

DE GEOLOGIE VAN DE VALLI DI OLMO AL BREMBO

INHOUD.

	Pag.
Inleiding	253
Begrenzing. — Topografische ondergrond. — Vroegere onderzoekingen.	
Kristallijne Schisten	256
I. Algemeene Beschrijving	256
II. Lithologische Beschrijving	256
A. Episericietalbietgneiss.	
B. Epichlorietglimmerschist.	
III. Invloed op de Topografie	257
Vulkanische Gesteentenserie	258
I. Algemeene Beschrijving	258
II. Lithologische Beschrijving	259
A. Tuffen.	
B. Porfierieten.	
C. Kwartsporfieren.	
D. Glaslava.	
E. Sericietporfieroiden.	
F. Tufporfieroiden.	
III. Invloed op de Topografie	265
Perm	266
I. Algemeene Beschrijving	266
II. Paleontologische Beschrijving	268
III. Lithologische Beschrijving	268
A. Verrucano-Conglomeraat.	
B. Mergels en ingesloten tuflaag.	
C. Zandsteenen en tuffen.	
IV. Invloed op de Topografie	271
Bontzandsteen	272
I. Algemeene Beschrijving	272
II. Paleontologische Beschrijving	275
III. Lithologische Beschrijving	275
A. Dolomiet.	
B. Roode zandsteenen.	
C. Bruine zandsteenen.	
D. Groene mergels.	
IV. Invloed op de Topografie	277
Muschelkalk	278
I. Algemeene Beschrijving	278
A. Bespreking van de N. facies	278
1. Algemeene Beschrijving	278
2. Paleontologische Beschrijving	279

	Pag.
B. Bespreking van de S. facies	280
1. Algemeene Beschrijving	280
2. Paleontologische Beschrijving	281
II. Invloed op de Topografie	284
Esinokalk	285
I. Algemeene Beschrijving	285
II. Paleontologische Beschrijving	287
III. Lithologische Beschrijving	289
IV. Invloed op de Topografie	290
Raiblerlagen	291
I. Algemeene Beschrijving	291
II. Paleontologische Beschrijving	296
III. Lithologische Beschrijving	297
A. Zandsteen.	
B. Groene mergel.	
C. Peliet.	
D. Tuf.	
IV. Invloed op de Topografie	298
Hauptdolomiet	299
I. Algemeene Beschrijving	299
II. Paleontologische Beschrijving	300
III. Invloed op de Topografie	300
Diluvium	301
A. Glaciale Afzettingen	301
B. Fluvioglaciale Afzettingen	302
Alluvium	303
Rivierafzettingen	303
Puin van Hauptdolomiet, Esinokalk, Muschelkalk, Perm en Porfier	303
Tektoniek	304
Drie E.—W. gerichte welvingen in de anticlinale-kamlijn. — Twee dis-	
locatiesystemen een N.W.—S.E., een andere met een W.S.W.—E.N.E.	
strekkingsrichting. — In het N.W. van het gebied naar het S. gerichte	
opschuivingen. — Waarschijnlijke verklaring voor den tektonischen bouw.	
— Overschuiving over het Perm. — Het E. gedeelte van de overschuiving	
verder naar het S. geschoven dan het W. Op het daartusschen liggende	
gebied werd een druk uitgeoefend vanuit het N.E. — In het Perm door	
de overschuiving een schubstructuur ontstaan. — Twee andere overschiu-	
vingen, één tusschen Perm en Porfier een andere tusschen Porfier en	
den Kristallijnen-ondergrond. — Verschil van de opvatting van STAUB.	
Résumé (en français)	315
Abrégé stratigraphique	315
Description tectonique	319
Literatuuropgave	322

INLEIDING.

Bij het zoeken naar een terrein, waar zoowel stratigrafisch als petrografisch gewerkt zou kunnen worden, viel het oog op de omgeving van het Brembodal. Hiervan bewerkte ik een gedeelte tusschen Caprile en Lenna met als W. grens de waterscheiding over de Pizzo di Mezzodi en Chiappa naar de Disner en de Pizzo di Cusio. In het N. vormde een E.—W. lijn door Caprile sup. naar Sparavera de grens, in het S. het Valle di Lenna en de Brembo, terwijl aan den E. kant als grens werd genomen een lijn van Mojo di Calvi naar Piazzatorre. Ten N.W. hiervan werd gewerkt door den Heer JONG, wiens publicatie binnenkort zal verschijnen, terwijl de Heer KLOMPÉ bezig is met de karteerling van het gedeelte ten N. van de lijn Caprile—Sparavera.

Het veldwerk werd verricht in het voorjaar en in den zomer van de jaren 1926 en 1927. Het verzamelde materiaal, dat ik in het Geologisch Museum te Leiden onderzocht, zal aldaar worden opgeborgen.

Vele moeilijkheden ondervond ik bij mijn veldwerk door de onvolgende nauwkeurigheid van de topografische kaarten, n.l. van de Carta d'Italia, de bladen Morbegno (S.E.) en Piazza Brembana (N.E.), welke geteekend op schaal 1:50000, ook fotografisch vergroot tot 1:25000 in den handel worden gebracht. Zoo zijn de nieuw aangelegde wegen, zooals die van Averara naar St. Brigida en die van Averara naar Valmoresea, niet ingeteekend, en ook in het verloop van enkele riviertjes vond ik eenige belangrijke fouten:

Op het blad Piazza Brembana (N.E.)

1. In het Val Rustica is in den bovenloop de plaats van de vertakkingen niet juist aangegeven.
2. Het verloop van de twee dalen, die tusschen Olmo en Acqua Calda, van het S. in het Brembodal uitkomen, is niet juist, want de S. arm van de N. beek behoort als N. arm bij de S. beek.
3. De vertakkingen van het dal, dat ten N. van Sosseni ligt en tusschen Olmo en Piazza Brembana in het Brembodal uitkomt, beginnen eerst op een lager gelegen punt uiteen te gaan.

Zijn dit in hoofdzaak bezwaren tegen het horizontale verband van de opname, ook de hoogtelijnen en rotsteekeningen zijn verre van nauwkeurig. De met cijfers aangegeven hoogten werden daarentegen steeds juist bevonden.

Hier is zeker een woord van dank op zijn plaats aan het Istituto Geografico Militare d'Italia, dat dadelijk bereid werd gevonden zijn

toestemming te verleen tot het overnemen van een gedeelte van de stafkaart als topografischen ondergrond voor mijn geologische kaart.

De eerste, die zich met de geologie van deze streek heeft beziggehouden, is CURIONI geweest, die in 1875 in het eerste deel van de „*Geologia delle provincie Lombarde*” een uitvoerige stratigrafische beschrijving en in het tweede deel een verhandeling over de in Lombardije voorkomende mineralen gaf. Van zijn hand verscheen in hetzelfde jaar ook een geologische kaart.

In 1881 publiceerde VARISCO een geologische kaart van de provincie Bergamo (schaal 1:75000) met een aanvullende verklaring, terwijl TARAMELLI in 1890 een geologische kaart van Lombardije (schaal 1:250000) uitgaf. Het deel van de provincie Bergamo, dat VARISCO opgenomen had, nam hij hierop onveranderd over.

Natuurlijk voldoen deze geologische kaarten niet aan den eisch, dien men er tegenwoordig aan stelt, zoomin wat nauwkeurigheid van de geologische opname, als wat den topografischen ondergrond betreft.

Daarna verscheen in 1903 een kaart van de Bergamasker Alpen (schaal 1:100000) door PORRO opgenomen tusschen de jaren 1895—1901 met een aanvullende beschrijving. Helaas is de beschrijving in vergelijking met de nauwkeurigheid van de opname zeer kort. Wel lag het in zijn bedoeling deze verhandeling slechts als een voorloopige publicatie te doen verschijnen en later een „*Guida geologica delle Alpi Bergamasche*” uit te geven; maar tot dusver is die nog niet verschenen. Zijn geologische kaart is van bijzondere waarde, daar deze op een goede topografische onderlaag gedrukt, al aan veel grootere nauwkeurigheid voldoet.

TARAMELLI oefende in een artikel in de „*Rendiconti delle Reale Istituto Lombardo*” van 1910 critiek op het werk van PORRO uit. Behalve op eigen waarnemingen steunde hij op die van den medicus Dott. VAGHI VITTORIO, die in 1907 in „*L'Alta Valle Brembana*” een geologische kaart van de omgeving van Piazza had gepubliceerd. De veranderingen, die op deze kaart zijn aangebracht, bleken mij echter geen verbeteringen te zijn. Wel deed VAGHI VITTORIO de goede waarneming, waarbij TARAMELLI zich in het zoeven genoemde werk aansluit, dat de Servino bij Valnegrà een grootere ontwikkeling heeft dan door PORRO was aangegeven. TARAMELLI's critiek was verder gericht tegen de meening van PORRO, dat het porfier in de twee anticlinalen van Caprile en Mezzoldo langzamerhand zou verdwijnen. Volgens TARAMELLI zou deze nog veel verder doorloopen. Tenslotte kantte hij zich tegen het voorkomen van de Esinokalk langs de E. zijde van den weg Averara—Olmo. Volgens hem moet dit gesteente samen met de dolomiet ten N. van Averara tot de dolomietfacies van de Raiblerlagen worden gerekend.

Op deze critiek antwoordde PORRO in 1911 in zijn „*Note geologiche sulle Alpi Bergamasche e Bresciane*”, waarin hij zijn opvatting over de ontwikkeling van het porfier bij Caprile en Mezzoldo verdedigt.

In 1923 verscheen van de hand van Sac. Dott. ENRICO CAFFI een handig boekje „*Cronologia geologica delle Valli Bergamasche*”, dat in klein bestek een goede stratigrafische beschrijving geeft van alle horizonten, die voor deze provincie van belang zijn.

De paleontologie van het gebied is bewerkt door de volgende onderzoekers: A. STOPPANI, die in 1858 in zijn „Description des fossiles de Lombardie” een verhandeling geeft over de fossielen uit de Esinokalk bij Lenna; vervolgens in 1894 A. TOMMASSI, die de Fauna van de Lombardische Muschelkalk beschrijft en later in 1911 in de „Paleontographia Italica” de Muschelkalkfossielen van het Valsecca bij Roncobello behandelt; en tenslotte PATRINI, die in 1927 onder den titel: „I Fossili della scogliera Dolomitica di Costa Pagliari presso Lenna” de fossielen uit de Esinokalk bij Lenna beschrijft. Een kort overzicht van de geologie, waarin hij van de veranderingen gebruik maakt, die VAGHI VITTORIO in de geologische opname had aangebracht, gaat aan deze beschrijving vooraf.

Nadien is, voor zoover ik kon nagaan, niets nieuws over het door mij bewerkte gebied verschenen.

Deze inleiding wil ik niet beëindigen, alvorens mijn dank uitgebracht te hebben aan Prof. ENRICO CAFFI, direttore del Museo Civico in Bergamo, die mij met raad en daad heeft bijgestaan en die mij in staat stelde TARAMELLI's verzameling, die in dat museum wordt bewaard, te bestudeeren.

Den meesten steun ondervond ik echter van Prof. ESCHER en Prof. GERTH. Zij namen niet alleen de moeite het veldwerk in Italië te controleeren, maar waren zoowel daar als later in Leiden, steeds bereid raad te geven en hunne gedachten over eenige moeilijke tektonische kwesties te laten gaan. Bijzonder dankbaar ben ik hun hiervoor.

Dr. KUENEN was zoo vriendelijk volgens de methode Federov, de samenstelling van eenige veldspaten te meten en enkele foto's te maken, waarvoor ik hem zeer erkentelijk ben.

KRISTALLIJNE SCHISTEN.

I. ALGEMEENE BESCHRIJVING.

Maar weinig kan ik bijdragen tot een meer volledige kennis van de kristallijne schisten, die in het geheele gebied den ondergrond van porfieren en sedimenten vormen. Immers slechts een gedeelte van de kern van de anticlinale van Caprile werd aan een nader onderzoek onderworpen en wel het gedeelte ten S. van een lijn Caprile—Valmoresca, terwijl het kristallijn, dat bij Mezzoldo aan den dag komt, buiten het door mij bewerkte gebied valt en door den Heer KLOMPÉ wordt bestudeerd.

II. LITHOLOGISCHE BESCHRIJVING.

Twee verschillende gesteenten laten zich onderscheiden. Volgens de nomenclatuur van GRUBEMANN zijn het een *epichlorietglimmerschist*, die onder ligt en daarop een *episericietalbietgneiss*, die door een discordantie van de porfierserie gescheiden is.

A. De *episericietalbietgneiss* is een donkergroen gesteente met glimmerrijke golvende splijtvlakken, dat loodrecht op het splijtingsvlak een bijzonder dunne door druk ontstane gelaagdheid vertoont.

Bij microscopisch onderzoek blijkt, hoe kleine, sterk onduleuze, in elkaar grijpende, lang uitgerekte kwartskorrels het hoofdbestanddeel vormen. In kleinere hoeveelheden komen plagioklaas en orthoklaas voor, beide voor een groot deel gesericitiseerd.

Als nevenbestanddeelen vinden wij muscoviet en sericiet, die in snoeren om de kwarts- en veldspaatindividueen liggen, verder chloriet met sterk anomale (blauwe en bruine) kleuren, zirkoon, toermalijn, epidoot, magnetiet en limoniet.

De structuur is nematoblastisch, de textuur „schieferig” (lagen-textuur).

Een tweede handstuk verschilt van het eerste hierin, dat het niet geheel homogeen is. Het eene gedeelte komt met het eerste gesteente overeen, het andere vertoont een porfieroblastische structuur en een draderige lenticulaire textuur.

Het moet worden opgevat als te zijn ontstaan door metamorfose van een sediment met rhythmisch afwisselende laagjes.

De onderzochte handstukken zijn afkomstig uit de zuidelijkste ontsluiting in de kristallijne schisten aan den weg Averara—Valmoresca en uit de beek, die ten S. van Valmoresca van punt 1030 komt.

B. De **epichlorietglimmerschisten** zijn van kleur bijna zwart met een zwak groenachtige tint. De weinig gebogen splijtvlakken zijn zeer glimmerrijk, terwijl loodrecht op de splijtingsvlakken de dunne door druk ontstane gelaagdheid is te zien.

