij Gibraltar en per slot naar het Noorden in de Betische ketens is gericht. Uit het oogpunt van de contractie-theorie, waarvan Suess de groote voorvechter was, is deze plooiïngswervel met haar alzijdig naar buiten, tegen starre massa's gerichte beweging, moeilijk voorstelbaar.

P. Termier[1]) verdeelt de eenzijdige keten van Suess in tweeën. Appenijnen en Atlas verbindt hij, evenals Suess, via Sicilië tot één keten, welke bij Agadir recht in den Atlantischen Oceaan uitloopt. Het tweede systeem loopt diagonaal door de Westelijke Middellandsche Zee van de Alpes Maritimes, westelijk van Corsica en Sardinië naar de Balearen, Betische ketens en Rif. Deze keten loopt tusschen Trafalgar en Rabbat recht in den Atlantischen Oceaan uit. Tusschen deze twee systemen liggen twee massieven: Het Corso-sardische massief en de Marokkaansche Meseta.

Het Corso-sardische massief is gedeeltelijk ingestort en slechts de eilanden Corsica en Sardinië steken tegenwoordig nog boven het zeeniveau uit.

Het verband tusschen het Rif en de Betische ketens beschouwt Termier op geheel andere wijze dan Suess. Hij denkt dat deze beide tot het Alpine plooiïngssysteem met N.waarts gerichte overschuivingen behooren en samen een soort schild (carapace) vormen, een domvormig opgebogen dekblad, dat in het midden is ingestort en waarvan nog slechts de randen gespaard zijn. De halfcirkelvormige, concentrische ligging van kristallijne, mesozoïsche en tertiaire gesteenten wordt zoodoende, zegt Termier, op zeer natuurlijke wijze door het periclinale onderduiken van het opgebogen dekblad verklaard.

L. Kober[2]) sluit zich grootendeels bij deze opvatting van Termier omtrent de tektoniek van het westelijk deel der Middellandsche Zee aan. Slechts voegt hij de Pyreneeën nog tusschen de

---

[1]) P. Termier. Les problèmes de la géologie tectonique dans la Méditerranée occidentale. Rev. Générale des sciences XXII (1911), No. 6, pag. 225—234.

[2]) L. Kober. Bau und Entstehung der Alpen, fig. 9, pag. 13, (1922).

Alpes Maritimes en de Balearen bij de noordwaarts bewogen Alpine keten in.

E. Argand[1]) denkt zich de tertiaire plooiingsgebergten om de Middellandsche Zee ontstaan door een overschuiving van het Afrikaansche deel van het Gondwana continent over Europa.

Het front van het Afrikaansche continent wordt door de Oost-Alpine dekbladen gevormd, loopt van daar via den Oostrand van Corsica en Sardinië naar de Balearen en de Betische ketens. De Pyreneeën vormen een op zichzelf staande plooiïng in het voorland. De Appenijnen en de Atlas bestaan uit groote terugplooiïngen, welke ontstonden door den weerstand, die de Noordrand van Afrika bij de overschuiving van Europa ondervond. Al deze ketengebergten liepen oorspronkelijk recht in den Atlantischen Oceaan uit (l.c., fig. 26, pag. 361).

Deze toestand was door het Oligocene paroxysme, waarbij de Noordrand van Afrika in den vorm van Oost-Alpine dekbladen over den Zuidrand van Europa was geschoven, ontstaan. Direct hierna scheurde Europa en de innig met haar verplooide N.-rand van Afrika zich los van het oude Gondwana continent. Hierdoor ontstond de verdunning van het tusschenliggende salgebied, waardoor de transgressies van het Aquitanien en het Burdigalien langs en in de Middellandsche zee ontstonden. Ook in Zuid-Spanje zijn deze karakteristiek. Door dit uitéén drijven van Afrika en Europa ontstond ter plaatse van de Middellandsche zee een sterk massa deficit, 't welk door toestroomend magma opgevuld moest worden. Argand vergelijkt dit met het zog van het achtersteven van een schip.

Door dit zog van toestroomend sima werden salschollen van de continenten meegesleurd. Zoo draaide Italië en Silecië om haar Noordeinde van O.N.O. tot N.N.W., het Corso-sardische massief iets minder, n.l. van O.N.O. tot N.Z., Spanje het minst, zijnde het verst verwijderd van de kern der zoglijn in de Thyrreensche zee.

Door dit effect werden volgens Argand de Rifketens, die oorspronkelijk in het westelijk verlengde der Betische ketens lagen, vrijwel honderdtachtig graden rond getrokken en zij kwamen door het hierop volgend opdringen van Afrika tegen de Maroccaansche Meseta aan te liggen. Hierna vinden de midden-mioceene overschuivingen van de Betische dekbladen over het noordelijk voorland en de Prérif-dekbladen over het zuidelijk voorland plaats, zoodat dit heele proces zich in zeer korten tijd afgespeeld moet hebben.

---

[1]) E. Argand. La tectonique de l'Asie. Compte-rendu du XIIIe Congrès geologique internationale 1922. Brussel, pag. 171—372.

Argand meent dus, dat oorspronkelijk de tertiaire ketens zich ongestoord naar het W. voortzetten en dat dit rondloopen der Betische ketens via Gibraltar in het Rif een bijkomstige complicatie is.

Dat echter oorspronkelijk ten Zuiden van Portugal (dus in het westelijk verlengde van de Betische ketens) zich opdringend salisch materiaal bevonden heeft, leidt hij af uit de tertiaire O.—W. gerichte plooien van Algarvie, die dus in het Oligoceen het voorland van de Rifketens gevormd zouden hebben.

Zijn opvatting komt in zooverre met de opvatting van Suess overeen, dat hij het rondloopen der ketens bij Gibraltar werkelijk en niet schijnbaar noemt.

Fallot[1]) verklaart de centrifugale overschuiving en concentrische plooien van Gibraltar door het naar het Westen dringen van het hypothetische Betico-rif massief. Het Betische gedeelte van dit, gedeeltelijk door de Middellandsche zee niet waarneembare massief, blijkt echter volgens de laatste onderzoekingen een dekbladengebergte te zijn, zoodat deze ontstaanswijze mij weinig plausibel lijkt.

Hobbs[2]) beschouwd eveneens de Rif en Betische ketens als een plooiingsboog. In haar concave zijde bevindt zich de vulcanische boog van Z.-Almería (Andesieten van Cabo de Gata), het hypersteen andesiet eiland van Alboran en andesiet vulkanen aan de N.-kust van het Rif (Gurugu bij Melilla en Tifarouine in Oran). Deze rangschikking vertoont veel overeenkomst met de bekende eilandenbogen, die in haar concave zijde vulcanen bezitten. (Sicilië en Calabrië, Molukkenboog, Kleine Antillenboog e.d.).

Het onstabiele frontgedeelte der boog zou verzonken zijn (het gedeelte tusschen Kaap Spartel en Kaap Trafalgar).

De voorstelling, die Hobbs van dit Iberische boogsysteem geeft (fig. 19), is echter weinig plausibel. Hij teekent om deze boog van tertiaire ketens bogen, welke gedeeltelijk door de ketens van de Spaansche meseta gevormd worden, welke van Hercynischen ouderdom zijn. Hij voegt dus heterogeene bestanddeelen samen. Bovendien geeft hij aan deze Hercynische ketens om ze in het verband te doen passen een O.W.-strekking, terwijl in werkelijkheid de Sierra Morena, de Sierra Estrella etc., een Z.O.—N.W. verloop hebben.

De Cantabrische bergen bezitten evenmin een O.W.-strekking, doch vertoonen de merkwaardige Asturische knie, die naar het Westen convex is.

---

[1]) P. Fallot. Etude géologique de la Sierra de Majorque 1922.

[2]) The Unstable middle section of the island arcs. Gedenkboek Verbeek 1925, pag. 257 e.v.

Op één opmerking van Hobbs wil ik echter de aandacht vestigen en dat is de kwestie van het verzinken van het middenstuk der boog tusschen Spartel en Trafalgar. Hij zegt, dat meestal bij sterk gebogen eilandenrijen het frontgedeelte zich niet boven water bevindt. In de plaats hiervan vinden wij een diepe zee met groote instabiliteit (aardbevingen, e.d.).

Dit is van belang in verband met de voorstelling van Argand, dat Rif en Betische ketens eerst in elkaars verlengde gelegen hebben en daarna omgebogen zijn. Bij dit fenomeen moeten wij rekverschijnselen en scheuring aan de buitenzijde der boog en persing aan de binnenzijde verwachten. Deze scheuring aan de buitenzijde zou zich in het hiaat tusschen Trafalgar en Spartel kunnen manifesteeren en de persing in de gewelven van Gibraltar en Tetuan aan de binnenzijde.

R. Staub [1]) zoekt de Oostelijke voortzetting der Betische ketens via de Balearen en Silicië in de Appenijnen. Omtrent de boog van Gibraltar sluit hij zich aan bij het idee van Termier over de westelijke asduiking, die een schijnbaar rondloopen der ketens veroorzaakt. Hij zegt n.l. op pag. 251: „Rif und Betische Kordillere representieren miteinander den Alpenstamm, derselbe schwenkt nicht von der Kordillere in das Rif hinüber, sondern umfasst beide Gebirge und taucht Westlich ohne bekannte Fortsetzung geradenwegs in die Atlantischen Tiefen hinab". Later, in zijn geschriften „Gedanken zur Tektonik Spaniens" [2]) en „Ueber Deutung und Gliederung der Gebirge Marokko's" [3]) scheidt hij het Rif van de Betische ketens als voortzetting der Dinariden af en beschouwt hij de as van Gibraltar als grens tusschen de Alpine en de Dinarische ketens, zooals de „Drauzug" de grens tusschen de Oost-Alpen en Dinariden vormt. Het rondloopen der strekkingen blijft hij echter door westelijke asduiking verklaren. De strekkingen passeeren volgens hem echter niet N.Z. de straat van Gibraltar, doch loopen van hier waaiervormig naar het Westen uit. De groote boog splitst hij dus in twee kleine bogen, n.l. een noordelijke van de Betische ketens en een zuidelijke van het Rif.

Een westelijke asduiking is ook inderdaad een verschijnsel, dat het geheele beeld der Betische ketens beheerscht. Zoo vinden we in het Oosten het kristallijn van de Sierra Nevada en de Sierra de los Filabres met de complexe-zone ontbloot onder de Alpine trias-gesteenten, die ten N. en Z. ervan voorkomen. Bij Granada duikt

---

[1]) R. Staub. Bau der Alpen. Versuch einer Synthese 1924.
[2]) Vierteljahrschrift der Naturf. Ges. in Zürich LXXI, 1926.
[3]) Eclogae Geologicae Helvetiae, XX, No. 2, 1927.

deze kern, naar het Westen gaande, hieronder weg en sluiten zich de dekbladen van Alpine-trias er overheen. Nog verder westelijk, bij Alhama, duiken deze Alpine-triasdekbladen weg onder dekbladen, die de trias in Germaansche ontwikkeling bevatten. De Subbetische jura buigt hier rond het bekken van Granada naar het Zuiden, waardoor de breedte van Betische ketens (sensu stricto) tot de helft gereduceerd wordt en onder de Subbetische beginnen te verdwijnen, welk proces in de Provincie Cadiz, waar geen kristallijn meer bekend is, zijn beslag heeft gekregen.

Resumeerend kunnen wij zeggen, dat de opvattingen over het regionaal-tektonische verband van de tertiaire ketengebergten om het westelijke deel van de Middellandsche zee sterk uiteen loopen. Slechts hierin stemmen ze overeen, dat de Betische ketens tot den Noordstam van het Alpine orogeen gerekend worden.

In het probleem van de boog van Gibraltar kunnen wij twee meeningen tegen elkaar stellen.

1. De plooiingsassen der ketens loopen rond (Suess, Fallot, Hobbs en ten deele ook Argand, e.a.).

2. Dit rondloopen der ketens is slechts schijnbaar en wordt veroorzaakt door een westelijke asduiking van een O.—W. gestrekt ketengebergte (Termier, Kober, Staub, e.a.).

In verband met deze kwestie wil ik nog even op het volgende wijzen. Wanneer dit rondloopen der ketens veroorzaakt wordt door een westelijke asduiking, dan kan misschien wel een rondloopen der *strekkingen* hierdoor ontstaan zijn, maar nooit van de *plooiingsassen.* Deze laatste moeten hun O.—W. richting behouden hebben. Nu wordt in de litteratuur steeds op het rondloopen der strekkingen gewezen, bijv. in de jongste publicatie van Jessen [1]) hierover, die de strekkingen der lagen in de omgeving van Gibraltar en Tanger heeft opgemeten en zich bij de opvatting van Termier op grond van deze waarnemingen aansluit. De strekkingen der lagen kunnen in deze kwestie echter geen uitsluitsel geven; men moet de richting der plooiingsassen waarnemen.

Als men daarop let, pleiten de waarnemingen van Abrard, [2])

---

[1]) O. Jessen. Die tektonische Beziehungen der Gebirge beiderseits der Strasze van Gibraltar. Centralblatt für Min. Geol. und Pal. Abt. B, 1926, No. 5.

[2]) R. Abrard. La Structure du système prérifaine au Nord de Meknès (Maroc). Bull. Soc. Géol. de France, t. 21, 1921, pag. 87—93.

die N.—Z. gerichte zadels en overkipte plooien in N.-Marokko onderscheidt, van Blumenthal [1]) die een N.Z. gerichte plooiingsas voor de Sierra de Alcaparain bij de Rio Gualdalhorce aangeeft e.d., meer voor het werkelijk rondloopen der plooiingsassen.

Ook kan een westelijke asduiking niet verklaren, dat de dagzoom der overschuivingen over het voorland van Betische ketens en Rif in het Westen rondloopt, zooals Gentil [2]) dat voor de prov. Cadiz beschrijft.

Voor het Rif beschrijven Gentil, Lugeon en Joleaud [3]) dekbladen in het bassin van de Sebou, welke in Marokko een soortgelijke positie inneemt als de Guadalquivir in Z.-Spanje. Deze dekbladen zijn ten O. van Meknès naar het Z. overschoven. Tusschen Meknès en Petit-Jean buigen de dagzoomen der overschuivingen echter van O.—W. naar N.W. tot N.Z. om. In een O.—W. profiel over dit gebied (l.c., fig. 1, pag. 291) geven zij aan dat de frontgedeelten van deze dekbladen naar het Westen *rijzen*. Deze waarnemingen zijn niet in overeenstemming met een westelijke asduiking van een oorspronkelijk O.—W. gestrekt gebergte.

Een nadere studie van de omgeving van Gibraltar en Tanger, waarbij meer de aandacht op het verloop der plooiingsassen dan op dat der strekkingen gelet wordt, zou in verband met dit belangrijke vraagstuk omtrent het Westeinde van het Alpine orogeen meer licht kunnen brengen.

Bewijzen voor den Dekbladenbouw.

In het hoofdstuk over Stratigrafie werden de gesteenten reeds besproken in verband met hun verdeeling over de verschillende dekbladen. Voor deze dekbladenbouw nader beschreven wordt, dienen we eerst de bewijzen voor den dekbladenbouw na te gaan.

a. Door toename van temperatuur en druk met de diepte zal de graad van metamorfose met de diepte toenemen. Grubenmann onderscheidde drie zone's, die epi-, meso- en katazone, die ieder door bepaalde mineralen en gesteenten gekenmerkt worden. Zoo behooren fyllieten tot de gesteenten der epizone en granaat-glimmerschisten, tot de meso- of katazone. Deze laatsten zijn op grooter

[1]) M. Blumenthal. Geol. Rundschau 1926. Bd. XVIII, pag. 37-44.
[2]) L. Gentil. Comptes Rendus hebd. 1918, pag. 1003 e.v.
[3]) Comptes Rendus hebd. 1918, tome 166, pag. 290 e.v.

diepte gevormd dan de fyllieten en wanneer wij thans waarnemen dat de fyllieten juist in de diepst ontbloote gedeelten van het gebergte voorkomen en de granaatglimmerschisten e.d. als klippen op de hoogste deelen van het gebergte, dan kan hieruit geconcludeerd worden, dat de orogenese de oorspronkelijke normale toename van metamorfose met de diepte verstoord heeft en de gesteenten uit de meso- of katazone heeft geschoven op die der epizone. Op zich zelf is dit nog geen bewijs voor belangrijke overschuivingen, want verschuivingen met een klein horizontaal en groot vertikaal bedrag zouden reeds abnormale successies kunnen veroorzaken.

Wanneer wij echter de oorspronkelijke ligging voor de Alpine orogenese trachten te reconstrueeren, zien wij, dat de mesokristallijne schisten niet d.m.v. een kleine horizontale verschuiving in hun oorspronkelijke ligging terug te brengen zijn. Wanneer wij bijv. de kristallijne schisten van het Guajar-dekblad vervolgen, dan nemen wij waar, dat die van het contact tusschen de Betische en Subbetische ketens in het Noorden tot de kust der Middellandsche zee in het Zuiden steeds door een onafgebroken pakket van triaskalken van dieper liggende triasfyllieten gescheiden worden. De wortel van dit Guajar-dekblad ligt dus nog zuidelijker (n.l. in de Middellandsche zee), zoodat de *overschuivingen van bijna honderd kilometer moeten aannemen* om de oorspronkelijke diepte-successie tijdens de prae-Alpine regionaal-metamorfose te reconstrueeren.

b. Een tweede bewijs voor den dekbladenbouw der Betische ketens (sensu largo) is, dat in het gebergte ten Oosten van Granada en een strook tusschen Cogollos Vega en Diezma *de permo-trias rust op de Alpine-trias der Betische ketens.* Op dit permo-trias rusten verder de mesozoïsche en eogeene gesteenten der Subbetische ketens. Deze Subbetische ketens bestaan volgens de onderzoekingen van R. Douvillé, R. Nicklès en L. Gentil uit dekbladen, waarvan de wortels in het Zuiden gezocht moeten worden. Douvillé sprak het vermoeden uit, dat zij in de omgeving van Granada zouden liggen. Nu blijkt, dat in de omgeving van Granada de bouwsteenen der Subbetische ketens *op* de bouwsteenen der Betische ketens rusten. Zij zijn dus over de Betische ketens heen in het voorland geschoven en hun wortels moeten ten Z. van de Betische ketens gezocht worden.

c. Een derde bewijs, dat bovendien op paleontologische gronden berust, is de serie der vensters van jurakalken, die ten Zuiden van het contact tusschen de Betische en Subbetische ketens voorkomt.

Deze jurakalken, waarin lias-ammonieten gevonden werden, liggen hier onder Alpine-trias en kristallijne schisten.

Overigens beschouw ik dit verschijnsel slechts als een detail in de groote lijnen van den tektonischen bouw. Het is een *complicatie in het contact tusschen de Betische en Subbetische ketens, waarbij nochthans belangrijke overschuivingen aangenomen moeten worden om haar te verklaren.* (Zie pag. 108 e.v. over het ontstaan der juravensters).

Algemeen Overzicht van de Tectoniek tusschen Granada en Motril.

De bouw van de Betische ketens (sensu stricto) tusschen Granada en Motril zal in het bijzonder in dit proefschrift worden toegelicht. Zooals reeds eerder werd opgemerkt (zie pag. 6) is het gebergte ten Oosten van Granada een van de twee plaatsen waar het contact tusschen Subbetische ketens en de Betische ketens niet door autochtone jongere formaties aan de waarneming wordt onttrokken. Het onderzochte gebied tusschen Granada en Motril heeft bovendien nog het voordeel, dat het de éénigste N.—Z. strook is, waar alle bekende eenheden, welke de Betische ketens opbouwen, ontsloten zijn en deze eenheden nergens in het Noordzuid-profiel door het autochtone tertiair verborgen worden. Dit gebied is dus bij uitstek geschikt om als uitgangspunt voor de studie van den bouw der Betische ketens te dienen.

In het geografisch overzicht verdeelde ik de Betische ketens in dit gebied in drie parallele strooken, n.l.:

1. Centrale zone, waartoe het hooggebergte der Sierra Nevada en de Sierra de Albuñuelas;
2. De depressies en gebergten aan de Noordzijde der centrale zone;
3. De kustgebergten ten Zuiden der centrale zone.

De centrale zone wordt naar het Westen steeds lager en ten Westen van de Sierra de Albuñuelas grenzen de noordelijke en zuidelijke zone direct aan elkaar. Deze verdeeling heeft ook tektonische gronden. In den dom van de Sierra Nevada zijn de diepste tektonische eenheden ontbloot, n.l. de schisten der Sierra Nevada en de complexe-zone. Hierop rusten de dekbladen, die uit trias in Alpine facies en kristallijne schisten bestaan en welke het gebergte

van Tocon aan de Noordzijde en de zuidelijke kustgebergten opbouwen. Door de asduiking naar het Westen kunnen deze dekbladen via de westelijke triasrandzone en het gebergte van Albuñuelas met elkaar in verband gebracht worden.

Bij het hoofdstuk Stratigrafie werd reeds een *overzichtstabel* gegeven van de tektonische eenheden van dit gebied (pag. 18); zie ook het blokdiagram (blad I).

De dekbladen uit het gebergte van Tocon aan de Noordzijde der Sierra Nevada zijn tot de Zuidkust te vervolgen, zonder dat hierbij hun wortels bereikt worden.

Ten Z. van het contact der Betische en Subbetische ketens komt bovendien een reeks van vensters van Subbetische lias voor onder de Betische eenheden, welke abnormale successie waarschijnlijk na de hoofdfase van de overschuivingstektoniek ontstond, door dat het heele pakket van dekbladen hier nog eens in zijn geheel geplooid en overschoven is.

Beschrijving der Afzonderlijke Gebieden.

I. **Het gebergte van Tocon** (zie blad IV, V).

We zullen van dit gebergte eerst de bewegingen met hoofdzakelijk verticale componente en daarna de bewegingen met horizontale componente bespreken.

a. Dwarsbreuken en asduikingen.

Het gebergte van Tocon verheft zich tot bijna 2000 m. tusschen het bekken van Granada, dat bij de stad Granada ruim 500 m. boven zee ligt en het bekken van Guadix, dat zich bij die plaats ± 1000 m. hoog ligt. Deze verheffing gaat met dwarsbreuken en sterke asduikingen aan weerszijden gepaard.

De dwarsbreuken zijn allen ± N.N.W. gericht en staan zoodoende ongeveer loodrecht op de strekking der lagen. Zij bezitten allen hoofdzakelijk een verticaal bedrag en zijn *niet* met de horizontale transversaal verschuivingen (blad verschuivingen), zooals die uit de Jura bekend zijn, te vergelijken.

De grootste breuk loopt dwars op den hoofdweg tusschen Diezma en de V^a del Molinillo. Het oostelijk deel is hierlangs t.o.v. het westelijk deel gezakt. Hierdoor springen de grenzen van de liaskalken en van de permo-trias in het Oosten plotseling ruim 1000 m. naar het Zuiden terug. Hierdoor wordt de Rio Fardes in haar loop volgens de strekkingsrichting der lagen gestuit en volgt zij een paar

duizend meter de dwarsverschuiving, om daarna haar loop in de strekkingsrichting te hernemen.

Dat hier inderdaad een zakking van het oostelijk deel van het gebergte t.o.v. het westelijk deel de hoofdbewegingscomponent is geweest en niet een horizontale verplaatsing naar het N. van het westelijk deel, volgt uit onderstaande waarnemingen.

Het Guajar-dekblad is ten Westen van de verschuiving nergens meer tusschen de permo-trias en het Roode-dekblad aanwezig. Het is daar blijkbaar overal uitgewalst. Wanneer we nu met een horizontale transversaal-verschuiving te maken hadden, moesten we dezen zelfden toestand, zij het dan ook wat teruggeschoven, ook ten Oosten van de verschuiving aantreffen. We vinden hier echter het Guajar-dekblad in volle ontwikkeling, zelfs tweemaal herhaald, terug. Het bezit hier een gezamenlijke dikte van ruim 2000 m. Dit kan het best verklaard worden door aan te nemen, dat de erosie hier door de verzakking van de noordwaarts hellende lagen dit dekblad in een zuidelijker gelegen zone heeft aangesneden.

Bovendien heb ik in het zuidelijk deel van het gebergte van Tocon naar de voortzetting van deze verschuiving gezocht; het bleek echter, dat daar de lagen ongestoord verliepen.

Een dergelijke snelle verdwijning is bij een horizontale transversaal-verschuiving moeilijk te begrijpen, terwijl dit zeer goed mogelijk is bij een scharnierende dwarsverschuiving, die haar punt van inzet ongeveer bij den oorsprong der Rambla de la Venta bezit en vandaar in bedrag naar het Noorden toeneemt. Het maximum verticale bedrag bedraagt waarschijnlijk een paar honderd meters.

Een tegenhanger van deze verschuiving aan de westzijde van het gebergte is de breuk in het Westen bij de Cº de las Minas. Deze veroorzaakt de waterscheiding tusschen de naar het Westen afvloeiende Rio Bermejo en de oostwaarts loopende Rio Fardes.

De Noordvleugel van de anticlinaal van Los Pinares (profiel IX) springt hier een eind vooruit en sluit het dal van de Bermejo aan het Oosteinde af. Doordat het oostelijk verlengde van de anticlinaal van los Pinares een eind opgeheven is, wordt in haar kern een fraai venster van jurassische kalken ontbloot (zie aldaar bij het venster van los Pinares, pag. 105).

Over het algemeen duiken in het Oosten de oudere formaties vrij geleidelijk onder de autochtone afzettingen in het bekken van Guadix weg. Slechts bij de electrische centrale ten Zuiden van Diezma trof ik nog een belangrijke dwarsverschuiving aan.

Tusschen de Fardes en de Rambla de la Venta buigen door de asduiking naar het Oosten de grenzen der formaties naar het Zuiden om en werden in kleinere plooien (b.v. ten Z.W. der electrische centrale) jongere formaties, zooals nog wat roode zandsteenen uit het permo-carboon, door de erosie gespaard. [1]) De trias-randzone der Sierra Nevada duikt ten Westen van Lapeza steeds meer onder de Guadix-formatie weg. De trias-kalken worden enkel nog in de rivierdalen blootgelegd en bij Lugros reikt de Guadix-formatie tot aan de kristallijne kern. Nog verder westelijk rijst de trias-randzone er echter weer boven uit (in de omgeving van La Calahorra).

In het westelijk deel van het gebergte van Tocon mat ik ook sterke asduikingen naar de vlakte van Granada toe (bij Quentar tot 30°).

Waar de Aguas Blancas het tertiair van Granada bereikt, begrenst bovendien een kleine N.N.W.-verschuiving het gebergte t.o.v. het bekken.

b. De dekbladen in het gebergte van Tocon.

De groote dwarsbreuk tusschen Diezma en de V[a] del Molinillo verdeelt het gebergte in twee gedeelten, die groote tektonische verschillen vertoonen. Het oostelijk deel is veel eenvoudiger gebouwd dan het westelijk deel en we zullen daarom met onze besprekingen uitgaan van het profiel over dit oostelijk deel.

De lagen hellen hier allen meer of minder sterk naar het Noorden en van Noord naar Zuid gaande doorloopen we het volgende profiel:

[1]) De triaskalken ontbreken hier tusschen de trias-fyllieten en de permotrias, zooals dat ook elders herhaaldelijk door uitwalsing het geval is.

De overschuiving van de lias over het nummuliticum behoort tot de detailcomplicaties in het groote *dekblad van de Subbetische ketens*, waarvan de basis onder de permo-trias ligt. Hier liggen de Germaansche en Alpine facies der trias direct op elkaar en worden door een abnormaal contact met enorm overschuivingsbedrag gescheiden (zie gronden der dekbladenbouw sub. *b*).

[1]) Bij de samenkomst van de Madrono en de Rambla de la Venta schuift zich nog een derde, doch kleine schubbe van triaskalken en fyllieten in.

Dat zich onder de kristallijne schisten van het *Guajar-dekblad* een abnormaal contact bevindt, werd aldaar sub. *a* betoogd.

Zooals reeds in het hoofdstuk Stratigrafie werd gezegd zijn de overwegingen, die er toe geleid hebben het *Roode- en Grijze-dekblad* door een tektonische verdubbeling van de trias te verklaren, niet volkomen bewijzend.

De mogelijkheid bestaat, dat we hier met niet anders dan een stratigrafische serie te maken hebben, n.l.:

kalken en dolomieten,
roode fyllieten en kwartsieten,
kalken,
grijze fyllieten.

We zien echter, dat overal elders waar de kristallijne schisten de basis van de trias vormen, deze laatste enkel uit dolomieten en kalken-fyllieten bestaat, zoodat dan twee facies van de trias aanwezig zouden zijn, en die twee facies op betrekkelijk geringen afstand van elkaar in hetzelfde dekblad (het Lanjaron-dekblad in ruimen zin) zouden voorkomen. Terwijl dus de stratigrafische verklaring eenigszins gedwongen is, nemen we aan den anderen kant waar, dat tektonische verdubbelingen en verschuivingen een normaal verschijnsel in dit gebied zijn. (Denken we slechts aan de schubben van het Guajardekblad tusschen Diezma en Lapeza). Bovendien neemt de tegenstelling in de roode en grijze formatie naar het Z.W. af (ten Z.W. van Guejar Sierra), zoodat de bovenste en onderste afdeeling hier meer op elkaar gaan gelijken en de verdubbeling der kalken en fyllieten bij Niguëlas aan den Westrand der Sierra Nevada heeft ontwijfelbaar het karakter van een schubbe. Ik ben hierdoor van meening, dat we de bovenstaande stratigrafie het beste door een tektonische verdubbeling kunnen verklaren.

De rood-violette lenzen zijn in het oostelijk deel van het gebergte lastiger dan in het westelijk deel te vervolgen. Ze zijn bijv. in de Loma Robledal niet meer op de kaart te onderscheiden en ik weet niet, waar de grens tusschen het Roode- en Grijze-dekblad in de omgeving van Lapeza loopt.

Het bewijs, dat het Roode- en Grijze-dekblad van de complexezone door een abnormaal contact gescheiden worden, zal in de beschrijving voor het gebied ten Zuiden der Sierra Nevada blijken, waarheen de trias-randzone stap voor stap te vervolgen is. Het verkrijgt daar den naam van Lanjaron-dekblad en de achtergebleven

kristallijne basis en nog een dieper dekblad schuiven zich aan zijn basis in.

Dat de *complexe-zone* van de schisten der Sierra Nevada als tektonische eenheid afgescheiden moet worden, acht ik zeer wel mogelijk. In deze zone kunnen wij de gesteenten meestal slechts over korte afstanden in de strekkingsrichting vervolgen; een constante laagsuccessie bezit de zone niet, en ze verwekt den indruk, dat er geen normale contacten in voorkomen. [1]) Bovendien bezitten sommige gesteenten in deze zone, zooals de gneisen e.d., een grooter graad van kristallijnheid dan het gros der schisten in de Sierra Nevada, zoodat ook hier de Alpine orogenese de successie der Praealpine regionaal-metamorfose verstoord moet hebben, waarbij de sterk metamorfe gesteenten over de minder sterk metamorfe geschoven zijn. (Zie bewijzen voor den dekbladenbouw sub *a*).

De verhouding dezer complexe-zone t.o.v. de Sierra Nevada-schisten is echter nog onzeker en het abnormale contact, dat ik in de profielen geteekend heb, bedoelt dan ook slechts de abnormale ligging van deze zone te accentueeren en wil niet beduiden, dat het juist op dien plaats verloopt.

We zullen thans nagaan hoe deze eenheden in het westelijk deel van het gebergte van Tocon te vervolgen zijn.

De dagzoomen van deze dekbladen, die van den hoogen dom der Sierra Nevada zijn gedenudeerd, vinden we aan de Zuidzijde van het gebergte van Tocon in O.N.O.- richting verloopen. Hierop volgen N.N.W.-waarts gaande een serie van anticlines en synclines, die steeds minder diep door de erosie werden blootgelegd.

Aan de Noordzijde van het gebergte van Tocon compliceeren een reeks van tektonische vensters, waarin jura is ontbloot, de tektoniek. Verder zal bij de onderstaande beschrijving blijken, dat de dikten der formaties sterk wisselen, zoodat zelfs gansche tektonische eenheden uitgewalst kunnen zijn.