Onder den microscoop blijken muscovietsnoeren zich om de kwartskorrels, die het hoofdbestanddeel vormen, heen te buigen. Deze muscoviet, die sterk is geplooid, vertoont langs splijtvlakken gerangschikte insluitsels van chlorietnaaldjes en van niet nader te determineeren verontreinigingen. Deze insluitsels loopen in snoeren ook door de kwartsen heen zonder dat de snoeren hierbij worden onderbroken.

Als nevenbestanddeelen komen voor: chloriet met sterk anomale kleuren, zirkoon, apatiet, toermalijn, sericiet, ilmeniet en titaniet met leucoxen en tenslotte magnetiet, dat plaatselijk in den vorm van kleine korrels opgehoopt kan zijn.

Het onderzochte handstuk is afkomstig uit de beek ten E. van Valmoresea op 900 M.

III. INVLOED OP DE TOPOGRAFIE.

De kristallijne schisten verleen, in tegenstelling met de porfieren, aan het landschap een glooiend relief, dat vooral bij Caprile bijzonder duidelijk is te zien. Bij Mezzoldo komt deze tegenstelling minder duidelijk uit, doordat daar de glaciale werking ook aan het porfier ronde vormen heeft gegeven.

VULKANISCHE GESTEENTENSERIE.

I. ALGEMEENE BESCHRIJVING.

Deze serie van gesteenten treedt in het N. aan den dag, waar ze, liggende op den kristallijnen ondergrond, de oudste gesteenten uit de anticlinalen vleugels bij Caprile en Mezzoldo vormen. Op de kaart vindt men geen onderverdeeling in deze serie, omdat door gebrek aan ontsluitingen en door de intensieve verweering van het gesteente, in het terrein een betrouwbare verdeeling in kwartsporfieren, porfierieten en tuffen, vrijwel onmogelijk gemaakt kon worden. Zijn de porfieren zooals later zal worden besproken door hun kleur wel eens van elkaar te onderscheiden, de tuffen zijn macroscopisch zelden als zoodanig te herkennen. Een carteerling van de sericiet-porfieroiden en tuf-porfieroiden is onmogelijk, omdat deze macroscopisch in het geheel geen specifieke kenmerken vertoonen. Pas bij microscopisch onderzoek is de invloed van den eenzijdigen druk waar te nemen, voorts zijn deze gesteenten aan geen vasten horizont gebonden.

Daar de verbreiding gering is, zou een eventuele onderverdeeling bovendien niet van veel belang zijn. Wel werden in verschillende beken zoo nauwkeurig mogelijk profielen opgenomen. Hieruit kunnen we, wat de onderlinge ligging betreft, het volgende opmaken.

Onder de zandsteenen van het Onder-Perm volgen tuffen, hierna porfierieten, vervolgens kwartsporfieren afgewisseld door tuffen, dan op enkele plaatsen porfierieten en tenslotte boven het kristallijn een glaslava. Deze laatste is het eenige van deze vulkanische gesteenten, dat door zijn specifieke donkere kleur gemakkelijk is te herkennen.

Omtrent de dikte van de verschillende gesteenten kon, na onderzoek van een groot aantal handstukken, het volgende worden vastgesteld:

	Boven.		
5. Porfierieten.	}	25—40 M.	} 250—300 M.
4. Tuffen.			
3. Kwartsporfieren en tuffen.		160—200 M.	
2. Porfierieten.		± 10 M.	
1. Glaslava.		2—50 M.	
	Onder.		

De sericiet-porfieroiden en tuf-porfieroiden komen vooral in de bovenste horizonten tot in de kwartsporfieren en somtijds in de lagen boven de glaslava voor.

II. LITHOLOGISCHE BESCHRIJVING.

A. Tuffen. Zooals gezegd werd, vindt men de tuffen in de allerbovenste lagen van de vulkanische gesteentenserie, grenzend aan het Onder-Perm en dan meestal als een zeer grofkorrelig conglomeratisch gesteente en verder in afwisseling met de kwartsporfieren. De eerste zullen later afzonderlijk besproken worden, daar zij steeds kenmerken van bijzonder sterken druk vertoonen en over zijn gegaan in tufporfieroiden. De hier volgende bespreking geldt dus alleen voor tufhorizonten, die tusschen de kwartsporfieren liggen.

Over het algemeen hebben zij een groene soms iets meer grijze kleur en komen ook bij microscopisch onderzoek in hoofdzaak met elkaar overeen.

Het eerste handstuk, dat besproken moet worden, is afkomstig van een ontsluiting, ongeveer 200 M. ten S. van Caprile sup. aan den W. kant van het voetpad, dat van Taleggio naar het genoemde dorp loopt.

Dit gesteente heeft naast zijn groene kleur, die waarschijnlijk te danken is aan de sericitiseering van het cement, een tuffogeen karakter. Duidelijk kunnen we helderwitte kwartskorrels van de donkergrijze porfierrolsteentjes onderscheiden. Het gesteente is verder rijk aan diaklasen, terwijl het breukvlak oneffen is en er door verweering een bruine korst ontstaat.

Microscopisch zien we felsitisch en microfelsitisch ontglaasde glaskorrels omgeven en doorkruist door sericietsnoeren en vaak rijk aan sphaerolieten. Naast plagioklaas vinden we magmatisch gecorrodeerde kwarts in de felsiet en als nevenbestanddeelen gebleekte insluitelrijke biotiet, zirkoon, apatiet en pyriet. Ook in elkaar grijpende sterk onduleus uitdoovende kwartskorrels uit den kristallijnen ondergrond zijn in dit gesteente aanwezig, terwijl kleine hoekige kwartsen in het kitmiddel voorkomen. Als erts vinden we veelvuldig magnetiet met limoniet, zelden titaniet met leucoxeen en ijzercarbonaat.

Niet altijd is aan dit gesteente het tuffogeene karakter al macroscopisch te zien. Soms lijkt het volkomen homogeen, in andere gevallen zijn slechts enkele kwartskorrels te onderscheiden.

Uit het veelvuldige voorkomen van een grootendeels gesericitiseerd kitmiddel, onduleus uitdoovende kwartsen en verbrijzelde veldspaatkristallen blijkt, dat er alle mogelijke overgangen tot de later te bespreken tufporfieroiden bestaan.

B. Porfierieten. Deze komen, zooals reeds gezegd werd, slechts in geringe dikte voor. Samen met de aan het Onder-Perm grenzende tuffen, hebben zij in de W. antielinale een gemiddelde dikte van 25—40 M. In de porfieren van Mezzoldo werden geen porfierieten gevonden. Slechts één gesteente, afkomstig uit het dal ten S. van Soliva,

juist aan de grens tegen het Onder-Perm, is waarschijnlijk een porfieriet geweest. Door sterken druk is het echter geheel gesericitiseerd, waardoor het zijn oorspronkelijke structuur heeft verloren. Bij Caprile werd tenslotte nog een porfierieithorizont gevonden tusschen de kwartsporfieren en de glaslava.

De kleur van dit gesteente is over het algemeen rood, daar de grondmassa aldus getint is.

Een handstuk, dat afkomstig is van het pad, dat van Taleggio naar Caprile inf. loopt, $\pm$ 150 M. van de plaats, waar dit pad van den weg naar Caprile sup. afslaat, vertoont in de roode grondmassa duidelijk melkwhite veldspaten van ten hoogste 2 mM. Langs de breukvlakken en ook plaatselijk is het gesteente vaak limonietrijk. Bij microscopisch onderzoek zien we een microfelsitisch ontglaasde grondmassa, die bijzonder rijk is aan kleine insluitsels van magnetiet en limoniet. In deze grondmassa liggen vele geheel gesericitiseerde plagioklaaskristallen. Als nevenbestanddeelen komen biotiet en hoornblende voor, welke laatste door een magnetietrand wordt omgeven.

In een groot gedeelte der porfierieten bevindt zich een dergelijke magnetietrand om biotiet, augiet en hoornblende. In de microfelsitische of felsitische grondmassa, die veelal sericiet en calciet als verweeringsproducten vertoont, is een fluidaal textuur veelvuldig waar te nemen. Naast hoornblende komt ook augiet voor, als erts werd vaak ijzercarbonaat gevonden.

Een handstuk dat afkomstig is van den E. vleugel van de antielinale en wel uit het Val Rustica ongeveer 100 M. ten W. van de plaats, waar het dal zich splitst, vertoont eenige afwijkingen. De grondmassa is hier n.l. granophyrisch en bestaat uit plagioklaas met kwarts. De veldspaatphenokristen bevatten, naar de door Dr. KUENEN volgens de methode Fedorov gedane metingen, 30—35 % anorthiet. Dit gesteente is dus feitelijk een kwartsporfieriet. Deze beschrijving van de porfierieten uit de hogere lagen, geldt ook voor de op lager niveau voorkomende porfieriet, die 50 M. ten W. van het voetpad naar Caprile inf. op $\pm$ 150 M. voor het dorpje gevonden werd.

C. Kwartsporfieren. Deze gesteenten vertoonen over het algemeen een lichtgroene kleur, die waarschijnlijk moet worden toegeschreven aan de intensieve sericitiseering zoowel van de grondmassa als van de veldspaten. Is het gesteente bijzonder versch of wel is de sericitiseering nog niet zoover voortgegaan, dan is de kleur grijs. Toch blijft de karakteristieke, intensief groene kleur van de wrijfspiegels, waaraan het gesteente zoo bijzonder rijk is.

Van de onderzochte handstukken is het mooiste materiaal afkomstig van den weg Averara—Valmoresca. Daar komt ten N. van de brug, die over het Val Rustica ligt, juist waar de weg een bocht naar het W. maakt, een groote puinhelling voor, waar relatief bijzonder versch materiaal was te vinden. Duidelijk vallen hier in de grijze grondmassa de, tot één centimeter lange, roze veldspaten op, terwijl bij nauwkeuriger onderzoek ook de veel kleinere kwartspenokristen te zien zijn.

Bij microscopisch onderzoek zien wij als phenokristen onduleus uitdoovende, magmatisch gecorrodeerde kwarts en basische plagioklaas, waarvan de lamellen dikwijls door druk zijn gebroken.

Als nevenbestanddeelen vinden we: zirkoon, magnetiet, limoniet en ijzercarbonaat, waarvan mooie rhomboëders voorkomen.

De grondmassa is meestal microfelsitisch ontglaasd; maar ook felsitische ontglazing komt veelvuldig voor, o.a. bij handstukken, die afkomstig zijn van het pad van Bindo over Taleggio naar Caprile. De onregelmatig begrensde veldspaatindividueen zijn meestal troebel door sericiet- en chloriet-mineralen, in tegenstelling met de daar tusschen liggende kwartskorrels. Dikwijls neemt men in de grondmassa talrijke haarfijne spleetjes waar, opgevuld met secundaire kwarts, waarvan de individuen langwerpig zijn en niet gelijktijdig uitdooven. Licht toevallig het begin van zoo'n kwartsgangetje in het slijpplaatje, dan zien we, dat dit meestal uitgaat van een groote kwartskorrel en vandaar dwars door de grondmassa loopt. Ontmoet zoo'n gangetje op zijn weg een plagioklaas, dan lijkt het bij parallel licht, alsof de gang deze doorbreekt, omdat daar plaatselijk een helder lijntje in de verder zoo sericietrijke veldspaat te zien is. Bij gekruiste nicols blijkt, dat deze heldere stukjes in de plagioklaas uit onveranderde veldspaatsubstantie bestaan, waarin de tweelingslamelleering bewaard is gebleven.

De kwartsphenokristen zijn meest door een aureool omgeven, dat door een bijzonderen rijkdom aan sericiet is gekenmerkt. Als nevenbestanddeelen komen veelal gebleekte biotiet, rijk aan magnetiet insluitels, bruin gekleurde apatiet en epidoot voor.

Tenslotte moet nog het kwartsporfier uit de E. anticlinale besproken worden.

Het te behandelen handstuk is afkomstig uit de beek ten S. van het Valle di Pegherolo. De kleur is lichtgroen met duidelijke veldspaatphenokristen, die melkwit van kleur en ten hoogste 2 mM. groot zijn. Zij liggen in een groene, dichte grondmassa, waarin ook kwartsphenokristen zijn te zien. Het breukvlak is oneffen en vertoont een groenachtig bruine kleur, door verweering ontstaan. Bij microscopisch onderzoek zien we een microfelsitische grondmassa met veel sericiet en limoniet. Er komen holten in voor, die bekleed met chaledoon en met kwarts opgevuld zijn.

Phenokristen zijn magmatisch gecorrodeerde kwarts en zure plagioklaas, die, naar de meting van Dr. KUENEN volgens de methode Fedorov, 0—10 % anorthiet bevat.

Het komt voor, dat de plagioklaas niet uit een reeks lamellen bestaat, maar onregelmatig begrensde vlekken met een duidelijk georiënteerde lengterichting vertoont, die bij draaiing van de microscopetafel lichter en donkerder worden, echter steeds donkerder blijven dan de omgeving.

Nevenbestanddeelen zijn: gebleekte biotiet, apatiet en chaledoon.

D. Glaslava. Met dezen naam duiden we het gesteente aan, dat overal tusschen de porfierserie en den kristallijnen ondergrond optreedt.

Het is het eenigste gesteente van de porfierserie, dat door duidelijke

macroscopische kenmerken in het veld te herkennen valt. Het is n.l. donkergrijs tot zwart van kleur en is vaak rijk aan diaklasen, die door de ontelbare gelimonitiseerde breukopvullingen duidelijk uitkomen.

Het breukvlak is oneffen. Het verweeringsvlak kenmerkt zich dikwijls door fijne insnijdingen, ontstaan doordat het gangmateriaal uit de breuken is verdwenen. Veelal is macroscopisch het voorkomen van pyriet duidelijk te zien.