Complexe-zone.

Langs den geheelen Zuidkant van het gebergte van Tocon, naar het N. en N.W. weghellende onder de Alpujarriden, treffen we deze zone aan.

---

[1]) Zie het profiel van Ir. J. A. W. In de Betouw van der Voort en J. H. L. Zermatten in het art. van Brouwer. Zur Geol. der Sierra Nevada. Geol. Rundschau 1926, heft 2, fig. 3, pag. 125.

Ze is soms geheel afwezig of slechts enkele meters dik, (zooals ten Z. van Lapeza bij den oorsprong van de A. de Majadas en tusschen Guëjar Sierra en Padul), of ze bereikt dikten van eenige honderden meters (als aan den Zuid-Oostrand van het gebergte of tusschen Guëjar Sierra en de Cº de San Jeronimo).

Verder noordwaarts in het gebergte treffen we haar *niet* meer aan.

Het *Grijze-dekblad*. De *grijze fyllieten* van deze eenheid vormen, evenals de complexe-zone, een strook langs den Zuidrand. Ze zijn in het Oosten tusschen de Bar. de Velchite en de A. de Majada slechts als lenzen tusschen de complexe-zone en de kalken gespaard. Daarna bereiken ze een tamelijk groote dikte (± 50 m.) in den Zuid-Oosthoek van het gebergte, welke ze tot Padul behouden. Ten Z.W. van Padul zijn ze weer plaatselijk geheel uitgewalst en blijven tot Guëjar Sierra een dunne, soms onderbroken strook vormen.

Meer noordwaarts, *in* het gebergte van Tocon keeren deze fyllieten alleen in het venster van de Cº la Gitana terug, waar ze door de erosie onder het Roode-dekblad te voorschijn komen. Op den pas tusschen Guëjar Sierra en het venster van la Gitana loopen de grijze fyllieten van dit venster in het Z.W. in een strook uit, welke *tusschen* de kalken in ligt.

Deze ligging is abnormaal, omdat de grijze fyllieten overal elders tusschen de trias-kalken van het Grijze-dekblad en de complexe-zone voorkomen. Ze ontwikkelen hier waarschijnlijk de kalken van El Calar, die tot het Roode-dekblad behooren (profiel VI en VII).

Een nadere studie van de omgeving van Guëjar Sierra is in verband hiermede echter gewenscht.

De *kalken van dit Grijze-dekblad* wisselen langs den Zuidrand van 't gebergte ook zeer in dikte. Bij Padul mankeeren ze geheel, om ten Z.W. van Padul opnieuw te verschijnen en een rug van ± 50 meters dikte te vormen. Elders bezitten ze weer dikten van verscheidene honderden meters. De Aguas Blancas en Rio Padules hebben bijv. bij hun samenkomst honderden meters diepe, vrijwel ontoegankelijke cañons in deze kalk van het Grijze-dekblad ingesneden, zonder dat de grijze fyllieten ontbloot werden.

Verder noordwaarts, in het gebergte treffen we ze ten eerste aan in het venster van de Cº de la Gitana, waar ze in het Oost-einde door de zone lenzen van rood-violette kwartsieten van de kalken van het Roode-dekblad worden afgescheiden (Profiel V). Bij de fyllieten werd reeds opgemerkt, dat de structuur van het West-einde van dit venster niet geheel duidelijk is, en door de afwezigheid van roode kwartsieten weet ik niet, waar hier de grens van het Roode-

en Grijze-dekblad moet loopen. Ik vermoed, dat het abnormale contact hier tusschen de grijze fyllieten en de kalken gelegd moet worden. (Profiel VI en VII).

Terwijl de verbreiding der complexe-zone alleen tot den dagzoom aan den Zuidrand van het gebergte beperkt was en de grijze fyllieten, behalve aan den Zuidrand ook in de eerste anticlinale zone (venster van C° de la Gitana) voorkwamen, vinden we de kalken van het Grijze-dekblad, behalve in de eerste anticlinale zone nog weer iets verder noordelijk, n.l. ook in de kern van de anticlinale zone der Rio Padules aan (zie profiel III tot en met VIII).

We zien dus hoe door geleidelijke daling naar het Noorden in de anticlinalen steeds minder diep gelegen lagen worden aangesneden.

Op het Grijze-dekblad volgt het *Roode-dekblad.*

We zullen hiervan eerst *de roode en violette kwartsieten en fyllieten* vervolgen. Deze zijn, zooals reeds eerder gezegd werd, vaak geheel uitgewalst, zoodat hun dagzoom enkel uit een zone van lenzen kan bestaan. Dit is bijv. bij den zuidelijken dagzoom ter hoogte van El Calar het geval en van Padul oostwaarts gaande.

De Westgrens van het venster van C° de la Gitana wordt gemarkeerd door de kwartsieten ten Zuiden der Cortijo, die den 1750 m. hoogen pas vormen, en die ten N.W. der Cortijo op 1500 m. als een groote, roode lens in de bergwand waarneembaar zijn (profiel V).

Wanneer men van de C° de la Gitana oostwaarts de zijtak van de bar. Tintin volgt, vindt men bij diens oorsprong, vrijwel op den top van de C° Rebolondo weer de roode kwartsieten onder de kalken ontbloot (profiel III). Deze ontsluiting is het gevolg van de kleine anticlinaal, die van Padul over de Cerro Rebolondo en het venster C° de la Gitana te vervolgen is.

Tusschen deze anticlinaal en de daarop volgende, groote anticlinaal van de Aguas Blancas bevindt zich waarschijnlijk nog een kleine anticline, want we zien op de kaart hoe onder de kalken en een klip van kristallijne schisten van het Guajar-dekblad op 1500 m. hoogte weer een ontsluiting van roode kwartsieten voorkomt (profiel IV). Deze anticline moet dan echter een sterke asduiking naar het Oosten bezitten, want in het bed van den 1000 meter ten Westen hiervan stroomenden Rio Padules, dat zich daar op ± 1200 m. hoogte bevindt, kon ik geen voortzetting der roode kwartsieten terug vinden. Van veel grooter belang dan deze anticlinaal, is echter de hierop volgende anticlinaal van de Aguas Blancas, die een basis breedte van een paar duizend meter bezit (zie figuur 4).

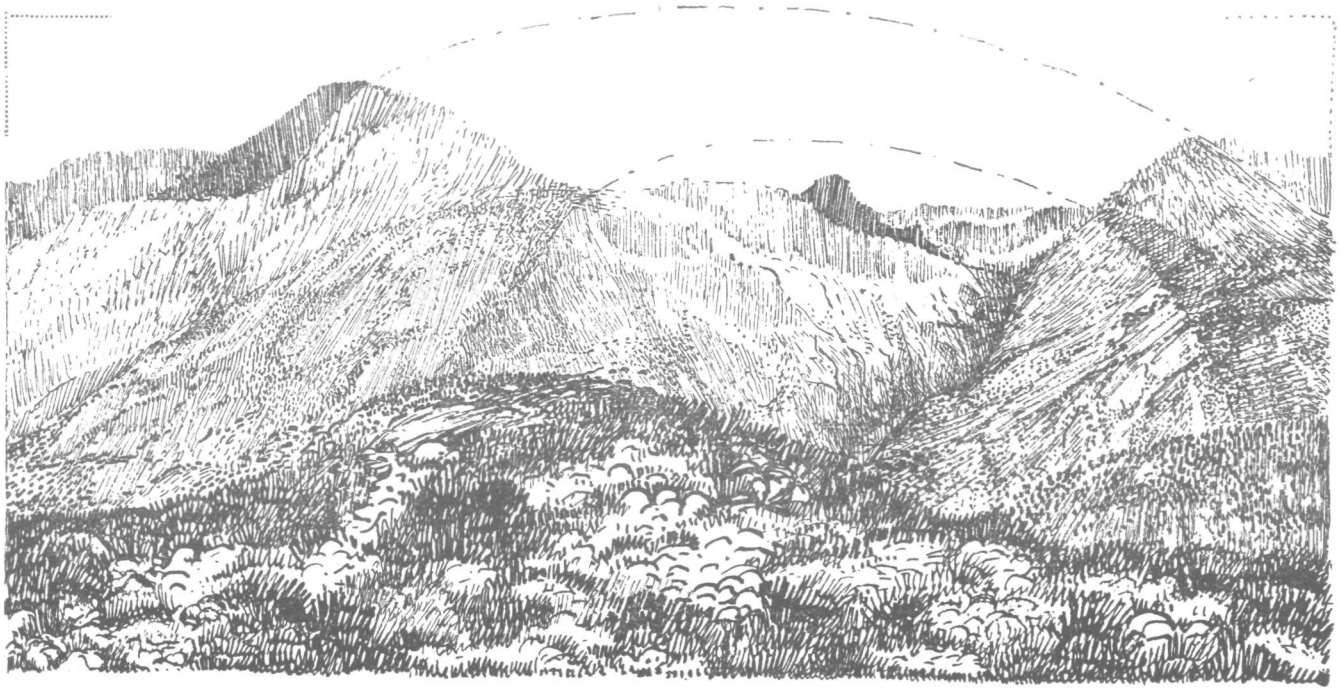


Fig. 4.

De anticline van de Aguas-Blancas. De bovenste overschuiving hoort bij de kristallijne schisten van het Guajar dekblad. De onderste overschuiving scheidt de roodviolette triasfyllieten—kwartsieten met de kalken—dolomieten van het Roode dekblad en de kalken van het Grijze dekblad.

In de diepte stroomt de Aguas Blancas. Naar een panorama foto van den rechteroever naar het Westen.

We zullen deze goed gemarkeerde anticlinaal van West naar Oost door het gebergte vervolgen.

Bij Quentar, waar de Aguas Blancas het tertiair van het bekken van Granada bereikt, zien we aan beide zijden van de diepe kloof in de kalken een combe, welke door gedeeltelijk uitgewalste, violette fyllieten veroorzaakt wordt. De waarneembare basisbreedte is hier slechts gering (profiel VIII). Door de randverschuiving komt de anticlinale as echter plotseling veel hooger te liggen en wijken de dagzoomen der rood-violette formatie sterk uiteen. Aan den N.-vleugel is de roode formatie weer bijna overal uitgewalst. We nemen haar hier slechts als twee groote lenzen aan weerszijden van Cº Ripio waar. Aan den Zuidvleugel is ze echter eenige tientallen meters dik. Waar deze zuidelijke dagzoom de Bar. Tintin passeert, wijkt ze nog weer een paar honderd meters naar het Zuiden terug door een sterke rijzing der anticlinale as naar het Oosten. (Deze rijzing is goed te meten aan de anticline in de onderliggende kalken van het Grijze-dekblad en bedraagt ± 20°, zie fig. 5).

Nu vormt zich ten Oosten van de Bar. Tintin een kleine syncline in de groote anticline, waardoor tusschen den N. en Z. dagzoom der roode formatie hiervan nog een strook op de kalken voor erosie gespaard is gebleven (links op fig. 5 en in profiel VI).

Op den Oostoever der Padules, waar deze zich naar het Z.O. ombuigt, sluit zich de anticline.

Verder oostwaarts wordt zij echter nog herhaalde malen door de erosie aangesneden.

De eerste keer, dat dit gebeurt, worden in haar kern ook nog een kalkrug van het Grijze-dekblad ontbloot (profiel III); daarna snijden de riviertjes zich niet dieper dan tot de roode kwartsieten en fyllieten in (profiel II).

De laatste maal dat dit tot een groote ontsluiting in de roode formatie aanleiding geeft, is in de Coto ten Z.O. van Tocon [1]) (zie blad IV).

Ook hier hellen de roode kwartsieten aan weerszijden onder de kalken weg. Aan de Zuidzijde komen ze echter een paar honderd meter zuidelijker in het dal van de Rio Tocon weer onder de kalken te voorschijn, waar ze den zuidelijken dagzoom van de roode formatie vormen.

---

[1]) Wanneer men niet de kans wil loopen in dit gebied als vogelvrij verklaarde met geweren en honden opgejaagd te worden, raad ik eventueele toekomstige onderzoekers aan zich met de bewoners van deze Coto te verstaan, alvorens haar te betreden.

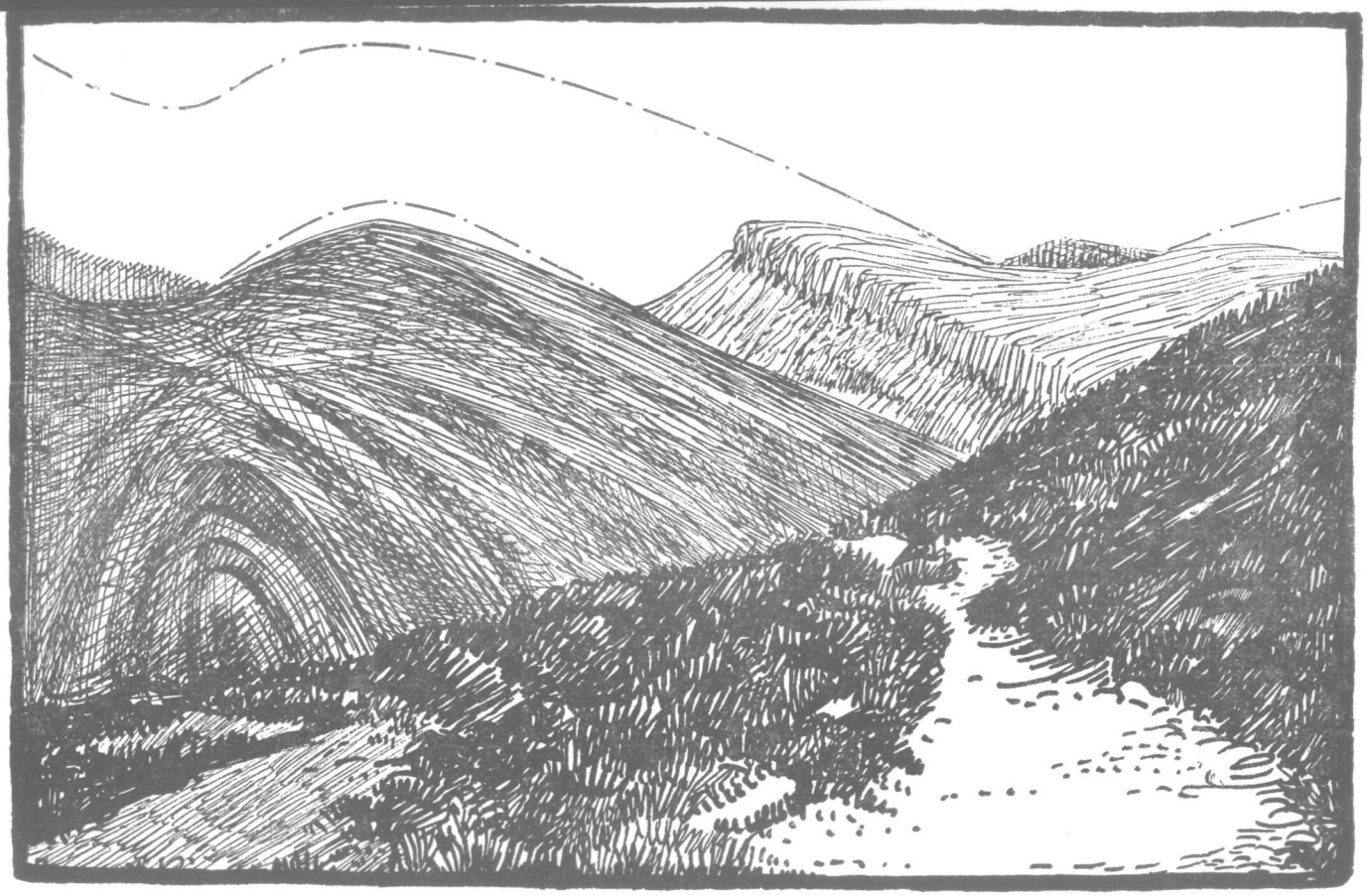


Fig. 5.

De anticlinaal van de Aguas Blancas gezien van den linker oever der Rio Tintin naar het Westen. De bovenste overschuiving behoort bij de kristallijne schisten van het Guajar-dekblad. De onderste overschuiving scheidt de rood-violette fyllieten-kwartsieten en kalken-dolomieten van het Roode dekblad en de kalken van het Grijze dekblad.

Verder oostelijk heb ik dezen dagzoom niet kunnen vervolgen en ik trof nog slechts enkele verspreide lenzen er van in de Loma Robledal aan.

Van deze anticline noordwaarts gaande komt nu een breede strook, waarin de roode formatie niet meer ontbloot is, en wij vinden haar eerst weer in groote verbreiding terug in de noordelijkste anticlinale zone in dit gebergte, waarop direct de permo-trias der Subbetische ketens volgt.

In deze anticlinale zone volgen onder de roode en violette kwartsieten en fyllieten de Subbetische liaskalken, in plaats van het Grijze trias-dekblad, zooals dit in het Zuiden het geval is. Dit laatste is dus òf nooit zoover gekomen, òf het heeft aan de inwikkeling niet deel genomen, òf is plaatselijk bij de vorming van de Subbetische jura-vensters uitgewalst (zie pag. 109). Ook de roode formatie is op vele plaatsen tusschen de onderliggende liaskalken en de bovenliggende trias-kalken uitgewalst. Dat zij er oorspronkelijk toch tusschen gezeten hebben, bewijzen de kleine lenzen, die wij ervan op sommige plaatsen op het contact terug vinden (zie kaart) en een typische breccie van triaskalken, die ik *bonte triasbreccie* noemde, omdat hier duidelijk aan waarneembaar is, hoe de grijze dolomieten met de roode zandige schalies vermalen zijn. Deze bonte breccie komt vaak tusschen de lias- en triaskalken voor en is bijv. vooral goed ontwikkeld aan den N.-rand van het venster der Puerto Blanco (d.i. de witte berg van jura-kalken ten Z.W. van de V^{a} del Molinillo). (Zie h.st. 991 d.d.).

De *kalken van het Roode-dekblad* zijn, evenals dit bij de andere formaties het geval is, somtijds geheel uitgewalst.

Zij ontbreken bijvoorbeeld tusschen de roode kwartsieten en het kristallijn van het Guajar-dekblad ten Z. van de anticlinaal der Aguas Blancas (Profiel IV). Zij ontbreken plaatselijk tusschen het Guajar-kristallijn in het bekken van Tocon en op den rechteroever van de Rio Padules en de roode kwartsieten van de anticlinaal van Aguas Blancas. Zij ontbreken verder bij het jura-venster van Alfacar (ten N.W. van Huetor Santillan), waar de kristallijne schisten in direct contact met de jura-kalken komen (zie foto 12) en op de Westhelling van het jura-venster der C^{o} de las Minas, waar plaatselijk de triasfyllieten van het Guajar-dekblad op de jura-kalk rusten (Profiel IV).

Daartegenover staat dat de serie van kalken en dolomieten van het Roode-dekblad enorme dikten kan bereiken, zooals in de om-

geving van de Rambla de la Venta ten N.O. van Tocon. (Ik schat de dikte hier op meer dan 1000 m.).

Gecompliceerd is de tektoniek van het Roode-dekblad in de omgeving van de Venta del Molinillo.

We nemen hier verschubbingen en verplooiingen tusschen de kalken en roode kwartsieten en fyllieten waar. In de kalken van het Roode-dekblad bevinden zich in de roode formatie reusachtige schollen van kalken, zooals langs den hoofdweg ten Oosten van de Venta, waar lange kalkruggen loodrecht omhoog steken (zie ook Profiel II). In het klein is dit fraai waar te nemen langs den hoofdweg ten Z.W. der Venta del Molinillo, waar meters groote kalklenzen in wild gestuwde, roode schalies zwemmen. Deze verschubbing van het Roode-dekblad is vermoedelijk ook na de hoofdfase der overschuivingen ontstaan, door een kruiing van het Roode-dekblad in den plooikop, die plaats had bij de overschuiving van de Betische over de Subbetische eenheden.

Het Guajar-dekblad.

Het Guajar-dekblad vormt in het gebergte van Tocon de hoogste tektonische eenheid. Het komt hier als klippen in de hoogste deelen van het gebergte voor (zie bijv. fig. 4) of is synclines en depressies door de erosie gespaard, als bijv. het bekken van Tocon (Profiel II), de syncline ten N. van Cº Ripio (Profiel VI), de syncline in de bar. de la Teja (Profiel IX).

De kristallijne schisten ten N. van Cº Ripio en in de Bar. de la Teja hellen aan hun Zuidzijde onder de dolomieten weg, zoodat we hier òf met een overkipte syncline òf met een plooi-opschuiving te maken hebben (zie Profiel VI en IX).

In het Zuiden vinden we alleen de kristallijne schisten van het dekblad door de erosie gespaard. In het Noorden dragen deze kristallijne schisten ook de grijze fyllieten en kalken van de trias, zooals in de syncline van de Bar. de la Teja en ten Z. van Huetor Santillan in Profiel IX. Ook zijn de kristallijne schisten aan de basis van het Guajar-dekblad soms in het Noorden uitgewalst, waardoor de trias van het Guajar-dekblad direct op de trias van het Roode-dekblad rust, bijv. in de syncline van de Prados del Rey (Profiel II), in de syncline van los Dientes de la Vieja (Profiel IV).

Nog verder noordelijk rust de permo-trias der Subbetische ketens direct op de kalken van het Roode-dekblad. We vinden op dit contact nergens de sporen van het Guajar-dekblad terug. Deze afwezigheid kan echter een plaatselijk verschijnsel zijn, dat in ver-

band staat met de overschuiving der Betische ketens op de Subbetische, na de hoofdfase der dekbladen-vorming, waarbij de jura-vensters ontstonden en waarbij ook de diepere dekbladen, behalve het Roode-dekblad, tusschen de permo-trias en de jura-vensters plaatselijk uitgewalst zijn (zie hierover nader op pag. 108 e.v.).

Het *Subbetische dekblad* (sensu largo) vangt, zooals reeds bekend is, met de breede strook van permo-trias aan. Hierop volgen de lias-kalken. In de omgeving van Diezma worden de lias-kalken echter door het nummuliticum van het permo-trias gescheiden en ten Westen van de groote dwarsbreuk ligt nummuliticum tusschen de lias-kalken in, bijv. even ten W. van Prado Negro.

Alhoewel we deze gesteenten onder den naam van *Subbetisch dekblad* samenvatten, blijkt uit het bovenstaande, dat *dit slechts als benaming voor een tektonische eenheid van hooger orde opgevat kan worden, die in zichzelf nog weer vele complicaties vertoont.*

HET ALGEMEENE KARAKTER VAN DE DEKBLADEN IN HET GEBERGTE VAN TOCON IS EEN BIJZONDER GROOTE EN SNELLE WISSELING DER DIKTE, WAARDOOR SOMS HEELE EENHEDEN UIT DE PROFIELEN ONTBREKEN. ER BESTAAT EEN WANVERHOUDING TUSSCHEN DE DIKTE EN HET OVERSCHUIVINGSBEDRAG. DEZE BOUW WIJST EROP, DAT ZE ONDER HET GEWICHT VAN EEN „TRAINEAU ECRASEUR" NAAR HET NOORDEN ZIJN GESLEURD, BIJ WELK PROCES DE GROOTE WISSELINGEN IN DIKTE EN DE ALGEHEELE UITWALSINGEN DEZER DEKBLADEN ONTSTONDEN.[1])

DEZE „TRAINEAU ECRASEUR" IS HET GEWELDIGE SUBBETISCHE DEKBLAD (in ruimen zin), DAT OVER DE BETISCHE KETENS HEEN IN HET VOORLAND WERD GESCHOVEN.

Beschrijving der jura-vensters.

Langs den Noordrand van het gebergte van Tocon bevinden zich in het Roode-dekblad een reeks van vensters, waaronder de Subbetische jura te voorschijn komt.

In het terrein vallen ze dadelijk op door de tegenstelling van kleur en voorkomen van de witte, massieve liaskalken en de bitumineuse, blauwe, breccieuse trias-dolomieten, die er op rusten (zie fig. 6, 7, 8 en 9).

Soms bevinden zich nog tusschen de trias-dolomieten en de jura-kalken roode, zandige schalies. Meestal zijn deze echter uitgewalst en vinden we ze hoogstens nog als enkele lenzen of geheel met de

[1]) Hierbij wordt in het midden gelaten of de Betische dekbladen door deze „traineau écraseur" gevormd zijn, of dat ze reeds bestonden en na hun ontstaan er verder door werden uitgewalst (zie pag. 129 e.v.).

Fig. 6.

Het venster van Alfacar gezien van Granada naar het N.O. Duidelijk is te zien hoe de witte jurakalken onder de grijze dolomietische trias ontbloot zijn.

Fig. 7.

Het venster van Alfacar, gezien van het Zuiden (Huetor Santillan). De grijze dolomietische triaskalken omhullen de witte jurakalken. Links beneden de juraberg (Sierra de Cogollos genaamd) zijn deze triaskalken uitgewalst en rusten de schisten van het Guajardekblad (a) direct op de jura. De voorgrond bestaat uit de jong tertiaire blokformatie (tortonien).

triaskalken vermalen (bonte berccie als h.st. 991) terug. Wanneer de roode fyllieten geheel afwezig zijn, is het moeilijk een scherpe grens tusschen de lias- en triaskalken te leggen.

De lias wordt naar het contact toe breccieuser, kristallijner en dolomietischer en gaat op de breccieuse trias-dolomieten lijken, waarmee ze misschien gedeeltelijk vermalen is, evenals dat met de zandige fyllieten kan geschieden. De volgende Subbetische vensters zijn te onderscheiden:

1. *Het venster van Alfacar.*

Van uit Granada is dit venster reeds waar te nemen. Wanneer we van daar uit naar het N.O. kijken, zien we hoe een witte berg door donkere gesteenten gekroond wordt (fig. 6 en 7).

Aan de Zuidwestzijde van dit venster zijn deze grijze dolomieten uitgewalst en rusten de kristallijne schisten van het Guajar-dekblad door middel van een fraai gepolijst overschuivingsvlak tegen de witte liaskalken (foto 12). Aan de Westzijde grenzen de liaskalken direct aan het tertiair.

2. *Het venster van Los Pinares* (profiel VII).

De anticlinaal van Los Pinares bevat in haar kern eerst roode en violette fyllieten, tot haar Oosteinde door een dwarsbreuk plotseling opgeheven wordt en een fraaie witte berg van liaskalken erin verschijnt. Aan de Westgrens van dit venster zijn de fyllieten dus nog rijkelijk tusschen de trias- en jurakalken aanwezig; ook aan haar N.-grens komen zij nog voor; aan haar Oost- en Zuideinde rusten de dolomietische, breccieuse triaskalken echter direct op de lias.

3. *Het venster van Cos Majadas* (profiel VII).

Ten Zuiden van het venster van Los Pinares, door een strook van breccieuse trias-dolomieten welke ook gedeeltelijk jurassiesch kunnen zijn, hiervan gescheiden, ligt weer een venster van jurakalken, die aan alle zijden onder de trias-dolomieten weghellen. De hoofdweg passeert haar op km. 263. Op haar Oostgrens trof ik een kleine lens van fyllietische kwartsieten aan, tusschen de lias- en triaskalken. Aan haar Westzijde zijn de trias-dolomieten gedeeltelijk afwezig en rusten de kristallijne schisten uit de syncline van de Bar. de la Teja direct op de liaskalken van het venster.

Het venster Venta del Puerto (zie fig. 8 en profiel VI en V).

Dit is één van de grootste vensters. De hoofdweg van Granada naar Guadix passeert dit venster op haar hoogste punt (1330 m.).

Fig. 8.

Het venster Venta del Puerto, gezien van de pashoogte van den hoofdweg, 1330 m., naar het Westen. Duidelijk is waarneembaar, dat de grijze, dolomietische triaskalken op de witte jurakalken rusten.

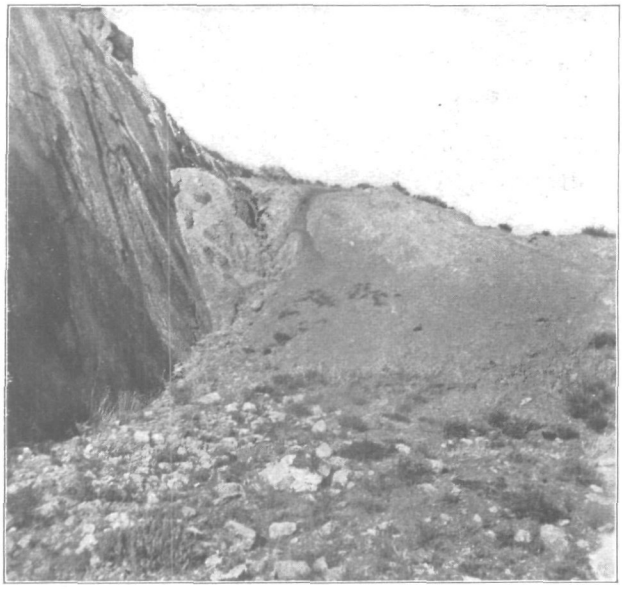


Foto 12.

Gepolijst overschuivingsvlak van de kristallijne schisten van het Guajar dekblad (rechts) over de jurakalken van het venster van Alfacar (links).

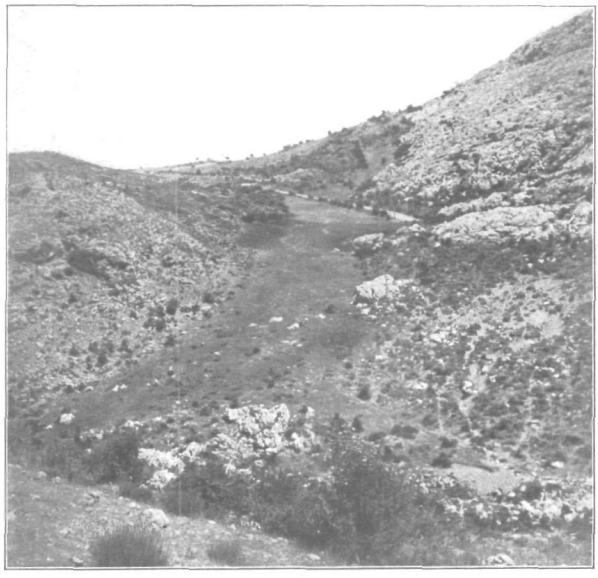


Foto 13.

De Oostgrens van het venster der Puerto Blanco. Links de grauwe triaskalken. In het midden een combe van bijna uitgewalste fyllieten en kwartsieten. Rechts hellen de witte jurakalken er onder weg. Op den achtergrond loopt de hoofdweg van Granada naar Guadix.

Op twee plaatsen vond ik hier kleine lenzen van fyllietische kwartsieten op het abnormale contact ingeklemd (zie kaart).

Dat we hier inderdaad met jura te maken hebben, bewees de vondst van lias-ammonieten in een roode, mergelige facies der witte kalken op k.m. 260, 50 m. ten Z. van den hoofdweg (zie hoofdstuk Stratigrafie, pag. 59).

Het venster Puerto Blanco (fig. 9, foto 13, profiel IV).

Als een groote, blanke pit, die uit zijn dofzwarte schil barst, hiervan nog door rood vruchtvleesch gescheiden, is deze groote ronde juraberg welke omzoomd wordt door de wijnroode, zandige triasschalies en blauw-grijze trias-dolomieten, vanaf den hoofdweg waar te nemen.

De roode fyllieten zijn goed ontwikkeld aan haar Westzijde. Aan N. en N.O. zijde vormen ze een combe tusschen de kalken in. De triasdolomieten zijn er aan hun basis mee vermalen en vormen er een bonte breccie mede (h.st. 991). Aan de Z. en Z.O. zijde zijn de roode fyllieten overal uitgewalst en hier is evenals elders de grens tusschen de twee kalksoorten moeilijk scherp vast te leggen, door dat ze op het abnormale contact beide breccieus, dolomietisch en kristallijn zijn en zich gedeeltelijk vermengd hebben.

Fig. 9.