Bij microscopisch onderzoek lijkt het handstuk, dat afkomstig is uit de Brembo aan de grens tegen de kristallijne schisten ten S. van Caprile, op een lavastroom, waarin tufmateriaal is gevallen. De tot een glas afgekoelde stroom is daarna felsitisch ontglaasd en bevat chloriet, sericiet en calciet. Als tufmateriaal vinden we korrels van verbrijzelde kwarts en kleine verpletterde plagioklaasindividuen. In de felsiet komen verder kwartsgangen voor, waarin de individuen ook steeds onduleus uitdooven, verbrijzeld en onregelmatig begrensd zijn. Naast limoniet vinden we verder pyriet.

In hoofdtrekken komen de handstukken van het onderzochte materiaal, waaronder er ook zijn uit de E. anticlinale, met elkaar overeen. Alle dragen de teekenen van sterken druk, vertoonen een kataklastische textuur, waarbij de kwartskorrels en de plagioklaaskristallen zijn gebroken. De verbrijzeling kan zelfs zoo ver gaan, dat van de oorspronkelijke individuen niets anders dan een fijn aggregaat van kleine onregelmatig begrensde onduleuze korrels overblijft. Als insluitsels komen ook stukjes grondgebergte voor en soms korrels van den stroom zelf, die dan ook microfelsitisch ontglaasd zijn.

Bijzonder mooi ontsloten is dit gesteente in de Brembo ten S. van Mezzoldo, 100 M. ten N. van de plaats, waar het Val di Pegherolo in het Brembodal uitloopt. Daar treedt aan den westelijken oever van de beek een zwart gesteente aan den dag, dat bijzonder hard is.

E. Sericietporfieroïden. ROSENBUSCH verstaat onder porfieroïden, door éénzijdigen druk veranderde porfieren.

Ik meen de sericietporfieroïden in mijn gebied ook te moeten beschouwen als gemylonitiseerde porfieren. Zij komen volgens deze opvatting voor langs bewegingsvlakken.

De ligging van de sericietporfieroïden is niet aan één horizont gebonden. Dit hangt natuurlijk daarmee samen dat de lagen niet overal even dik zijn, waardoor een overschuivingsvlak niet altijd door hetzelfde gesteentepakket zal blijven loopen. Later, bij de bespreking van de tektoniek zal hierop verder worden ingegaan. Zo komen meestal in de hoogste lagen van de porfieren voor, behalve in het dal ten S. van het Valle di Pegherolo, waar een typische myloniet ongeveer in het midden van de kwartsporfieren werd gevonden. Evenals tusschen de tuffen en de tufporfieroïden, zoo bestaan ook hier tot de kwartsporfieren alle mogelijke overgangen. Zoo bleek een handstuk, dat afkomstig is van den hoek van het Valle di Pegherolo en het Brembodal, nog niet op de plaats van den sterksten druk te hebben gelegen.

Evenals van de meeste andere handstukken is de kleur grijsgroen

met plaatselijk sterker groen gekleurde vlekken, die waarschijnlijk ontstaan zijn door de sterke sericitiseering van de veldspaten, gedeeltelijk door druk teweeggebracht. Het gesteente is zeer dicht en vertoont soms breede limonietgangen. Het breukvlak is vrij effen, terwijl door verweering een bruingroen oppervlak ontstaat.

Bij microscopisch onderzoek zien we een felsitisch ontglaasde grondmassa, waarin een netwerk van sericiet- en kwartsaders, die, door de ondulsiteit van de korrels, op een sterken druk wijzen.

Van de phenokristen is de plagioklaas voor een deel in sericiet overgegaan, terwijl de lamelleering door den grooten druk verbogen en gebroken is.

Als nevenbestanddeelen vinden we: insluitselrijke biotiet, zirkoon, apatiet, hoornblende en ijzercarbonaat. Deze beschrijving geldt voor alle, niet direct in de overschuivingszone gelegen, handstukken en tevens ook voor het handstuk, dat afkomstig is uit de W. antilinale van den weg Averara—Caprile, 10 M. ten N. van de brug over het Val Rustica.

Anders wordt het echter, wanneer we het gesteente uit een overschuivingszone zelf bezien. Onder mijn materiaal bevindt zich één handstuk, dat afkomstig is uit het dal ten S. van het Valle di Pegherolo. Het vertoont bij microscopisch onderzoek een volmaakte mylonitiseering. De felsitische grondmassa is geheel in sericiet overgegaan, die zich in snoeren om de phenokristen heenslingert.

Deze phenokristen, die uit plagioklaas bestaan, vertoonen, volgens hun lengteas, een georiënteerde ligging. Als nevenbestanddeelen treden op: biotiet, magnetiet en limoniet. Macroscopisch is er geen verschil met de kwartsporfieren te zien. De kleur van de grondmassa geeft aan het gesteente de roode tint met plaatselijke groene vlekken door sericitiseering, terwijl tot $1\frac{1}{2}$ mM. groote, witte veldspaatphenokristen zijn waar te nemen. Plaatselijk is het gesteente limonietrijk.

F. Tufporfieroiden. Tot tufporfieroiden worden, volgens de nomenclatuur van ROSENBUSCH, gerekend tuffen, die de kenteekenen van een eenzijdigen druk vertoonen. Ze komen in het onderzochte gebied hoofdzakelijk in de bovenste lagen van de vulkanische gesteentenserie voor, maar een enkel handstuk is afkomstig uit de onderste lagen van de kwartsporfier- en tufserie en wel uit de Brembo ten S. van Caprile, waar door de geringe dikte van de glaslava ook deze serie nog de invloed van den sterken druk heeft ondervonden. De handstukken van de verschillende ontsluitingen komen, zoowel in macroscopische als microscopische kenmerken te weinig met elkaar overeen om met één beschrijving voor deze serie te kunnen volstaan. Niet alleen is het tuffogene karakter bij het onderzochte materiaal sterk verschillend, maar ook de mate, waarin de druk op het gesteente heeft ingewerkt, is niet altijd dezelfde.

Alle mogelijke overgangen doen zich hierbij voor, van de meest schisteuze aan sericietsnoeren rijke typen, tot gesteenten, waarvan we nauwelijks weten of de verandering wel aan druk is toe te schrijven. De eenige eigenschap, die ze gemeen hebben, is de groene kleur, ontstaan door de sterke sericitiseering.

Gaan we eerst over tot de bespreking van die gesteenten, die het sterkst de kenteekenen van den druk dragen en bezien we daarvoor nader het handstuk, dat gevonden werd onder de brug over het Val Rustica aan den weg Averara—Valmoresca. Behalve een roodachtig bruine, plaatselijk door sericitiseering groene kleur, vertoont het gesteente een duidelijk tuffogeen karakter met 3—5 cM. groote hoekige korrels, rood, groen, soms donkergrijs van kleur. Een groot aantal aders opgevuld met ijzercarbonaat doorkruisen het gesteente in alle richtingen.

Bij microscopisch onderzoek zien we bij gekruiste nicols dunne georiënteerde sericietsnoeren om de verschillende korrels heenloopen, die weer zoo zijn gelegen, dat hun langste as in de richting van den kleinsten druk ligt. Deze korrels bestaan uit felsiet en microfelsiet, waarvan sommige zeer limonietrijk zijn. Verder komen groote sterk afgeronde en talrijke kleine hoekige kwartsen voor, naast sterk gesericitiseerde plagioklaas. Als nevenbestanddeelen zien we: gebleekte biotiet, rijk aan insluitels, magnetiet, limoniet en secundaire calciet. Het blijkt, dat niet alleen het kitmiddel geheel gesericitiseerd is, maar ook waar-schijnlijk nog deelen van de korrels, waardoor deze nu zonder duidelijke begrenzing in de sericietsnoeren overgaan.

Draagt dit handstuk dus macroscopisch een conglomeratisch karakter, dikwijls komt het voor, dat het gesteente zoo fijn korrelig is, dat van tuffogene kenmerken niets te zien is, waardoor het bijzonder moeilijk wordt, het van de zandsteen van het Onder-Perm te scheiden.

Soms zijn stukjes van den kristallijnen ondergrond tusschen het tuff-materiaal te vinden. Als nevenbestanddeelen komen nog voor: zirkoon en bruine hoornblende.

Ook de tuf uit de onderste zone juist boven de glaslava, in de beek ten S. van Caprile inf. gevonden, behoort bij deze gesteentenserie te worden besproken. Duidelijk vertoont het sporen van een sterken druk. Bij microscopisch onderzoek blijkt het rijk aan sericietsnoeren te zijn, die met een duidelijke parallele rangschikking de korrels omgeven. Verder vinden we hoekige, vaak onduleus uitdoovende kwartsen, microfelsiet en felsietkorrels, dikwijls geheel gesericitiseerd, plagioklaas en orthoklaas, als nevenbestanddeelen: zirkoon, gebleekte biotiet, muscoviet in overgang tot sericiet, limoniet en verweerde titaanrijke magnetiet.

Macroscopisch is het gesteente dicht en glimmerrijk. Het tuffogene karakter is door de fijne korrelgrootte verdwenen. Het handstuk vertoont druksplijting, loodrecht daarop is het breukvlak oneffen, terwijl door verweering een donkergrijs bruine kleur is ontstaan.

Zooals ik reeds opmerkte, bestaan er vele overgangen tot de gewone tuffen. Het eerst zien we, dat de sericietsnoeren niet meer evenwijdig ver-loopen, maar het gesteente in alle richtingen doorkruisen. De mineralogische bestanddeelen blijken dezelfde te zijn, behalve dat soms zeolieten als opvulling van holten in de grondmassa werden gevonden. Tenslotte kan het eenige kenmerk, dat nog op druk wijst, de onduleuze uitdooving van de kwarts zijn.

III. INVLOED OP DE TOPOGRAFIE.

Deze gesteentenserie doet gewoonlijk een rotsachtig gebergte ontstaan, waarvan de hellingen in de meeste gevallen door puin zijn bedekt. Op de aan verweeringsarde arme rotsen is de vegetatie gering. Ze bestaat uit kreupelhout en schaars voorkomende dennen.

PERM.

I. ALGEMEENE BESCHRIJVING.

Boven de besproken porfier- en tufserie volgt een reeks van zandsteen, mergels, leien en conglomeraten, die allen tot het Perm moeten worden gerekend.

Ze vormen eveneens een gedeelte van de twee in het N. liggende anticlinalen. Aan den W. vleugel van de anticlinale van Caprile begint de Permstrook, die tot aan het Como Meer doorloopt. In het E. van het gebied duiken van onder den Bontzandsteen eveneens Permlagen op. Hier ligt het begin van een nog veel grootere Dyasstrook, waarin zich in welvingen het porfier en de kristallijne ondergrond vertoonen. Over de vraag wat tot het Perm gerekend moet worden is reeds veel gestreden.

CURIONI noemde bepaalde gedeelten Carbonisch, namelijk de leien, die in het door mij onderzochte gebied niet voorkomen.

GÜMBEL kon door onderzoek van plantenresten in het Val Trompia nagaan, dat deze leien toch tot het Perm behooren, maar hij dacht zich de grens tusschen Perm en Bontzandsteen onder de conglomeraten en de daaronder liggende roode zandsteen.

VARISCO en TARAMELLI nemen in het complex van zandsteen en conglomeraten een niet duidelijk omschreven grens aan, terwijl PORRO de conglomeraatbanken tot den Bontzandsteen rekent.

BENECKE noemt in zijn „Erläuterungen zu einer geologischen Karte des Grigna Gebirges” alles boven het porfier tot en met het conglomeraat Permisch en hierbij kan ik me volkomen aansluiten; alle andere verdeelingen kunnen plaatselijk misschien bruikbaar, maar zullen in den regel minder gemakkelijk door te voeren zijn. We zullen dus verder aannemen, dat het conglomeraat, het z.g. Verrucano-conglomeraat, de hoogste lagen van het Perm vormt. In het onderzochte gebied volgen daarop naar boven de zandsteen en mergels van den Bontzandsteen, terwijl de in het E. veelvuldig voorkomende Bellerophonkalk hier ontbreekt. Het is niet mogelijk een profielbeschrijving te geven, die voor het geheele gebied geldt, aangezien het lithologisch karakter van het gesteente sterk wisselt.

Daarbij komt nog de moeilijkheid, dat door het groote aantal breuken, waardoor de serie is gestoord, herhalingen optreden, die door het sterk wisselende karakter van de gesteenten moeilijk zijn waar te nemen. Zoo nam ik in de beek, die ten E. van Cusio loopt en van de Piani di Avaro komt, nauwkeurig een profiel op, waarin herhalingen van dezelfde lagen niet met eenige zekerheid te vinden zijn. Toch moeten we die hier aannemen om te verklaren, dat aan den E. vleugel van de anticlinale van

Caprile de afzetting ruim driemaal zoo dik is als aan den W. vleugel. Dit komt op het E—W. profiel (Plaat 41) duidelijk uit. Wel zijn hier in de beek vele horizontale verschuivingen te zien en is het gesteente rijk aan horizontale wrijfspiegels. De bijzonder groote dikte vooral in het onderste gedeelte van het profiel, bestaande uit grijze zandsteen, overtreft de op andere plaatsen gevonden dikte zeker eenige malen. Maar een herhaling van de roode en groene mergelserie, kenmerkend voor het Boven-Perm of een opnieuw voorkomen van de, voor het Onder-Perm karakteristieke, door kleur gelaagde zandsteen, is hier niet te zien.

We moeten hier dus aannemen, dat groote gedeelten bij de verschuiving zijn uitgewalst of, dat we met talrijke kleine opschuivingen te maken hebben, die meer plaatselijk de dikte van de lagen hebben vergroot.

In de profielen ziet men, dat het Verrucano-conglomeraat, dat soms geheel ontbreekt of tot minimale afmetingen is gereduceerd, ook tot honderden meters dikte kan toenemen. Over het algemeen zijn de conglomeraatbanken in de vleugels van de anticlinalen van Caprile en Mezzoldo zeer dun of geheel gereduceerd. Dikker, tot 100 M. toe, zijn de banken in het N.W., waar ze als steile rotsen de Bontzandsteen-synclinale van de Piani di Avaro begrenzen; maar de belangrijkste afzetting van deze conglomeraten vinden we in het E., waar we dikten van 300 M. moeten aannemen. Waarschijnlijk neemt meer E. waarts buiten het onderzochte gebied de dikte van het conglomeraat zelfs nog meer toe.