Dat ook in de jura-kalken zelf belangrijke storingen verloopen bewijst een groote zone van letten, die tusschen jura-kalken zich bevindt en door den hoofdweg op k.m. 258 aangesneden wordt. Daar de weg juist verbeterd werd, maakten de vlammen van roode en gele letten op het versche profiel een fraai effect.

In de combe tusschen de triaskalken en de trias-dolomieten aan de Noordzijde werd een stuk glauconiet-kalk gevonden, welke

microscopisch orbitoïden *(Orthophragmina)* bleek te bezitten en door Prof. Rutten zoo goed als zeker als prae-oligoceen is gedetermineerd (h.st. en d.d. No. 995).

Evenals de liaskalken uit de Sierra Harana met het nummuliticum alterneeren, blijken dus ook de liaskalken uit de vensters hierdoor vergezeld te worden. Voor de bepaling van den ouderdom van deze overschuiving heeft deze vondst echter niet veel belang, daar we slechts kunnen zeggen, dat deze posteoceen moet zijn, maar haar niet nader kunnen fixeeren. [1])

Een 100 meter ten N.W. van het N.-einde van dit venster is weer een venstertje ontbloot. Een klein, wit jura-topje steekt hier omhoog en wordt omzoomd door roode, zandige fyllieten en bonte, breccieuse, met deze schalies vermalen kalken. Deze lias-ontsluiting heeft niet meer dan een tiental meters diameter (zie profiel IV).

Het venster Co de la Mina (profiel III).

Ten Zuiden van het venster Puerto Blanco is in de anticlinaal van de Cerro de la Mina weer jura-kalk ontbloot. Hier heb ik nergens op het abnormale contact resten van de roode formatie ingeklemd gevonden. De juiste grens was hierdoor meestal lastig vast te leggen en wordt met het noodige voorbehoud gegeven.

Alleen haar Westgrens was goed te bepalen. Hier rusten plaatselijk de grijze fyllieten van het Guajar-dekblad direct op de liaskalken, doordat de kalken van het Roode-dekblad door de laatste uitgewalst zijn. Verder Noordwaarts, schuiven deze zich echter weer tusschen de jura en de trias-fyllieten van het Guajar-dekblad in.

Vorming van de jura-vensters.

De kalken, die in de vensters voorkomen, zijn volkomen dezelfde als de jurakalken, die op de permo-trias rusten. Dit wijst er op, dat deze kalken niet op honderd of meer kilometers afstand van elkaar gevormd zijn en daarna door de dekblad-vorming boven elkaar kwamen te liggen, dat dus niet deze jura uit de vensters een autochtone kalk uit het voorland is, waar Betische en Subbetische dekbladen overheen geschoven zijn, maar dat zij ook tot de allochtone Subbetische eenheden behoort. Ik stel mij de wijze, waarop deze Subbetische eenheden onder de Betische dekbladen terecht zijn gekomen op de volgende wijze voor:

---

[1]) Blumenthal [VI, 2] vond in het Noorden van de Provincie Malaga dat daar eveneens het eoceen nog had deelgenomen aan de inwikkeling van de Subbetische door de Betische eenheden.

Na de hoofdfase van de orogenese, waarbij de dekbladenvorming in hoofdzaak had plaats gevonden en de Subbetische dekbladen op de Betische rustten, bleven de tangentieele bewegingen voortduren. De weerstand nam echter zoodanig toe, dat het pakket van dekbladen niet langer in staat was verder het voorland in te migreeren. Het begon deze druk in zichzelf op te nemen door in zijn geheel te gaan plooien. Hierbij ontstonden inwikkelingen en plooiopschuivingen, waardoor diepere dekbladen op hoogere kwamen te liggen. Zoo schoven de Betische eenheden gedeeltelijk over de jura-kalken van het Subbetische dekblad. Bij deze opschuiving schoven niet alle eenheden (van het pakket van dekbladen) even ver door, of niet alle eenheden namen er aan deel. Het Grijze-dekblad en de complexe zone met de Sierra Nevada-schisten bleven althans achter. Wij nemen ze niet meer tusschen het Roode-dekblad en de juravensters waar. Het Guajar-dekblad vinden wij nog wel boven de jura der vensters, doch niet meer iets noordelijker onder de permotriaszone gespaard.

Het Roode-dekblad schoof van de Betische dekbladen het verst over de Subbetische eenheden door, waarbij het in den kop van de plooi opkruide en de schubstructuur uit de omgeving van de Venta del Molinillo deed ontstaan.

Bij Diezma hellen de sterk gestoorde jura-kalken naar het Noorden en de morphologie van de bergketen, die zij daar vormen, vertoont een frappante tegenstelling met het vlakke plateau der Sierra Harana ten N. van de Rio Huelago. De jura-kalken ten N. van de V^a del Molinillo staan $\perp$ of hellen zelfs iets naar het Zuiden en vormen met de hooge rotsen der Peñon de la Mata (1890 m.) een hooge kalkwand aan den Zuidkant der Sierra Harana. De juraketen tusschen de Rio Bermejo en de Rio Blanco, biedt ook het aspect van een geïsoleerde keten t.o.v. de noordelijker Sierra Harana met de vlakke bult der Orduña (1940 m.). Ik vermoed dan ook, dat de dagzoom van deze opschuiving gezocht moet worden in de dalen van de rivieren, die dit noordelijk en zuidelijk deel der Sierra Harana scheiden, n.l. in de dalen van de Rio Blanco en de Rio de Huelago. [1])

Wanneer de Betische ketens inderdaad op een dergelijke wijze een opschuiving tegen de Subbetische ketens hebben doorgemaakt, is

---

[1]) Het tijdstip, waarop deze inwikkeling geschiedde, is moeilijk vast te stellen. Het is zeker posteoceen en vermoedelijk prehelvetien, dat discordant autochtoon doch sterk geplooid in het bekken van Granada en Guadix voorkomt.

in den ondergrond van het gebergte van Tocon ook een overschuiving van de complexe-zone over de hoogere dekbladen (de Alpujarriden) mogelijk, een verschijnsel, dat we in de omranding van de Sierra Nevada nergens hebben waargenomen. Iets dergelijks vond echter wel Zeijlmans van Emmichoven in de Sierra de los Filabres, waar de glimmermarmers in het venster van El Rascador over de triaskalken zijn geschoven. Het is mogelijk, dat hetgeen we in het gebergte van Tocon nog niet door de erosie ontsloten vonden, door de asduiking een 80 k.m. oostwaarts wel aan den dag treedt, daar we gezien hebben, hoe een doorloopende asduiking naar het Westen het karakterbeeld der Betische ketens beheerscht (zie pag. 84).

II. **De trias-randzone ten Noordwesten van de Sierra Nevada** (profiel X).

Door de asduiking van de Sierra Nevada buigen hier de strekkingen, die in het gebergte van Tocon nog O.—W. tot W.Z.W. waren, naar het Z.W. om.

Het Guajar-dekblad komt hier weer fraai ontwikkeld voor; ten O. van Purche vindt men n.l. kristallijne schisten, grijze triasfyllieten en kalken als bovenste eenheid der triasrandzone.

Hieronder volgen weer twee eenheden van triaskalken en fyllieten. Opmerkelijk is echter, dat, terwijl in het gebergte van Tocon deze fyllieten aan de basis van de trias door een karakteristiek faciesverschil te onderscheiden waren, dit onderscheid hier vervaagt.

De fyllieten van de bovenste eenheid zijn meestal violet en kwartsietisch, maar kunnen ook grijs zijn, de fyllieten van de onderste eenheid zijn meestal grijs en arm aan kwartsieten, maar kunnen ook violet zijn (zie kaart).

Men verkrijgt hierdoor meer den indruk, dat deze twee pakketten door een verdubbeling van het Lanjaron-dekblad zijn ontstaan. Het bovenste pakket zet zich daarbij ondubbelzinnig in het Roode-dekblad van het gebergte van Tocon voort.

We zien althans, dat deze zone, die vroeger als een dikke mantel van triaskalken beschouwd werd, bij nader onderzoek een veel gecompliceerder bouw blijkt te hebben.

Ten Zuiden van de Rio de Monachil, werden door ons in den zomer van 1925 reeds eenige klippen van kristallijne schisten gevonden, die door Westerveld nader gekarteerd werden. [1])

---

[1]) H. A. Brouwer. Zur Geologie der Sierra Nevada. Geol. Rundschau, Heft 2, 1925, pag. 134, fig. 8.

Staub (l.c., pag. 218) neemt aan, dat deze tot het basis-kristallijn der Subbetische ketens (door hem Betisch-dekblad genoemd) behooren, zooals hij dat ook in zijn tektonische kaart aangeeft. Deze schisten blijken echter tot het kristallijn van het Guajar-dekblad te behooren, dus tot de Alpujarriden.

III. De trias-randzone ten W. der Sierra Nevada en de Sa Albuñuelas.

Door de westelijke asduiking der Sierra Nevada zijn de trias-dekbladen langs haar westeinde naar het Zuiden te vervolgen.

Deze asduiking is hier bijzonder sterk en haar aspect wordt door de tertiaire afzettingen in de diepe erosie-vallei van Lecrin nog extra geaccentueerd (zie fig. 10).

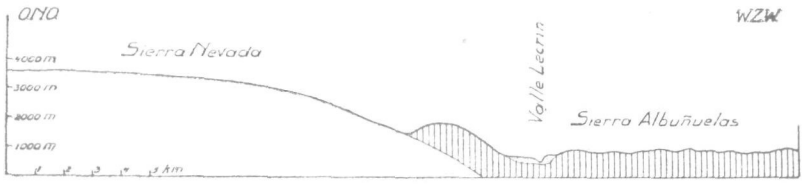


Fig. 10.

Schematisch lengte-profiel over het Westeinde der Sierra Nevada, waaruit de groote asduiking blijkt.

Ten Westen van de Valle Lecrin liggen de lage heuvels der Sierra Albuñuelas, waarvan de toppen zelden tot hooger dan 1000 m. reiken en welke een dor en onvruchtbaar gebied vormen. Deze kalken vormen het westelijk verlengde van de Sierra Nevada-anticlinaal, zooals uit het blokdiagram gemakkelijk is af te lezen. Zij zijn de voortzetting van de kalken, die in het gebergte van Tocon tot het Roode-dekblad behooren en van de kalken, die ten Zuiden van de Sierra Nevada het Lanjaron-dekblad vormen.

In de trias-randzone ten Z. van Guejar Sierra zagen wij, dat de kleur der bijbehoorende trias-fyllieten van het Roode-dekblad niet meer zoo constant violet was. Wel waren hier nog, evenals in het gebergte van Tocon, onder het Guajar-dekblad twee trias-pakketten te onderscheiden, doch of dit ook in de heele trias westelijke randzone het geval is, weet ik niet.

In de Betouw van der Voort en Zermatten vonden

in 1925 op den rechteroever der Bco del Torrente bij Niguelas de successie: [1])

triaskalken,
triasfyllieten,
triaskalken,
triasfyllieten,
complex-zone.

Tijdens een bezoek in Niguëlas van 9—15 Augustus 1925, heb ik deze twee zones met In de Betouw van der Voort verder noordwaarts vervolgd en we vonden toen, dat het onderste pakket kalken uitwigde en de twee valleien in de trias-fyllieten zich vereenigden.

Het onderste pakket van kalken bleek niet anders dan een plaatselijke schubbe te zijn van de triasrandzone.

Het *Guajar-dekblad* is vrijwel overal in dit gebied weggeërodeerd.

Aan de Noordzijde van de Sierra Albuñuelas vond ik een klein plekje van kristallijne schisten op het pad van Padul naar Albuñuelas (ten N. van de Rio del Agua, h.st. 1145 d.d.). Aan de Zuidoostzijde wordt het gebergte begrensd door de tertiaire zeearm van Albuñuelas, aan de Zuidwestzijde door het tertiair van Jayena. Tusschen deze twee tertiair-bekkens in verheft zich een bergrug, die den overgang naar de Sierra de las Guájaras in het Zuiden vormt en òp dezen rug loopt een dagzoom van kristallijne schisten tusschen de triaskalken in. Bij de Cos del Lagarta bereikt deze dagzoom een aanzienlijke dikte.

Naar het Oosten, dus naar het tertiair-bekken van Albuñuelas toe, is ze nauwelijks meer waarneembaar. Niettemin heeft vermoedelijk de tertiaire zeearm van Albuñuelas haar ontstaan te danken aan een diep dal, dat de prae-mioceene erosie, dank zij deze dagzoom van zachte schisten, tusschen de dolomieten heeft ingegraven. We zullen bij de beschrijving van de omgeving van Lanjaron ook zien, dat het tertiair aan het Westeinde van de zeearm inderdaad den dagzoom van de schisten van het Guajar-dekblad bedekt (zie ook het blokdiagram).

Naar het Westen toe rusten de tertiair-afzettingen van het bekken van Jayena direct op de kristallijne schisten. Bertrand en Kilian zeggen hierover (Mission d'Andalousie, pag. 497) „Sur le chemin de Jayena à Padul.... sur les schistes anciens (phyllades

---

[1]) H. A. Brouwer. Zur Geologie der Sierra Nevada. Geol. Rundschau 1926, heft 2.

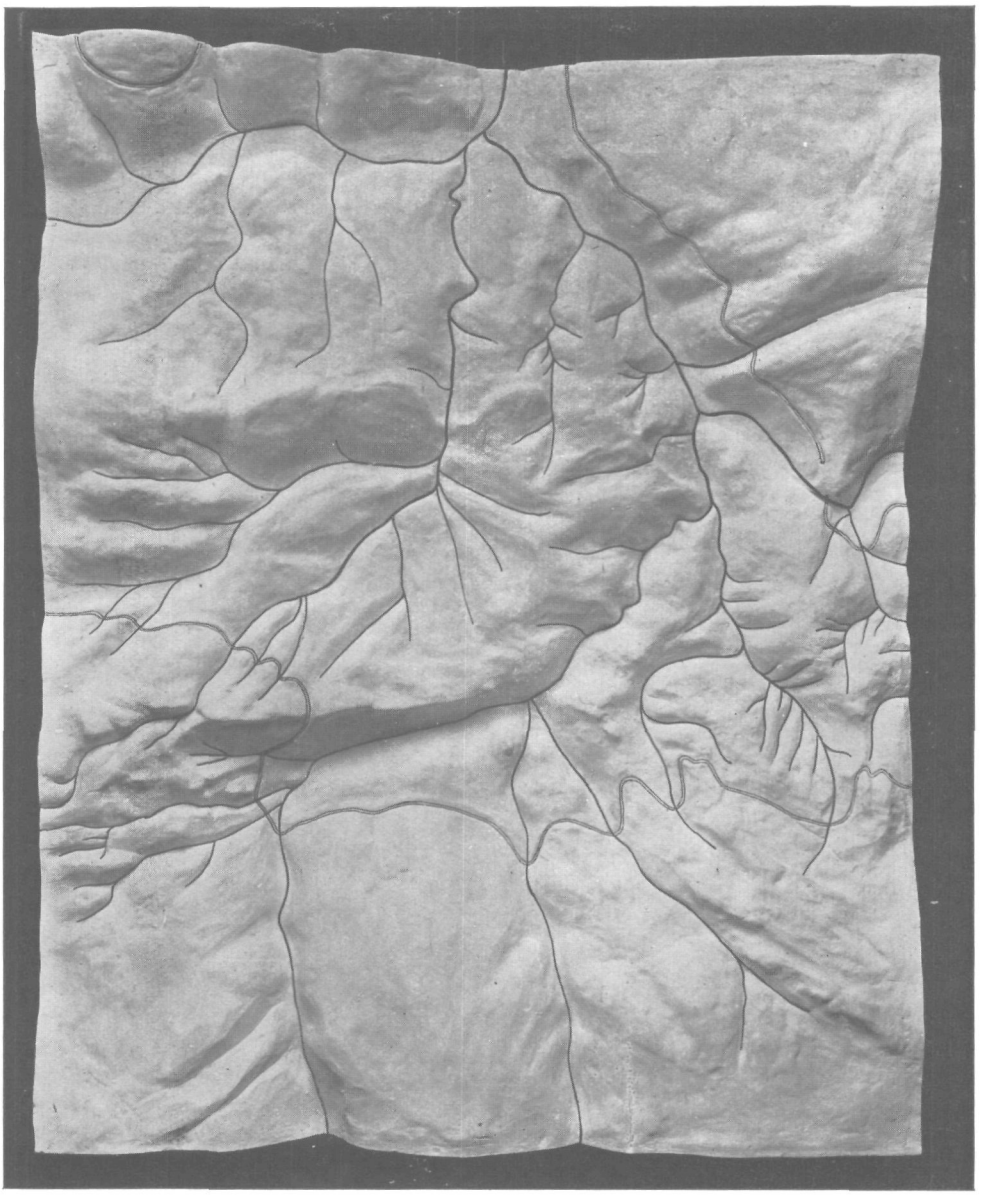


Foto 16. Foto Kruizinga.

Reliefkaart van de omgeving van Lanjaron. N.-zijde beneden. Men vergelijke voor de namen de geharceerde geologische kaart van dit gebied. Deze laatste is aan de West- en de Zuidzijde een weinig uitgebreider. (Het relief bevindt zich, voorzien van de kleuren der geologische formaties, op het Instituut voor Mijnbouwkunde van de Technische Hoogeschool te Delft.

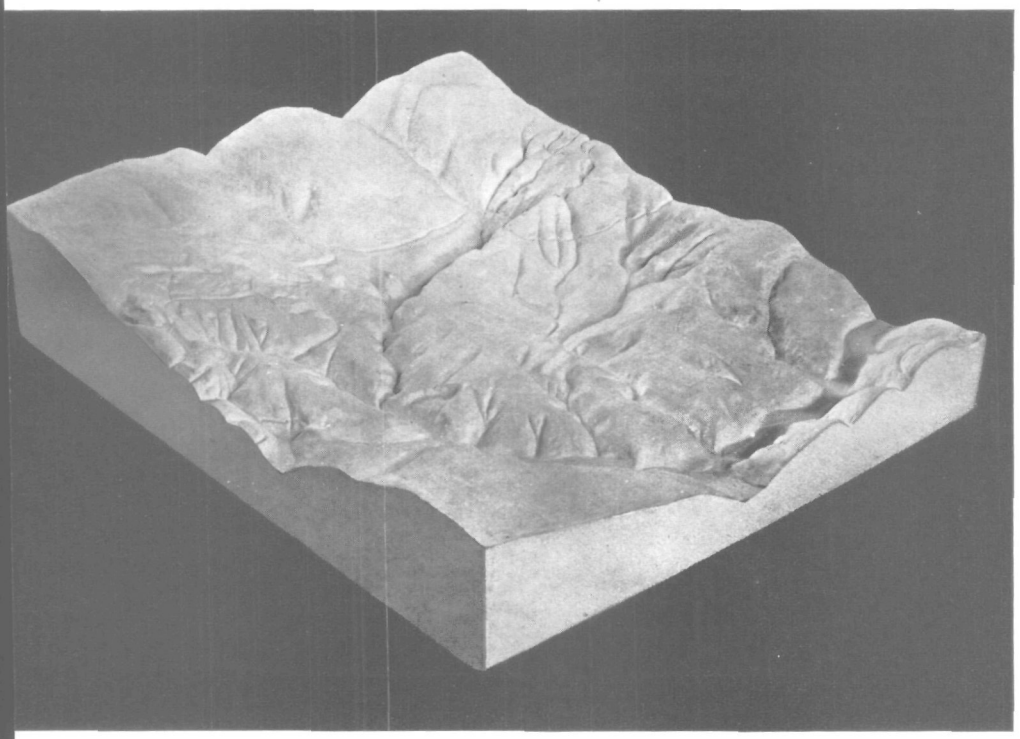


Foto 17. Foto Kruizinga.

Zij-aanzicht van het Z.W. op de reliefkaart van de omgeving van Lanjaron.

cambriens) redressés verticalement, repose en discordance profonde, un conglomérat tertiaire" etc.

Even ten Noorden van dezen dagzoom, bij de Cº del Puerto zijn de kristallijne schisten nog eens ingeplooid (h.st. 1158).

Het Guajar-dekblad, dat in het gebergte van Tocon een vrij groote verbreiding had, is dus via talrijke erosieresten van kristallijne schisten op de N.W. en W. trias-randzone van den Sierra Nevada-dom te vervolgen naar de zuidelijke zone, waar ze weer een belangrijke bouwsteen der gebergten vormt (zie blokdiagram).

IV. **Het gebied tusschen Lanjaron en Motril** (zie blad II en III).

In het hoofdstuk over de Stratigrafie werden bij de bespreking van de trias-fyllieten en kalken in de omgeving van Lanjaron reeds de drie dekbladen voor dit gebied onderscheiden, n.l.:

1. Het Guajar-dekblad;
2. Het Lanjaron-dekblad;
3. Het Lujar-dekblad.

Evenals bij de westelijke trias-randzone der Sierra Nevada is in dit gebied een sterke asduiking naar het Westen merkbaar. Hierdoor treedt de diepstliggende eenheid in het Oosten op, dat is het reusachtige kalkmassief van de Sierra de Lujar, dat zich ten Oosten van de Guadalfeo verheft. Het middelste pakket, het Lanjaron-dekblad vormt tusschen deze Sierra de Lujar en de Sierra Nevada een syncline, welke naar het Westen toe zich steeds meer opent en waarin het gesteente-pakket van het Guajar-dekblad komt te liggen.

Ten Zuiden van Lanjaron zijn in de syncline van het Lanjaron-dekblad nog slechts de schisten van het Guajar-dekblad door de erosie gespaard.

Naar het Westen toe vinden we op deze schisten weer de trias-kalken, die zich tot de hooge kalkrotsen van de Sierra de las Guájaras ontwikkelen. [1])

Door deze asduiking loopen de dagzoomen der formaties op den Westoever van de Guadalfeo over een afstand van ± 10 k.m. N.Z. en vertoonen hierdoor een dergelijk karakter, echter op kleiner schaal, als de Noord—Zuid verloopende dagzoomen der Oost-Alpine dekbladen ten Oosten van den Rijn.

De asduiking is bijzonder sterk waarneembaar langs de Tejarillo

[1]) Ik heb het Guajar-dekblad zijn naam gegeven naar de drie dorpjes Guájar Fondon, Guájar Faraguil en Guájar Alto aan den Zuidkant van deze Sierra de las Guájaras.

(een rechter zijriviertje van de Rio de Lanjaron) (zie profiel 2 en foto 15). De kristallijne schisten rusten hier met een N.Z.-strekking en 35° of meer graden naar het Westen hellend op de kalken van het Lanjaron-dekblad. Ze bezit hier meer het karakter van een flexuur, [1]) welke waarschijnlijk van jongeren datum dan de dekbladenvorming is en in verband staat met de opwelving der Sierra Nevada in het tortonien. De sterke relief-verschillen, die hierdoor ontstonden, waren mogelijk de oorzaak van de groote aardstorting ten N. van de Tejarillo, die in het hoofdstuk Stratigrafie reeds besproken werd (pag. 69 e.v.).

In het algemeen kan dus gezegd worden, dat *de verbindingslijn van Granada en Motril*, die over de Valle Lecrin, de Tejarillo en de Guadalfeo loopt, een lijn is, die *gekenmerkt wordt door een bijzonder sterke asduiking naar het Westen, die hier en daar zelfs het karakter van een flexuur heeft.*

We zullen thans de drie dekbladen uit dit gebied nader beschouwen.

Het Guajar-dekblad.

De dagzoom der kristallijne schisten bezit in groote lijnen een hoefijzervormig verloop, doordat zij hier in een groote syncline voorkomen, wier as naar het Westen duikt (zie blokdiagram). De kristallijne schisten aan de basis hiervan vinden we eerst in het bekken van Lanjaron door de erosie gespaard, ze worden daarna even door de kloof van de Rio Lanjaron onderbroken en zijn via eenige geïsoleerde plekken op den rug tusschen de Rio Lanjaron en de Tejarillo naar den dagzoom der schisten ten Westen van de Tejarillo te vervolgen.

Deze dagzoom loopt via de aardstorting (zie Stratigrafie, pag. 69) naar het Noorden tot zij tusschen het autochtone tertiair en de onderliggende kalken van de trias-randzone verdwijnt, juist wanneer haar ombuiging naar het Westen inzet. Aan de andere zijde van deze arm, bij Pinos del Rey, vinden we de schisten van dezen dagzoom verdwijnen, zoowel onder het tertiair als onder de kalken van het Guajar-dekblad. Bij het vorige gebied (Sierra de Albuñuelas) merkte ik reeds op, dat de tertiaire zeegolf van Albuñuelas waarschijnlijk is ontstaan, doordat de prae-helvetische erosie zich in

[1]) Iets verder westelijk, tusschen Pinos de Rey en Izbor nam ik een sterke asduiking (± 25°) naar het Oosten waar, zoodat hier een typische knik in de as der syncline optreedt, waarvan de Rio Izbor bij haar doorbraak gebruik heeft gemaakt (zie volgende pag.).

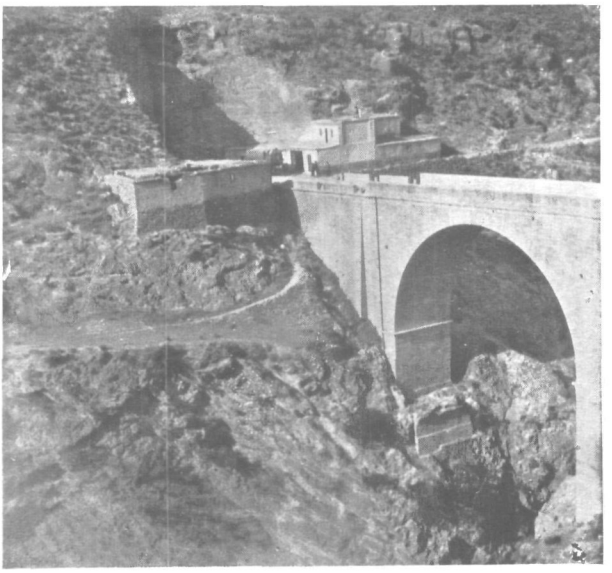


Foto 14.

De Puente d'Ifo over de Rio Izbor ten Zuiden van Lanjaron. De rivier breekt hier met een diepe, nauwe kloof door de westwaarts duikende kalken van het Lanjaron dekblad. De hoofdweg wordt er door middel van een tunnel (ingang links boven) doorheen geleid.

Foto 15.

Overschuivingsvlak van de schisten van het Guájar kristallijn over de triaskalken van het Lanjaron dekblad. Deze laatste hellen door de asduiking (flexuur) ± 40° naar het Westen. Oost-oever van de Tejarrillo ten Westen van Lanjaron.

den dagzoom van deze zachtere schisten tusschen dolomieten en kalken een dal had ingegraven. We zien ook, dat inderdaad aan het Westeinde van deze golf de dagzoom der schisten onder dit tertiair verdwijnt, terwijl ze aan haar Oosteinde (op den rug tusschen het tertiair van Albuñuelas en van Jayena) weer te voorschijn komt. Naar het Zuiden kunnen wij haar eerst ± 7 k.m. in N.Z.-richting vervolgen tot ongeveer ter hoogte van Velez de Benaudalla. Ze buigt daarna naar het Westen om, naar Guájar Fondon en Guájar Faraguil. Hier wordt ze door geplooid helvetien aan de waarneming onttrokken om bij Guájar Alto weer te voorschijn te treden.

Zij hellen aan alle zijden onder de kalken en dolomieten van de Sierra de las Guájaras weg, welke in de kern van deze syncline door de erosie gespaard zijn. Deze groote syncline vormt de westelijke voortzetting van de smalle syncline van Lanjaron, welke in het Westen door de asduiking in veel grooter breedte door de erosie wordt gespaard.

Bij Izbor treedt hier nog een kleine complicatie op. We vinden hier n.l. de triaskalken van het Guajar-dekblad (half door tertiair bedekt) op een veel lager niveau (± 300 m.) dan de triaskalken, die iets westelijker, n.l. bij Pinos del Rey op de kristallijne schisten rusten, (±850 m.), zoodat hier dus een rijzing van het grensvlak tusschen kalken en schisten tegen de algemeene asduiking in plaats vindt. Inderdaad bezat de lineair-textuur van de schisten tusschen Pinos del Rey en Izbor bijna overal vrij sterke asduiking naar het Oosten (15—20°) [1]), terwijl bij de Tejarillo juist een flexuur in de as met een helling van 40° naar het Westen optreedt. *Er bevindt zich dus hier een knik in de plooiingsas, waarvan de Rio Izbor gebruik heeft gemaakt om naar het Zuiden door te breken.*

Kalkschollen in de kristallijne schisten van het Guajar-dekblad.

Tusschen het middelste en bovenste kalkpakket bevinden zich, verspreid in de schisten, talrijke schollen van grof kristallijne, dolomietische kalken.

Zij vertoonen petrografisch meer overeenkomst met de grofkristallijne triaskalken dan met de gebande marmers van de complexe-zone (h.st. 288, 294, 203 d.d., 204).

[1]) De paralleliteit van lineair-textuur en plooiingsas maakt het mogelijk helling en richting dezer as te meten, zonder dat wij haar direct in het terrein kunnen waarnemen. Hiervan maakte bijv. Hannik in navolging van Cloos een vruchtbaar gebruik bij de ontwarring van de tektoniek van den Löwenberger-Goldbergertrog. (Dissertatie Delft 1926).

Hun verspreiding volgt duidelijk de boog van den dagzoom van de naar het Westen duikende Lanjaron-syncline.

Ten Westen van Velez de Benaudalla trof ik ook tusschen het middelste en bovenste kalkpakket dergelijke kalkschollen in de schisten aan. Mijn indruk is, dat we hier waarschijnlijk met deelen van het boven of onderliggende kalkpakket te maken hebben, die door de inwendige differentieele bewegingen bij het overschuivingsproces in de schisten te recht zijn gekomen en dus niet met kalken die stratigrafisch in de schisten thuis hooren of een zelfstandige kalkhorizont, die door de tectonische bewegingen uitgewalst werd.

Het Lanjaron-dekblad.

De triaskalken van het Lanjaron-dekblad zijn stap voor stap, via de westelijke trias-randzone in de trias van het Roode-dekblad van het gebergte van Tocon te vervolgen.

Het is echter niet zeker of dit Roode-dekblad het heele Lanjaron-dekblad omvat, of dat het met het Grijze-dekblad uit dat gebergte twee schubben van het Lanjaron-dekblad voorstelt. Daarom gaf ik er de voorkeur aan den naam van Roode-dekblad voor het gebergte van Tocon als tegenstelling van het Grijze-dekblad aldaar te behouden.

Ten Zuiden van Lanjaron vormen de kalken van het Lanjaron-dekblad de meer genoemde syncline van Lanjaron.

De Noordvleugel van deze syncline vormt den hoogen kalkwand tegenover het dorpje Lanjaron. In het verloop van dezen Noordvleugel vond ik een aardig detail, hetwelk in overeenstemming is met de opvattingen van B r o u w e r over het ontstaan van dwarsbreuken in buigpunten van plooiingen. Ten Oosten van de Venta del Diablo vertoonen de kalken een knik in hun strekking. Eerst loopen ze O.—W. met een helling van ± 30° naar het Zuiden, daarna wijkt de kalkrug plotseling eenige tientallen meters terug, waarbij de O.—W. strekkende lagen verticaal staan. Op den overgang draaien de strekkingen van O.—W. naar Z.O. en hellen de lagen ± 70° naar het Z.W. Het is of het oostelijk deel t.o.v. het westelijk deel geremd is, waardoor een buigpunt ontstond. Ik kon niet met zekerheid vaststellen of in dit buigpunt ook breuken optreden, maar het is althans een zwakke plaats in de rug geworden, hetgeen bewezen wordt door het feit, dat de Rio Mojonera op dit punt door den Noordvleugel van de syncline van Lanjaron heen breekt.

Via de cañon van de Rio Lanjaron kunnen we de kalken ononderbroken naar den Zuidvleugel van de syncline vervolgen.

Bij de Puente d'Ifo breekt de Rio Izbor er door middel van een diepe, nauwe kloof doorheen (foto 14).