Een goeden indruk van een gedeelte van de Permische lagen krijgt men langs een geheel in rotsen uitgehouwen weg van Averara naar Valmoresca. Hoewel de weg de heele anticlinale doorsnijdt en men dus zou verwachten de geheele Permische lagen-serie ontwikkeld te zien, zijn toch slechts het Midden- en Boven-Perm waarneembaar, omdat het Perm zelf een secundaire anticlinale vormt, waarvan de kern niet door erosie is blootgelegd.

Het contact met de tufserie wordt door een breukensysteem gevormd, de eenige plaats waar in het veld een later bij de tektoniek te bespreken breukzone tusschen het Perm en de porfierserie te zien is.

Hieronder volgt een beschrijving van het profiel langs dien weg, te beginnen vanaf het S.

Boven.

- | | |
|--|-----------------------------|
| 6. Conglomeraten (Verrucano conglomeraat). | Dikte: $\pm \frac{1}{2}$ M. |
| 5. Groene en roode mergels met ingesloten tuflaag. | „ ± 50 M. |
| 4. Zandsteen soms grofkorrelig en afwisselend met glimmerrijke zandsteen. | „ ± 10 M. |
| 3. Blauwzwarte leisteel afwisselend met zandsteen, die dikwijls micariek zijn. | „ ± 30 M. |
| 2. Grijze zandsteen rijk aan kolige en groene insluitsels, waarin tuflagen met groene chlorietrijke insluitsels. | „ ± 30 M. |
| 1. Zandsteen met gekleurde lagen. | „ ± 10 M. |

Onder.

Als we de overeenkomsten nagaan van dit profiel met andere meer plaatselijke waarnemingen, zooals bijv. het profiel in de beek ten N. van Cusio of het profiel langs het pad van Bindo naar Caprile, dan blijkt steeds, dat onder de conglomeraten een reeks groene en roode mergels of zandsteen liggen, die weer op leien rusten, waaronder grijze zandsteen volgen. Het onderste Onder-Perm, dat aan den weg Averara—Valmoresca niet aan den dag komt, is goed ontsloten ten S.W. van Caprile sup. en op den rug ten S.E. van het Val Rustica. Dit onderste Perm wordt voor het grootste deel gevormd ten eerste door fijn korrelige, glimmerrijke zandsteen met een loodgrijze kleur, teweeggebracht door afwisselend donkere en lichtere laagjes, en ten tweede door donkere mergels in afwisseling met donkere harde zandsteenbanken.

II. PALEONTOLOGISCHE BESCHRIJVING.

Fossielen zijn in deze lagen niet gevonden, wel wijzen de soms voorkomende koolfragmenten op plantenresten.

III. LITHOLOGISCHE BESCHRIJVING.

A. Verrucano Conglomeraat. De kleur is meestal rood, soms echter groen, zooals ten W. van Mezzoldo. De rolsteen, die van microscopische afmeting tot eenige cM. groot voorkomen, zijn duidelijk in het rood gekleurde kitmiddel te onderscheiden.

In het conglomeraat, dat we ten E. van Piazzolo vinden, kunnen we duidelijk witte kwartskorreltjes en roode porfierrolsteentjes in het roode kitmiddel herkennen.

Bij microscopisch onderzoek blijkt het conglomeraat vele kwartskorrels te bevatten, die vaak onduleus uitdooven of geheel verbrijzeld zijn en dan met onregelmatige begrenzing tegen elkaar liggen. Steeds zijn de kwartsen afgerond en vertoonen, op de plaatsen waar twee elkaar raken, veel barsten en een plaatselijke onduleusiteit. Verder zien we grondgebergte-kwartsen en korrels felsitisch- en microfelsitisch ontglaasd glas soms met een duidelijke fluidaalttextuur.

Als nevenbestanddeelen komen voor: muscoviet, magnetiet en helder roodgekleurde limoniet, terwijl het kitmiddel geheel is gericitiseerd.

Een handstuk uit de Brembo ten N. van Averara bleek duidelijke grondgebergtekorrels met muscoviet-snoeren en toermalijn te bevatten, maar kwam in zijn verdere bouw volkomen met de overige overeen.

Enkele rolsteen werden microscopisch onderzocht.

Allereerst zal besproken worden een rolsteen uit de conglomeraatblokken, die in de Brembo ten S. van Averara in grooten getale zijn te vinden. Het gesteente is donkerrood door de kleur van de grondmassa, waarin zeer ver uiteen kleine, heldere 1—1½ M. groote kwartsen en melkwitte, ondoorzichtige plagioklaaskristallen liggen. Het breukvlak is oneffen en door verweering ontstaat een bruinroode kleur.

Microscopisch zien we een glazige grondmassa, met een door de ligging van de ontglazingsproducten duidelijk uitkomende fluidaalttextuur.

Deze grondmassa is zeer limonietrijk en hieraan moet de roode kleur van het gesteente toegeschreven worden.

Als phenokristen komen magmatisch gecorrodeerde kwarts en vlekkelijke plagioklaas voor, soms met sericiet en calciet. Als nevenbestanddeelen treden gebleekte biotiet met magnetiet en zirkoon op.

In hoofdzaak geldt deze beschrijving ook voor de andere porfierrolsteen, slechts van enkele moeten nog eenige bijzonderheden worden opgemerkt. Zoo zien we bij een porfierrolsteen uit de Verrucano-blokken van het Val Stabina bij Chiappa een bijzonder mooie granofierische vergroeiing tusschen kwarts en veldspaat, die als een soort aureool, zoowel de kwarts als de plagioklaas omgeeft.

Bij een rolsteen uit het Verrucano-conglomeraat uit de Brembo ten N. van Averara zien we in de felsitisch ontglaasde grondmassa eigenaardig gebouwde kwartskorrels. In tegenstelling met sphaerolieten, dooft het heele individu tegelijk uit. Bij een sterke vergrooing kan men nu zien, hoe chlorietnaaldjes straalsgewijze in de kwarts liggen, waardoor schijnbaar een radiaire bouw van de korrel ontstaat.

De vlekkelijke plagioklaas, zooals die voorkomt in een rolsteen, die bij Averara gevonden werd, vertoont een sterke overeenkomst met de „scheckige” veldspaat door Mügge beschreven.

Tenslotte moet er op gewezen worden, dat de porfieren uit deze rolsteen in geen opzicht gelijken op de porfieren, die in de anticlinalen van Caprile en Mezzoldo voorkomen en we dus moeten aannemen, dat deze rolsteen uit porfieren van verafgelegen gebieden afkomstig zijn.

B. De Mergels. De roode en groene mergels, die hier onder volgen, zijn zeer fijn korrelig, micariek en splijten gemakkelijk in dunne laagjes. Op de verweeringsvlakken ontstaat een bruine tint, terwijl de tuflaag, die tusschen de mergels in ligt een blauwachtig roode kleur heeft, plaatse-lijk met groene vlekken, die waarschijnlijk zijn toe te schrijven aan de verweering van de veldspaat.

Het tuffogene karakter van deze tuflaag is macroscopisch reeds te zien, doordat in de bijna dichte grondmassa tot 2 cM. groote kwarts-individuen voorkomen, naast kleine 1—2 mM. groote, melkwitte plekken, die de aanwezigheid van veldspaat verraden. Naast de besproken bestanddeelen komen nog andere donkere tot 1½ cM. grootte voor, waarschijnlijk stukjes felsiet.

Kleine zeer glimmerrijke plekken van ongeveer ½ cM. grootte wijzen op de aanwezigheid van schistmateriaal.

Microscopisch zijn waar te nemen: korrels, bestaande uit felsitisch- en microfelsitisch-ontglaasd glas, die dikwijls nog een fluidale textuur en sphaerolieten vertoonen, stukjes grondgebergte, kwartskorrels soms onduleus uitdoovend en gebroken soms magmatisch gecorrodeerd en tenslotte door druk sterk veranderde plagioklaaskristallen.

Als nevenbestanddeelen treden op: biotiet met magnetiet-insluitels, apatiet, magnetiet en limoniet, voorts ijzercarbonaat.

Het kitmiddel is geheel in sericiet overgegaan en secundaire kwarts-

aders doorkruisen in alle richtingen het gesteente, dat tenslotte den indruk maakt onder zwakken eenzijdigen druk te hebben gestaan.

C. De Zandsteen. Onder de groene en roode mergels volgt een grofkorrelige zandsteen bruinachtig grijs van kleur. De plaatselijke groene tint is waarschijnlijk te wijten aan sericitiseering. De korrelgrootte is zeer verschillend, maximaal 3 cM. Naast heldere van 1—2 mM. groote kwartskorrels zijn donkere korrels te zien, die waarschijnlijk uit felsiet of microfelsiet bestaan.

Microscopisch zijn waar te nemen: stukjes grondgebergte, onduleus uitdoovende vaak verbrijzelde kwarts, en microfelsiet met secundaire kwartsaders.

Daarnaast treden op: sericiet, dat zoowel in als om de korrels ligt, magnetiet en limoniet, dat vaak als een fijn pigment in het gesteente verdeeld is, gebleekte biotiet en zirkoon.

Hieronder ligt een grijze zeer glimmerrijke zandsteen met een duidelijke splijtbaarheid. Het gesteente is limonietrijk en wisselt af met blauwe tot zwarte gemakkelijk splijtbare leisteel.

Onder deze zandsteen volgen de grijze zandsteen van horizont 2.

De kleur is groengrijs, maar plaatselijk, door veelvuldig voorkomen van kwarts, wit. In het tamelijk dichte gesteente vallen groene insluitsels op van ongelijke grootte. Bruine vlekken wijzen op limonitiseering. Het gesteente is eenigszins schisteus en pyriet valt macroscopisch te herkennen.

Bij microscopisch onderzoek blijkt het gesteente te bestaan uit korrels van de felsitisch ontglaasde grondmassa van een porfier, dat rijk is aan sericiet en calciet en uit onduleus uitdoovende kwartskorrels. Het gesteente wordt doorkruist door kwartsaders, waarvan de individuen onduleus uitdooven en is rijk aan pyriet.

De tuffen, die tusschen deze zandsteen voorkomen, zijn grijsachtig met groene plekken. Het tuffogene karakter is goed te zien, maar is, omdat het gesteente niet geheel homogeen is, op de eene plaats meer in het oog vallend dan op de andere. Ze bevatten kwartskorrels tot een grootte van 2 cM., terwijl de veldspaatindividuen, die door chloritiseering de groene kleur doen ontstaan, in dezelfde grootte voorkomen.

Het duidelijkst valt het tuffogene karakter op, wanneer het gesteente verweerd is en door limonitiseering van het kitmiddel de verschillende korrels duidelijker afsteken.

Bij microscopisch onderzoek blijkt het gesteente korrels te bevatten van een felsitisch- en microfelsitisch-ontglaasde grondmassa van een porfier, dat soms rijk aan sericiet en calciet is. Ook zien we een stukje van een porfieriet, die bijzonder rijk is aan plagioklaas, verder onduleus uitdoovende kwartsen, waarschijnlijk afkomstig uit het grondgebergte en magmatisch gecorrodeerde kwartsen uit het porfier.

Als nevenbestanddeel treden op: apatiet, gebleekte biotiet en pyriet. Het kitmiddel is overgegaan in sericiet en chloriet.

Langs den weg van Averara naar Caprile komen geen ontsluitingen voor, waarin we de onderste horizonten bij den overgang tot de porfier-serie kunnen waarnemen. Op andere plaatsen zooals in het Valle di

Pegherolo zien we, dat vlak boven de tuffen een donkergrijs gesteente ligt. Dit is opgebouwd uit dunne laagjes, die duidelijk van elkaar zijn te onderscheiden, doordat het eene laagje donkerder gekleurd is dan het andere. Het gesteente is zoo dicht, dat van de afzonderlijke korrels niets meer te zien is.

Microscopisch bestaat het gesteente uit kleine kwarts- en plagioklaaskorrels, verder uit: muscoviet, sericiet, pyriet en magnetiet met limoniet. Het gesteente is secundair geheel geïmpregneerd met calciëet.

Bijzonder moeilijk is het dikwijls om de grens tusschen de tuffen en de zandsteenserie te trekken. Niet alleen bij het carteeringswerk, maar ook bij het microscopisch onderzoek is deze scheiding lastig, vooral wanneer het blijkt, dat de lagen door eenzijdigen druk sericietrijk zijn geworden en daardoor niet alleen het kitmiddel, maar vaak ook de omtrek van de korrels is veranderd. Dit komt namelijk niet alleen bij de besproken horizonten in de porfier- en tufserie voor, maar ook op enkele plaatsen aan de basis van de zandsteenserie. Als voorbeeld kan het gesteente genoemd worden, dat in het dal ten S. van Soliva op de grens met de tuffen werd gevonden. Het is grijsgroen van kleur en in het limonietrijke cement zijn de verschillende korrels duidelijk te onderscheiden.

Macroscopisch is van schisusiteit niets te zien, maar microscopisch blijkt het kitmiddel geheel in sericiet te zijn overgegaan, dat zich in snoeren om de verschillende korrels heenbuigt. Deze korrels bestaan uit kleine en groote kwartsen en microfelsiet, terwijl als nevenbestanddeel optreden: biotiet met limoniet, muscoviet, zirkoon en ijzercarbonaat, dat gedeeltelijk verweerd is tot limoniet.

IV. INVLOED OP DE TOPOGRAFIE.

De conglomeraatbanken doen gewoonlijk een zeer rotsachtig en steil gebergte ontstaan, dat door zijn loodrechte wanden meestal niet te beklimmen is. Het gesteente is in den regel kaal of hoogstens door een zeer arme vegetatie begroeid, zoodat overal reeds uit de verte de roode kleur duidelijk valt waar te nemen. Door glaciale werking is het in den vorm van erratische blokken over het geheele gebied verspreid.

De mergels en zandsteenen doen door hun gemakkelijke verweering meestal een glooiend relief ontstaan en bieden meer mogelijkheden voor begroeiing. De meeste groote dennenbosschen staan op de verweerings-aarde van deze lagen.

BONTZANDSTEEN.