Ze hebben hier t.o.v. de asduiking N.—Z. strekking en 50—60° helling naar het Westen. Van hier loopt hun dagzoom over een afstand van 8 k.m. naar het Zuiden, terwijl ze naar het W. hellen, om daarna weer naar het Westen om te buigen langs Itrabo en Otivar en een betrekkelijk geringe helling naar het Noorden te verkrijgen.

We zien dus ook in het verloop van het Lanjaron-dekblad evenals in het Guajar-dekblad de syncline van Lanjaron zich naar het Westen verbreeden.

De trias-fyllieten zijn in de omgeving van Lanjaron zeer dik ontwikkeld. Zoowel aan de Zuid- als aan de Noordzijde der syncline zijn ze soms een paar honderd meter dik. Naar het Zuiden toe neemt dit af. Bij Itrabo zijn nog wat problematische fyllieten waar te nemen, maar over het algemeen zijn ze hier afwezig en in hun plaats treden aan de basis der kalken en dolomieten van het Lanjaron-dekblad de kristallijne schisten op, die hier een enorme verbreiding en dikte bezitten.

Het Lujar-dekblad.

Ten Oosten van de Guadalfeo verheft zich de geweldige kalkdom der Sierra de Lújar, die tot 2000 m. boven zee oprijst.

Zoowel naar het Zuiden, als naar het Westen en Noorden hellen haar kalken onder de schisten en fyllieten van het Lanjaron-dekblad weg.

De zuidwestelijke uitlooper van deze kalkketen wordt door de Guadalfeo aangesneden, waarbij de enorme dikte der kalken aangetoond wordt. Ten Zuiden van Velez Benadaulla en bij den mond van de Mojonera in de Guadalfeo vond ik echter trias-fyllieten tusschen de kalken in, wat er op wijst, dat de bouw van dezen rug gecompliceerd is. Zij is echter in dit Westeinde niet voldoende door de erosie ontleed om dit nader te kunnen vervolgen. Misschien zal dat in het Oosten der Alpujarras beter mogelijk blijken.

Terwijl wij aan den Zuidkant der syncline van Lanjaron de kalken van het Lujar-massief hieronder weg zien duiken, blijkt zij een paar duizend meter noordelijker vrijwel geheel uitgewalst te zijn. Hier rust het Lanjaron-dekblad n.l. direct op de complexe-zone der Sierra Nevada. Slechts eenige „neuzen" van kalken, die in den „Gipsrug" (zie beneden) omhoog steken, beschouw ik als de laatste uitlooper ervan. Een onderzoek verder oostelijk is echter noodig om

dezen samenhang te bewijzen. Het Guajar-dekblad is waarschijnlijk niet over den dom der Sierra Nevada heen gekomen, tenzij zou blijken, dat het Grijze-dekblad in het gebergte van Tocon als voortzetting ervan te beschouwen is. De samenhang van deze twee is althans niet direct langs den Westrand der Sierra Nevada te constateeren, zoodat het Grijze-dekblad in het Noorden zoowel de voortzetting van het Lujar-dekblad als een verdubbeling van het Lanjaron-dekblad kan zijn. Ik acht echter het laatste het waarschijnlijkst.

De bovengenoemde „*Gipsrug*" welke ten O. van de groote bocht in den hoofdweg tusschen Lanjaron en de Venta del Diablo voorkomt en waarin eenige kalkruggen als laatste uitloopers van het Lujar-dekblad omhoog steken, is een merkwaardige dooreenmenging van allerlei gesteenten; een echte „mengzone" of z.g. „Knetgestein", (Heim).

De trias-fyllieten van het Lanjaron-dekblad, die hier een paar honderd meters dik profiel vertoonen, worden naar beneden toe hoe langer hoe gestoorder. Ze worden gecribleerd met verschuivingen, er is geen constante helling en strekking meer in waar te nemen. Gips (h.st. 333) treedt in groote hoeveelheden er in op (foto 7). Verder treffen we er groote blokken, en uitstekende „neuzen" van gele, blauwe, grijze, vaak breccieuse en gipshoudende kalken in aan (h.st. 154, 155, 164, 330, 331) benevens schollen van gebande glimmermarmers (h.st. 184), conglomeratische mergels en gipsrijke gneisen (h.st. 172 d.d.), welke uit de complexe-zone afkomstig zijn.

Door de kalken in dezen gipsrug loopen eenige ertsaders (malachiet, azuriet, limoniet, etc., h.st. 189, 191).

Deze chaotische menging van heterogene bestanddeelen wordt aan haar Oosteinde overdekt door een groote terughellende plooi in de glimmermarmers, amfibolieten enz. der complexe-zone.

Complexe-zone (zie profiel 1a).

Zooals boven gezegd, vangen de gesteenten van de complexe-zone ten Oosten van Lanjaron aan hun Zuidzijde aan met een groote terughellende plooi over den gipsrug, welke laatste waarschijnlijk als uitlooper van het Lujar-dekblad te beschouwen is.

De gesteenten van de complexe-zone staan hier zeer steil en het is of zij waaiervormig omhoog stijgen. Aan de Noordzijde ervan nemen wij vele plooikoppen in de marmers en dolomieten waar, die naar het Noorden gericht zijn. Aan de Zuidzijde wordt zij begrensd door de bovengenoemde, naar het Zuiden overhellende plooi, die zich over de gipszone heen buigt.

Duidelijk is dit waar te nemen aan den oorsprong van de Mojonera, waar glimmermaremrs en granaat-amfibolieten steil omhoog schieten en daarna in een groote boog zich over de triasfyllieten van het Lanjaron-dekblad leggen. Van boven naar beneden passeeren we, in dezen naar het Zuiden overhangende vleugel: Glimmerschisten met witte gneislenzen, granaat-amfiboliet, glimmermarmers, trias-fyllieten.

Het geheele voorkomen wijst er op, dat de complexe-zone hier door het Lujarmassief in de diepte werd onderschoven en uitgeperst (zie „Het ontstaan van de Opwelving der Sierra Nevada", pag. 122 e.v.).

In den Baranco de Salado, ten W. van Lanjaron, heerscht eveneens een chaotische structuur. De complexe-zone is hier vol groote tektonische discordanties tusschen de granaat-glimmerschisten, toermalijngneisen, etc. Hier tusschen treden overal mineraalhoudende bronnen aan den dag, die door hun bruine ijzer-afscheidingen of witte zout-uitbloeiingen opvallen (Rio Salado beteekent „zoute" rivier).

Tot deze bronnen behooren de bekende bronnen van het badplaatsje Lanjaron, die reeds onder het hoofdstuk Geografie besproken werden en waarbij een tabel van de chemische samenstelling der bronnen gegeven werd (zie pag. 10 en 11).

De gesteenten der complexe-zone zijn bovendien soms met ertsen doorspikkeld (pyriet, arsenopyriet, e.d.), zoodat het is, of we hier met de hydrothermale werkingen van dieper liggende tertiaire intrusies te maken hebben, zooals deze ook meer oostelijk (bijv. Cabo de Gata in de Prov. Almería) aan den dag treden.

Glimmermarmers en dolomieten trof ik in de bar. Salado niet aan; slechts vond ik een 1000 m. westelijker een paar lenzen van 2—3 m. lengte van verertst marmer tusschen de toermalijngneisen.

V. **De Zuidkust ten Westen van Motril.**

We hebben gezien hoe bij Lanjaron een groote syncline voorkomt, welke zich door de asduiking naar het Westen toe verbreedde; we hebben ook geconstateerd, hoe door deze zelfde asduiking in de kern van de anticline, die hier op volgt, het Lujar-massief ontbloot is. We zullen thans nagaan hoe de dekbladen van Lanjaron en Guajar, die de syncline van Lanjaron vormen, zich in de aansluitende Lujar-anticlinaal laten vervolgen.

Evenals door bovengenoemde asduiking in de Sierra Nevada-anticline de dagzoomen aan de Westzijde rondliepen en in de Lan-

jaron-syncline aan de Oostzijde, zoo kunnen we de prognose stellen, dat in de hierop volgende Lujar-anticline de formaties weer aan Westzijde rond zullen sluiten (zie schematische figuur 11).

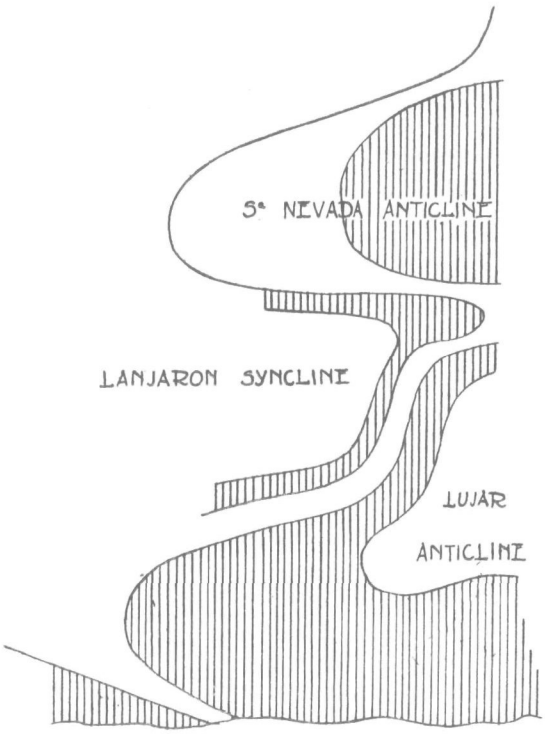


Fig. 11.

Wat nemen we nu aan de Zuidkust waar?

Ten Westen van Motril bezitten eerst de kristallijne schisten van het Lanjaron-dekblad een enorme verbreiding. Aan de Noordzijde, bij Molvizar, Itrabo, Jete en Otivar rusten de kalken van het Lanjaron-dekblad op deze schisten met een kleine helling naar het Noorden.

Aan de Zuidkust vangt bij La Herradura een kalkrug aan, die ook op deze schisten rust en steil naar het Zuiden helt. Deze rug trekt in N.W. richting landwaarts om zich in het Westen, in de Sierra de Almijara met de hooge Nava Chica (1831 m.) met de kalken in het Noorden te vereenigen.

De diagnose is dus, dat inderdaad *de triaskalken van het Lan-*

jaron-dekblad via de Westzijde van de naar het Westen duikende Lujar-anticlinaal naar de Zuidkust te vervolgen zijn.

Op deze kalken van het Lanjaron-dekblad, die den Zuidvleugel van de Lujar-anticlinaal vormen, rusten volgens de lijn Maro—Frigiliana—Competá weer kristallijne schisten, die ook aan den Noordvleugel er op rusten (bij Guájar Alto, Guájar Faraquil en Guájar Fondón) en daar de basis van het Guajar-dekblad vormen.

Mijn onderzoekingen hebben zich niet ver genoeg naar het Westen uitgestrekt om ook deze schisten, evenals dit met de Lanjaron-kalken het geval bleek, in het Westen zich te zien vereenigen. Hun ligging op de Lanjaron-kalken maakt echter de gevolgtrekking voor de hand liggend, dat het groote gebied van kristallijne schisten, dat hierop volgt, tot de kristallijne basis van het Guajar-dekblad behoort.

Het bovenstaande is niet geheel in overeenstemming met de uitspraak van Staub, [VI, 29 op pag. 218], dat de wortel van het groote dekblad, waartoe de Subbetische ketens behooren (door hem Betische dekblad genoemd) om den koepel der Sierra Nevada heen bij Motril de zee bereikt. Deze zone van steil naar het Zuiden hellend kristallijn ten Westen van Motril behoort tot de Alpujarriden. Staub kwam tot zijn opvatting door de groote dwarsbreuk die Barrois en Offret tusschen Zafaraya en Motril construeerden om de aardbeving van Alhama in 1884 te verklaren. Ten Zuiden van deze breuklijn zou in de Sierra Tejeda het alleroudste kristallijn in den vorm van dolomieten, marmers en gneisen ontbloot zijn. Hun kaart leidde hem er toe om dit gebied als wortelzone van zijn Betische dekblad op te vatten.

De dolomieten van de Sierra Tejeda blijken echter niet tot het praecambrium te behooren. Ze zijn niets anders dan de triaskalken, die naar het Zuiden toe steeds dolomietischer en kristallijner worden (zie Stratigrafie, pag. 43). Barrois en Offret vonden echter dat deze dolomieten aan den Zuidkant overal *onder* het kristallijn van het Guajar-dekblad wegduiken en daar in hun tijd de opvattingen over horizontale bewegingen in de aardkorst zich nog niet ontwikkeld hadden, noemden zij deze dolomieten *ouder* dan dit kristallijn. Aan de andere zijde vonden ze in de dolomieten van de Sierra Almijara *Megalodon* sp. en ze zagen bovendien deze dolomieten bij Jete, Itrabo, Molvizar, enz. òp kristallijne schisten rusten. Zoo kwamen zij er toe deze dolomieten, die tot de trias moesten behooren, door een breuk te scheiden van de overigens identieke dolomieten der Sierra Tejeda.

Dat zij toch twijfelen aan de juistheid van hun conclusie, die

gebaseerd is op de ligging der dolomieten t.o.v. de kristallijne schisten, bewijst hun uitspraak [III, 2, pag. 84]: „Ce calcaire dolomitique de la Sierra Almijara a une grande ressemblance lithologique avec celui qui est si développé aussi dans la Sierra Tejeda, et que nous rapportons au terrain primitif: nous hésiterons encore à les distinguer si nous n'avions constaté que cette dolomie de l'Almijara était parfois remplie de débris de fossiles". [1])

Al blijkt dan ook de grondslag, waarop Staub den wortel van zijn Betische dekblad bij Motril de zee doet bereiken, onjuist te zijn, toch blijft zijn idee, dat ten Westen van de Sierra Nevada het rondloopen van de overschuiving van zijn Betische dekblad te verwachten is, alle waarde behouden. Vermoedelijk geschiedt dit echter ongeveer 50 k.m. westelijker dan hij aangeeft. We zien n.l. hoe bij Alhama de jura van de Subbetische ketens rond het bekken van Granada naar het Zuiden terugbuigt en bij Velez Malaga komt weer jura voor volgens de geol. kaart van Spanje. Verder vangen in de omgeving van Velez Malaga het „Siluriano" op het „Estrato Cristallino" aan. Wanneer de opvatting van Staub juist is, dat het kristallijn van Malaga (dat als „Siluur" op de geol. kaart van Spanje wordt aangegeven) de kristallijne kern van zijn Betische dekblad is, dan loopt de grens hiervan met de Alpujarriden waarschijnlijk via Velez Malaga in de Middellandsche zee uit.

Over een kalklaag, die als de voortzetting van de Guajar-kalken eventueel tusschen dit „Siluriano" en het kristallijn van het Guajar-dekblad te verwachten is, vind ik in de litteratuur en op de kaarten niets vermeld, zoodat deze kalken hier mogelijk zijn uitgewalst en van hun kristallijne kern naar het Noorden afgeschoven zijn.

Het Ontstaan van de Opwelving der Sierra Nevada.

Het karakteristieke verloop van een dekblad in de Alpen is, dat ze hun grootste hoogte dicht bu hun wortelzone bezitten en vandaar naar het voorland afdalen om aan hun front weer wat omhoog te rijzen. [2])

Een zelfde algemeene lijn nemen wij waar, wanneer wij bijv. even ten Westen der Sierra Nevada een profiel construeeren.

Aan den Zuidkant rijzen de grofkristallijne gesteenten steil omhoog

---

[1]) Te weten *megaloden* uit de boven-trias of infra-lias.

[2]) A. Heim. „Geologie der Schweiz", Bnd. II, 1, pag. 22.
R. Staub. Beitrage zur Geologie der Schweiz N. F., lief. XLVI, 3e abt. 1917 en „Der Bau der Alpen", Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, Neue Folge, No. 52. Specialkarte 105, Bl. 1 en 2. Dwarsprofielen over de Alpen.

en verheffen zich tot de Cerro Lucero (2135) en de Nava Chica (1831). [1])

Door middel van eenige groote synclines en anticlines dalen zij nu geleidelijk naar het Noorden af (Lujar anticline, Lanjaron syncline, Sierra Albuñuelas anticline) om vervolgens onder het tertiair van het bekken van Granada en het Subbetische dekblad te verdwijnen (zie linker zijkant van het blokdiagram).

Anders is het gesteld in een profiel dat over de Sierra Nevada loopt (zie rechter zijkant van het blokdiagram). Daar wordt het geleidelijk verloop onderbroken door den geweldigen dom der Sierra Nevada, die ten Oosten van de verbindingslijn Granada-Motril met een sterke rijzing van de anticlinaal-as verschijnt.

Wij vragen ons af wat hier de oorzaak van is.

Ten Noorden van deze Sierra Nevada-culminatie ligt de culminatie van het gebergte van Tocon en ten Zuiden ervan de culminatie van de Lujar-anticline, zoodat we hier in de Betische ketens een uitgesproken N.—Z. gerichte culminatie-zone der anticlinale assen waarnemen.

R. Staub wil de culminatie der Sierra Nevada in verband brengen met een culminatie in de Iberische Meseta, die via Andujar en Cáceras in N.W. richting naar Coruña, dat op de N.W. hoek van Spanje gelegen is, verloopt. Hij acht een causaal verband aanwezig tusschen dezen weerstand in het voorland en de culminatie van de Betische ketens. Wat de grondoorzaak van de Betische culminatie is valt echter uit mijn studie van dit beperkte gebied niets af te leiden, doch in het ontstaan van de drie onderdeelen dezer Betische culminatie (culminatie van het gebergte van Tocon, culminatie der Sierra Nevada, culminatie van de Sierra de Lújar) acht ik het volgend oorzakelijke verband waarschijnlijk.

Door de plooiing, die na de oligoceene fase van dekbladvorming plaats greep werd het pakket van dekbladen in zijn geheel geplooid, overkipt en overschoven.

De Subbetische dekbladen werden tusschen Granada en Guadix ingewikkeld en overschoven door de dekbladen der Betische ketens (Alpujarriden). In den ondergrond van het gebergte van Tocon ontstond daardoor een afgebroken knoest van dekbladen, welke als buffer dienst deed voor de opdringende, diepere eenheden van de Betische ketens, in casu de schisten der Sierra Nevada. Daartegenover staat, dat we aan de Zuidzijde der Sierra de Nevada de reus-

[1]) We bevinden ons hier nog niet in de wortelzone. Deze moet nog zuidelijker gezocht worden.

achtige kalkrug van de Sierra de Lújar hebben leeren kennen, welke zich tot 2000 m. boven zee verheft. Dit Lujardekblad onderschoof bij Lanjaron de complexe zone, waardoor deze aldaar thans waaiervormig omhoog schiet. Dit Lujardekblad komt dus niet over de Sierra Nevada heen, doch drong haar van uit het Zuiden in den rug. Aan den Noordkant werd de Sierra Nevada echter geremd door den afgebroken knoest van dekbladen onder het gebergte van Tocon, zoodat het effect was, dat zij tusschen deze twee omhoog werd geperst. De schisten der Sierra Nevada, die in iedere laag een vlak met geringen weerstand tegen schuifkrachten bezitten, zijn n.l. wat hun weerstand betreft in geenen deele te vergelijken met de granietmassieven in de Alpen; zij werden als plastisch geheel omhoog gedrukt. Met deze reliefvermeerdering der Sierra Nevada ging een sterke erosie gepaard, die haar groei trachtte te stuiten en te niet te doen. Hierdoor ontstond de blokformatie met haar somtijds metergroote, bijna ongerolde afbraakproducten.

Het Noord—Zuidprofiel over de Betische ketens.

Resumeerend komen wij op grond der terreinonderzoekingen tot den volgenden opbouw van het gebied.

Als diepste eenheid zijn de *schisten van de Sierra Nevada* anticlinaal ontbloot. Hierop rusten de gesteenten der *complexe-zone*, die aan de Zuidzijde bij Lanjaron waaiervormig omhoog rijzen. Vervolgens rusten hierop de dekbladen, die bestaan uit kristallijn met Alpine trias en die ik onder den naam van Alpujarriden samenvat, n.l.:

1. Het Lujar-dekblad;
2. Het Lanjaron-dekblad;
3. Het Guajar-dekblad.

Het *Lujar-dekblad* komt waarschijnlijk niet over den dom der Sierra Nevada heen en is alleen in de Lujar-anticline ontbloot.

Het *Lanjaron-dekblad* komt in de omgeving van Motril uit de Middellandsche zee oprijzen, waarop het de Lujar-anticline en de Lanjaron-syncline volgt. Het oude kristallijn van dit dekblad is tot het Zuiden beperkt, doch stap voor stap is het Lanjaron-dekblad als westelijke trias-randzone der Sierra Nevada-anticline naar de Noordzijde hiervan te vervolgen. In het gebergte van Tocon vinden we het Lanjaron-dekblad verdubbeld terug als Roode-dekblad en Grijzedekblad, om vervolgens voor goed weg te duiken onder hoogere

tektonische eenheden. Het constateerbare overschuivingsbedrag is ± 70 k.m. (afstand Cogollos Vega-Zuidkust).

Het *Guajar-dekblad* komt in de omgeving van Nerja uit de Middellandsche zee oprijzen.

In de Lanjaron-syncline is het als de Sierra de las Guájaras gespaard door de erosie. Westelijk, rond de Sierra de Albuñuelas, is het over de Sierra Nevada-anticline te vervolgen naar het Noorden, waar het voornamelijk als erosie-resten van kristallijne schisten in de hoogere deelen van het gebergte van Tocon voorkomt.

Bij Diezma vinden we het echter volledig ontwikkeld en bovendien verdubbeld terug. Het constateerbare overschuivingsbedrag is eveneens ± 70 k.m. (afstand Diezma-Zuidkust).

Op de Alpujarriden volgt nu *het dekblad der Subbetische ketens* (sensu largo), waarvan de Noordrand bij Jaen ligt. Dit bereikt waarschijnlijk ten Westen van Velez Malaga de Middellandsche zee, zoodat het overschuivingsbedrag van dit dekblad minstens *120* k.m. moet bedragen (afstand van Jaen tot de Zuidkust).

Naar analogie met den bouw van de Oost-Alpine-dekbladen is de wortelzone van de Subbetische en Betische dekbladen minstens 25 k.m. ten Z. van de kust der Middellandsche zee te zoeken (zie pag. 142).

Na de hoofdfase der dekbladvorming is bij een verdere stuwing een plooiing ontstaan, die aan de Noordzijde in het gebergte van Tocon een overschuiving van de Subbetische door de Betische dekbladen veroorzaakte en de Subbetische dekbladen bij Jaen over het aquitanien van het voorland schoof.

Conclusie.

Het gezamenlijk overschuivingsbedrag der Betische en Subbetische dekbladen is volgens deze opvatting van het N.Z. profiel over de Betische ketens tusschen Jaen en Motril minstens 400 k.m. (Heim [VI, 18, pag. 884] geeft alleen voor de verkorting der Pennische geosynclinaal 200 k.m. en Staub [VII, 13, pag. 257] schat het totale overschuivingsbedrag der Alpen op 1500—3000 k.m.). In de ketens van het Prerif toonden Gentil, Lugeon, Joleaud, e.a. Zuidwaarts gerichte dekbladen aan, waarvan Gentil de amplitude op minstens 80 k.m. schat.[1]) Staub, de aanhanger van Argand's synthese van den eenzijdigen bouw van de tertiaire ketengebergten tusschen Afrika en Europa t.g.v. het opdringen van

[1]) C. R. Ac. Sc. t. 166, pag. 219.

het Indo-Afrikaansche continent, gelooft, dat deze overschuivingen slechts ± 40 k.m. groot zijn. [1]) Hoe het ook zij, we nemen althans waar, dat de aardkorst ter hoogte van ± 4° Westerlengte een verkorting in N.—Z. richting heeft ondergaan van honderden kilometers, hetgeen eenige malen grooter is dan de breedte van het Westeinde van de Middellandsche zee, welke op die plaats nog geen 200 k.m. bedraagt. Het materiaal voor die dekbladen kan dus niet uit een Tethys met een breedte der huidige Middellandsche zee afkomstig zijn. Sterker spreekt dit nog in de zone van Gibraltar, waar de Betische ketens van het Europeesche continent en Rifketens van het Afrikaansche continent direct aan elkaar grenzen. De sedimenten zijn waarschijnlijk door de nadering van de Iberische en Marokkaansche Meseta uit de oorspronkelijk veel breedere mesozoïsche Tethys geperst; in de Betische ketens over den Noordrand in het Rif over den Zuidrand. Wanneer wij echter ter verklaring van den bouw van de gebergten om het Westeinde der Middellandsche zee de wederzijdsche nadering van deze twee sialschollen aannemen, is er in het achterland van een van beide of van allebei een hiaat, althans een rekking in de aardkorst te verwachten.

Van de Iberische Meseta noordwaarts gaande nemen wij echter een aansluitende serie van plooiingsgebergte waar, welke eveneens belangrijke overschuivingen bezitten (de tertiaire Pyreneën, voorts het Hercynische-, Caledonische en Huronische gebergten), dus verschijnselen, die eveneens op verkorting der sialkorst wijzen. Ten Zuiden van het Rif volgt de Marokkaansche Meseta met de Alpine gestuwde Marokkiden. (Saharische Atlas, Midden Atlas, Hooge Atlas, Anti Atlas) [2]) en vervolgens het reusachtige Afrikaansche continentale schild.

Het is eerst in de oceanen ten Noorden van Europa of ten Zuiden van Afrika, dat een dergelijke lacune in de salische aardkorst mogelijk is, zoodat *de verklaring van den tektonischen bouw der gebergten om het Westeinde der Middellandsche zee, evenals de tektoniek der Alpen in Centraal Europa, voert tot de noodzakelijke consequentie, n.l. de tangentieele verplaatsingen van sial-schollen ter grootte van continenten in den zin van de theoriën van Taylor en Wegener.*

---

[1]) R. Staub. Über Deutung und Gliederung der Gebirge Marokko's Ecl. Geol. Helv. Vol. XX. No. 2. Févr. 1927, pag. 277.

[2]) Zie hiervoor R. Staub. Über Gliederung und Deutung der Gebirge Marokko's. Ecl. Geol. Helv. Febr. 1927, pag. 275.

HOOFDSTUK IV.

HET VERLOOP DER GEBERGTE-VORMING.

„Das Endziel jeder Durchforschung von etwas natürlich Gewordenem ist ein vollständiges Verständnis der jetzigen Erscheinung auf Grundlage ihres Werdeganges."

ALBERT HEIM.

Wij hebben in het hoofdstuk „Stratigrafie" de dimensie van den tijd besproken, in het hoofdstuk „Tektoniek" de dimensies van de ruimtelijke ligging der bouwsteenen in het gebergte.

Thans rest ons nog na te gaan, wat deze hoofdstukken ons voor inzicht geven omtrent de correlaties tusschen ruimte en tijd, n.l. het vier dimensionale beeld der bergvorming.

Het is met behulp der discordanties mogelijk in het verloop der Betische bergvorming eenige fases te onderscheiden. Deze fases hebben niet de beteekenis van zelfstandige perioden, want het feit, dat het gebergte al of niet boven zee verheven is, staat in geen direct verband met de intensiteit der plooiing. De discordanties zijn als bakens in een continu-proces te beschouwen. Door na te gaan of de jongste formatie voor de erosie-periode en de eerste, die daar op volgt, door eenvoudige disconformiteit dan wel door een plooiing of door overschuivingen gescheiden zijn, is het effect van de bergvorming tijdens de erosie-periode te bepalen. Zoodoende is te zien, wààr in de kromme van de orogenetische activiteit het maximum gelegen is.

De *eerste* duidelijke discordantie in de Betische ketens in ruimen zin bevindt zich onder het eoceen. [1]) Het is bij de beschouwing hiervan echter gewenscht om te onderscheiden het eoceen, dat voorkomt in de gebieden van het Subbetische dekblad (s.l.), dus de Subbetische ketens, het kristallijn van Malaga en de Sierra de las Estancias en

[1]) Ook tusschen tithoon en onder krijt vermelden Bertrand en Kilian een geringe discordantie [III, 3, pag. 35].

het eoceen uit de gebieden der diepere Betische dekbladen (met de trias in Alpine-ontwikkeling).

Voor het eoceen als bouwsteen van het Subbetische dekblad geldt de uitspraak van Bertrand en Kilian (Mission d'Andalousi, pag. 470): „Une discordance importante sépare l'éocène du jurassique et du crétacé. Ces derniers terrains ont subi, avant le dépôt des couches nummulitiques, une première série de plissements et de dislocations assez énergiques.... Le nummulitique repose d'ailleurs indifféremment sur les phyllades anciennes, le trias, le jurassique ou le crétacé."

In de omgeving van Jaen vond R. Douvillé als jongste formatie onder deze discordantie het boven-krijt, zoodat hier is vast te stellen, dat de emersie in het paleoceen heeft plaats gehad. Deze discordantie valt samen met de Oost-Alpinefase der Alpen volgens Heim [VI, 18, pag. 882], de Laramische plooiing van de indeeling van Stille [VII, 15].

Omtrent het eoceen in de Betische ketens (s.s.) vinden we gegevens in de dissertatie van Hetzel over de Sierra Alhamilla. Het eoceen ligt hier schijnbaar concordant op de bovenste afdeeling der trias. Ze bevat aan haar onderzijde fijn conglomeratische gesteenten waarin, behalve kwarts, fragmenten van alle gesteenten van den trias voorkomen [III, 14, pag. 18]. Het lijkt mij daarom waarschijnlijk dat hier het eoceen niet door de tektoniek op de trias is gebracht, doch dat ze ook door een oorspronkelijke, stratigrafische discordantie hiervan gescheiden wordt.

Over de intensiteit der voor-eoceene plooiing valt weinig met zekerheid te zeggen. Een kardinaal punt is bijvoorbeeld of het eoceen uit de Betische ketens (s.s.) een bouwsteen van deze diepere dekbladen is, zoodat dus hun vorming, of althans de overschuiving van het Subbetische dekblad over de dieper liggende Betische dekbladen jònger is dan het eoceen, òf dat de hoofdoverschuiving valt vóór het eoceen, zoodat dit transgressief ligt over de door erosie ontbloote, diepere deelen, van het reeds gevormde dekbladengebergte.

In het eerste geval moet het eoceen ook den zelfden graad van mechanische en chemische Alpine metamorfose als de trias bezitten. De dunne doorsneden der eoceen conglomeraten uit de collectie van Hetzel vertoonen wel sterk unduleuse, kataklastische kwartskorrels en nieuw gevormde sericiet, maar de foraminiferen erin zijn betrekkelijk gaaf, zoodat men den indruk verkrijgt, dat zij wel waarschijnlijk op vrij groote diepte onder de oppervlakte geplooid zijn, maar niet onder den druk van het Subbetisch dekblad de „traineau

écraseur" der Betische ketens, geleden hebben. Opmerkelijk is echter de schijnbare concordantie tusschen het eoceen en de bovenste afdeeling der trias in de Sierra Alhamilla, welke mogelijk door onderling differentieele bewegingen bij de bergvorming is ontstaan. Verder vond Hetzel aan de basis van zijn triaskalken gele, zachte foraminiferenkalken, welke macroscopisch en microscopisch veel op het tertiair lijken. De foraminiferen, die door Prof. Rutten onderzocht zijn, waren niet voor ouderdomsbepaling geschikt en Hetzel zegt hierover (l.c., pag. 14): „Op grond van hun stratigrafische ligging beschouw ik deze gesteenten vooralsnog als triadisch, hoewel ik het niet onmogelijk acht, dat zij tot het tertiair behooren, in welk geval zij door gecompliceerde tektonische bewegingen op hun tegenwoordige plaats gebracht zouden zijn."

Bovenstaande waarnemingen wijzen op de mogelijkheid, dat het eoceen ook een bouwsteen der Betische ketens (s.s.) is. Waarschijnlijk lijkt het mij echter niet. Een nadere studie van dit Oosteinde der Betische ketens is noodig, om hierover uitsluitsel te geven.

Omtrent den ontstaanstijd der Alpujarriden om de Westrand der Sierra Nevada bezitten wij ook weinig zekere gegevens. Hier komt geen eoceen voor.

Als jongste formatie, die niet aan den dekbladen-tektoniek heeft deelgenomen kennen wij de trias of hoogstens infralias (*Megalodon* van de Sierra Tejeda), zoodat we alleen met zekerheid kunnen zeggen, dat hun ontstaan jonger is dan infralias. De mogelijkheid bestaat natuurlijk, dat naderhand nog jongere formaties in dit kalkpakket onderscheiden worden, doch het is wel opmerkelijk, dat het tot nu toe steeds alleen de trias is geweest, die fossielen heeft geleverd. Wanneer inderdaad jura en krijt afwezig zijn, kan dit op twee wijzen verklaard worden: n.l. door aan te nemen, dat dit gebied gedurende het grootste deel van het mesozoïcum land was en eventueel afgezette jongere mesozoïsche sedimenten voor de vorming van de overschuivingstektoniek weer weggeërodeerd zijn, òf door aan te nemen, dat de afzetting van jongere mesozoïsche sedimenten door een tektonische bedekking verhinderd werd, dus dat de vorming van deze Betische dekbladen reeds in de onder-jura heeft plaats gehad.

Een bezwaar tegen de eerste oplossing is, dat geen sporen van die mesozoïsche land- en erosie-periode zijn opgemerkt. Integendeel, de stratigrafische serie eindigt met de zuiver witte, dolomieten der boventrias of infralias; de triaskalken hebben wel is waar een wisselende dikte, maar ze zijn over tientallen kilometers als ononderbroken pakket te vervolgen.

Aan de andere zijde, is het idee dat J e n n y naar voor brengt in zijn boek „Die Alpine Faltung" (1924), n.l. dat door een „tektonische transgressie" verdere sedimentatie verhinderd kan worden, zeker de aandacht waard. De oorspronkelijke meening, dat de vorming der Alpen geheel in het tertiair valt is zeker niet meer te verdedigen. Tot ver in het mesozoïcum kan men reeds de sporen van de Alpine-orogenese waarnemen. J e n n y neemt zelfs aan dat sommige dekbladen reeds in de jura zijn ontstaan (l.c., pag. 118-121).

Men kan zich voor de Betische ketens voorstellen, dat na of tijdens de vorming van de triaskalken het front van het Afrikaansche continent, dat naderhand als Subbetisch dekblad (s.l.) over Tethys en Zuidrand van Europa heen zou schuiven, reeds begon op te dringen en de trias-afzettingen uit de Tethys geosynclinaal met hun kristallijnen ondergrond in segmenten verdeelde. De eerste aanleg van de Alpujarriden, waarbij de segmenten over elkaar heen begonnen te schuiven, ontstond hierdoor. Door de daarmee gepaard gaande toenemende dikte van het salisch materiaal in de Tethys begonnen de Alpujarriden in statu nascendi ook isostatisch te dalen, waardoor de frontzones dezer dekbladen wel ondieper, maar niet geheel boven water kwamen te liggen. Daar ontstonden toen de dolomitiesche rifkalken, die thans op sommige plaatsen het hoogste deel van het triaskalkpakket uitmaken. Eindelijk werden ook deze gedeelten der Alpujarriden door de steeds voortgaande tektonische transgressie aan verdere sedimentatie onttrokken en lagen dus reeds in de jura de Alpujarriden over elkaar, eventueel ook reeds door het front van het Subbetische dekblad bedekt. Dit overschuivingsproces speelde zich dus op geringe diepte onder zee af.

Doch Afrika drong steeds verder noordwaarts en daardoor migreerde de dekbladvorming eveneens verder naar het Noorden.

Voor deze Alpujarriden lag het mesozoïsch sedimentatie-gebied der Sierra Nevada, waarvan we in de marmers, dolomieten en mergels der complexe zone de sporen terug vinden.

Hier overheen schoof thans het dikke stel van Alpujarriden en het Subbetisch dekblad. Door het groote gewicht van dit pakket en de grootere diepte, waarop zich deze overschuiving afspeelde werd de complexe-zone veel sterker gestoord en gemetamorfoseerd dan dit met de Alpujarriden het geval was. In deze fase van de bergvorming begon ook reeds de uitwalsing van de Alpujarriden onder het gewicht van het Subbetische dekblad. Deze bereikt echter zijn maximum bij het volgende, oud-tertiaire stadium der orogenese, waarbij het Subbetische dekblad, na eerst geheele Tethys geosynclinaal over-

schoven te hebben, ook den Zuidrand van het Europeesche continent overweldigde.

Deze „stamplooiing" van het gebergte, dat is de oudste belangrijke plooiing, die het gebergte als zoodanig deed ontstaan (definitie Stille, VII, 15, pag. 206), valt waarschijnlijk in het oudtertiair.

De *tweede* groote discordantie in de Betische ketens, na de discordantie onder het nummuliticum, ligt n.l. tusschen het nummuliticum en het onder-mioceen. Aan de overschuivingstektoniek van het Subbetische dekblad (s.l.) over het voorland heeft het eoceen overal deelgenomen.

Zoo beschrijft bijv. L. Gentil uit de prov. Cadiz een dekblad, dat uit nummuliticum bestaat [1]); zoo bestaan ook de tektonische eenheden, die Nicklès [2]) onderscheidt, uit mesozoïcum en eoceen. In de Sierra Harana vinden we het nummuliticum met de jura alterneeren, terwijl in het bekken van Granada de helvetische molasse autochtoon en discordant over het onderliggende dekbladensysteem ligt. De heele Subbetische ketens zijn gekenmerkt door tallooze kleine lappen en lenzen van eoceen [3]) hetgeen typisch is voor een schubstructuur. De jongere formaties vertoonen op de kaart niet dit karakterbeeld; zij zijn nog wel geplooid, maar autochtoon.

Ook aan de inwikkeling van de Subbetische eenheden door de Betische neemt het nummuliticum deel. Zoo vond Blumenthal, dat eoceene zandsteenen aan de inwikkeling van de Subbetische en Penibetische eenheden door zijn Betische eenheden hadden deelgenomen. [4]) Door de vlakke bedekking met mioceene conglomeraten over een fjordachtig diep geërodeerde oppervlakte anderzijds, bepaalt hij de ouderdom dezer bewegingen op onder-mioceen, dus vóór de mioceene transgressie.

Ook in het gebergte van Tocon komt een inwikkeling van de Subbetische door de Betische eenheden voor en het is waarschijnlijk, dat deze inwikkeling vóór het burdigalien aan het eind van de tweede Betische fase geschiedde. De mogelijkheid blijft hier echter open, dat dit nà de afzetting van de mariene molasse en in den ondergrond

---

[1]) Comptes Rendues 1918, t. 166, pag. 1005.

[2]) Bull. Soc. Geol. Fr., 4e serie, t. 4, 1904, pag. 246.

[3]) R. Douvillé. La Péninsule Ibérique, fig. 49, pag. 84.

[4]) Zijn Betische eenheden behooren volgens Staub tot het kristallijn van ons Subbetisch dekblad in ruimen zin. Blumenthal: „Zum Bauplan der betischer und penibetischer Decken im Norden der Provinz Malaga". Geol. Rundschau 1927, pag. 37 e.v.

hiervan plaats vond, waarbij de mariene molasse ook intensief geplooid werd.

Deze krachtige oligoceene plooiingsfase, dit Betische paroxysme, valt samen met het eerste paroxysme der Alpen volgens Heim (l.c., pag. 887), de midden-Alpide plooiing van Stille (VII, 15).

Hierop volgt na een diepgaande erosie de transgressie van het aquitanien in het Noorden. In het bekken van Granada, volgens Bertrand en Kilian [1]) eerst in het Helvetien. Douvillé is echter van meening dat Bertrand en Kilian de mioceene afzettingen wat te jong geschat hebben en de transgressie hier reeds in het onder-mioceen inzette. [2])

Tusschen dit mariene onder-mioceen en de gedeeltelijk mariene tortonienformatie ligt een *derde* groote discordantie, waarin eveneens overschuivingen hebben plaats gevonden.

In de omgeving van Jaen beschrijft R. Douvillé de overschuiving van Subbetische dekbladen over het aquitanien van het voorland. Hetzelfde neemt L. Gentil waar vóór het burdigalien in de provincies Cadiz, Sevilla en Cordoba.

In het bekken van Granada is echter de helvetische molasse wel sterk geplooid, doch nergens overschoven. Deze laatste overschuiving van de Subbetische dekbladen over het voorland staat waarschijnlijk in verband met een latere samenpersing van het heele dekbladenpakket, wier vorming reeds tijdens de oud-tertiaire stamplooiing was voltooid.

De afgebroken knoest van dekbladen in den ondergrond van de zone Granada—Guadix vormde een weerstand, een buffer voor de diepere schisten der Sierra Nevada tijdens de steeds aanhoudende samenpersing van het geheel. Het Lujar-dekblad drong de schisten der Sierra Nevada voor zich uit, aan de N.-zijde werden ze echter door dezen buffer gestuit, waardoor zij een uitweg naar boven zochten en omhoog werden geperst.

Het gevolg van deze midden-mioceene opwelving der Sierra Nevada is het ontstaan der blokformatie in het tortonien met haar reusachtige, weinig gerolde blokken en grove conglomeraten, die de Sierra Nevada aan haar Westeinde en de Sierra de los Filabres aan de Noord-Oostzijde begeleiden. Alleen in het bekken van Guadix schijnt ze niet aanwezig te zijn, zoodat dit bekken waarschijnlijk tijdens de vorming van de blokformatie met het gebergte van Tocon

---

[1]) Mission d'Andalousie, pag. 477 e.v.

[2]) R. Douvillé. La Pèninsule Ibérique, pag. 93.

en de Sierra de Baza een hoogen rug voor de culminatie van de Sierra Nevada en de Sierra de los Filabres gevormd heeft. Eerst in jongeren tijd verkreeg zij haar bekkenvorm door zakkingen langs de groote dwarsbreuk van Almería, [1]) waardoor het pontien en de diluviale Guadix-formatie er in afgezet konden worden. De stad Guadix ligt nog belangrijk hooger dan Granada (1000 m. tegen 600 m.).

De derde Betische plooiingsfase had dus plaats tusschen het helvetien en het tortonien, welke tijd reeds door Gentil voor den geheelen Noordrand der Subbetische ketens werd vastgesteld. [2])

Dit valt samen met de Steirische plooiingsfase van de jong-Alpide plooiing van Stille. De Helvetische fase of IIe paroxysme in Zwitserland stelt Heim later, n.l. in het pontien [VI, 18, pag. 882], terwijl het mioceen daar een relatief rustigen tusschentijd vormde. Terwijl dus de 1e en 2e Betische fase ongeveer met de Eopenninische en Oost-Alpine fasen in de Alpen volgens Heim samenvallen, verliep het overschuivingsproces in de Betische ketens iets sneller dan Heim dit voor de Alpen aangeeft en kwam reeds vóór het tortonien tot stand. In deze derde Betische fase had de overschuiving der Subbetische dekbladen over het aquitanien en burdigalien van 't voorland plaats, terwijl de Helvetische en Oost-Alpine dekbladen ook nog de midden-mioceene molasse overschoven hebben.

Ook in de Prerifketens werd de overschuivingstektoniek volgens de onderzoekingen van Gentil, Lugeon, Joleaud [3]) en Lutaud [4]) tusschen het helvetien en tortonien voltooid.

Tijdens de vorming van dit tortonien zette een algemeene regressie der zee in. Op het tortonien van het bekken van Granada (dat vermoedelijk ook het sarmatien omvat) volgt het pontien met de gips- en de brakwaterformatie, hetgeen op een afgesloten binnenzee wijst en dan de lacustrische formatie, waarbij de omstandigheden dus geheel continentaal zijn geworden.

Een *vierde* en laatste Betische plooiing stuwde het geheel nog meer ineen, waarbij ook het tortonien nog geplooid werd. De grove conglomeraten bij Seron bereiken hellingen van 30°, het tortonien

---

[1]) Zie: Barrois en Offret, l.c., pag. 118. Hetzel, l.c., pag. 75 e.v.

[2]) L. Gentil. C. R. Ac. Sc., t. 167, pag. 373 e.v.

[3]) Sur l'âge des nappes prérifaines et sur l'écrasement du détroit sudrifain (Maroc). C. R. de Sc., CLXVI, pag. 164, 1918.

[4]) Lutaud. Observations tectoniques dans la zone prérifaine du R'arb. Septentrional (Maroc). C. R. Ac. Sc., LCLXXII, pag. 1510 en 1666.

langs de Zuidhelling der Sierra Nevada is vrij sterk geplooid, hetgeen bij Lanjaron en volgens Prof. B r o u w e r ook bij Ugijar waar te nemen is. Ook in het Prérif is het tortonien nog zwak geplooid, doch ligt discordant over den overschuivings-dagzoom der Prérif-dekbladen over het helvetien. [1])

Tijdens deze jongste Betische samenpersing werd ook het gebergte van Tocon nog meer omhoog gedrukt, waardoor de diluviale Guadix-formatie bij Diezma bijv. haar puin gedeeltelijk aan dit gebergte kon ontleenen.

Dat de bewegingen tot in den jongsten tijd voortduren bewijzen de verschuivingen in de Guadix-formatie, die tusschen Lapeza en Diezma waarneembaar zijn. Ook de aardbevingen wijzen hierop en velen heugt nog de groote aardbeving van Alhama in 1884, die het geheele zuidelijke deel der provincie Granada teisterde.

SAMENVATTING. WE ZIEN DUS, DAT DE BERGVORMING IN HET PALEOCEEN DUIDELIJKE SPOREN HEEFT NAGELATEN EN WAARSCHIJNLIJK REEDS EERDER HEEFT INGEZET (1E BETISCHE FASE), DAT DE DEKBLADVORMING IN HET OLIGOCEEN REEDS GROOTENDEELS TOT STAND KWAM (2E BETISCHE FASE) DOCH TUSSCHEN HET HELVETIEN EN HET TORTONIEN NOG OVERSCHUIVINGEN VAN HET VOORLAND PLAATS HEBBEN (3E BETISCHE FASE) EN DE LAATSTE SAMENPERSING VAN HET GEHEEL IN HET PLIOCEEN VALT (4E BETISCHE FASE).

---

[1]) Gentil, Lugeon, Joleaud, l.c., pag. 615, 1918.

L. Lutaud. Les mouvements post-sahéliens et leur influence sur la morphologie dans la zone prérifaine du R'arb Septentrional (Maroc). C. R. Ac. Sc., t. CLXXXIII, pag. 242, 1921.

P. Russo. Exquisse de la constitution de la vallée moyenne de la Moulouya. Bull. Soc. Géol. de France, LXXI, pag. 61, 1921.

HOOFDSTUK V.

VERGELIJKINGEN MET DE GEOLOGIE DER OOST-ALPEN.

Inleiding.

Staub [VII, 14] onderscheidt in de Betische ketens drie groote eenheden:

1. De *Veleta-zone*. Hieronder vat hij de schisten der Sierra Nevada en de complexe-zone samen.
2. Het *Granada-dekblad*, waarvan de verbreiding ongeveer met die der Alpujarriden overeenkomt.
3. Het *Betische dekblad*, dat de Subbetische ketens, het kristallijn van Malaga en de Sierra de las Estancias omvat.

De Veleta-zone vergelijkt hij met het venster van de Hohe Tauern, waarin het Penninicum (Sierra Nevada-schisten en complexe-zone) ontbloot is.

Het Granada-dekblad vertoont overeenkomst met de dekbladen die de Tauern bijv. in het Oosten omranden (Radstätter Decke). Deze zone is als de Grisoniden der Alpen verder in zichzelf gecompliceerd.

Het „Betische dekblad" van Staub is het analogon in de Betische ketens van het geweldige Alpine hoofddekblad (Tiroliden) waartoe het Ötz- en Silvretta-dekblad behooren.

Ook Brouwer [VII, 3] komt tot een dergelijke vergelijking. Hij paralleliseert de Alpujarriden (zijn „Betische dekbladen") met de onder-Oost-Alpine dekbladen (Grisoniden) en de Subbetische ketens met de hoogere Oost-Alpine eenheden (Tiroliden). Voorts zegt hij dat het de complexe-zone („Mischungszone") op de aanwezigheid van Penninicum wijst.

Alhoewel de oplossing van plaatselijke tektonische en stratigrafische problemen slechts door het onderzoek der gebieden zelf geleverd kan worden, zoo is de analogie tusschen de algemeene principes van den bouw der Oost-Alpen en der Betische ketens s.l. zoo treffend, dat een nadere toetsing van deze parallelen zeker er toe

zal bijdragen om ons inzicht in den bouw der Betische ketens te verruimen.

Dit zal daarom in de volgende bladzijde voor eenige problemen van algemeenen aard gepoogd worden.

Vergelijking tusschen Tauern-venster en Sierra Nevada-culminatie.

In de Oost-Alpen is onder de Oost-Alpine dekbladen een reusachtig venster van bijna 160 k.m. lengte en 30 k.m. breedte ontbloot. In dit Tauern-venster zijn verscheidene dekbladen te onderscheiden door middel van gneiskernen, welke door de Bündner Schiefer ontwikkeld worden. [1])

In de Betische ketens vinden we onder de Alpujarriden, die met de onder-Oost-Alpine dekbladen vergeleken worden, de culminatie der Sierra Nevada, welke aan haar Westeinde eveneens ± 30 k.m. breed is en met de Sierra de los Filabres een gezamelijke lengte van ± 135 k.m. bezit.

Brouwer sprak de meening uit (l.c., pag. 335) dat over de gelamineerde en samengestelde „Mischungszone" de Alpine-trias ten Noorden der Sierra Nevada van zeer ver uit het Zuiden vervoerd is geworden. Deze betrekkelijk dunne „Mischungszone" komt in dit karakter overeen met de zone van Matrei, die als een bijna gesloten ring het Penninische gebied van de Tauern omgeeft.

Staub zegt over deze zone van Matrei, die overigens nog onvoldoende onderzocht is, [VII, 13, pag. 64]: „Dieser Schuppenmantel legt sich also um alle tieferen Elemente der Tauern herum bis an ihren Nordrand, und wir können in dieser Verteilung der obersten penninischen Schuppen einen starken Beweis dafür erblicken, dass wirklich einst die ganze nördliche Alpenzone über die Tauern hin weg gefahren ist, dieselben überschoben, und ihre obersten Elemente aufgewühlt und nach Norden mit geschleppt hat."

De zone van Matrei is een „Mischungszone" in den waren zin des woords en de complexe-zone kenmerkt zich daarentegen door een groote petrografische zelfstandigheid t.o.v. de boven-liggende Alpujarriden en de onder-liggende schisten der Sierra Nevada. Het Penninische mesozoïcum komt hier waarschijnlijk in voor. De eigenlijke mengzone, die de Alpujarriden van de dieper liggende Betische eenheden scheidt, valt echter vaak geheel of ten deele met de complexe-zone samen. [2])

[1]) Zie bijv. Kober: „Bau und Entstehung der Alpen", pag. 98 e.v.
[2]) Zie pag. 17 en 18.

De bouw van het Tauern-venster zelf is verder te ontleden door de aanwezigheid van gneisen en kalkrijke Bündner Schiefer, doch de Sierra Nevada maakt den indruk van een grooten dom, welke bijna uitsluitend bestaat uit kristallijne granaat-glimmer schisten, basische intrusiva, sporadische gneisen en door de afwezigheid van kalken in het centrale deel wordt gekarakteriseerd. Slechts om dezen dom heen bevindt zich de complexe-zone met haar glimmermarmers, dolomieten, gneisen, etc.

Ongeacht echter de vraag of de schisten der Sierra Nevada paleozoïsch zijn, of dat er nog mesozoïcum mee verplooid is, wijzen hun schistositeit, welke geringen weerstand tegen schuifkrachten biedt en de aanwezigheid van typische ofiolieten er op, dat deze schisten waarschijnlijk niet tijdens de Alpine orogenese als massief, als „butoir" dienst hebben gedaan, maar onder den last van de hoogere dekbladen eveneens als groote liggende plooien of dekbladen opgestapeld werden. Hierop wijst reeds R. Douvillé in zijn Péninsule Ibérique (Handbuch der Regional Geol., Heft 7, pag. 130) waar hij zegt: „La Sierra Nevada et les chaines qui la relayent vers l'est, Sierra de los Filabres, de Oria, de las Estancias, etc. pourraient fort bien être constituées par des paquets de nappes empilées, près que horizontales par conséquent, d'où l'énorme épaisseur (1500 m.) des schistes cristallins."

De autochtone ondergrond zou dus nog dieper, onder deze schisten der Sierra Nevada te zoeken zijn en de bouw gecompliceerd zijn evenals die van het Tauernvenster.

Een aardige analogie in den algemeenen bouw van de Sierra Nevada en de omringende gebergten met het Tauern-venster en de omringende Oost-Alpine dekbladen is bovendien waar te nemen, wanneer wij de profielen van Staub over de Oost-Alpen [VII, 13, Spezialkarte 105 B 1] nader beschouwen. We zien dan, dat hij langs den Noordrand van het Tauern-venster een groote, overkipte plooi in het pakket der Oost-Alpine dekbladen construeert, een soort inwikkeling van Oost-Alpine door de Penninische eenheden (l.c., profiel 3-8). Aan den Zuidkant dringen de wortels der onder-Oost-Alpine elementen de Penninische in den rug (l.c., profiel 5-8), waardoor deze aan de Zuidzijde van het Tauern-venster (Westeinde) waaiervormig omhoog rijzen.

Wat nemen we bij de Sierra Nevada waar? Aan de Noordzijde heeft ook hier een inwikkeling van de Subbetische door de Betische elementen plaats gehad, wat in de jura-vensters onder de triaskalken tot uiting komt. Hierbij werd het vermoeden uitgesproken,

dat in den ondergrond van het gebergte van Tocon ook een verplooiing (of verschubbing) van de Alpujarriden met de elementen der Sierra Nevada-elementen (schisten en complexe-zone) aanwezig zou zijn. Dit verschijnsel is waarschijnlijk een eind verder oostelijk in de Sierra de los Filabres door de erosie bloot gelegd. We zien hier in het venster van Rascador de marmers der complexe-zone over de triaskalken geschoven.

Aan de Zuidzijde der Sierra Nevada bevinden zich wel niet direct de wortels der Alpujarriden, zooals direct ten Z. van de Tauern de wortels der Oost-Alpine dekbladen liggen, doch hier dringt het Lujar-dekblad de Sierra Nevada in den rug, waardoor ten O. van Lanjaron de complexe-zone waaiervormig omhoog rijst.

Zoowel het Tauern-venster als de Sierra Nevada zijn dus na de hoofdfase van den dekbladenbouw, door verdere stuwingen tusschen de hoogere dekbladen omhoog geperst.

Vergelijking van het verloop der uitwalsingen in de Oost-Alpine en de Zuid-Spaansche dekbladen.

In de Alpen nemen we het verschijnsel waar, dat de mesozoïsche sedimenten van hun kristallijne basis naar het Noorden werden afgeschoven. Een fraai voorbeeld hiervan zien we bijvoorbeeld in de boven-Oost-Alpine dekbladen, in welke in het Noorden geen kristallijn meer voorkomt en die in het Zuiden daarentegen arm aan mesozoïsche sedimenten zijn. Staub stelt de prognose, dat dit ook bij het groote dekblad der Subbetische ketens het geval zou zijn. De kristallijne basis van dit dekblad zou door het kristallijn van Malaga en de Sierra de las Estancias gevormd worden, waarvan het mesozoïcum der Subbetische ketens naar het Noorden afgeschoven zou zijn. Indien deze prognose juist bleek, zou dit inderdaad een mooie analogie met het verloop der verschijnselen in de boven-Oost-Alpine dekbladen vormen.

Over de onder-Oost-Alpine elementen, welke het Tauern-venster omringen, zegt Staub [VII, 13, pag. 187]: „Im Süden erkennen wir die mächtigen kristallinen Kerne der Grisoniden. Im Oosten und Westen sehen wir dieselben um die untertauchenden penninischen Serien nach Norden umschwenken; zwischen ihnen stellen sich zum Teil in grosser Mächtigkeit, die Grisoniden Sedimenten ein: gegen Norden keilen zwischen denselben die kristallinen Kerne aus, und im nördlichen Rahmen des Tauernfensters begleiten daher nur mehr grisonide, meist unter-Ostalpine Sediment-serien die grosse Überschiebung der oberostalpinen Massen."

De toestand in de Alpujarriden is hier wel mee te vergelijken.

Staub geeft hiervoor reeds de volgende prognose [VII, 14, pag. 216]: „Im Süden schaltet sich an der Basis dieser Ost-alpine Trias — es ist dies die marinste Trias ganz Spaniens — das Cambrium und Kristallin der Alpujarras ein, als der alte Kern der nach Norden gestossenen grossen Triasdecke" en even verder: „Gegen Norden steigen nur dünne Lamellen des Paläozoïkums mit der Trias über die Kuppel der Sierra Nevada empor, und in der Hauptsache erreicht nur die Trias die Nordseite derselben."

We zullen thans nagaan wat de feitelijke toestand bij de Alpujarriden is.

De basis van de kalken van het *Lanjaron-dekblad* bestaat ten Noorden van de Sierra Nevada uit triasfyllieten. Deze zijn hier slecht ontwikkeld en vaak geheel uitgewalst. Naar het Zuiden nemen ze in ontwikkeling toe en onder de syncline van Lanjaron kunnen zij een paar honderd meters dik worden. Verder zuidwaarts gaande neemt deze dikte af, tot ze bij Velez de Benaudalla weer uitgewalst zijn. Hier schuiven zich de glimmerschisten aan de basis van het Lanjaron-dekblad in, welke ten Zuiden van Velez de Benaudalla een enorme uitbreiding krijgen en het zuidelijke kustgebergte tusschen Motril en la Herradura vormen.

Barrois en Offret (l.c., pag. 83) vermelden nog in een coupe van Itrabo naar Lentegis onder de triasdolomieten „schistes satinés de Motril" en „Schistes violets et vert clair, avec lits minces de quarzites calcareuse jaune" van de étage van Albuñol, welke wij tot de trias-fyllieten gerekend hebben. Ik heb bij Lentegis niet met zekerheid de trias-fyllieten kunnen onderscheiden, alhoewel het mogelijk is dat zij nog tusschen de schisten en dolomieten voorkomen.

Wij kunnen met zekerheid zeggen dat hun verbreiding in het Zuid-Westen ver bij de kristallijne schisten ten achter staat. De triaskalken van het Lanjaron-dekblad zijn stap voor stap van de Noordzijde van het gebergte naar de Zuidkust te vervolgen. Zij zijn over de glijbasis van schisten en fyllieten naar het Noorden geschoven, waarbij het bovenste deel van deze glijbasis (de fyllieten) het verst mee naar het Noorden gesleurd werden.

Het overschuivingsproces heeft zich door deze glijding niet alleen, en zelfs niet hoofdzakelijk in het abnormale contact afgespeeld. Elk schistlaagje heeft door interne differentieele bewegingen een gedeelte ervan opgenomen, een verschijnsel dat in alle dunne doorsneden van schisten en fyllieten waar te nemen is. De plaats, waar we het abnormale contact constateeren, heeft dus niet méér van de overschuivings-

tektoniek te lijden gehad, dan de massa zelf. Dit verklaart het opmerkelijke feit, dat deze abnormale contacten, die dekbladen met overschuivingsbedragen van tientallen kilometers van de overschoven ondergrond scheiden, meestal niet sterker gestoord zijn dan de rest der gesteenten. De vaak voorkomende gepolijste overschuivingsvlakken op de kalken onder de kristallijne schisten zijn onbeteekenende details vergeleken bij het effect, dat te verwachten was, wanneer inderdaad over zoo'n vlak zware dekbladen over grooten afstand heengeschoven waren.

De uitwalsingen van het *Guajar-dekblad* hebben een eenigszins ander verloop dan in het Lanjaron-dekblad. In het Zuiden (in de omgeving van Torrox ten Zuiden van de Sierra de Almijara en Sierra Tejeda) bezitten de kristallijne schisten een groote verbreiding en komen bovendien gneisen voor. Hier is de bijbehoorende trias waarschijnlijk grootendeels uitgewalst. Iets noordelijker, in de syncline van Lanjaron, zijn de schisten reeds sterk in dikte gereduceerd, en vertoonen ze slechts een smallen dagzoom tusschen de Guajar-kalken en de Lanjaron-kalken. Triasfyllieten zijn echter nog afwezig.

Deze treden voor het eerst aan de N.-zijde der Sierra Nevada op, bijv. bij Purche tusschen Monachil en Güejar Sierra, waar zij zich tusschen kristallijne schisten en triaskalken van het Guajar-dekblad inschuiven. Aan de Zuidzijde en in het centrale deel van het gebergte van Tocon, vormen de kristallijne schisten van het Guajar-dekblad erosie-resten op het gebergte.

Aan de Noordzijde zijn ook weer de fyllieten en kalken door de erosie gespaard.

We nemen dus waar, dat het kristallijn van het Guajar-dekblad veel noordelijker komt dan het kristallijn van het Lanjaron-dekblad, dat zelfs niet den dom der Sierra Nevada bereikt. De fylleiten van het Guajar-dekblad komen daarentegen *alleen* ten Noorden der Sierra Nevada voor en zijn in het Zuiden (in de syncline van Lanjaron) overal uitgewalst. Het Guajar-dekblad bereikt oogenschijnlijk eerst in het gebergte van Tocon het stadium van uitwalsing, dat bij het Lanjaron-dekblad reeds 50 k.m. zuidelijker in de omgeving van Velez de Benaudalla bereikt wordt. Wel nemen we in de omgeving van de Venta del Molinillo waar, dat het Guajar-dekblad tusschen het permo-trias van het Subbetische dekblad en de bovenste schub van het Lanjaron-dekblad (= het Roode-dekblad) geheel ontbreekt, doch bij het ontstaan der jura-vensters (zie § III, sub 5c) hebben wij gezien dat dit vermoedelijk een verschijnsel is, dat ver-

oorzaakt wordt door de plooiopschuiving, die tot het ontstaan der jura-vensters aanleiding gaf en die *na* de hoofdfase der dekbladenvorming plaats greep. Bij Diezma bijv. bestaat het Guajar-dekblad uit een verdubbeling van de volledige serie kalken-fyllieten-schisten tot een gezamenlijke dikte van ongeveer 2000 m.

Van het *Lujar-dekblad* komt vermoedelijk ook zelfs de trias niet over de Sierra Nevada heen.

We merken dus op, dat van boven naar beneden gaande, de gesteenten der Alpujarras-dekbladen steeds minder ver noordelijk komen.

Resumeerende krijgen we de volgende tabel der uitwalsingen:

Voorkomende gesteenten van het	ten Z. v/d Sierra Nevada		ten N. v/d Sierra Nevada
	Zuidkust	Lanjaron-syncline	Gebergte van Tocon
Guajar-dekblad	— — — — schisten gneisen	kalken — — schisten (gneisen)	bij Diezma verdubbeld { kalken, fyllieten, schisten
Lanjaron-dekblad	kalken (fyllieten) schisten gneisen	kalken fyllieten — — — —	verdubb. tot Roode en Grijze dekbl. { kalken, fyllieten
Lujar-dekblad	kalken fyllieten — —?	(kalken) — — — —	

Wanneer we dit verloop van de uitwalsingen der Alpujarriden met die der Grisoniden in de Tauern-omranding vergelijken, valt naast de groote overeenkomst ten eerste op, dat het onderste Oostalpine kristallijn, hoewel vrij pover ontwikkeld, bijna de geheele Tauern omrandt en in de Sierra Nevada het kristallijn van het Lanjaron-dekblad niet verder noordelijk dan Velez de Benaudalla komt, dus de Sierra Nevada-culminatie niet bereikt en den Z.W.-,

W.- en N.-rand der Sierra Nevada enkel door de trias van het Lanjaron-dekblad wordt gevormd.

Zoowel het midden-Oost-Alpine kristallijn (boven-Grisoniden) als het Guajar-kristallijn (boven-Alpujarriden) zijn echter in de omranding der Tauern-, resp. Sierra Nevada-culminatie, goed ontwikkeld.