I. ALGEMEENE BESCHRIJVING.

Deze formatie wordt ook vaak Servino genoemd om daarmee aan te geven, dat men met de Onder-Alpine Trias te doen heeft. Daar eenige echter, o.a. CURIONI, onder Servino het bovenste gedeelte van het Werfenien verstaan, heb ik den naam gehouden, die voor de Deutsche Trias speciaal gebruikt wordt.

De Bontzandsteen is in het N. ontwikkeld in de vleugels van de twee anticlinalen. Bij die van Mezzoldo treedt een smalle ± 30 M. breede band van dit zoo karakteristieke, kleurrijke gesteente onder de Muschelkalk aan den dag, de anticlinale geheel omgevend en vrij gelijkmatig van dikte blijvend. Bij de anticlinale van Caprile is deze regelmatige ligging eenigszins verstoord, omdat door de erosie van de aanmerkelijk hooger liggende W. vleugel van de anticlinale alles tot het Onder-Perm is verdwenen. De Bontzandsteenstrook buigt bij de Prati di Taleggio om, duikende onder de Muschelkalk- en Esinokalk-schol ten E. van Cusio.

Voorts is de Bontzandsteen in het N. van het gebied nog ontwikkeld in het meest noord-westelijke gedeelte, op de Piani di Avaro. Hier bevindt zich een synclinale, begrensd door het conglomeraat van het Boven-Perm, waarin de zachte mergels en zandstenen van den Bontzandsteen, tegen erosie beschermd, nog bewaard zijn gebleven.

Belangrijker is de ontwikkeling van den Bontzandsteen in het oosten van het gebied, waar hij tot de westelijke vleugel van de culminatie van Trabuchello behoort. Hier is deze formatie veel beter ontwikkeld, zoodat op enkele plaatsen vrij volledige profielen opgenomen konden worden in tegenstelling met in het N., waar behalve op de Piani di Avaro weinig meer van den Bontzandsteen is overgebleven dan bruin zand.

Verder treffen we het gesteente meestal aan langs belangrijke dislocaties, als bij de twee opschuivingen ten E. van Olmo en die ten N. van Cusio en Averara. Het heeft hierbij als glijvlak gediend, is diens-tengevolge sterk uitgewalst en laat weinig meer van zijn oorspronkelijke ontwikkeling zien.

Gaan we eerst tot de bespreking van het meer volledige Bontzandsteenprofiel over. De beste ontsluitingen worden waargenomen langs den weg van Lenna naar Branzi of van Lenna over Coltura langs de Brembo naar Bordogna. Beide wegen zijn voor een groot deel in deze lagen uitgehakt.

Zoo vinden we langs den eersten weg tegenover de kerk van Valnegra,

de eerste groene mergels. Daarvóór zijn de lagen onder het Muschelkalk-puin, dat over de heele helling heen ligt, bedolven. In de beek ten E. van Valnegra komt een mooie ontsluiting in de bruine zandsteenbanken voor. Deze banken zijn gekenmerkt door hun oneffen, om concreties buigende splijtvlakken, die door een groote rijkdom aan glimmerblaadjes een typisch zijdeachtige glans vertoonen. Hier werden verzameld *Pecten Venetianus* en verschillende exemplaren van *Naticella costata* (Mstr.).

Uit deze en de daarop volgende ontsluitingen kon het volgende profiel, afgezien van enkele onderbrekingen, worden opgenomen:

Boven.	
6. Groene mergels.	} dikte $\pm$ 450 M.
5. Bruine glimmerrijke zandsteenbanken.	
4. Groene en roode mergels.	
3. Groene mergels afgewisseld door bruine zandsteenbanken, die vaak een aanzienlijke dikte bereiken.	
2. Groene mergels afgewisseld door roode zandsteenbanken.	
1. Roode zandsteenbanken.	
Onder.	

Dolomietbanken treden hier niet op, maar aan den weg van Coltura naar Bordogna zijn deze wel ontwikkeld, liggende in de onderste lagen tusschen de roode zandsteenbanken.

In de beek, die van Prato Ladino naar Piazzolo loopt, werd het volgende profiel in den Bontzandsteen opgenomen:

Boven.	
8. Mergels.	} dikte $\pm$ 100 M.
7. Glimmerrijke zandsteenbanken.	
6. Roode grofkorrelige zandsteenbanken.	
5. Roode glimmerrijke mergels.	
4. Groene mergels.	
3. Roode grofkorrelige zandsteenbanken.	
2. Dun gelaagde glimmerrijke zandsteenbanken.	
1. Kwartsiet.	
Onder.	

Tenslotte werden op de Piani di Avaro boven het Verrucano-conglomeraat nog de volgende lagen waargenomen:

Boven.

3. Zandsteenbanken met mergelige tussenlagen. (Hieruit is waarschijnlijk door oplossing een eigenaardig poreus gesteente ontstaan, dat daar overal in het zacht glooiend terrein aan den dag treedt.)
2. De zandsteenbanken worden dunner, om tenslotte naar boven toe geheel te verdwijnen, waarna alleen de roode en groene mergels overblijven. (Hierin ligt een Barietader.)
1. Roode zandsteenbanken afgewisseld door roode en groene mergellagen. De zandsteenbanken zijn van verschillende dikte en evenals de mergelige lagen glimmerrijk.

dikte $\pm$ 50 M.

Onder.

Helaas kon nergens een profiel geheel tot aan de Muschelkalk toe worden opgenomen; hoogstens valt op sommige plaatsen te zien, hoe de Bontzandsteen in de Muschelkalk overgaat. Het blijkt dan, dat de bovenste lagen steeds uit een bruinachtig zand bestaan, dat langzamerhand in een blauwe sterk geaderde kalk overgaat. Of onder dit zand nu dadelijk de gekleurde mergels volgen is niet te zien en evenmin heb ik kunnen waarnemen, hoe dik de lagen zijn. Het is trouwens van weinig belang om de dikte van de lagen op een bepaald punt te kennen, omdat deze dikte sterk wisselt. Niet alleen bij het volgen van die strook van Valnagra naar het N. zien we de lagen dunner worden, maar ook bij het meest noordelijke voorkomen, waar ze de anticlinalen omringen, is hun ontwikkeling zóó gereduceerd, dat vaak niets anders dan het zand, waarin stukjes van de groene mergel verspreid liggen, zijn overgebleven. Misschien is deze reductie te wijten aan een uitwalsing; hierop zal in het hoofdstuk Tektoniek worden teruggekomen. Dit valt echter wel vast te stellen, dat in het onderzochte gebied de Bontzandsteen door een zandige horizont in de kalken van de Muschelkalk overgaat, terwijl de onderste lagen op het Verrucano-conglomeraat liggen. Er zijn dus geen sporen van een Bellerophonkalk, zooals die meer E. wordt gevonden.

Samenvattend kan uit de drie besproken profielen een algemeen profiel worden opgesteld. Hiervoor moet dus worden nagegaan, wat alle drie gemeen hebben.

Allereerst blijken boven het Verrucano-conglomeraat, roode grofkorrelige zandstenen te liggen. De hierop volgende roode en groene mergels wisselen af met de roode zandsteenbanken, die naar boven toe afnemen, totdat tenslotte de zandsteenbanken verdwijnen en slechts de roode en groene mergels overblijven. Hoogerop wisselen ze weer af met bruine glimmerrijke zandsteenbanken.

We zien in het profiel bij Valnagra, dat van de hoogere lagen een goeden indruk geeft, in tegenstelling met de beschrijving van het Werfenien door Arthaber, dat de roode lagen vooral onder en de groene boven voorkomen. CURIONI rekende de lagen met *Naticella Costata* nog tot het Perm. Mij komt het meer logisch voor de grens boven het Verrucano-conglomeraat aan te nemen.

II. PALEONTOLOGISCHE BESCHRIJVING.

De volgende fossielen werden gevonden:

<i>Pecten Venetianus.</i>	}	Dal ten E. van Valnagra.
<i>Naticella costata Mstr.</i>		
<i>Myophoria costata Zenk.</i>		In het dal ten S. van Piazzatorre.

III. LITHOLOGISCHE BESCHRIJVING.

A. De dolomiet, die somtijds in de onderste lagen voorkomt, blijkt bij microscopisch onderzoek bijna geheel uit korrelig carbonaat te bestaan, terwijl holten door chaledoon worden opgevuld. Ondergeschikt komen in het gesteente voor kleine plagioklaas- en muscovietkristallen. Terwijl het meerendeel van het carbonaat in zijn kristallisatierichting geen bepaalde orientatie vertoont, is de ligging van de kristallen, die de holten omgeven zoo georienteerd, dat een soort radiaire structuur ontstaat.

Macroscopisch is het gesteente grijs, fijn kristallijn met soms zeer glimmerrijke laagvlakken.

B. De roode zandsteenbanken bestaan microscopisch uit onregelmatige, niet scherp begrensde kwartskorrels, die vaak door een aureool van kwartsnaalden worden omgeven. Slechts zelden liggen twee kwartskorrels zóó, dat de aureolen elkaar raken en een soort vezelige verbinding tusschen twee individuen vormen.

Volgens CAILLEUX ontstaan dergelijke veervormige structuren om individuen, wanneer de kwartsen zoo ver van elkaar liggen, dat bij de secundaire uitkristallisatie de hoeveelheid kiezelzuur te gering is om het geheele gesteente op te vullen. Tusschen die fijne naalden zien we sericiet en carbonaat uitgekristalliseerd, welke laatste tevens het kitmiddel vormt. Naast kwartskorrels, die rijk zijn aan insluitsels, bevat het gesteente grondgebergte-kwartsen en microfelsiet-korrels, afkomstig van ontglaasde porfier.

Ontbreekt om de kwarts de veervormige structuur, dan is het individu vaak omgeven door een aureool van georienteerde carbonaatkristallen, die een soort radiaire structuur doen ontstaan.

Ondergeschikt bevat het gesteente nog sericiet en limoniet.

Macroscopisch zien we kwartskorrels, van een gemiddelde grootte van $\frac{1}{2}$ mM., waartusschen donkerder gekleurde korrels liggen, waarschijnlijk

uit het porfier of het grondgebergte afkomstig. De korrels zijn aanééngakit door een rood cement, dat plaatselijk glimmerrijk is.

C De bruine zandsteen, waarvan men zou kunnen denken, dat hij door verweering van het cement uit den rooden zandsteen is ontstaan, heeft een geheel andere structuur als deze.

Microscopisch blijkt n.l. dat hierin alleen kwartskorrels voorkomen, terwijl het cement voornamelijk uit carbonaat bestaat en maar zelden sporen van secundaire kwarts vertoont. De kwartskorrels dooven onduleus uit, zijn soms rijk aan insluitsels en laten enkele malen duidelijk hun herkomst uit het grondgebergte zien. Grenzen twee korrels aan elkaar, dan is vaak tusschen de twee individuen een massa zichtbaar, die duidelijk secundair is, grootere helderheid vertoont en niet gelijktijdig met de omliggende kwartskorrels uitdooft. Ook hier ontstaat soms, wanneer de afstand tusschen twee individuen te groot is, een veervormige structuur, die reeds bij het vorige gesteente beschreven is. Het kitmiddel is in hoofdzaak carbonaat met ondergeschikt sericiet en limoniet.

Macroscopisch vertoont het gesteente door de kleur van het cement een bruine tint. In het niet glimmerrijke kitmiddel liggen de $\pm \frac{1}{2}$ mM. groote, witte kwartskorrels.

De besproken gesteenten zijn afkomstig van de Bontzandsteen-ontsluitingen aan den weg van Lenna over Coltura naar Bordogna en wel ten E. van de kleine brug, die van dien weg over de Brembo naar Cantone ligt.

De nu te bespreken zandsteen komt van de Piani di Avaro, aan den W. kant van de synclinale, uit den wand van de daar aanwezige barietgroeve.

Microscopisch zien we kwartskorrels van meestal onregelmatigen, maar afgeronden vorm. Soms grenzen zij geheel aan elkaar, hetgeen het gevolg kan zijn van het secundair uitkristalliseeren van kwarts, soms ook zijn ze aanééngakit door carbonaat, waarin kleine holten voorkomen, die met chaledoon zijn opgevuld. Ondergeschikt komen voor: muscoviet, sericiet, hoornblende, zirkoon, magnetiet en limoniet.

Macroscopisch is het gesteente grijs met bruine, zeer glimmerrijke splijtvlakken. De ± 1 mM. groote kwartskorrels zijn duidelijk van het witachtige, kalkige cement te onderscheiden.

D. Tenslotte moeten de voor den Bontzandsteen zoo bijzonder belangrijke **groene mergels** beschreven worden. Onderzocht werd een handstuk, dat afkomstig is uit een ontsluiting in de beek, die het terras van Piazzatorre naar het S. toe begrenst.

In het bijzonder fijne gesteente werd bij het onderzoek met een 500-voudige vergrooting de aanwezigheid vastgesteld van sericiet, hoornblende, limoniet. De grondmassa bleek uit kwartskorreltjes te bestaan, waarvan de helderheid door een bijzonder groot aantal ondoorzichtige mineralen is vertroebeld.

Macroscopisch is het een groene, heel fijne, schisteuze mergel.

Op de Piani di Avaro komt in gangen in den Bontzandsteen bariet voor, dat aldaar vroeger werd gewonnen.

IV. INVLOED OP DE TOPOGRAFIE.

In het terrein verraadt het gesteente zich door zijn ronde vormen, ontstaan door de gemakkelijke verweering van de mergels en zandsteen. Bijzonder mooi is dit te zien op de Piani di Avaro waar een zacht golvend heuvelland ligt, dat omgeven door het Verrucano-conglomeraat aan het landschap een grilligen vorm geeft.

Ook ten E. van de Corna Rossa liggen tussen de steile rotsen van de Muschelkalk en het Verrucano-conglomeraat in den Bontzandsteen twee „comben“-dalen, die naar het N. en naar het S. afwateren.

MUSCHELKALK.

I. ALGEMEENE BESCHRIJVING.

Alvorens een uitvoeriger verhandeling van de Muschelkalk te geven, zij een enkel woord gezegd over het voorkomen van deze lagen.

In het N. treedt de kalk aan den dag in de anticlinalen van Caprile en Mezzoldo. Is bij de laatste de dagzoom volkomen regelmatig, bij die van Caprile zien we in het S.E. de strook door de opschuiving ten E. van Averara onderbroken, om zich in het S.W., hoewel eenigszins gestoord, weer voort te zetten.

Daarna echter is de ontwikkeling van de kalk niet alleen meer afhankelijk van de ligging van de anticlinalen, maar wordt bovendien beïnvloed door de breuk ten N. van Cusio, waarlangs de Esinokalk-, Muschelkalk- en Bontzandsteenschol is afgegleden. Daardoor buigt de Muschelkalkstrook zich naar het W. om en is slechts met moeite verder te vervolgen tusschen den Bontzandsteen en de Esinokalk.

In het S.E. hangt het voorkomen samen met de anticlinalen, die meer E. haar culminatiepunt heeft en waarvan we ons hier in de W. vleugel bevinden. Eenvoudig is de ligging van de Muschelkalk daar niet door de vele breuken en opschuivingen, die een aantal schollen deden ontstaan; maar in hoofdzaak blijkt toch, dat de Muschelkalk in een in het N. smalle, naar het S. breeder wordende strook de opwelling van Trabuchello omringt.

Bij de beschouwing van de ontwikkeling van de Muschelkalk, is het gebied ongeveer volgens een lijn, gaande van de kerk van Piazzatorre over de Corna Rossa naar de Madonna dei Campelli, in twee gedeelten te scheiden, die door verschillende facies-ontwikkeling een afzonderlijke bespreking eischen.

A. Bespreking van de N. facies.

1. *Algemeene Beschrijving.*

Voor het geheele N.W. deel geldt in groote trekken het profiel, dat aan den N. wand van het Val Bindo goed ontsloten is. Boven het zand van den Bontzandsteen, dat hier op eenige plaatsen onder de groote Esinokalk- en Muschelkalk-puinhellingen te voorschijn komt, ligt dun platige, donkergekleurde en geaderde kalk, die in de onderste lagen nog sterk zandig en bruin is, maar naar boven toe donkerblauw tot zwart is gekleurd.

Hooger op worden deze dunne bankjes, door geel-bruinachtige, zeer glimmerrijke huidjes van elkaar gescheiden. Na dit $\pm$ 10 M. dikke

lagenpakket worden de banken dikker (10—40 cM.) vallen niet meer zoo gemakkelijk uiteen, terwijl somtijds eenige centimeters dikke zeer glimmerrijke zandsteenbanken de lagen van elkaar scheiden. Deze afzetting moet ongeveer 17 M. dik zijn. Hierop volgt de Boven-Muschelkalk met sterk gegolfde lagen. Deze kunnen zelfs zóó sterk gegolfd zijn, dat knollen van een gemiddelde grootte van 6 cM. bij 10 cM. worden gevormd, die door een glimmerrijk cement aan elkaar zijn verbonden. Vaak komt het voor, dat dit cement harder is dan de kalk, waardoor bij verweering een soort netwerk ontstaat. Dit is voor deze facies de fossielhoudende horizon.

Hierboven volgt onmiddellijk de Esinokalk, duidelijk door de helder grijze kleur van de Muschelkalk te onderscheiden. Elders is die overgang zelden zoo plotseling en zoo duidelijk; meestal treffen we een langzame overgangszone aan, die bijv. bij Lenna een dikte van 30 M. bezit. Deze overgangszone kan bovendien op geheel verschillende manieren ontwikkeld zijn. Zoo komt in het dal ten N. van Redivo, waar door een breuk de Muschelkalk aan de Raiberlagen grenst, een overgangszone voor, die uit kalkplaten met een zeer oneffen oppervlak bestaat. Onder deze zone treden de goed gelaagde Muschelkalkbanken te voorschijn.

Ingewikkelder is de toestand ten E. van Olmo aan de Corna Rossa, waar de helling van de Esinokalk- en Muschelkalkbanken ongeveer gelijk is aan de topografische helling, zoodat de overgangszone over een groote uitgestrektheid aan den dag treedt. Daar is dan steeds de grofkristallijne blauwe kalk nog tot de Muschelkalk en de hierop volgende grijsbruine kalk tot de Esinokalk gerekend.

Boven Olmo wordt de overgang door een breccieuze kalksteen gevormd, terwijl in het dal, dat van het N. komend bij Malpasso in het Brembodal uitkomt, een kalk met zeer fijne door kleur aangegeven gelaagdheid in de overgangszone optreedt.

Helaas is de gelaagdheid niet altijd een goed criterium voor deze scheiding, omdat het voorkomt, dat deze ook in de Esinokalk optreedt, terwijl dit op andere plaatsen bij de Boven-Muschelkalk in de overgangszone niet het geval is.

2. *Paleontologische Beschrijving.*

In de fossielrijke lagen van deze facies werden bij de ontsluiting ten N.W. van Bindo de volgende fossielen gevonden:

1. *Spiriferina Köveskaliensis* Boeckh.
2. *Spirigera Trigonella* Schlth.
3. *Encrinus Liliformis* Lam.

In de onderste lagen vindt men heel zelden fossielen; maar op enkele plaatsen, zooals ten N. van Piazzatorre, komen onder de Brachiopodenbank in de kalksteen steelieden van *Dadocrinus gracilis* voor, terwijl in het dal, dat ten W. van Acqua Calda vanaf het S. in de Brembo uitloopt, een *Pecten* cfr. *interstriatus* in dezen horizon werd aangetroffen.

Een zelfde profiel als dat van Bindo vinden we overal langs de

begrenzing van de antilinale van Caprile en Mezzoldo. Soms is de ontwikkeling nog wat vollediger. Zoo vond ik ten W. van Piazzatorre in de Brachiopodenbank, die rijk is aan *Spirigera Trigonella*, *Spiriferina Köveskaliensis*, *Encrinus Liliiformis* en *Terebratula vulgaris*, ook een ammoniet. Deze valt door zijn slecht bewaarden vorm niet met zekerheid te determineeren, maar behoort in ieder geval tot de *Ceratitidae* en is waarschijnlijk *Ceratites Binodosus*. Langs den W. vleugel van de antilinale van Mezzoldo en langs den E. vleugel van die van Caprile werden in de bovenste Muschelkalk naast enkele Brachiopoden slechts Crinoiden-stelen van *Dadocrinus gracilis* en *Encrinus Liliiformis* gevonden, de *Dadocrinus Gracilis* steeds in lagere horizonten, de *Encrinus Liliiformis* pas wanneer ook de Brachiopodenbanken beginnen op te treden.

Tenslotte zijn over groote afstanden langs den E. vleugel van de antilinale van Caprile zelfs geen Crinoiden-stelen meer te vinden. Daar en bij de Muschelkalk ten N.E. van Olmo, waar ook geen fossielrijke banken zijn ontwikkeld, is dan ook de carteeering veel onzekerder.

B. Bespreking van de S. facies.

1. Algemeene Beschrijving.

Hebben we hierboven een Muschelkalk-ontwikkeling besproken, die eindigde met een Brachiopodenbank, ten SE. van de lijn van de kerk van Piazzatorre over de Corna Rossa naar de Madonna dei Campelli is, zooals reeds werd opgemerkt, een andere facies ontwikkeld.

Reeds bij het punt, waar de weg naar Piazzatorre van den grooten weg Olmo—Mezzoldo afslaat, komt een ontsluiting in de Boven-Muschelkalk voor, die een veel meer mergelig, kleiachtig karakter draagt.

Een goeden indruk van de ontwikkeling in deze facies krijgt men door van Valnagra naar de kerk van Piazza en vandaar achter het kerkhof langs naar Lenna te gaan. Van Valnagra tot de kerk van Piazza treedt Onder-Muschelkalk op, die hier een dikte van ± 200 M. bereikt en uit banken van zeer ongelijke dikte bestaat, gescheiden door bruine glimmerrijke laagjes, die het grillige relief van het laagoppervlak volkomen volgen. Deze serie komt overeen met de „Gutensteinerkalk” uit de noordoostelijke Alpen. Boven deze Onder-Muschelkalk volgt een afzetting, duidelijk te zien ten W. van de kerk van Piazza, bestaande uit dunne gegolfde laagjes, die hier door verweering vrij gemakkelijk uiteen blijken te vallen. Op andere plaatsen bijv. in de beek, die bij punt 528 den weg Olmo—Piazza snijdt, is door een harder cement tengevolge van verweering een maasvormige structuur ontstaan. Deze facies wordt „Bernocoluto” genoemd en bestaat uit kleine kalkknollen omgeven door een bruin glimmerrijk cement.

Hooger op worden deze knollen groter en het cement wordt vervangen door sterk kleihoudende mergels. De golven in de lagen kunnen tenslotte zóó op den voorgrond treden, dat afzonderlijke losse knollen, soms van aanzienlijke grootte, gevormd worden. Hooger op verdwijnen de mergellagen langzamerhand, de knollen gaan weer in golven over, deze worden langzamerhand zwakker, zoodat tenslotte het laagvlak weer effen wordt. Hiermede is de overgangszone tot de Esinokalk bereikt.

2. Paleontologische Beschrijving.

In deze kalk werden twee belangrijke fossielvindplaatsen aangetroffen. De eerste bevond zich in Lenna, waar voor den bouw van een nieuwe kerk een groot stuk uit de helling was weggehakt. Hier werden de volgende fossielen verzameld:

Meekoceras reuttense (Beyrich).
Ceratites trinodosus. E. v. Mojs.
 „ *Aviticus*. „ „ „
 „ *Lennanus*. „ „ „
 „ *Brembanus*. „ „ „
Nautilus.?
Ptychites studeri. Fr. v. Hauer.
Balatonites. spec. indet.
Rhynchonella trinodosus. Bittn.
Modiola Hirundiformis. Schaur.
Euomphalus Canavari.
Mysidioptera vixcosta. Stopp.
Nucula strigilata. (Goldf.)
Acmoea lineata. Klipst. sp.
Spiriferina Mentzelii. Dunk.

Vroeger zijn hier waarschijnlijk meer vindplaatsen geweest, want TOMMASI beschreef in 1892 reeds fossielen van daar afkomstig. Waarschijnlijk zijn die ontsluitingen nu door het metselen van den weggant en de begroeiing verdwenen.

De andere vindplaats ligt bij de huisjes van Sossen ten N. van Piazza. Een groot voordeel was het nu, dat de helling van de lagen en de topografie evenwijdig loopen, zoodat over een groot vlak de fossielrijke bank was blootgekomen. Door de verweering waren de fossielen ook gemakkelijk uit het gesteente te krijgen. Gevonden zijn:

Balatonites prezzanus. E. v. Mojs.
 „ *Meneghinii*. „ „ „
 „ *Stradanus*. „ „ „
Ceratites binodosus. „ „ „
 „ c. f. *suavis* „ „ „
 „ *elegans*. „ „ „
Ptychites flexuosus. „ „ „
 „ *acutus*. „ „ „
 „ *evolvens*. „ „ „
 „ *megalodiscus*. Beyrich.
Meekoceras Ragazzoni. E. v. Mojs.
Longobardites c. f. *Zsigmondyi*. Boeckh.
 „ „ *breguzzanus*. E. v. Mojs.
Pleuromutilus Mosis. „ „ „
Nautilus Tintorette. „ „ „
Kokoniella c. f. *Pettis*. Koken.

Spirigera Trigonella. Schlth.
Rhynchonella trinodosi. Bittn.
 „ *decurtata*. Gir.
Mysidioptera oblonga. Bittn.
Acmoea lineata (Klipst.) sp.
Encrinus liliiformis. Lam.
Lima areolaris. Bittn.
Spiriferina Köveskaliensis. Boeckh.

Omdat deze fossielrijke banken niet samen in één ontsluiting voorkomen, valt aan de hand van deze waarnemingen niet te zeggen, hoe ze ten opzichte van elkaar liggen. De literatuur van andere Muschelkalk-gebieden in de S. Alpen werd nu nagegaan om uit te maken of deze horizont met de beschreven-profielen overeenstemmen. Bezien we bijv. de indeeling, die PHILIPPI voor de Muschelkalk van het Grigna massief geeft, dan blijken de door mij opgenomen profielen er volkomen in te passen.

PHILIPPI maakt n.l. de volgende verdeling:

1. Onder-Alpine-Muschelkalk met *Dadocrinus gracilis*.
2. Boven-Alpine-Muschelkalk.
 - a. Brachiopodenbank. Zone van de *Rhynchonella decurtata*. (Gir.)
 - b. Trinodosuskalk. Zone van de *Rhynchonella trinodosi* Bittn. en *Ceratites Trinodosus* E. v. Mojs.

Het blijkt dus, dat de ontsluiting in Lenna in de bovenste Boven-Muschelkalk ligt, waarop het voorkomen van *Ceratites* en *Rhynchonella trinodosi* in een uit knollen bestaande kalk wijst.

De vindplaats bij Sosseni ligt blijkbaar nog in de Brachiopodenbank, gezien het voorkomen van: *Rhynchonella decurtata*, *Spirigera trigonella* en de talrijke exemplaren van *Ceratites binodosus* en *Encrinus liliiformis*.

Het voorkomen van *Rhynchonella trinodosi* zullen we moeten toeschrijven aan een overgang tot de hooger gelegen Ammonietenbank.

Deze bewering wordt nog gestaafd door de tabellen van Ammonieten, die ARTHABER in FRECH's „Mesozoicum" voor deze horizonten geeft. Tenslotte moet er nog op gewezen worden, dat in het dal ten S. van Sosseni boven de Trinodosuslagen een bank met kleine *Chemnetzia*'s, waaronder *Chemnetzia* Sp. Benecke, werd gevonden, en voorts vele steenkernen van andere kleine Gastropoden.

Deze horizont komt ook in het Grigna-massief voor. Tevens stemt het veelvuldige optreden van Crinoiden-stelen (*Encrinus liliiformis*) in de Brachiopodenbank en het absoluut ontbreken hiervan in de Ammonietenbank, met de ontwikkeling, bijv. bij Pasturo, overeen. Een belangrijk punt van verschil is, dat de mergelbanken bij Pasturo in het Grigna-gebied in de bovenste lagen toenemen, terwijl hier dadelijk boven de Ammonietenhorizont de mergellagen afnemen.