Een ander verschil is, dat het mesozoïcum der Grisoniden bijna volledig van de kristallijne kernen werd afgestroopt, zoodat in hun wortelzone ten Zuiden van het Tauern-venster slechts enkele lenzen van het mesozoïcum gespaard zijn. In de Alpujarriden vormt het mesozoïcum echter tot aan de kust der Middellandsche Zee een van de voornaamste, zoo niet *de* voornaamste bouwsteen van het gebergte en zijn het juist de kristallijne schisten, zooals in de syncline van Lanjaron, die bijna uitgewalst zijn.

Misschien vindt dit verschil zijn oorzaak in het feit, dat direct ten Z. van het Tauern-venster de wortels der Oostalpine dekbladen liggen, terwijl in Spanje de Sierra Nevada aan haar Zuidzijde door las Alpujarras begrensd wordt, wier groote plooiingsbouw er op wijst, dat dit gebied nog pas op de flank der Alpujarrasdekbladen ligt. Juist het feit, dat hier het mesozoïcum t.o.v. het kristallijn zoo'n belangrijke rol speelt, duidt er op, dat hun wortels nog zuidelijker, in de Middellandsche zee, liggen. De bouw der Alpujarras komt in het karakter, dat trias en kristallijn samen de gebergten opbouwen, overeen met de Grisoniden aan het Oosteinde (Radstätter Decke) en Westeinde (de Telferweissen, Tarntaler Köpfe e.d.) van het Tauern-venster, dus met de gedeelten van deze dekbladen, die ongeveer 25 k.m. ten Noorden van de wortelzone gelegen zijn.

Vergelijking van de Alpine en de Betische metamorfose.

We kunnen in de Alpen vanaf de hoogste naar de diepere dekbladen een toename van de mechanische en chemische uitingen der Alpine metamorfose constateeren.

De hoogste dekbladen, de Tiroliden, hebben over het algemeen weinig van deze Alpine metamorfose te lijden gehad. Er hebben veranderingen in textuur en slechts langs de schuif- en breukvlakken ook in de structuur plaats gevonden, en de omkristallisaties zijn gering. Oudere metamorfosen werden vrijwel niet gestoord, zooals in het kristallijn van de Ötz-Alpen en in de Mur-Alpen. In de kalk-Alpen vinden we het mesozoïcum hoofdzakelijk als de oorspronke-

lijke sedimenten, welke slechts diagenetisch veranderd zijn, terug. De *Tiroliden* behooren tot deze hoogste zone.

Hoe dieper we echter komen, des te meer wordt de invloed der dislocaties merkbaar. Breccie-vormingen, kataklase, uitwalsingen etc. nemen toe.

Door de toenemende diepte stijgt behalve de druk ook de temperatuur en er treden naast deze mechanische verschijnselen ook chesche op. In deze zone der ruptureele veranderingen overheerschen nog wel de mechanische werkingen, maar de chemische verschijnselen, die kenmerkend zijn voor de epizone der regionaal-metamorfose volgens Grubenmann zijn hier ook duidelijk waarneembaar in de vorming van fyllieten, retrometamorfose van oude kristallijne gesteenten etc. De *Grisoniden* bezitten voornamelijk dit karakter.

In een nog dieper niveau neemt de druk dermate toe, dat de kataklase overgaat in mylonietiseering met een vermorzeling der gesteenten tot in de fijnste deeltjes, een „microruptureele" deformatie vindt plaats, waardoor mechanische deformatie, geholpen door een volgende rekristallisatie schijnbaar plastisch geschiedt. Ook glijdingsverschijnselen, oplossings-omzettingen, kristalloblastese werken hiertoe mede. De mineralen, die ontstaan, behooren tot de meso- en katazone van Grubenmann. Het gebied der *Penninische dekbladen* is hier toe te rekenen.

Een dergelijke toename der Alpine metamorfose naar de diepte toe is ook in de Betische ketens waar te nemen.

In de Subbetische ketens, valt de geringe graad en het slechts plaatselijk voorkomen der dynamometamorfose op, ondanks het feit, dat sterke plooiingen en overschuivingen hebben plaats gevonden. Wij bevinden ons hier in het hoogste dekblad, (Subbetische dekblad in ruimen zin) dat over de Betische dekbladen heen in het voorland werd geschoven (zie bijv. de handstukken uit de omgeving van Jaen 1197, 1199 tot 1201, 1205, 1207, 1209 tot 1212 en van de Sierra Elvira 1029 tot 1044). Aan de basis der Subbetische ketens (in de Sierra Harana) zijn de jura-kalken nog wel dicht en massief (h.st. 916 d.d., 920, 945, 969 d.d., 977 d.d., 981 d.d., 1022, 1046 d.d., 1049 d.d.), op sommige plaatsen zijn ze echter dolomietisch en breccieus (h.st. 914, 915, 1011 d.d., 1021 d.d., 1046 d.d., 1047, 1050 d.d., 1081 d.d.). De kalkzandsteenen, die zich tusschen de jura bevinden, zooals ten N. van Diezma, bij de Prado Negro en de Peñon de la Mata, vertoonen sterke kataklase der kwarts en veldspaten (h.st. 917 d.d., 1051 d.d.).

De permo-trias onder deze massieve liaskalken vertoont een belang-

rijke dynamometamorfose, welke in intensiteit niet onder doet voor dergelijke verschijnselen in de hieronder liggende Alpujarriden (h.st. 936 d.d., 992 d.d., 993 d.d., 1005 d.d.).

In de Alpujarriden zijn vaak gansche dekbladen uitgewalst of verschubd. De triaskalken en dolomieten zijn steeds endogeen breccieus, kristallijn en sericietisch of glimmerhoudend. De leien zijn in fyllieten overgegaan, de kwartsieten hebben mortelstructuur.

In de kristallijne schisten zijn de unduleus uitdoovende kwarts en muscoviet tot slieren uitgetrokken. De granaten bezitten aan weerszijde een hof, wat van de interne differentieele bewegingen langs de schistvlakken, waarbij de granaat een obstakel vormde, getuigt (bijv. d.d. 926). [1])

Onder de Alpujarriden treffen we de conglomeratische mergels (in ruimen zin, zie pag. 47 en 48) en de complexe-zone, waarin een overgang der epizonale Alpine metamorfose naar de mesozonale Alpine metamorfose valt waar te nemen.

De conglomeratische mergels (s.l.), zooals ze bijv. ten O. van Lanjaron voorkomen, zijn een echte tektonische dooreenkneding van triasfyllieten, triaskalken, mergels, gips, marmers etc. („Knetgesteine" van Heim, VII, 5, pag. 93), (voorb. h.st. 172, 176, 180, 248, 261, 262). De gebande glimmermarmers zijn intensief en schijnbaar plastisch geplooid, zonder dat zij hun samenhang daarbij verloren hebben.

Er valt hier dus een overgang waar te nemen naar de diepere zone der (schijnbaar) plastische deformatie. Het is echter duidelijk, dat deze niet voor alle gesteenten tegelijkertijd bereikt wordt. De zachte mergels en kristallijne kalken, die door oplossings-omzettingen en glijding gemakkelijk deformeerbaar zijn, komen eerder in het bereik hiervan dan kwartsieten e.d., die nog een echt kataklastisch uiterlijk kunnen vertoonen. [2])

Uit de vloeiend verloopende, dichtgedrukte,, liggende plooien die vaak in de glimmerkwartsieten in de Sierra Nevada zijn waar te nemen valt echter af te leiden, dat ook deze op een diepte zijn gedeformeerd, die met de zone der (schijnbaar) breuklooze, plastische

---

[1]) Door latere erosie trad een terugloopende metamorfose op; biotiet, chloriet, kwarts werden nieuw gevormd en verdringen o.a. ook de granaten. Dat de biotiet in hoofdzaak Post-alpine is, volgt uit de waarneming, dat ze meestal geen lensvormige slieren vormt, doch hypidiomorf, niet unduleus en meestal ook niet volgens de schistositeit gericht is (bijv. d.d. 1145).

[2]) Zie ook noot [1]) volgende pagina.

deformatie overeenkomt. [1]) Op deze diepte bevindt zich ongeveer de mesozone van de indeeling van Grubenmann, waarin de „Bündner Schiefer" van het Penninicum der Alpen ontstonden.

Uit de toenemende metamorfose vanaf de Subbetische ketens naar de Alpujarriden kunnen we dus zeggen, dat het „venster" der Sierra Nevada zich op een tektonische diepte bevindt, waar een Penninische metamorfose van het mesozoïcum te verwachten is.

Uit de studie der metamorfosen volgt dus de mogelijkheid, dat de gesteenten der complexe-zone en de Sierra Nevada-schisten gedeeltelijk mesozoïsch zijn.

In de Betische ketens zijn geen batholieten bekend.

De geringe diepte, die voor ons de erosie van den bouw der Betische ketens heeft blootgelegd, is vermoedelijk de oorzaak dat wij nergens de hoogste graad van metamorfose, de radicale insmelting der gesteenten door een opdringende batholiet-intrusie waarnemen, zooals bijv. het karakter van het Bergeller massief in de Alpen volgens de onderzoekingen van Cornelius [2]) en Staub [3]) blijkt te zijn.

Vergelijking der facies.

Het verschil tusschen de Subbetische en de bovenste Betische dekbladen (Alpujarriden) is scherper dan tusschen Grisoniden en Tiroliden. Zoowel Tiroliden als Grisoniden bezitten trias in nerietische facies, beide bezitten jura en krijt in hun mesozoïsche sedimentmantels. Zij worden hoofdzakelijk op tektonische gronden onderscheiden. De Alpujarriden en de Subbetische dekbladen worden daarentegen ook door zeer sterke facieele verschillen gemarkeerd.

De Subbetische dekbladen bezitten lagunaire en de Alpujarriden nerietische trias. [4])

---

[1]) De kataklase, kleine verschuivingen enz. die in alle gesteenten, ook van de diepst ontbloote gedeelten, waarneembaar is, zijn waarschijnlijk grootendeels het gevolg van de latere samenpersingen van het gebergte in het mioceen, toen de groote overschuivingen reeds tot stand gekomen waren. Het gebergte was toen reeds door de erosie sterk gedenudeerd, waardoor de diepere zones in de epizone gekomen waren.

[2]) H. P. Cornelius. Geologische Beobachtungen im Gebiete des Fornogletschers. Zentrallblat Min. etc. 1913.

[3]) R. Staub. Geol. Beobachtungen am Bergeller Massiv. Viertel Jahrsschrift der Naturf. Ges. in Zürich 1918.

R. Staub. Uber den Bau des Monte della Disgrazia. Viertel Jahrsschrift der Naturf. Ges. in Zürich 1921.

[4]) Zie voor een nadere vergelijking hiervan met de Alpine-trias onder Stratigrafie, pag. 50—52.

De Subbetische dekbladen bezitten jura en krijt, terwijl deze in de Alpujarriden niet zijn aangetoond. Slechts wanneer het nummuliticum, dat in Almería bijv. veel voorkomt, *ook* een bouwsteen der Alpujarriden is, hetgeen nog niet vaststaat, zou dit de *eenigste* Posthercynische formatie zijn die in facies met de Subbetische afzettingen overeenkomt. Er is dus een sterke facieele tegenstelling tusschen de Alpujarriden en de Subbetische dekbladen, die uit het Zuiden zijn overschoven.

De geheele Dinarische Noordkust van Afrika met haar Zuidwaarts gerichte overschuivingen bezit trias in typisch Germaansche of lagunaire facies. De facies der Subbetische trias komt geheel overeen met deze trias, hetgeen voor hun oorspronkelijken samenhang pleit. Deze overeenkomst in facies bestaat ook tusschen de kalk-Alpen van de Tiroliden en de Dolomieten in de Dinariden. Ook deze zijn oorspronkelijk naast elkaar afgezet. Een onderscheid met Zuid-Spanje en het Rif is echter, dat de trias hier in beide nerietisch tot bathyaal ontwikkeld is.

Terwijl dus de Zuidzijde der Thetys-zee in haar Westeinde zwak overstroomd vastland was, schijnt zij zich oostwaarts gaande, zooals Staub opmerkt [VII, 14, pag. 228], weer te verbreeden. Wij nemen n.l. waar, dat de lagunaire trias der Subbetische ketens overgaat in de meer nerietische trias der Balearen welke het oostelijk verlengde der Subbetische ketens vormen.

Daar omtrent het karakter der diepere Betische eenheden (dekbladen?) weinig zekerheid bestaat, heeft voorloopig een vergelijking van hun facies met het Penninicum weinig zin. Wanneer alleen de kalkrijke complexe-zone de equivalenten van de kalkfyllieten in de Bündner schiefer bevat, komen deze in Spanje slechts in sterk gereduceerde mate voor.

Conclusie.

Wij zien uit het bovenstaande, dat de parallelen tusschen de Betische ketens en Oost-alpen, die door Brouwer en Staub zijn aangegeven, in allerlei kwesties van algemeenen aard doorgetrokken konden worden.

Wij hoeven slechts te wijzen op de algemeene toename der Alpinemetamorfose naar de diepte, op het verloop der uitwalsingen met het achterblijven der kristallijne kernen, op de inwikkelingen en overschuiving der hoogere dekbladen door dieper liggende dekbladen ten N. der Sierra Nevada-culminatie, op de aanwezigheid van een

sterk verschubden en gelamineerden mantel om de Sierra Nevada-dom, als de Matreier-zone om het Tauern-venster.

Daarbij bleken verschillen, als de tegenstelling in facies der trias in de Subbetische- en Bovenste Betische dekbladen (Alpujarriden) en het feit, dat ten Zuiden der Sierra Nevada niet direct de wortelzone, doch de kalkrijke Alpujarrasketens gelegen waren, slechts plaatselijke en geen principieele beteekenis te hebben.

Als verschil geeft Staub nog aan de veel geringere opeenhooping van dekbladen. In de Betische ketens kon hij er slechts drie onderscheiden, in de Oost-Alpen zijn er wel 10—12. Dit lijkt mij echter meer het gevolg te zijn van onze geringe kennis van het gebergte. Waar Staub van Granada Decke spreekt blijken er reeds drie dekbladen aanwezig te zijn, n.l. het Guajar-, het Lanjaron- en het Lujar-dekblad.

Ook de Subbetische ketens bestaan uit vele schubben en dekbladen zooals de onderzoekingen van Nicklès, Douvillé en Gentil en de waarnemingen in de Sierra Harana bij Diezma en Prado Negro bewijzen.

Slechts de dom der Sierra Nevada schijnt aan verdere analyse weerstand te bieden, doch het is mogelijk, dat de afwezigheid van gidshorizonten of de geringe diepte waartoe zij door de erosie werd blootgelegd, de oorzaak van dezen schijnbaren robusten eenvoud zijn.

De treffende analogieen tusschen den bouw der Betische ketens en de Oost-Alpen wijzen echter op de gelijkwaardigheid van den bouw van deze meer dan 400 k.m. lange bergketens in Zuid-Spanje met het klassieke dekbladengebergte van Centraal-Europa.

APPENDIX.

PETROGRAFIE.

In den tekst zijn bij de beschrijving der verschillende gesteentegroepen de nummers der door mij verzamelde handstukken en bijbehoorende dunne doorsneden vermeld. Deze bevinden zich allen in de collectie Spanje van het Instituut voor Mijnbouwkunde te Delft.

In de volgende pagina's zal een korte beschrijving gegeven worden der dunne doorsneden en daarbij de indeeling gevolgd worden, die bij het hoofdstuk Stratigrafie gebruikt is.

A. BOUWSTEENEN DER BETISCHE KETENS.

1. **Kristallijne schisten van de Sierra Nevada.**

Hiervan werd slechts een dunne doorsnede gemaakt uit eigen collectie. Voor het overige zie men de publicatie van Brouwer (Geol. Rundschau 1926, Heft 2) met de voorloopige beschrijving der gesteenten door Prof. Brouwer en Zeijlmans van Emmichoven verzameld op den tocht van Ugijar naar La Calahorra in 1925.

167. *Veldspaathoudende grafietchlorietglimmerschist.* Uit de Rio Lanjaron ten N.O. van Lanjaron.

Het gesteente bestaat uit lagen en lenzen van unduleuzen kwarts, grafietrijken, kleurloozen glimmer, en chloriet (met lavendel blauwe interferentie kleuren).

De veldspaten vormen lensvormige oogen en bezitten grafiet, glimmer en kwarts insluitsels. Ze vertoonen geen polysynthetische tweelinglamellen en hebben een lager br. I. dan kwarts (orthoklaas of albiet).

Access: zoïsiet.

Sporadisch: zirkoon.

2. **Kristallijne schisten van het gebergte van Tocon.**

Alle kristallijne schisten, die in dit gebergte voorkomen, behooren tot de kristallijne basis van het Guajar-dekblad.

925 en 932. *Kwartsmyloniet met glimmerhuidjes.* Rio Fardes ten Z. van Diezma.

Alle stadia van overgang tusschen geheel vermalen en verwreven kwarts via grootere kwartsfragmenten met mortelstructuur tot groote unduleuze en kataklastische kwarts individuen. Fijne huidjes van uitgewalsten, kleurloozen glimmer verdeelen het gesteente in langgerekte lenzen.

Access.: grafiet, rutiel.

Secundair: chloriet.

926. *Granaatglimmerschist.* Rio Fardes ten Z. van Diezma.

Het praeparaat vertoont laagjes en lenzen van unduleuzen, kataklastischen kwarts en unduleuzen, grafietrijken, kleurloozen glimmer. Hier tusschen komen granaten voor ter grootte van een speldeknop, welke aan de voor- en achterzijde een hof bezitten, die waarschijnlijk ontstaan is tijdens de interne differentieele bewegingen. De oorspronkelijke lagen werden bij deze bewegingen tot lenzen en schubben uitgewalst en bogen om de granaten heen, die bij deze bewegingen een obstakel vormden.

Tengevolge van de, op deze orogenese volgende erosie kwamen de granaten op een geringer diepte, waar zij niet langer stabiel waren. Kwarts en biotiet vervangen de granaat, zoodat in den bewegingshof nog slechts relicten der granaat liggen. De biotiet, die ook elders in het preparaat voorkomt, is niet uitgewalst, weinig of niet unduleus en vrij van grafiet, alles in tegenstelling met den muscoviet, hetgeen er op wijst, dat de muscoviet ouder is dan de orogenese en de biotiet pas daarna nieuw gevormd werd.

Deze Post Alpine nieuwvorming van biotiet, die in bijna *alle* praeparaten van de kristallijne schisten der Alpujarriden valt waar te nemen, staat in nauw verband met de tektoniek.

Door de orogenese werden n.l. de schisten geschoven over de dolomieten, die de bovenste afdeeling van de triaskalken vormen. Het circuleerende grondwater was hierdoor rijk aan magnesium, en door deze nieuwe physisch-chemische omstandigheden werd de nieuwvorming van magnesiumglimmer (biotiet) bevorderd.

Er bestaat dus een aardige overeenkomst tusschen de algemeene geologie van het gebied en deze petrografische waarneming.

930. *Kwartsietische granaatglimmerschist.* Rio Fardes ten Z. van Diezma.

Mikroscopisch bestaat het gesteente uit lenzen en laagjes van unduleuzen, kataklastischen kwarts, gescheiden door glimmerhuidjes, waarin de grafiet zich ook voornamelijk geconcentreerd heeft. De lagen buigen zich als in 926 om de granaatporfieroblasten heen, welke de grootte van een speldeknop bezitten.

Ook hier vervangen biotiet en kwarts de granaten, wier relicten nog slechts een gedeelte innemen van den bewegingshof, dat door hen tijdens de orogenese veroorzaakt werd.

De biotiet is evenals in 926 Post-Alpine.

Access: Groote zirkoonkorrels en pleochroïtische, blauwe toermalijn zuiltjes.

Secundair: Chloriet en limoniet.

1089. *Chiastolietstaurolietglimmerschist* uit het bekken van Tocon.

Mikr.: Unduleuze kwarts; grafietrijke, meestal unduleuze muscoviet; hypidiomorfe, Post-Alpine biotiet; veldspaat (soms polysynthetisch vertweelingd).

Voorts chiastoliet porfieroblasten als groote, rechthoekige doorsneden, waarin het grafiet pigment gedeeltelijk volgens de kristallen geörienteerd is, gedeeltelijk als helicietische slieren er doorheen loopen.

Stauroliet, (pleochr. licht-donkergeel, hooge br. I., lage d. b., pos. ellipsligging, kleine onregelmatige zuiltjes en korrels).

Access: toermalijn, rutiel, zirkoon.

1097*a*. *Glimmerkwartsiet* bij Quentar.

Unduleuze, kataklastische kwarts met slieren van kleurloozen glimmer.

Access: toermalijn, grafiet.

Secundair: chloriet, limoniet.

1097*b*. *Fyllietische glimmerschist* bij Quentar, alterneerend met 1097*a*.

Voornamelijk grafietrijke, kleurlooze glimmer met weinig kwarts. Sporadisch: toermalijn.

Aansluitend bij de kristallijne schisten van de basis van het Guajardekblad in het gebergte van Tocon is het volgende praeparaat van een erosierest van schisten ten W. van Padul op de kalken van de Sierra Albuñuelas.

1145. *Chiastolietgranaatglimmerschist.*

Wild gestuwde, unduleuze, grafietrijke, kleurlooze glim-

mer, waartusschen veel kwartskorrels die slechts weinig unduleus zijn.

Voorts veel Post-Alpine hypidiomorfe biotiet en ook muscoviet, die niet unduleus zijn.

Kleine granaten, die door biotiet vervangen worden. Chiastoliet, met helicietische structuur in de unduleuzen, grafietrijken glimmer.

3. **Kristallijne schisten uit de omgeving van Lanjaron.**

Deze behooren, evenals de schisten uit het gebergte van Tocon, allen tot de kristallijne basis van het Guájar-dekblad.

198*a* d.d. *Kwartsiet* ten N.W. der Puente d'Ifo.
Voornl. kataklastische kwarts. Secundair calciet en chloriet.

199. *Granaatkwartsiet* ten N.W. der Puente d'Ifo.
Unduleuze, fijnkorrelige kwarts, waarin tamelijk groote granaten met soms helicietische grafiet insluitsels. Voorts komt in het praeparaat veel Post Alpine biotiet voor, die waarschijnlijk samen met kwarts, de granaat gedeeltelijk vervangt.
Secundair: Chloriet.

200. *Myloniet* van een breukvlak ten N.W. der Puente d'Ifo.
Regelloos dooreen liggen: kwarts, kalk, veldspaat (soms polysynthetisch), grafiet op kleine gekartelde barstjes, sericiet, chloriet.
Access. tot sporadisch: rutiel, zirkoon, epidoot.

200. *Staurolietschist.*
Stauroliet: groote, goed begrensde zuilen, met tweelingen volgens (032) en (232), hooge br. I., matige d. b., lichtgeeldonkergeel plëochroïtisch, rechte uitdooving, optisch tweeassig. Grafiet insluitsels veroorzaken soms een helicietische structuur. Onregelmatige sprongen $\perp$ op de zuil en somtijds tamelijk goed ontwikkelde prismatische splijting.
Grafiethoudende, unduleuze muscoviet is het oorspronkelijk gesteente bestanddeel. Kwarts (unduleus, kataklastisch) komt weinig voor, behalve een ader die door het praeparaat loopt. Als jongste mineraal treedt overal biotiet op in vrij groote hypidiomorfe lappen.
Access: toermalijn, amfibool (bleekgroen, 120° prismatische splijting).
Secundair: Chloriet.

209. *Fyllietische schist* op de kalken van het Lanjaron-dekblad bij den oorsprong van bar. X ten Z. van Lanjaron.

Het gesteente bestaat uit kataklastischen kwarts en unduleuzen, uitgewalsten muscoviet.

Access: Grafiet, zoïsiet.

Sporadisch: zirkoon.

Secundair: Chloriet en limoniet.

273. *Veldspaathoudende grafietglimmerschist.* Westoever der Tejarillo.

Unduleuze, uitgewalste muscoviet, waarin lenzen van zonair gebouwde veldspaten zonder polysynthetische tweelingen (soms Karlsbader tweelingen).

Access: Epidoot en clinozoïsiet.

284. *Granaatstaurolietglimmerschist* van den bodem van bar. VII ten W. van Lanjaron.

Het gesteente bestaat uit unduleuzen kwarts met slieren sericietischen, kleurloozen glimmer, waarin liggen: verscheidene onregelmatige granaat porfieroblasten met grafiet insluitsels en vrij veel licht tot donkergeel pleochloroitische stauroliet.

Biotiet komt veel voor, xenoblastisch tusschen de kwartskorrels.

Access: grafiet, toermalijn.

285. *Kalkhoudende epidootgneis* van den bodem van bar. VII ten W. van Lanjaron.

Hoofdbestanddeelen zijn: Unduleuze, kataklastische kwarts in lagen en lenzen, die alterneeren met zeer groote unduleuze lappen muscoviet en biotiet. Calciet treedt in de helft van het praeparaat als grondmassa op. Voorts komen voor: Veldspaat (vrij groote kristallen met polysynthetische tweelingen); epidoot en clinozoïsiet (de laatste soms in zonale vergroeiing met epidoot, waarbij de interferentiekleur naar de rand door toename van het ijzergehalte van grauwblauw in heldergeel, rood enz. overgaat).

Access: toermalijn (zonaal), erts.

Secundair: Chloriet en limoniet.

292. *Granaatandalusietstaurolietglimmerschist* van de rug tusschen de Rio Tejarillo en de bar. VII (Amandeltuinen). Lagen en lenzen van unduleuzen kwarts, muscoviet en biotiet (tot chloriet, limoniet en rutielnaaldjes verweerende).

Hierin liggen vele kleine granaten met grafietische kern, die vaak aan diaphtorese onderhevig zijn, waarbij vooral de kern in biotiet wordt omgezet en soms een stroom biotiet (tot chloriet verweerend) uit den granaat komt.

Andalusiet; splijting onder 90°, rechte uitdooving, negatieve ellipsligging, lage d. b.

Stauroliet; onregelmatige zuilen, licht tot donkergeel pleochroitisch, pos. ellipsligging, rechte uitdooving, matige d. b., scheeve doordringingstweeling (232).

Voorts komt veel pigment over het heele praeparaat verspreid voor.

293. *Granaatkwartsiet.* Rug tusschen de Rio Tejarillo en bar. VII (amandeltuinen). Alterneerend met 292.

Fijnkorrelige, unduleuze, kataklastische kwarts met calciet en chloriet tusschen de korrels.

Eenige relicten van granaat.

Access: Biotiet, tot chloriet verweerend epidoot en zoïsiet.

Sporadisch: Zirkoon.

295. *Glimmerschist.* Rug tusschen de Rio Tejarillo en bar. VII (amandeltuinen).

Uitgewalste unduleuze, grafiethoudende muscoviet en unduleuze kataklastische kwarts, waartusschen veel chloriet met rutielnaaldjes.

Access: stauroliet (geel pleochr.); cyaniet (scheeve uitdooving, hooge br. I, lage d. b., volkomen splijting // en ⊥ de zuil, pos. ellipsligging); toermalijn (zonaal).

298. *Kwartsietische glimmerschist* van de rug tusschen de Rio Tejarillo en bar. VII (amandeltuinen).

Kwarts vormt 't hoofdbestanddeel (unduleuze korrels), en wordt omgeven door xenomorphen biotiet en (minder) muscoviet.

Access: Voorts komt voor zoïsiet; stauroliet (hooge br. I, lage d. b., rechte uitdooving, pos. ellipsligging, pleochr. lichtdonkergeel); toermalijn; grafiet.

313. *Fyllietische kwartsiet* op de kalken van het Lanjaron-dekblad ten Z. O. van Lanjaron (bij 316, 318 enz.).

Het gesteente bestaat uit unduleuzen, kataklastischen kwarts waartusschen enkele slieren en lagen van sericietischen, kleurloozen glimmer.

Access: Toermalijn, rutiel, zirkoon, zoïsiet.
Secundair: Chloriet, calciet, limoniet.

316. *Granaatglimmerschist* òp de triaskalken van het Lanjarondekblad ten O. der V^a del Diablo (omgeving van Lanjaron).

Laagjes en lenzen van uitgewalsten, kleurloozen glimmer, welke geheel door grafiet overstoven is en unduleuze kwartskorrels.

In de muscoviet liggen veldspaatlenzen, welke soms polysynthetisch vertweelingd zijn.

Verscheidene tamelijk groote granaten. Een limoniet randje omgeeft hun vaak en dringt langs spleetjes er in door.

Voorts komt veel nieuwgevormde biotiet voor.

Access: Stauroliet.
Sporadisch: Toermalijn, zirkoon.
Secundair: Chloriet, limoniet.

318.) *Fyllietische schist.* Op de kalken van het Lanjaron-dekblad
320.) ten Z.O. van Lanjaron.

Het gesteente bestaat uit unduleuzen, kataklastischen kwarts waarin vele slieren en lagen van unduleuzen, uitgewalsten glimmer.

Access: grafiet, toermalijn, zoïsiet.
Sporadisch: zirkoon, rutiel.
Secundair: Chloriet.

357. *Glimmerschist.* Westoever Rio Tejarillo.

Intensief geplooide laagjes van unduleuzen kwarts en muscoviet.

Access: toermalijn, zirkoon, rutiel, zoïsiet, biotiet, grafiet.
Secundair: chloriet.

Schisten van de Zuidkust ten W. van Motril.

1152. *Sillimanietgneis* uit het kristallijn van het Lanjaron-dekblad bij Almuñecar.

Poikiloblastisch gesteente; in groote albiet-xenoblasten liggen: unduleuze of idioblastische muscoviet, voorts idioblastische biotiet, toermalijn, sillimaniet, etc.

De albiet of oligoklaas (br. I is gelijk of lager dan de balsem), bezit polysynthetische tweeling lamellen en tengevolge van muscoviet en grafietslieren een helicietische structuur.

Met de veldspaatrijke gedeelten alterneeren lagen van unduleuzen kwarts en hypidiomorfen biotiet.

Access: Sillimaniet in kleurlooze vezels met dwarsafzondering, rechte uitdooving, + ellipsligging, vrij hooge d. b. en br. I.

Voorts toermalijn, stauroliet, erts, grafiet, zirkoon.

1151. *Epidootamfibool gesteente* op het strand van Almuñecar bij de mond van de Rio Verde, behoorende bij het kristallijn van het Lanjaron-dekblad.

Het gesteente bestaat uit groote stengelige amfibool kristallen (licht-donkergroen pleochr.) benevens korrels en zuilen van epidoot (licht-donkergeel pleochroïtisch).

Access: calciet, kwarts, titaniet.

1157. *Granaatglimmerschist* op de dolomieten van de Sierra Tejeda ten Westen van Frigiliana, waarschijnlijk behoorende bij het kristallijn van het Guajar-dekblad.

Uitgewalste lenzen van kleurlooze, grafietrijke glimmer en lenzen van kwartskorrels.

In de glimmer komt chiastoliet voor met helicietische structuur. Voorts hypidiomorfe biotiet die ontstaan is, nadat tengevolge van de Alpine tektoniek de schisten op de magnesium rijke dolomieten van de Sierra Tejeda geschoven waren.

Kleine granaten, die weer gedeeltelijk door biotiet (en limoniet) vervangen worden.

Complexe-zone.

Het ontbreken van of de armoede aan biotiet is een typisch onderscheid tusschen de gesteenten van de complexe-zone en de kristallijne schisten der Alpujarriden.

a. Glimmermarmers en dolomieten.

163. *Glimmerdolomiet* uit de anticline van witte en roze dolomieten tusschen bar. I en II van de complexe-zone ten O. van Lanjaron.

Matig tot grofkristallijne dolomiet (geen polysynthetische tweelingen) met in de laagrichting gestrekte muscoviet pakketjes.

Access: erts.

174. *Contact van marmer en glimmerschist.* Rechter oever van bar. I. Complexe-zone ten O. van Lanjaron.

De marmer is grofkristallijn, dolomietisch en bevat glimmer en kwartskorrels.

De schist bestaat uit unduleuzen, uitgewalsten muscoviet en unduleuze, kataklastische kwarts nodulen met fraaie mortelstructuur. Verder bevat ze nog tot chloriet verweerenden biotiet en calciet.

Access: toermalijn, epidoot, clinozoïsiet, chloriet, erts.

Sporadisch: titaniet, zirkoon.