Dit verschil behoeft echter geen verwondering te wekken, wanneer

we bedenken, dat ten E. van het Como-meer tussehen Muschelkalk en Esinokalk nog de Buchensteiner- en Perledo- en Varenna-lagen voorkomen. Deze lagen zijn hier niet ontwikkeld, maar zullen waarschijnlijk met een gedeelte van de Onder-Esinokalk zijn te paralleliseeren.

In andere ontsluitingen werden tenslotte nog gevonden:

Orthoceras sp. *A. Tommasi*.
Lima subpunctata Orb.
Myophoria Wöhrmanni Bittn.

C. Overzicht van de besproken profielen.

I. *Kleiachtig-, mergelige-facies van het S.E.*

Boven.

- | | |
|---|----------|
| 7. Blauwe grofkristallijne kalksteen, die den overgang tot de Esinokalk vormt. | ± 25 M. |
| 6. Blauwe kalkbanken met effen oppervlak. | |
| 5. Blauwe kalkbanken met gegolfd oppervlak, rijk aan kleine <i>Omphaloptycha</i> 's. | |
| 4. Donkerblauwe tot zwarte kalksteenbanken, waarvan het oppervlak zoo sterk is gegolfd, dat afzonderlijke knollen afgescheiden worden. De banken zijn omgeven door kleirijke mergels. <i>Ammonieten</i> en <i>Brachio-podenbank</i> (<i>Trinodosus</i> en <i>Binodosus</i> lagen). | ± 25 M. |
| 3. Dunne gegolfde kalksteenbanken (z.g. <i>Bernocoluto</i>). | ± 15 M. |
| 2. Kalksteenbanken van verschillende dikte tot meer dan ½ M. toe (<i>Gutensteiner</i> lagen). | ± 200 M. |
| 1. Dunne soms eenigszins gegolfde kalkbanken, die den overgang tot den Bontzandsteen vormen. | ± 10 M. |
- Onder.

II. *Kalk-facies van het N.*

Boven.

- | | |
|--|---------|
| 3. Kleine kalksteenknollen door een bruin zeer glimmerrijk cement aanéengekit (<i>Brachio-poden-bank</i>). | ± 5 M. |
| 2. Kalksteenbanken met tussehenlagen van glimmerrijke zandsteen. | ± 17 M. |
| 1. Dunne gelaagde kalksteen zwart, maar naar onderen toe bruin van kleur. | ± 10 M. |

Onder.

Zal in het volgende hoofdstuk blijken, dat de ontstaanswijze van de Esinokalk een kwestie is, waarover de meeningen verdeeld zijn, voor het ontstaan van de Muschelkalk kan een verklaring volgens de riftheorie als onmogelijk gelden. De duidelijke gelaagdheid en het voorkomen van de kleiachtige mergellagen in de bovenste horizonten, waarin soms de oorspronkelijke schalen van de schelpdieren nog aanwezig zijn, leveren duidelijke bewijzen voor een sedimentaire ontstaanswijze.

Ook de glimmerrijke zandsteenlagen, die in de Onder-Muschelkalk zoo veelvuldig worden gevonden en in een litorale of neritische zone moeten zijn afgezet, spreken voor een mechanisch sedimentatie-proces.

II. INVLOED OP DE TOPOGRAFIE.

In de Muschelkalk zijn somtijds steile rotsen aanwezig, maar in mindere mate dan in de andere kalk- en dolomiet-horizonten. Vooral waar beken zich hebben ingesneden wordt een grillig relief gevormd. Door verweering van de mergellagen ontstaat een vruchtbare aarde; overigens zijn deze lagen voor het grootste deel met kreupelhout bedekt.

ESINOKALK.

I. ALGEMEENE BESCHRIJVING.

Onder dezen naam vatten we een reeks van verschillend gekleurde kalk- en dolomietbanken van sterk wisselende dikte samen, die in het onderzochte gebied het grootste oppervlak beslaan. In het N. vormt de Esinokalk de hoogste horizont in de vleugels van de anticlinalen, terwijl de naar het S. breeder wordende strook ten W. van de Brembo tot den W. vleugel van de anticlinale van Trabuchello behoort.

Door een groot aantal opschuivingen zijn in den door die drie welvingen beheerschten bouw, vele onregelmatigheden ontstaan.

Zoo komt ten S. van Redivo, duikend onder de Raibler-Plattenkalk, een smalle Esinokalkstrook voor, die meer E. verdwenen is, doordat daar de Raiblerlagen naar het S.W. toe zijn opgeschoven. Ten E. van den weg Olmo—Piazza is de bedekking van de Muschelkalkbanken door de Esinokalk zoo dun, dat bij insnijdingen of andere topografische oneffenheden dadelijk de donkere Muschelkalk onder de Esinokalk aan den dag komt. Meer E. is de Muschelkalk over de Esinokalk geschoven en treden de lichte banken van de laatste eerst weer op de kamlijn van de Corna Rossa te voorschijn.

Hier moet ik nog op de mogelijkheid wijzen, dat ten N. van Averara, op de plaats waar de twee breuken samenkomen, in het als Raibler gecarteerde gebied nog Esinokalk aanwezig is. Er is namelijk een groote overeenkomst tusschen de bruine, zwart gestippelde kalk 50 M. voor de brug over het eerste dal ten N. van Averara en de kalk, die ten E. van Cusio wordt gevonden.

Is deze massa inderdaad Esinokalk, dan hebben wij daar te doen met een door elkaar geschoven breukzone, waarin tusschen de Raiblerlagen een klip van Esinokalk geklemd ligt.

Een nadere cartering was echter niet mogelijk, doordat slechts langs den weg een reeks van ontsluitingen was te vinden.

Van dit groote aantal storingen is ook de sterke wisseling in dikte van de afzetting afhankelijk. Dit is bijv. te zien in de uit Raibler-, Esinokalk- en Muschelkalk bestaande schol ten N. van Olmo, die weer op Muschelkalk ligt opgeschoven en waarin de Esinokalk tot een dikte van 150—200 M. is gereduceerd. Hoewel we op vele plaatsen de dikte van de Esinokalk niet kunnen bepalen, omdat daar de Raiblerlagen reeds door erosie zijn verdwenen, valt aan de zone ten W. van de Brembo toch waar te nemen, dat de dikte naar het S. toe grooter wordt en wel van 600—1200 M. Benedenwaarts wordt de Esinokalk, zooals we zagen, door de donkere banken van de Muschelkalk begrensd, waarin zij, door

een soms 50 M. dikke zone, overgaat. Zooals reeds bij de bespreking van de Muschelkalk werd gezegd, wordt de grijze, grofkristallijne kalksteen van deze zone tot de Esinokalk, de minder grove, blauwe tot de Muschelkalk gerekend.

Beschouwen we eerst de meest volledige ontwikkeling van de Esinokalk, zooals deze in het Valle di Piazza of in het Valle di Lenna voorkomt, dan zien we op de beschreven overgangszone een lagenpakket van ongeveer 900 M. dikte volgen, dat uit kalksteenbanken van zeer verschillende, tussehen de $\frac{1}{2}$ en 2 M. wisselende, dikte bestaat.

Hierop volgt in het Valle di Lenna een afzetting van breccieuse kalk, waarvan de kleur geelgrijs wordt bij verweering van het materiaal, dat de breukjes tussehen de verschillende stukjes opvult. Deze kalksteen gaat naar boven toe over in een donkergrjzen kalksteen, waarin vaak een typisch radiale structuur voorkomt, ontstaan door een afwisseling van lichte, fijnkorrelig gekristalliseerde stralen met grovere, donkere stralen.

Daarop volgt roode kalk, de z.g. *Calcere Rosso*, die in het Valle di Piazza duidelijk is te zien en die in het Valle di Parina wordt uitgehouwen voor de marmerslijperijen in Bergamo.

De gelaagdheid wordt nu veel duidelijker en de dikte van de banken geringer. De tint is blauw met fijne door kleur aangeduide gelaagdheid en bruine tussehenlagen. Hierin komt in onregelmatig gevormde holten en banken Calamien voor, die vroeger in het Valle di Lenna, maar vooral zuidelijker bij Cespedoso werd ontgonnen.

Ten E. van S. Pietro d'Orcio wordt nog steeds aan de ontginning gewerkt, terwijl lange kabelbanen het materiaal afvoeren. Fossielen komen in deze lagen niet meer voor, wel is het gesteente vaak rijk aan calciataders.

Op deze blauwe kalkbanken volgt de Plattenkalk uit de Onder-Raiblerlagen, die veelal moeilijk van de eerste is te scheiden. Deze kalksteen is fijner kristallijn, in het veld te herkennen aan zijn gegolfd oppervlak en aan een bruingrijze verweeringskleur.

De hoornsteenbanken, zooals die langs den weg van Orbrembo naar Cespedoso optreden, zijn hier in de Boven-Esinokalk niet ontwikkeld en ook de dikte van de Calamienhoudende lagen, die daar groot is, bedraagt hier slechts $\pm$ 50 M. Andere ertsen als bijv. loodglans, dat bij Esino wordt ontgonnen, komen hier in de kalk niet voor.

Het bovenstaande kan als beschrijving van het meest algemeene profiel worden beschouwd. In het N. zijn de lagen tot de helft of soms tot nog minder gereduceerd. Is de dikte tot een minimum teruggebracht, zooals bij de Esinokalk in de schol ten N. van Olmo, dan blijkt, dat de heele afzetting primair stratigrafisch breccieus is. Ook langs den weg van Averara naar Olmo is dit breccieuse gesteente mooi ontsloten. De kleur is bruinachtig en ook met het oog op de ligging dicht onder de Raibler-Plattenkalk is het waarschijnlijk, dat deze breccieuse facies te paralleliseeren is met de bruine lagen uit de Boven-Esinokalk. Het gesteente is rijk aan holten, waarin zich calciët heeft afgezet en waaromheen een concentratie van de bruine kleur optreedt, waarschijnlijk ontstaan door infiltratie met het erts.

In het Valle di Piazza hebben we den indruk gekregen, dat de

Calcarea Rosso geheel aan de Boven-Esinokalk gebonden is, maar bij de bestudeering van de Esinokalk ten E. van Cusio zien we hoe daar al dicht boven de Muschelkalk roodgekleurde kalk voorkomt. Trouwens ook in het bekende Esinogebied, in het Grigna-massief tusschen Varenna en Esino, blijkt hoe reeds weinig boven de Varenna- en Perledolagen de kalk rood gekleurd is. Ten E. van Cusio komt het voor, dat er glimmerrijke lagen tusschen de kalkbanken liggen, hetgeen nog slechts op één plaats en wel ten S. van de Mad.^{na} dei Campelli in de Brembo werd aangetroffen.

Hier vonden we zelfs een duidelijke grofkorrelige, glimmerrijke zandsteenlaag tusschen de kalkbanken, hetgeen wel op een afzetting dicht bij de kust wijst.

De hoornsteen, die dikwijls tusschen Esinokalk en Raiblerlagen voorkomt, werd hier niet aangetroffen.

II. PALEONTOLOGISCHE BESCHRIJVING.

In het Valle di Lenna werden uit losse blokken van Onder- en Midden-Esinokalk veel gastropoden verzameld; ten deele zijn het steenkernen, die niet gedetermineerd kunnen worden.

Aan de hand van de beschrijvingen van KITTL en PATRINI konden de volgende soorten worden bepaald:

Omphalophycha Breislakii?

- „ *Escheri* (Hörnes).
- „ *irritata* var. Kittl.
- „ *Aldrovandi*.
- „ *aequalis*.

Uit de puinhellingen langs den weg van Lenna naar Scalvino en uit het Valle di Parina, dat drie kilometers ten S. van het gebied in het Brembodal uitloopt, zijn nog afkomstig:

Omphalophycha princeps.

- Natica* „ *monstrum*.
- „ *fastosa*?
- „ *calcitica*.

In het vaste gesteente zijn de Gastropoden op den rug tusschen het Valle di Piazza en het Valle di Lenna te vinden. Ook de z.n. Evinospongien, waarover reeds oudtijds zooveel strijd is gevoerd, komen hier veelvuldig voor.

Macroscopisch gelijken deze vormen op concretionen, waarvan de diameter bij het door mij onderzochte materiaal, wisselde tusschen 1 en 10 cM. Deze lichamen, die meest bolvormig, maar ook als opvulling tusschen elkaar niet rakende bollen een meer willekeurige gedaante aannemen, vertoonen een concentrischen bouw, veroorzaakt door afwisselend donkere en lichtere schalen. Bijzonder duidelijk is dit, wanneer door verweering de eene soort van schalen sterker aangetast is dan de andere, waardoor een sprekend relief ontstaat.

Bij microscopisch onderzoek vinden we bij de groote individuen een centrum bestaande uit grofkorrelige calciëet, gelegen in een omgeving van dichte calciëet. Buiten het centrum treden in de fijnkorrelige massa cirkelvormig om het centrum gelegen zones op, die rijk aan verspreide calciëet- of dolomiet-rhomboëders zijn.

Aan deze zones, die op onregelmatige afstanden van elkaar zijn gelegen, moeten we den macroscopisch zichtbaren bouw toeschrijven. Het komt ook voor, dat een fijnkorrelig centrum een zeer grofkorrelige omgeving heeft.

Nooit heb ik er een organische structuur in gevonden en ken het dan ook een geheel anorganische ontstaanswijze toe. Wel kan de kern, waaromheen de concentrische bouw ontstond, van organischen aard zijn, want in kleine concreties valt veelal een Diplopor in het centrum waar te nemen. Waarschijnlijk is bij de grootere concreties de structuur daarvan door rekristallisatie geheel verdwenen en wijst alleen het grofkorrelige centrum nog op de opvulling van de Diploporenholte.

Deze opvatting stemt dus geheel met die van PHILIPPI overeen, die zegt, dat Evinospongiën samen met Diploporen kunnen voorkomen en dat hun ontstaanswijze anorganisch is. In het Valle di Piazza en meer N., vooral ten W. van Cugno, vonden we een rijk Diploporen-materiaal. Groote gedeelten van het gesteente zijn vaak hieruit opgebouwd, in welk geval het geheele oppervlak bezet is met ronde, ovale of langwerpige doorsneden. Bij microscopisch onderzoek van een groot aantal plaatjes bleek het materiaal slechts mooie exemplaren van *Diplopore Annulata* te bevatten.