235. *Granaatglimmermarmer.* Uit den oorsprong van bar. II ten O. van Lanjaron.

Een buitengewoon grof kristallijn gesteente.

De hoofdbestanddeelen zijn:

Calciet: grofkristallijn.

Muscoviet: groote, lensvormige uitgewalste, unduleuze lappen.

Kwarts: unduleuze, kataklastische lenzen.

Epidoot en clinozoïsiet: groote zuilen met hooge en zeer lage interferentie kleuren, soms zonaal met elkaar vergroeid, waarbij de d. b. naar den rand toeneemt van grauwgrijs tot geel en rood. De zuilen zijn vaak gebroken.

Veldspaat: slechts enkele kristallen.

Granaat: een zeer groot individu met zeefstructuur.

Access: toermalijn, ilmeniet (met leucoxeen verweering), pyriet, biotiet (tot chloriet verweerend), titaniet.

Secundair: chloriet, limoniet.

1095. *Albietmarmer.* Zuidoever Rio Genil bij Güejar Sierra.

Grofkristallijne marmer met gebogen tweelinglamellen, waarin unduleuze kwartskorrels en zeer groote, goed begrensde albiet kristallen, welke echter vaak min of meer gekraakt en uiteen getrokken zijn.

De albiet heeft iets lager br. I dan de balsem. De door middel van verdund zoutzuur uitgeprepareerde kristallen hebben 15—20° uitdooving op M. (010) t.o.v. de ribbe van M en P (001). Met behulp van de *Federow*methode werd van enkele kristallen de assenhoek bepaald (76°, 77°, 80°) en het optisch karakter bleek positief. We hebben hier dus met vrijwel zuivere albiet te maken. De kalkarmoede van deze plagioklaas is opmerkelijk in verband met haar voorkomen in een calcium carbonaat gesteente.

b. Conglomeratische mergels.

250. *Mergel* van de rug tusschen bar. I en bar. II ten Oosten van Lanjaron.

Microscopisch: Fijn tot grofkristallijne kalk met veel, unduleuze kwartskorrels, veldspaten en enkele unduleuze muscoviet schubjes.

Access: erts, tot limoniet verweerend.

259 en 262. Conglomeratische *mergels* uit bar. I ten Oosten van Lanjaron.

Dichte tot fijnkristallijne, ietwat bitumineuze kalk, waarin unduleuze, kataklastische kwartskorrels, sericiet (soms in nodulen), veldspaat fragmenten (soms polysynthetisch tweelinglamellen), tamelijk groote muscoviet pakketjes.

Access: toermalijn, rutiel.

Secundair: limoniet.

c. Overgang van gebande marmer in congl. mergel.

1093. *Mergel* van de Z.-oever der Rio Genil bij Güejar Sierra.

Fijnkristallijne kalksteen met unduleuzen kwarts en veldspaat (soms polysynthetisch vertweelingd), door limoniet plaatselijk bruin gekleurd.

Access: haematiet schubjes.

d. Granaatglimmerschisten.

179. *Granaatglimmerschist* tusschen de marmers van bar. I en de anticline van dolomieten tusschen bar. I en II in de complexe-zone ten O. van Lanjaron (te dik geslepen praeparaat).

Unduleuze, kataklastische kwartskorrels en glimmer schubben, waarin één groote, rose granaat met helicietische insluitsels.

Access: Toermalijn, epidoot, clinozoïsiet, rutiel, erts.

Secundair: chloriet en limoniet.

193. *Granaatglimmerschist* uit de bar. de Salado ten W. van Lanjaron.

Uitgewalste, unduleuze muscoviet en kwartskorrels, waarin talrijke grootere en kleinere granaten en toermalijn zuiltjes.

Access: clinozoïsiet, toermalijn, zirkoon, rutiel, pyriet.

Secundair: chloriet, limoniet.

188 en 237. *Veldspaathoudende granaatgrafietchlorietglimmerschist* uit de rug tusschen bar. I en bar. II ten O. van Lanjaron.

Behalve het voorkomen van eenige kleine granaten en wat secundaire calciet, komt dit gesteente geheel overeen met No. 167, een kristallijne schist der Sierra Nevada. Het gesteente komt niet alleen of voornamelijk in de complexe-zone voor en is dus niet typisch voor die zone. Het is mogelijk, dat het door tektonische menging in de complexe-zone, welke hier ook karakter van een mengzone bezit, is terecht gekomen.

e. Paragneisen.

172. Sterk kataklastische *gneis* uit de waterleidingtunnel aan den hoofdweg tusschen baranco I en II ten O. van Lanjaron.

Groote, unduleuze veldspaatfragmenten en kwartskorrels liggen in een grondmassa van calciet of chloriet. Voorts veel unduleuze, uitgewalste muscoviet, epidoot, clinozoïsiet, toermalijn, granaat, haematiet en gips.

Dit gesteente behoort reeds tot de mengzone der gipsrug, omdat gips en kalk der trias met een gneis der complexe-zone verkneed zijn.

178. *Oogengneis* uit den oorsprong van bar. I onder glimmermarmers, Complexe-zone ten O. van Lanjaron.

Hoofdbestanddeelen:

Veldspaten; zeer veel, meestal vrij groote kristallen van albiet, orthoklaas en mikroklien. Een groot kristal van mikroklienmikroperthiet is waarschijnlijk ontstaan door de verplaatsing van dit katagesteente in de mesozone, hetzij t.g.v. de tektoniek, hetzij t.g.v. de erosie. [1])

Kwarts; unduleus-kataklastisch.

Muscoviet; zeer grof kristallijn, unduleus.

Access: Toermalijn (soms zonaal, bruin en violet), zoïsiet, erts.

Secundair: Chloriet.

253. *Oogengneis.* Uit den oorsprong bar. I onder de glimmermarmers, Complexe-zone ten O. van Lanjaron.

Hoofdbestanddeelen zijn:

Veldspaat, zeer groote porfieroblasten van mikroperthiet en albiet. Ze zijn soms doorzeefd met insluitsels. Doordat deze 't meest in de kern voorkomen kan een eenigszins zonale bouw ontstaan. De insluitsels bestaan uit biotiet, kwarts, epidoot en calciet. De tweelinglamellen zijn vaak gebogen.

[1]) Zie: Grubenmann-Niggli. Die Gesteinsmetamorphose I, pag. 401.

Kwarts: vele unduleuze korrels.
Biotiet: groote, hypidiomorfe lappen.
Access: toermalijn. Epidoot en clinozoïsiet in vrij talrijke onregelmatige zuiltjes.
Secundair: calciet.

f. Amfiboolgesteenten.

171. *Granaatamfiboliet.* Oorsprong van bar. IV. Gelegen op de noordwaarts hellende glimmermarmers ten O. van Lanjaron.
Zeer groote, rose granaatporfieroblasten doorzeefd met insluitsels van kwarts en glimmer, liggen in een granoblastische grondmassa van groene hoornblende, weinig veldspaat, unduleuze kwarts, clinozoïsiet (groote lappen met sterke dispersie), epidoot, muscoviet.
Access: rutiel.
Secundair: calciet, chloriet, limoniet.

219. *Epidootamfiboliet* op de glimmermarmers der complexe-zone aan het Oosteinde der Gipsrug (Lanjaron).
Hoofdbestanddeelen zijn: Amfibool (pleochr. stengels met max. ± 17° uitdooving en pos. ellipsligging); epidoot en clinozoïsiet, veldspaat (meestal orthoklaas met Karlsbader tweelingen); kwarts (unduleus); klinochloor (lichtblauwgroen pleochroïtisch), d. b. matig (helder grijs) ellipsligging // de splijting, optisch karakter positief.
Access: rutiel, erts.
Secundair: calciet.

1099. *Amfiboolgneis* uit de complexe-zone bij Padules.
Bleekgroene amfibool, doorzeefd met veldspaat, zoïsiet en kwarts.
Access: rutiel en kleurlooze glimmer.

g. Granulieten.

153. Groote, ± 100 m. lange, en ruim 1 m. dikke *witte gneislens* in de schisten der Rio Lanjaron onder de complexe-zone.
Praeparaat te dik geslepen.
Vele tamelijk groote veldspaatxenoblasten en unduleuze kwartskorrels, doorzeefd met kleine muscoviet en kwarts insluitsels.
Access: zoïsiet.
Secundair: Chloriet.

238. *Witte gneislens.* Van de oorsprong van bar. II in de complexe-zone ten O. van Lanjaron.

Een kataklastisch mengsel van kwarts (mortelstructuur), veldspaat (soms Karlsbad en polysynthetische tweelingen) en lensvormigen, unduleuzen, grofkristallijnen muscoviet.

Access: clinozoïsiet en epidoot, erts, zirkoon.

Secundair: Chloriet en rutiel, vermoedelijk door verweering uit biotiet of amfibool ontstaan.

263. *Witte gneislens (Albietiet)* uit de oorsprong van bar. II in de complexe-zone ten O. van Lanjaron.

Het gesteente bestaat bijna geheel uit veldspaat, die sterk kataklastisch en unduleus is, met mortelstructuur en gebogen lamellen. Door de dynamische invloeden is een soort gelaagdheid ontstaan. Kwarts komt weinig voor, evenzoo glimmer.

Enkele lapjes zoïsiet.

Access: erts, zirkoon, rutiel.

Secundair: chloriet, limoniet, calciet.

TRIAS.

Triasfyllieten en kwartsieten uit het gebergte van Tocon.

De gemaakte praeparaten behooren alle drie tot de kwartsieten van het Roode-dekblad.

1080. *Roode glimmerkwartsiet* van het Roode-dekblad ten Z.W. van Tocon.

Het gesteente bestaat uit kataklastischen kwarts (mortelstructuur), met sericietische tot grofkristallijne unduleuze muscovietkristallen. De groote muscovietkristallen alterneeren soms met chloriet.

Access: IJzeroxyden, grafiet, toermalijn, zoïsiet, rutiel.

Over het algemeen een tamelijk grof kristallijn gesteente, dat door de grootte der muscovietkristallen en het voorkomen van toermalijn, zoïsiet, rutiel, meer overeenkomst vertoont met de kristallijne schisten van het Guajar-dekblad dan met de normale triasfyllieten (zie No. 190, 210, 214, 215, 327, 328, 329).

1125. *Roode fyllietische kwartsiet* van het Roode dekblad in de omgeving der V^{a} del Molinillo. Unduleuze, kataklastische kwarts en enkele veldspaatkorrels (o.a. mikroklien) met undu-

leuzen glimmer. De roodkleuring wordt door Fe-oxyden veroorzaakt.

Access: toermalijn.

Secundair: Chloriet.

1130. *Roode fyllietische kwartsiet* ten Z. van Rio de las Minas. Mikroscopisch als 1125.

Triasfyllieten uit de omgeving van Lanjaron.

Deze behooren allen tot de (trias)fyllieten van het Lanjarondekblad.

Opmerkelijk is dat ze *allen* calcietrijk zijn, waardoor ze zich van de kristallijne schisten onderscheiden.

190. *Epidootkalkglimmerschist* uit de gipsrug ten O. van Lanjaron tusschen bar. II en III.

In het gesteente komt als hoofdbestanddeel epidoot voor in den vorm van kleine, kleurlooze zuiltjes. Voorts groote, unduleuze, kataklastische kwartskorrels, muscoviet en veel calciet.

Access: erts, zoïsiet, haematiet, toermalijn.

Secundair: weinig chloriet.

Dit gesteente is kristallijner en rijker aan accessorische mineralen dan de triasfyllieten overigens zijn.

210. *Grafietfylliet* onder de kalken van het Lanjaron-dekblad bij den oorsprong van bar. X.

Unduleuze kwarts, sericietische glimmer en grof kristallijne calciet met onregelmatige slieren van bruinzwart pigment.

Sporadisch: zoïsiet.

Secundair: weinig chloriet.

214. *Fyllietische glimmerschist* op de kalken van het Lujar-dekblad aan den mond van de Mojonera ten Z. van Lanjaron.

Lagen en slieren van unduleuzen, soms sericietischen glimmer waarin bruin zwarte pigmentkorrels alterneeren met lagen van unduleuzen, kataklastischen kwarts.

Access: Epidoot, zoïsiet, toermalijn.

Secundair: Chloriet, calciet.

215. *Veldspaatrijke kalkkwartsiet* tusschen de kalken van het Lanjaron-dekblad en het Lujar-dekblad. Bar. Mojonera (bar. IV) ten Z. van Lanjaron.

Mikroscopisch blijk het gesteente te bestaan uit unduleuzen kataklastischen kwarts, tamelijk veel veldspaten (in de kern

doorzeefd met insluitsels, soms polysynthetische tweelingen, en Karlsbader tweelingen), met calciet als bindmiddel.
Access: Muscoviet lapjes.
Sporadisch: toermalijn, zirkoon.
Secundair: chloriet en limoniet.

327. *Kalkkwartsiet.* Onder de kalken van het Lanjaron-dekblad aan de Z.O.-zijde van de syncline van Lanjaron.
Unduleuze kwartskorrels met calciet als bindmiddel.
Enkele schubjes muscoviet. Veel limoniet.
Access: Grafiet, toermalijn.

328*a*. *Kalkfylliet* onder de triaskalken bij de V^{a} del Diablo ten O. van Lanjaron.
Unduleuze kwarts, sericietische glimmer en chloriet met veel calciet, overstoven door grafiet. Een enkel polysynthetisch vertweelingd veldspaat kristal.
Sporadisch: zoïsiet.

328*b*. *Kalkkwartsiet:* alterneerend met 328*a*.
Unduleuze kwartskorreltjes met calciet als bindmiddel.
Weinig of geen muscoviet, spaarzaam chloriet en grafiet.
Sporadisch: toermalijn, zoïsiet, rutiel.

329*a*. *Kalkhoudende fyllietische kwartsiet.* Onder de triaskalken bij V^{a} del Diablo ten O. van Lanjaron.
Unduleuze, kataklastische kwarts met slieren sericiet.
Calciet komt in matige hoeveelheden voor tusschen de kwartskorrels.
Sporadisch: zirkoon.
Secundair: limoniet, die vooral de calciet bruin kleurt.

329*b*. *Kalkhoudende kwartsietische fylliet* alterneerend met 329*a*.
Sericietlagen en slieren, door grafiet troebel gekleurd alterneeren met laagjes en lenzen van korreligen, weinig unduleuzen kwarts. Plaatselijk vrij veel calciet tusschen de kwartskorrels.

Triaskalken en dolomieten uit het gebergte van Tocon.

928. *Dolomietische kalk* behoorende tot de onderste schub van het Guajar-dekblad van de mond der Rio Orcalate in de Rio Fardes.
Micr.: Korrelig kristallijne, meestal onvertweelingde dolomiet en bijkomstig grafiet.

929. *Glimmerhoudende kalk*, zelfde vindplaats als 928.

Mikroscopisch een onregelmatig kristallijne kalksteen met groote heldere calcietkristallen, waar tusschen partijen van bitumineuze, dichte kalk. Voorts talrijke pakketjes van kleurloozen glimmer, unduleuzen kwarts en tot limoniet verweerde ertskorrels.

951. *Sfalerіethoudende kalk* uit de zinkmijn ten Zuiden van de V^{a} del Molinillo.

Groene, bruingevlekte, isotrope sfaleriet verdringt metasomatisch de bitumineuze, fijnkristallijne kalk. De sfaleriet wordt omgeven door een krans van vrij groote calciet en kwartskristallen. De kwarts is een weinig unduleus, waaruit blijkt, dat de orogenetische bewegingen nog invloed op de ertsafzettingen hebben gehad.

957. *Kalkbreccie* aan de basis der triaskalk van het Roode dekblad ten N. van de Puerto Blanco. Een breccie van fijn tot grofkristallijne, somtijds bitumineuze kalk met als bindmiddel een poreuze, door Fe-oxyden bruingekleurde grondmassa.

Access: veldspaatkristallen.

965. *Kalkfylliet*, uit de kloof van de Rio Fardes, waar deze de groote oostelijke verschuiving van het gebergte van Tocon volgt.

Sterk kataklastisch gesteente, bestaande uit calciet: grof tot fijn kristallijn.

Muscoviet: onregelmatige, sterk gestuwde slieren.

Kwarts: tamelijk groote, unduleuze, kataklastische partijen.

Access: roodbruine ijzeroxyden, vooral de muscoviet vergezellend.

966. *Dolomietische kalk*, zelfde vindplaats als 965.

Een helder witte, breccieuze kalk welke microscopisch uit tamelijk groote karbonaatkristallen bestaat, welke gedeeltelijk geen of zeer grove polysynthetische tweelinglamellen bezitten. Eenige kalkadertjes loopen door het praeparaat.

991. *Myloniet* („Knetgestein" in den zin van Heim) aan de Noordzijde van het venster Puerto Blanco, waar, op het overschuivingscontact van de jura door de trias van het Roode dekblad, de roode fyllieten met de triaskalken tot een bonte breccie vermalen zijn.

Micr.: een poreus, breccieus gesteente, bestaande uit hoe-

kige fragmenten van dichten, bitumineuzen kalksteen; undu-leuze kataklastische kwarts en stukjes door haematiet rood-gekleurde fylliet of fyllietische kwartsiet. Als bindmiddel dient grofkristallijne calciet.

De volgende nummers zijn afkomstig van de grens van de trias-kalken van het Roode dekblad en de jurakalken uit de vensters. Op dit abnormale contact zijn beide vaak dolomietisch en breccieus en in dat geval is een scherpe grens moeilijk te leggen (zie pag. 105).

947. *Witte, saccharoïde, dolomietische kalk* op de grens van de jura en trias aan de Westzijde van het venster Puerto Blanco.
Mikr.: Een poreuze, fijn tot korrelig kristallijne dolomiet.

950. *Dolomietische kalk*, zelfde vindplaats als 947.
Fijn tot grof kristallijne, bitumineuze, dolomietische kalk.

980. *Kalk* van de N.-grens van het venster C° del Puerto.
Micr.: Fijn tot grofkristallijne, min of meer bitumineuze kalk, doorzet met calcietaders.

985. *Dolomietische kalk* van de N.-grens van het venster C°s Majadas.
Micr.: Poreuze, fijn tot grofkristallijne, ietwat bitumineuze dolomietische kalk, waarin accessorisch kwarts.

1018. *Kalk* tusschen de vensters C°s Majadas en los Pinares.
Fijn kristallijne, eenigszins bitumineuze kalk.

Triaskalken en dolomieten uit de omgeving van Lanjaron.

185. *Glimmerkalk* van het Lanjaron-dekblad ten O. van V^a del Diablo.
Grofkristallijne kalk waar tamelijk veel muscoviet, kwarts en erts.

229. *Kalkbreccie* van het Lujar-dekblad aan den mond van de Rio Mojonera (bar. IV).
Een bitumineuze, fijnkristallijne kalk, die een breccie vormt welke door bitumenvrije, grofkristallijne kalk weer wordt verkit.
Access: Unduleuze, kataklastische kwarts en tot limoniet verweerende haematiet.

302. *Dolomietische kalk* van het Guajar-dekblad op de Westoever van bar. VII.
Korrelig kristallijne dolomiet, welke door wisselend bitu-mengehalte gelaagd is. Unduleuze kwarts vormt een laagje,

overigens sporadisch. Enkele geheel tot sericiet verweerde veldspaat porfieroblasten met zonaal gerangschikte pigmentinsluitsels.

Access: tot limoniet verweerend erts.

325. *Glimmerkalk* van het Lanjaron-dekblad ten Z.O. van Lanjaron.

Grofkristallijne kalk met vele kleine kwartskorrels en door grafiet overstoven muscoviet.

367. *Kalkkwartsiet* tusschen de triaskalken van het Lanjaron-dekblad Rio Lanjaron ten Z.W. van Lanjaron.

Het praeparaat bestaat uit unduleuzen kwarts, door limoniet bruingekleurden calciet en weinig sericiet.

Access: zeer talrijke rutielnaaldjes, die het praeparaat vertroebelen.

Sporadisch: een toermalijnkristalletje.

203. *Witte marmer* afkomstig uit een kalkschol tusschen de kristallijne schisten van het Guajar-dekblad op den bodem van bar. VII.

Micr.: Grofkristallijne marmer met enkele pyrietkristalletjes.

Triasdolomieten van de Sierra Almijara en Sierra Tejeda.

1155*a* en *b*. *Dolomiet met tremoliet* uit de Sierra Tejeda (pas tusschen Frigiliana en Jayena ten Z.O. der C° Lucero).

Zeer grof kristallijne dolomiet met groote, radiaal stralige bundels van tremoliet.

1155*c*. Idem. Bevat bovendien groote lappen muscoviet, grafiet en limoniet.

1156. *Schisteuze dolomiet*, zelfde vindplaats als 1155.

Deze dolomiet bevat veel glimmer en tremoliet.

Access: Pyriet, grafiet.

Secundair: limoniet.

B. BOUWSTEENEN DER SUBBETISCHE KETENS.

Permo-trias uit het gebergte tusschen Granada en Guadix.

922. *Grauwacke* uit de grijze facies der permo-trias ten Z. van Diezma.

Sterk dynamometamorf gesteente, bestaande unduleuze, kataklastische kwarts (soms met mortelstructuur) en veld-

spaten (albiet en orthoklaas, Karlsbader en polysynthetische tweelingen, soms iets vertroebeld door verweering tot sericiet, overigens vrij frisch). Voorts groote kristallen van undulenzen, kleurloozen glimmer, biotiet en secundair door verweering gevormde chloriet. Kwarts, veldspaten en glimmerschubben liggen in een grondmassa van calciet, sericiet, chloriet, limoniet.

Access: grafiet en rutiel mikrolieten.

936. *Conglomeraat* uit de roode facies der permo-trias 350 m. ten Z. van Diezma. Microscopisch blijkt het gesteente geheel te bestaan uit sterk kataklastische kwartskorrels in een grondmassa van fijn vermalen, door ijzeroxyden bruinrood gekleurden kwarts.

993. *Fyllietische lei* uit de grijze permo-triasfacies ten N. van de V^{a} del Molinillo.

Onder het mikroscoop een homogeen mengsel van kleine muscovietschubjes, welke soms unduleus zijn. Door het praeparaat loopt een laagje met iets grover kristallijne bestanddeelen. Het geheel is door pigment overstoven.

1001. *Orthofier* (of *syenietporfier*) op de grens der permo-trias en het nummuliticum even ten W. van Diezma.

Sterk verweerd stollingsgesteente met porfierische structuur. De grondmassa is duidelijk trachietisch en bestaat uit idiomorfe veldspaatlatjes, welke een geringe uitdoovingshoek en negatieve ellipsligging bezitten. Geen polysynthetische tweelinglamellen (orthoklaas). Voorts komen in de grondmassa voor: tot limoniet verweerde kleine staafjes van een donker mineraal, chloriet, chalcedoon en calciet.

Als fenokristen bevinden zich behalve een kwartskorrel [1]) eenige ruitvormige omtrekken van veldspaat, welke geheel tot calciet, sericiet, chloriet zijn verweerd.

1005. *Conglomeraat* uit de grijze facies der permo-trias ten Z. van Diezma.

Micr.: Min of meer afgeronde, sterk kataklastische stukken kwarts, fylliet, fyllietische kwartsiet, glimmer, veldspaten (polysynthetisch) een rolsteen van orthofier in een grondmassa van kwartsmortel en sericiet.

Access: rutiel.

---

[1]) Mogelijk een vreemdeling.

Opmerking: Door het voorkomen van een orthofier rolstukje in dit conglomeraat wordt de permo-triadischen ouderdom van de orthofier op den grens van het nummuliticum en permo-trias (Nr. 1001) bewezen.

1010. *Kalkige lei* uit de grijze facies der permo-trias ten Zuiden van den hoofdweg bij Diezma.

Fijnkristallijn, bitumineusgesteente bestaande uit kwarts, kalk en sericiet.

Jura van het gebergte tusschen Granada en Guadix.

916. *Dichte, gele kalk* ten N. van Diezma.

Microscopisch een fijn kristallijne kalk met aders en plaatsen van grover kristallijne kalk. IJzeroxyden komen bij voorkeur in de laatste voor.

917. *Mergel* tusschen jurakalken ten N. van Diezma.

In een grondmassa van calciet bevinden zich talrijke, meest hoekige, onvertweelingde veldspaten, welke soms troebel verweeren; unduleuze, kataklastische kwartskorrels, partijen van dichte, bitumineuze kalk en enkele muscovietschubjes.

946. *Dichte, roode kalk* van de Puerto Blanco.

Micr.: zeer fijnkristallijne kalksteen, met sporadisch kleine veldspaatkristallen en door ijzeroxyden roodgekleurd.

969. *Dichte, witte kalk* van het venster los Pinares.

Micr.: Dichte tot fijnkristallijne kalksteen met meer of minder bitumineuze laagjes, waarin enkele ondetermineerbare resten van kalkorganismen.

976. *Trochietenkalk* van het venster V^{a} del Puerto.

Een dichte kalk, door limoniet en bitumen troebel gekleurd, waarin groote calcietkristallen met een typisch netwerk van pigmentkanalen afkomstig van echinodermen.

977. *Kalk* van het venster V^{a} del Puerto.

Micr.: fijn tot grofkristallijne, min of meer bitumineuze kalk.

981. *Bitumineuze kalk* van het venster V^{a} del Puerto.

Macrosc.: platige tot lensvormige kalk.

Microsc.: Dichte tot fijnkristallijne, bitumineuze kalk, welke door talrijke aders van zuivere, grofkristallijne kalk verdrongen wordt. Soms zijn kleine verschuivingen langs deze aders waar te nemen.

988. *Roode kalk* van het venster V^a del Puerto.
Breccie van dichte bitumineuze kalk, waarin resten van onherkenbare kalkorganismen. De kalk uit de aders is grover kristallijn en zuiverder. De roode kleur is afkomstig van heel fijne aders van ijzeroxyde.

1011. *Kalkbreccie* aan de basis der jura bij Diezma.
Breccie van dichte, bitumineuze kalken, waarin doorsneden van foraminiferen, met grofkristallijne calciet als bindmiddel.

1021. *Kalkbreccie* van het venster V^a del Puerto.
Breccie van fijn tot matig kristallijne kalk, met meer of minder bitumineuze lagen.

1046. *Witte, massieve kalk* bij Prado Negro.
O.h.m. een dichte, zwak bitumineuze kalk met calcietaders.

1049. *Oölietische kalk* bij Prado Negro.
Bitumineuze kalk oölieten liggen in een grondmassa van zuivere, kristallijne kalk.

1050. *Dolomietische kalk* van de Peñon de la Mata.
O.h.m.: Fijn tot matig kristallijne, dolomietische kalk.

1051. *Mergel* tusschen de jurakalken van de Peñon de la Mata.
In een, door limoniet bruin gekleurde grondmassa van calciet, bevinden zich min of meer afgeronde, unduleuze, kataklastische kwartskorrels en veldspaatkristallen.

1052. *Zoögene kalk* van de Peñon de la Mata.
Een fijn tot matig kristallijne kalk met doorsneden van foraminiferen en schelpen.
Access: glauconiet en schubjes van roodbruine ijzeroxyden.

LITTERATUUR.

I. GEOGRAFIE.

1. P. A. de Alarcón. La Alpujarra 1873.
2. H. Obermayer en colaboración con J. Carandell. Los Glaciares Cuaternarios de Sierra Nevada. Trabajos del Museo nacional de ciencias naturales. Serie Geológica, 17 — 1916.
3. O. Quelle. Beiträge zur Kenntnis der Spanischen Sierra Nevada. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1908. No. 5 en 6.
4. J. Rein. Paper on observations on the Spanish Sierra Nevada. Sixth international Geographical Congress. London, 1895.
5. J. Rein. Beiträge zur Kenntnis der Spanischen Sierra Nevada (mit zwei karten).
   Abhandlungen der K. K. Geographischen Gesellschaft, Wien, I. 1899.
6. L. Siegert. Das Becken von Guadix und Baza. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 1905, No. 7 en 8.

II. MIJNBOUW.

1. A. J. Bourdariat. Notes sur les alluvions auriferes de Grenade (Espagne). Bulletin de la Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie. Tome VIII. 1894.
2. P. Fabrega. Criaderos Minerales (Criaderos metaliferos de españa) 1926.
3. R. Guardiola en A. de Sierra. Tome I. Hierros de Almería y Granada. Memorias del Instituto Geológico de España 1925.
4. C. de Kalb. Copper in the Sierra Nevada, Spain. Mining & Scientific press. 1922, pag. 291 e.v.
5. F. Schumacher. Ubersicht über die nutzbare Bodenschätze Spaniens. 1926.

6. J. Ubeda y Correal en R. Castells y Ballespi. Analisis Quimico, Micrografico y Bacteriológico de las aguas minero-medicinales de Lanjaron (Granada) 1914.
7. Prof. R. W. van der Veen. „Origin of the Bilbao, Almería and Santander iron ores". — Economic Geology. Vol. XVII, No. 7, 1922.

III. STRATIGRAFIE.

1. D. T. Ansted. On the Geology of Malàga and the southern part of andalusia. Quarterly Journal of the Geological Society XV. 1859.
2. Ch. Barrois et A. Offret. Mémoire sur la constitution géologique du sud de l'Andalousie, de la Sierra Tejeda à la Sierra Nevada. Mission d'Andalousie, pag. 79, 169. 1889.
3. Bertrand en Kilian. Etudes sur les terrains secondaires et tertiaires dans les Provinces de Grenade et de Malaga. Mission d'Andalousie, pag. 377—599. 1889.
4. H. A. Brouwer. Zur Geologie der Sierra Nevada. Geolosche Rundschau. Bd. XVII, heft 2.
5. R. Douvillé. Exquisse Géologique des Préalpes subbétiques. Thèse de Doctorat. Paris 1906.
6. R. Douvillé. La Péninsule Ibérique. Handbuch der Regional Geologie. Heft 7, bd. 7. 1911.
7. R. von Drasche. Geologische Skizze des Hochgebirgsteiles der Sierra Nevada in Spanien. Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichsanstalt, bd. XXIX. 1879.
8. P. Fallot. Etude géologique de la Sierra de Majorque 1922.
9. L. Gentil. Recherches de Géologie et de Géographie physique 1910. Extrait du Misson de Segonzac au Maroc. (1904—1905).
10. E. Haug. Contribution a une synthèse Stratigraphique des Alpes occidentales. Bulletin de la Société Géologique de France. IVe serie T. 25, fasc. 3. 1925.
11. E. Haug. Traité de Géologie. Les Périodes Géologiques, bd. II. No. 1 en 2. 1920.
12. Hausmann. Ueber das Gebirgs system der Sierra Nevada und Gebirge von Jaen. 1842.

13. A. Heim. Geologie de Schweiz. bd. II, 1 en 2. 1921—1922.
14. W. H. Hetzel. Bijdrage tot de geologie van de Sierra Alhamilla (Prov. Almería). Dissertatie Delft 1923.
15. P. Lemoine. L'Afrique Occidentale. Handbuch der Regional Geologie, Heft 14, bd. VII (afd. 6*a*).
16. L. Mallada. Rocas Hipogenicas y sistema estrato Cristallina. Memorias del Instituto Geologico de España. Tomo I. 1895.
17. L. Mallada. Sistemas Cambriano y Siluriano. Idem, tomo II. 1896.
18. L. Mallada. Sistemas Permiano, Triásico, Liásico y Jurásico. Idem, tomo IV. 1902.
19. L. Mallada. Sistemas Eoceno, Oligoceno y Mioceno. Idem, tomo VI. 1907.
20. L. Mallada. Sistemas Plioceno, Diluvial y Alluvial. Idem, tomo VII. 1911.
21. L. Siegert. Das Becken von Guadix und Baza. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 1905. No. 7 en 8.
22. P. Termier. A la Gloire de la Terre. Les Problèmes de la géologie tectonique dans la Méditerranée occidentale, pag. 85—114, 1911.
23. G. Taramelli en T. Mercalli. I terremoti andalusi, comincati il 25 decembre 1884 atti della R. accad. dei Lincei. Anno CCLXXXIII, 1885/86, serie quarta. Mem. della cl. di Scienzi fis, matem., e natur III, p. 116.
24. De Verneuil et Collomb. Coup d'oeil sur la constitution Géologique de plusieurs provinces de l'Espagne. Bulletin de la Société géologique de France. 2e serie, t. X, 1853.
25. De Verneuil et Collomb. Géologie du Sud- Est de l'Espagne. Résumé succinct d'une excursion en Murcie et sur la Frontière d'Andalousie. Bulletin de la Société Géologique de France. 2e serie, t. XIII, p. 674, 1856.
26. C. P. A. Zeijlmans van Emmichoven. Geologische onderzoekingen in de Sierra de los Filabres (Prov. Almería, Spanje). Disesrtatie Delft 1925.
27. Excursie-gids. De Sierra Morena a Sierra Nevada. (Reconocimiento orogénico de la Region bética). Excursion A 5. XIX Congreso Geológico Internacional Madrid 1926.

IV. PETROGRAFIE.

1. H. A. Brouwer. Zur Geologie der Sierra Nevada. Geologische Rundschau. Bd. XVII, heft 2.
2. M. S. Calderon. La Région épigenique de l'Andalousi et l'Origine de ses Ophites. Bulletin de la Société Géologique de France, troisième serie. Tome XVII. 1889.
3. Grubenmann-Niggli. Die Gesteinsmetamorfose I. 1924.
4. A. Heim. Geologie der Schweiz. Bd. II. 1921/22, pag. 850-865.
5. Fr. Heritsch. Die Grundlagen der Alpinen Tektonik 1923.
6. E. Kündich. Selektive Metamorfose. Schweizerische Mineralogische und Petrografische Mitteilungen. Bd. VI, heft 2, 1926.
7. L. Mallada. Rocas hipogenicas y sistema estrato cristallina Memorias del Instituto Geologico de España. Tom. I. 1895.
8. D. de Orueta. Estudio Geológico y Petrografico de la Serránia de Ronda. Memorias del Instituto Geologico de España. Texto 1917.
9. D. de Orueta. Estudio petrografico de S. Almijara y de la parte occidentale de Sierra Nevada y las Alpujarras. Boletin del Instituto Geológico de España. Tomo XVIII. Tercera serie 1922.
10. R. Staub. Über Wesen, Alter und Ursachen der Gesteins metamorfosen in Graubünden. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich LXV (1920).
11. Zeijlmans van Emmichoven. Geologische onderzoekingen in de Sierra de los Filabres (Provincie Almería, Spanje), pag. 98—156. Dissertatie Delft 1925.

V. PALAEONTOLOGIE.

1. Fr. v. Hauer. Über die cephalopoden aus dem Lias der Östlichen Alpen (Mit XXV tafeln). Denkschr. der Kais. Akademie der Wissensch. Math. Naturw. Classe II, bd. XI. 1856.
2. E. Haug. Beiträge zu einer Monographie der Ammoniten gattung Harpoceras. Neues Jahrb. für Min. Geol. und Pal. IIIe beil., band 1885.

3. Kilian. Etudes paléontologiques sur les terrains secondaires et tertiaires de l'andalousie. Mission d'Andalousie, pag. 601—739. 1889.
4. J. Meneghini. Monographie des Fossiles du calcaire rouge ammonitique (Lias superieur) de Lombardie et de l'Apennin central 1881.
5. Zittel. Handbuch der Palaeontologie II.

VI. TEKTONIEK.

1. R. Abrard. La structure du système prérifain au Nord de Meknès (Maroc).
Bulletin de la Société Géologique de France, t. 21, pag. 87-93. 1921.
2. M. Blumenthal. Zum Bauplan betischer und penibetischer Decken im Norden der Provinz Malaga. Geologische Rundschau. Bd. XVIII, Heft 1, pag. 37—44. 1927.
3. H. A. Brouwer. Zur Geologie der Sierra Nevada. Geologischen Rundschau. Bd. XVII, heft 2.
4. H. A. Brouwer. Zur Tektonik der betischen Kordilleren. Geologischen Rundschau. Bd. XVII. Heft 5. 1926.
5. H. A. Brouwer en C. P. A. Zeijlmans van Emmichoven. De tektoniek van het centrale deel der Sierra de los Filabres (Zuid-Spanje). Kon. Academie van Wetenschappen. Deel XXXIII, No. 9.
6. J. Carandell. La Sierra Nevada. Ensayo de su interpretacion tectonica. Madrid 1921.
7. R. Douvillé. Exquisse Géologique des Prealpes Subbétiques. Thèse de doctorat. Paris 1906.
8. P. Fallot. Au sujet de l'Age des phénomènes de charriage de la chaine Bétique. Comptes Rendus sommaires et bulletin de la Société Géologique de France. IV serie XVIII. p. 168. 1918.
9. L. Gentil. Sur l'existence en Andalousie des nappes de recouvrement dans la province Cadix. Comptes Rendus hebdomadaires des scéances de l'Académie des Sciences Tome CLXVI, pag. 1003, 1918.
10. L. Gentil. Sur l'existence en Andalousie des nappes de recouvrement de la province de Cadix. Idem CLXVII, pag. 83, 1918.

11. L. Gentil. Sur l'origine des nappes de recouvrement de l'Andalousie. Idem, pag. 238, 1918.

12. L. Gentil. Sur age des nappes de recouvrement de l'Andalousie et sur leur raccordement avec les nappes prérifaines (Maroc Septentrional). Idem, pag. 373, 1918.

13. L. Gentil. Sur le synchronisme des dépôts et des mouvements orogéniques dans les détroits Nord-Bétique et Sud Rifain. Idem, pag. 727, 1918.

14. L. Gentil, Lugeon, Joleaud. Sur l'age des nappes prérifaines et sur l'écrasement du détroit sudrifain (Maroc). Idem, CLXVI, pag. 614, 1918.

15. Gentil, Lugeon, Joleaud. Sur l'existence des nappes de recouvrement du bassin de Sebou (Maroc). Idem, pag. 290, 1918.

16. Gentil, Joleaud. Sur l'existence des nappes de charriage dans la région de Tunis. Idem, pag. 42, 1918.

17. S. Hannik. Tectoniek van den Löwenberger-Goldberger trog. Dissertatie Delft 1926.

18. A. Heim. Geologie der Schweiz, bd. II, 1921/22.

19. Fr. Heritsch. Die Grundlagen der Alpinen Tektonik. 1923.

20. W. H. Hetzel. Bijdrage tot de Geologie van de Sierra Alhamilla (Prov. Almería). Dissertatie Delft 1923.

21. P. Lemoine. L'Afrique occidentale. Handbuch der Regional Geologie. Heft 14, bd. VII, 6*a*, 1913.

22. L. Lutaud. Observations tectoniques dans la zone prérifaine du R'arb septentrional (Maroc). Comptes Rendus hebdomadaire des scéances de l'académie des sciences. t. CLXXII, pag. 1510 e.v., 1921.

23. L. Lutaud. Remarques générales sur la tectonique de la zone prérifaines du R'arb septentrional (Maroc). Idem, pag. 1666 e.v., 1921.

24. L. Lutaud. Les mouvements post-sahéliens et leur influence sur la morphologie dans la zone prérifaine du R'arb septentrional (Maroc). Idem, t. CLXXIII, pag. 242, 1921.

25. R. Nicklès. Sur l'existence de phénomènes de Charriage en Espagne. Bulletin de la Société Géologique de France. 4e serie, IV, pag. 223, 1904.

26. P. Russo. Exquisse de la constitution de la vallée moyenne de la Moulouya. Bulletin de la Société Géologique de France. 4e serie, t. XXI, pag. 61, 1921.
27. P. Russo. Premiers résultats d'une exploration du Massif de l'Azrou-Akchchar (Riff Oriental). Bulletin de la Société Géologique de France. 4e serie. Tome XXVI, pag. 145, 1926.
28. L. Siegert. Das Becken von Guadix und Baza. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 1905. No. 7 en 8.
29. R. Staub. Gedanken zur tektoniek Spaniens. Viertel Jahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Sept. 1926.
30. R. Staub. Ueber Gliederung und Deutung der Gebirge Marokko's. Eclogae Geologicae Helvetiae. Vol. XX, No. 2. Febr. 1927.
31. Ed. Suess. La Face de la Terre. Vertaling door Emm. de Margerie. Tome I, pag. 295—308. 1897.
32. C. P. A. Zeijlmans van Emmichoven. Geologische onderzoekingen in de Sierra de los Filabres (Prov. Almería, Spanje). Dissertatie Delft 1925.

VII. VERGELIJKING MET DE TEKTONIEK DER ALPEN.

1. E. Argand. „La tectonique de l'Asie". Comptes Rendus du Congrès Géologique international XIIIe session. Bruxelles 1922.
2. E. Argand. Des Alpes et de l'Afrique. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles. Vol. 55, No. 214, 1924.
3. H. A. Brouwer. Zur Tektonik der betischen Kordilleren. Geologischen Rundschau, bd. XVII, Heft 5, 1926.
4. Cornelius. Geol. Beobachtungen im Gebiete des Forno Gletschers. Zentralblatt fur Min. etc. 1913.
5. A. Heim. Geologie der Schweiz, bd. II, 1 en 2, 1921/22.
6. Fr. Heritsch. Die Grundlagen der Alpinen Tektonik. 1923.
7. H. Jenny. Die Alpine Faltung. 1924.
8. L. Kober. Bau und Entstehung der Alpen. 1923.

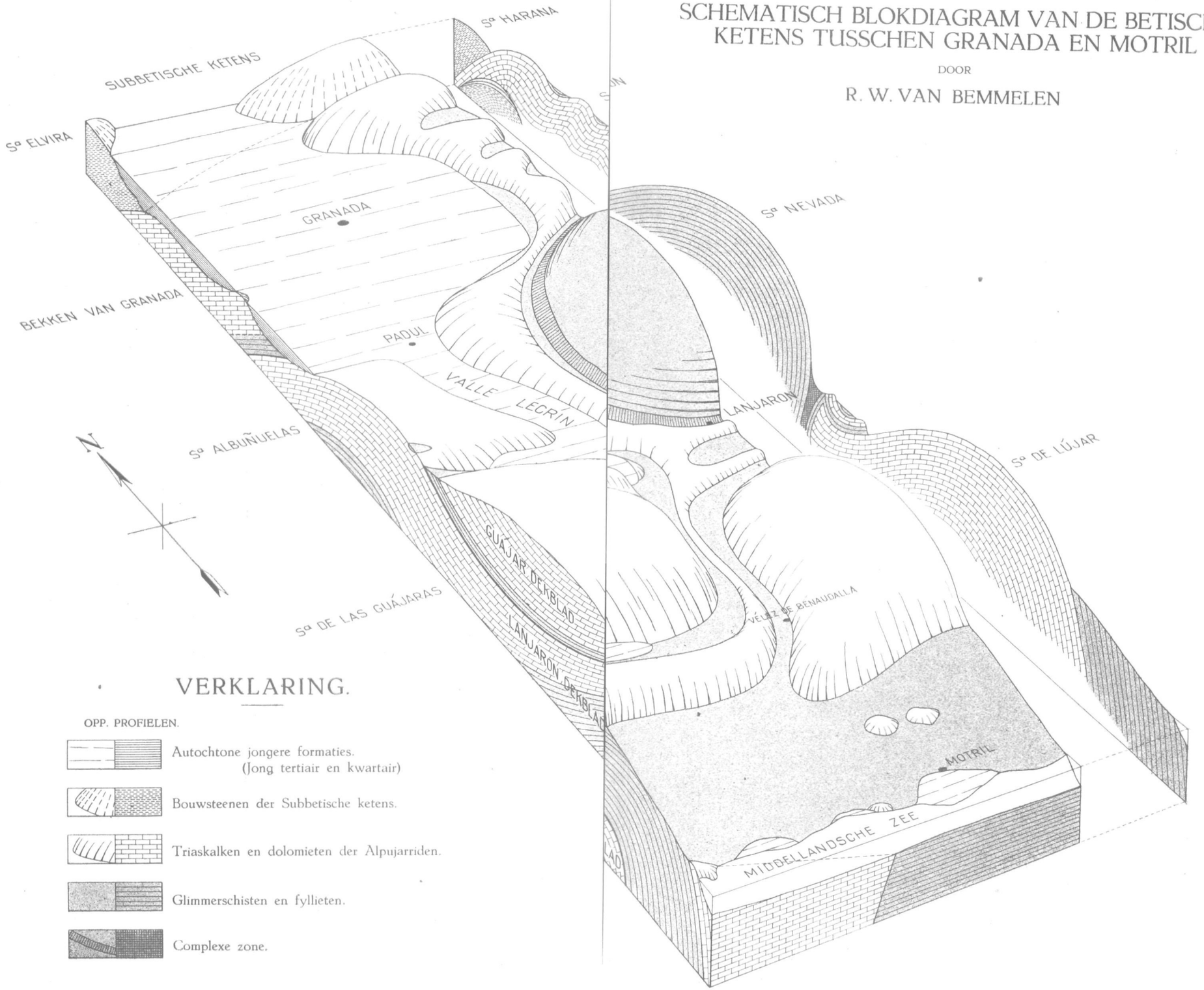
9. R. Staub. Geologische Beobachtungen am Bergeller Massiv. Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Maart 1918.
10. R. Staub. Ueber Wesen, Alter und Ursachen der Gesteins metamorfosen in Graubünden. Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, LXV, 1920.
11. R. Staub. Uber den Bau des Monte della Disgrazia. Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Juni 1921.
12. R. Staub. Ueber die Verteilung der Serpentine in den Alpinen Ophiolithen. 1922.
13. R. Staub. Der Bau der Alpen (Versuch einer Synthese). Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz. Neue Folge, 52e lief. 1924.
14. R. Staub. Gedanken zur Tektonik Spaniens. Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Sept. 1926.
15. H. Stille. Grundfragen der vergleichenden Tektonik. 1924.
16. P. Termier. Les problèmes de la géologie tectonique dans la Mediterranée occidentale. Revue général des Sciences pures et appliquées. Tome XXII. 1911, pag. 225 e.v.

BLAD I.

SCHEMATISCH BLOKDIAGRAM VAN DE BETISCHE KETENS TUSSCHEN GRANADA EN MOTRIL

DOOR

R. W. VAN BEMMELEN



VERKLARING.

OPP. PROFIELEN.

- Autochtone jongere formaties. (Jong tertiair en kwartair)
- Bouwsteenen der Subbetische ketens.
- Triaskalken en dolomieten der Alpujarriden.
- Glimmerschisten en fyllieten.
- Complexe zone.

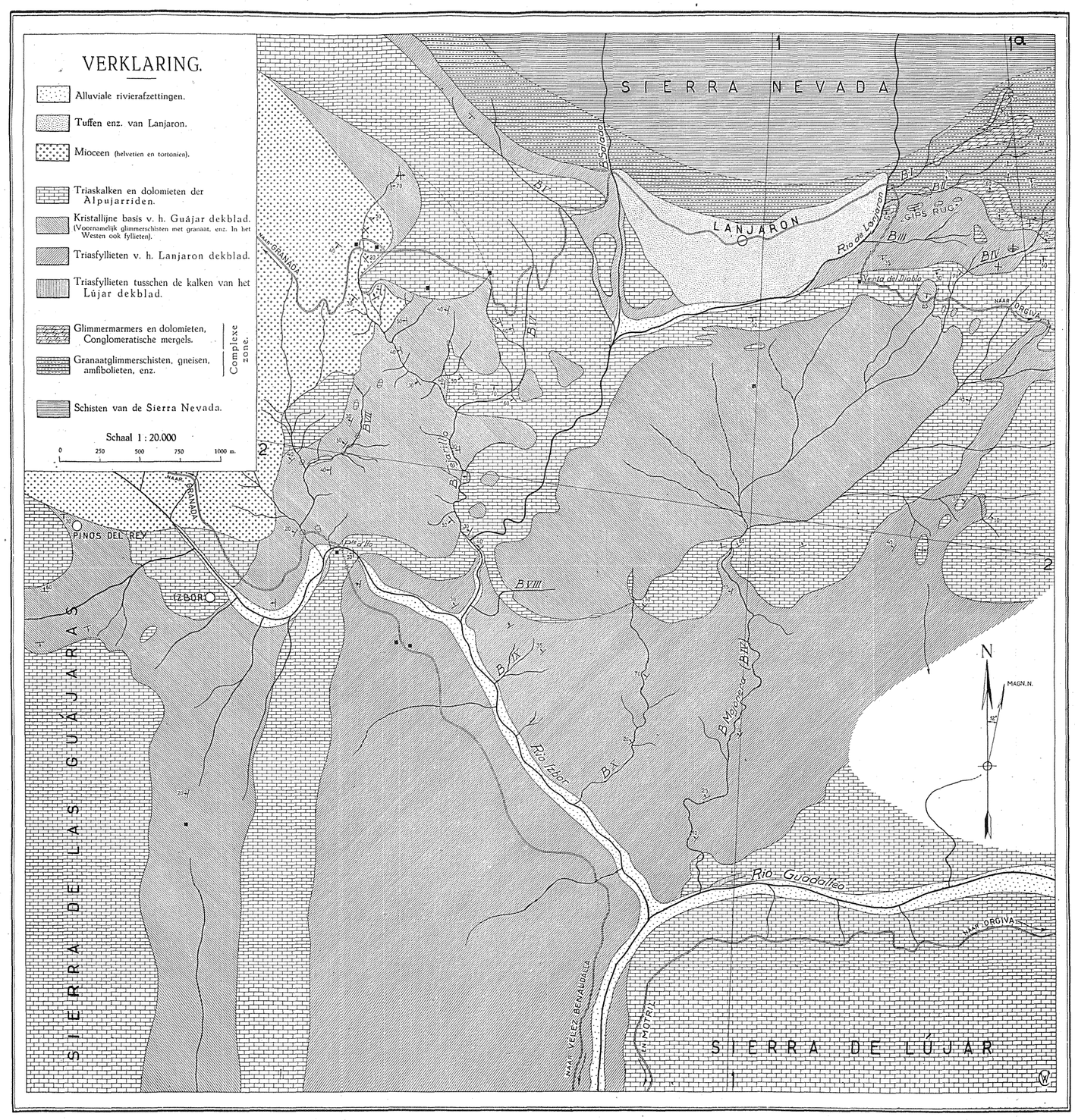
BLAD II.

GEOLOGISCHE KAART VAN DE OMGEVING VAN LANJARON

(PROVINCIE GRANADA, (SPANJE).

OPGENOMEN DOOR R. W. VAN BEMMELEN.

ONDER MEDEWERKING VAN J. KLEINSMIEDE.



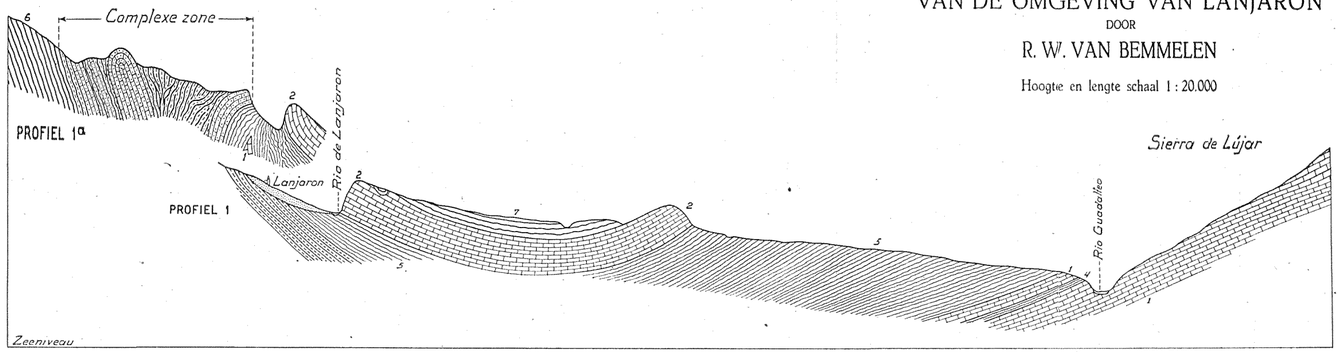
B I—X zijn de namen, die voor de rivieren gebruikt zijn op de etiquetten der handstukken en bijbehoorende dunne doorsneden van de omgeving van Lanjaron. Deze bevinden zich allen in de collectie Spanje van het Instituut voor Mijnbouwkunde te Delft.

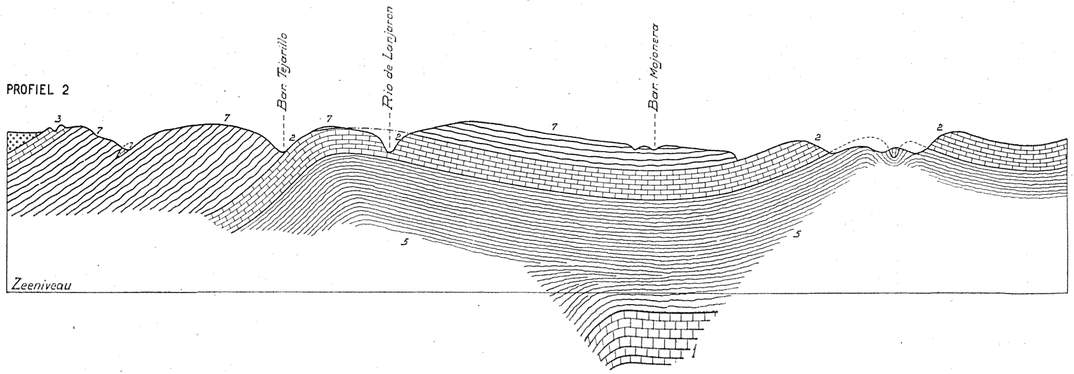
PROFIELEN BIJ DE GEOLOGISCHE KAART VAN DE OMGEVING VAN LANJARON

DOOR

R. W. VAN BEMMELEN

Hoogte en lengte schaal 1 : 20.000





VERKLARING.

- Tuffen enz. van Lanjaron.
- Mioceen (helvetien en tortonien).
- Triaskalken en dolomieten der Alpujarriden. | 1. Lújar dekblad. 2. Lanjaron dekblad. 3. Guájar dekblad.
- Triasfyllieten en kwartsieten. | 4. Lújar dekblad. 5 Lanjaron dekblad
- Voorn. glimmerschisten (met granaat en andere mineralen). | 6. Sierra Nevada. 7. Guájar dekblad.
- Glimmermarmers en dolomieten, conglomeratische mergels.
- Granaatglimmerschisten, gneisen, amfibolieten, enz.

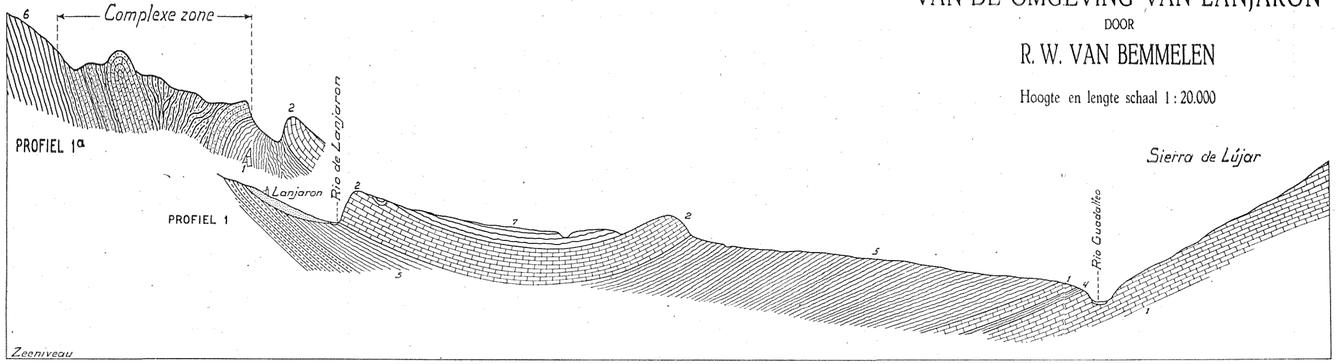
Complexe zone.

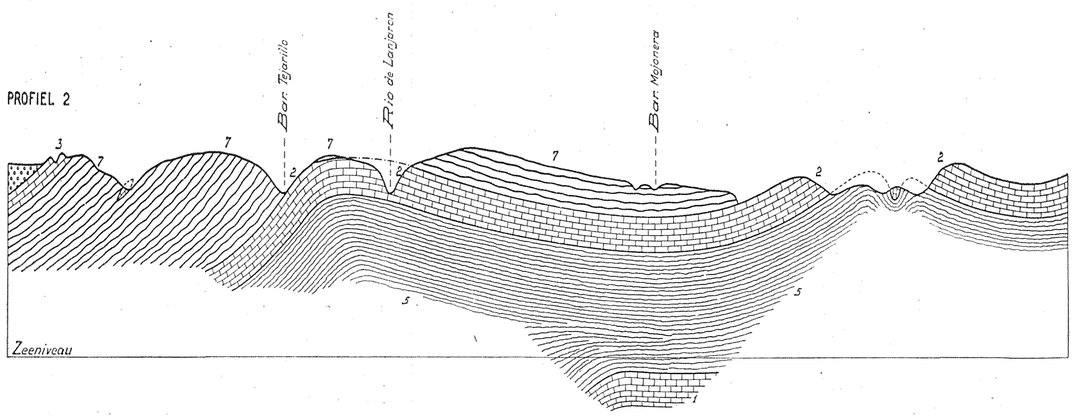
PROFIELEN BIJ DE GEOLOGISCHE KAART VAN DE OMGEVING VAN LANJARON

DOOR

R. W. VAN BEMMELEN

Hoogte en lengte schaal 1 : 20.000





VERKLARING.

- Tuffen enz. van Lanjaron.
- Miocéen (helvetien en tortonien).
- Triaskalken en dolomieten der Alpujarriden. — 1. Lújar dekblad. 2. Lanjaron dekblad. 3. Guájar dekblad.
- Triasfyllieten en kwartsieten. — 4. Lújar dekblad. 5 Lanjaron dekblad.
- Voorn. glimmerschisten (met granaat en andere mineralen). — 6. Sierra Nevada. 7. Guájar dekblad.
- Glimmermarmers en dolomieten, conglomeratische mergels.
- Granaatglimmerschisten, gneisen, amfibolieten, enz.

Complexe zone.

GEOLOGISCHE KAART
VAN HET
GEBERGTE TUSSCHEN GRANADA EN GUADIX
OPGENOMEN DOOR R. W. VAN BEMMELEN
1926

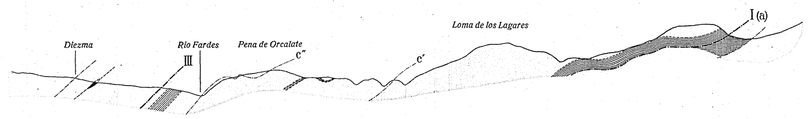
TOPOGRAFISCHE BASIS HOOFDZAKELIJK VOLGENS DE „MAPA MILITAR ITINERARIO DE ESPANA". HOJA 65.

- Tertiair en kwartair — autochtone, jongere formaties
- Nummuliticum — Subbetische bouwsteenen
- Jura — Subbetische bouwsteenen
- Permo-trias — Subbetische bouwsteenen
- Kalken en dolomieten. Midden- en boven-trias — Betische bouwsteenen
- Voornamelijk grijze fyllieten — Onder-trias — Betische bouwsteenen
- Voornamelijk roodviolette kwartsieten en fyllieten — Onder-trias — Betische bouwsteenen
- Overgangen tusschen de roode en grijze triasfyllieten — Onder-trias — Betische bouwsteenen
- Kristallijne schisten van de Sierra Nevada en van het Guajar dekblad — Betische bouwsteenen
- Complexe zone — Betische bouwsteenen
- Serpentijn van de Rio San Juan
- Porfier in de permo-trias.
- Fossielvindplaats
- Helling en strekking der lagen
- Verticale lagen
- Horizontale lagen
- Grenzen van de geol. formaties
- Verschuivingen
- Vermoedelijke abnormale contacten in de triaskalken.
- Profielen
- Dorpen
- Huizen
- Hoofdwegen
- Rivieren

SCHAAL 1 : 50.000

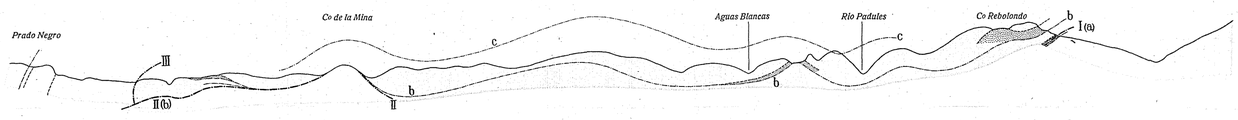
0 1 2 3 4 5 KM

LITH N.V. J. SMULDERS & Co., DEN HAAG.



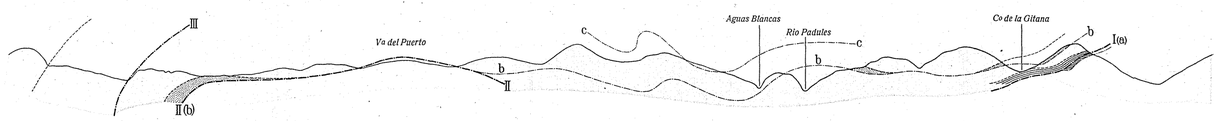
Profiel I — Zeeniveau

Profiel II — Zeeniveau

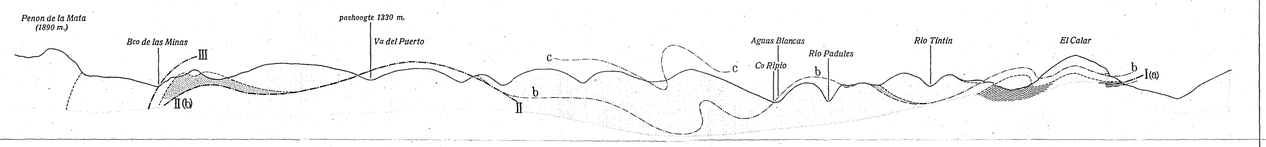


Profiel III — Zeeniveau

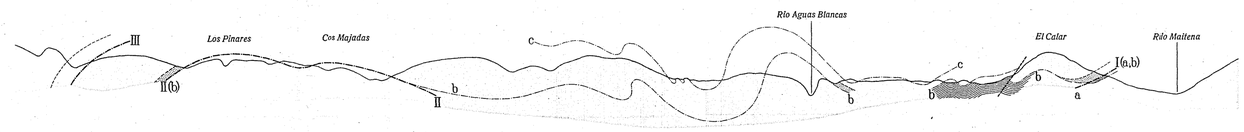
Profiel IV — Zeeniveau



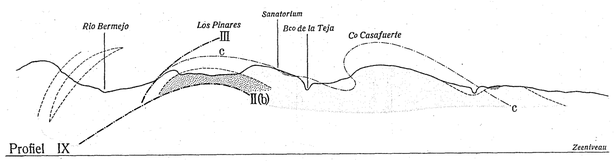
Profiel V — Zeeniveau



Profiel VI — Zeeniveau



Profiel VII — Zeeniveau



Profiel IX — Zeeniveau

Profiel VIII — Zeeniveau

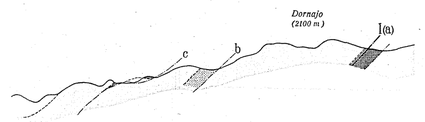
PROFIELEN BIJ DE GEOL. KAART VAN HET GEBERGTE TUSSCHEN GRANADA EN GUADIX

HOOGTE- EN LENGTESCHAAL 1 : 50.000

I. Grens tusschen de Alpujarriden en de diepere Betische eenheden.
(complexe zone en Sierra Nevada Schisten).
II. Grens tusschen de Alpujarriden en de overschoven Subbetische jura.
III. Grens tusschen de Betische en Subbetische eenheden.

a) Basis van het Grijze dekblad
b) Basis van het Roode dekblad
c) Basis van het Guajar dekblad
(c¹ en c² bij de verdubbeling van het Guajar dekblad in profiel I).

} *Alpujarriden aan de Noordzijde der Sierra Nevada.*



Profiel X — Zeeniveau

LITH. N.V. J. SMULDERS & Co., DEN HAAG