Zooals de afbeeldingen (fig. 1 *a*, *b* en *c*) laten zien, komen, door de opvulling met secundaire kalk, duidelijk de insnoeringen en poriën van het individu uit. Deze poriën zijn meestal in kransen van twee rijen gerangschikt, terwijl dan twee van die kransen of 4 rijen tusschen twee insnoeringen liggen. De insnoeringen zijn echter niet altijd zoo duidelijk als in fig. 1 *a*, *b* en *c*; hun onderlinge afstand is dikwijls verschillend en somtijds ontbreken de insnoeringen (fig. 1 *d* en *e*). Ook komt het voor.

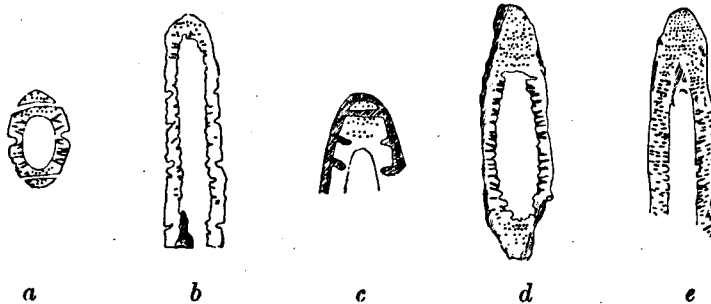


Fig. 1.

Diplopore annulata, vergr. 2 X.

dat we niet in elken krans twee duidelijk gescheiden rijen van poriën kunnen onderscheiden en valt er soms geen grens tusschen twee verschillende kransen te trekken, zooals fig. 1 *e* laat zien.

Omdat we in den regel geen Gastropoden en Diploporen tegelijk aantreffen schijnt het, dat het voorkomen van de eene groep de andere uitsluit.

Dit zullen we misschien moeten toeschrijven aan de verschillende zeediepten, waarin beide hebben geleefd. De Diploporen, die evenals alle algen veel licht noodig hebben, komen slechts op zeer geringe diepte voor, terwijl de Gastropoden ook op grootere diepten kunnen bestaan. We zullen ons dus moeten voorstellen, dat ten N. van de kamlijn tusschen Valle di Piazza en Valle di Lenna een tamelijk ondiepe zee, ten S. van die lijn een diepere zee heeft gelegen, waarin bij daling van den bodem deze kalkafzetting is gevormd.

Koralen heb ik nergens in het onderzochte gebied gevonden en kan dan ook het ontstaan van deze kalkafzetting, volgens de theorie van MOJSISOVICS door middel van deze organismen niet aannemen.

SALOMON schrijft bij het ontstaan van zulke kalk- en dolomietbanken aan de koralen een secundaire invloed toe, terwijl volgens hem de opbouwende kracht van de Diploporen en de Evinospongien uitgaat. Ook hierbij kan ik mij niet aansluiten, omdat ik evenals PHILIPPI, BENECKE en ROTPLETZ aan de Evinospongien een anorganische ontstaanswijze toeken en omdat de Diploporen niet voldoende verspreiding bezitten om daaruit de dikke kalkbanken te verklaren. Dat door een dolomitiseering de structuur van al die organismen zou zijn verdwenen, is hier niet aan te nemen, omdat de geheele afzetting bijna uitsluitend uit kalksteen bestaat.

Een anorganische ontstaanswijze door neerslag uit het zeewater, acht ik niet geheel onmogelijk, in aanmerking genomen, ten eerste de vooral in hogere horizonten zoo duidelijk optredende gelaagdheid, ten tweede het weinig voorkomen van dolomiet en ten derde de door verschil in kleur teweeggebrachte gelaagdheid, die de banken zoowel in hogere als in lagere horizonten vertoonen. Deze wordt gevormd door smalle gekleurde bandjes, ontstaan door verschillende verontreiniging van de kalk.

De breccieuse facies, die de Esinokalk vertoont, behoeft natuurlijk geen bewijs voor de riftheorie te zijn. Ook bij een anorganische ontstaanswijze is het denkbaar, dat de lagen tijdelijk boven water uitsteken en erodeeren. Uitvoerig kan ik echter op dit vraagstuk niet ingaan, omdat daarvoor een uitgebreid onderzoek, zoowel van recente riffen als van de kalksteenen en dolomieten in de S. Alpen, noodig zou zijn.

III. LITHOLOGISCHE BESCHRIJVING.

De meest algemeen voorkomende kalk is heldergrijs, dicht kristallijn en bezit op verweeringsvlakken een dof grijze kleur.

Bij microscopisch onderzoek zien we een fijne, dichte calciemassa, die plaatselijk grofkorrelig wordt. Zooals boven is besproken, komen verschillende kleuren voor. De kalk is veelal in hooge mate verontreinigd, terwijl somtijds doorsneden van schelpen voor den dag komen, die uit secundaire kwarts bestaan.

Het besproken radiair gebouwde gesteente bleek bij microscopisch onderzoek te bestaan uit fijn korrelige calciet, waarin straalsgewijze grofkorrelige calcietkristallen liggen, die duidelijk in één richting een sterkere ontwikkeling hebben.

De fossielen zijn voor het grootste deel met ijzercarbonaat opgevuld, terwijl de bruine kleur van de lagen in de ertsrijke zone aan fijn verdeelde limoniet moet worden toegeschreven.

IV. INVLOED OP DE TOPOGRAFIE.

Aan het landschap geeft het gesteente een grilligen vorm door zijn kale steile rotsen, die vaak spierwit, reeds op grooten afstand zijn te herkennen. Aan den voet van die rotsen liggen groote puinhellingen, die zelfs de Verrucano bedekken. Dit is bijv. te zien bij de puinhellingen van de Pegherolo, die het dal tot aan de Brembo vullen en in het dal ten S. van Soliva, dat geheel er mee bedekt is. Door oplossing van de kalk zijn vele grotten ontstaan; zoo een bijzonder groote aan den N. rand van het Valle di Piazza, een andere ten N. van Valnegra. Op de steile en aan verweeringsaarde arme rotsen is de begroeiing natuurlijk schraal en bestaat voor het grootste gedeelte uit laag kreupelhout.

RAIBLERLAGEN.

I. ALGEMEENE BESCHRIJVING.

Tusschen de twee kalk- en dolomiethorizonten, waaraan het gebied zijn kale, hooge, grillig gevormde rotsen heeft te danken, ligt een serie van kalk-, mergel- en zandsteenbanken, die door hun bonte kleur dadelijk in het oog vallen. Dit zijn de Raiblerlagen, zoo genoemd naar het plaatsje Raibl in Tirol.

In het S. vormen deze lagen een smalle N.—S. gerichte strook, waarvan de onregelmatige begrenzing geheel aan de topografie is toe te schrijven; maar ten N. van het Val Stabina wordt deze strook breeder, omdat het Brembo-bed daar ruim 150 M. hooger ligt, waardoor jongere lagen worden aangesneden, waarvan tevens de helling een andere is.

Ten N. van St. Brigida maakt de breuk tegen de Hauptdolomiet aan deze grootere ontwikkeling een einde. Slechts het bruine zand, dat we langs den voet van de Disner en de Pizzo di Cusio vinden en een ontsluiting in echte Raiblerkalkbanken bij de breuk tegen de Esinokalk, wijzen nog op de aanwezigheid van deze lagen onder het vele dolomietpuin.

Ten N. van Averara komen onder de dolomietklippen kalk- en mergelbanken te voorschijn, die ook aan den E. kant van het Val Mora duidelijk zijn te vervolgen en zeker ook tot deze horizont moeten worden gerekend. Ten E. van het Val Mora is de ligging echter gestoord. Terwijl 't met het oog op de sterke westelijke helling, die de lagen over het algemeen hebben, te verwachten was, dat onder de Raiblerbanken spoedig de Esinokalk te voorschijn zou komen, hetgeen ten W. van de breuk ten S. van Redivo dan ook gebeurt, zien we ten S.E. van Averara juist een bijzonder sterke ontwikkeling van die lagen als gevolg van een aantal storingen.

Twee van elkaar gescheiden strooken komen hier voor.

De meest N., de grootste, waarop in het E. de Esinokalk geschoven is, wigt naar het S.E. uit, waar dan Esino- op Esinokalk ligt. De strook Raiblerlagen maakt deel uit van een schol, die weer op de zuidelijker gelegen Muschelkalk ligt.

De tweede strook is veel kleiner en eindigt in het W. met een loodrechte breuk tegen de Esinokalk (breuk van Olmo), terwijl in het N.E. de Muschelkalkschol op deze lagen geschoven is. Aan het bestaan van deze schol is het te danken, dat TARAMELLI en PATRINI de Raiblerlagen tot dichtbij Olmo vonden; PORRO had dit niet opgemerkt. Het was echter onjuist, dat eerstgenoemden, om voor het voorkomen van de sterk geplooiden donkere banken in de Brembo bij Olmo een verklaring te kunnen geven, aannamen, dat de Muschelkalk in het geheele Brembobed van Piazza naar

Piazzolo en verder ontwikkeld zou zijn. Het blijkt n.l., dat deze donkere banken geen Muschelkalk, maar Raibler-Plattenkalk zijn, die ook onder vele huizen van het dorp Olmo en meer E. goed zijn ontwikkeld. Aan den W. kant grenst de breuk van Olmo aan een 5 M. dikken band van Muschelkalk, die onder de Esinokalk duikt. Ik kan me dus in geen deele vereenigen met VARISCO, VAGHI VITTORIO en PATRINI, waar zij langs de Brembo Muschelkalk gecarteerd hebben van Malpasso tot Piazza.

In de lange zone, die de Hauptdolomiet begrenst, hellen de lagen sterker of zwakker naar het W. en ook ten E. van Averara, bijv. in het dal ten N. van Redivo, treffen we een zoodanige helling aan.

Algemeen, voor het geheele gebied geldend, is deze regel echter niet; vele plaatselijke uitzonderingen komen voor. Zoo vormen de lagen van de Boven-Raibler met een E. helling ten W. van Bindo en de naar het W. hellende lagen ten E. van het Val Mora een synclinale, waarin Averara ligt.

Ook in het dal, dat van La Bassa in S.W. richting in het Val Mora uitkomt, zien we, dat de lagen naar het E. hellen, iets dat echter van zeer plaatselijken aard is, omdat ze bij Olmo en ten N. van dit dorp weer de normale helling vertoonen.

Zoo verandert ook in de Brembo ten S. van Averara de strekking steeds van richting. Hierbij komt nog, dat de dikte van de lagen sterk kan wisselen en dat zich over kleine afstanden groote facies-verschillen kunnen voordoen. Dit alles veroorzaakt, dat het dikwijls moeilijk is uit te maken in welken horizont van de Raiblerlagen men zich bevindt.

Gaan we nu over tot de behandeling van een zoo volledig mogelijk profiel, dan vinden we boven de donkere dikwijls goed gelaagde en soms ertshoudende Boven-Esinokalk donkere zeer fijn kristallijne kalkbanken, meestal met mergelige tusschenlagen; het zijn de z.g. „Plattenkalke”. Deze verschillen van de banken van de Boven-Esinokalk, doordat ze steeds goed gelaagd en fijner kristallijn zijn en een diep gegolfd oppervlak met een geelbruine verweeringskleur vertoonen.

Fossielen komen hierin niet voor.

Deze „Plattenkalke” zijn bijna overal aan de grens tusschen de Raiblerlagen en de Esinokalk met een maximale dikte van 10 M. waar te nemen. Bijzonder goed ontsloten zijn ze in de Brembo ten S. van Averara op de plaats, waar door harde donkere ongelaagde Boven-Esinokalk een waterval wordt gevormd; verder bij de Corno Grosso, op de reeds besproken plaatsen bij Olmo en in het Val Stabina.

Eigenaardig is echter, dat in het gedeelte tusschen het Val Mora en het Val Stabina deze Plattenkalke niet of sterk gereduceerd voorkomen. Daar liggen de roode en groene banken van de Midden-Raibler dadelijk op de Boven-Esinokalk, die hier steeds ongelaagd is.

Op deze Plattenkalk volgt een serie bontgekleurde zandsteen en mergels, die met hun roode en groene kleuren aan het systeem der Raiblerlagen het bijzondere karakter verleen en met kalkbanken afwisselen.

In de hoogere lagen komen vulkanische-tuffen voor, die door hun grovere korrel reeds macroscopisch van de zandsteen zijn te onderscheiden.

Sommige lagen zijn rijk aan concreties, waarvan de doorsnede eenige decimeters kan bedragen. Ze zijn rond of ovaal en vertoonen duidelijk een concentrischen bouw, waarbij de buitenste, meer mergelige schalen door hun verweering gemakkelijk zijn te verwijderen van een veel hardere kalkhoudende kern.

Resten van organismen waaromheen de eerste kalk zou zijn afgezet, zijn er nooit in gevonden. Deze heele serie van gesteenten is dan ook fossielloos.

De dikte van deze lagen blijkt sterk wisselend te zijn, want niet alleen neemt het lagenpakket als geheel van den E. oever van het Comomeer naar het E. langzamerhand af en is in het Val Seriana tot nul gereduceerd, maar ook over kleinere afstanden zien we sterke verschillen optreden. Over het algemeen nemen we een toename in dikte waar van het N. naar het S.

In het Val Stabina bijv. waar de dikte van de lagen voor het eerst met eenige zekerheid valt na te gaan, blijkt deze 50 M. te bedragen, terwijl we meer S. bijv. in het Valle di Lenna tot een dikte van $\pm$ 150 M. komen. Deze verschillen moeten we volgens DEECKE toeschrijven aan oneffenheden in het bodemrelief, waarop de lagen werden afgezet.

Hierop volgen blauwe kalk- en mergelbanken, die het fossielrijke gedeelte van de Raiblerlagen vormen. In tegenstelling met de zeer groote ontwikkeling, die deze lagen meer S. hebben en waarin de zoo bekende fossielvindplaatsen langs den weg van S. Gallo naar Dossena (buiten het onderzochte gebied) liggen, zijn de lagen hier slechts van ondergeschikt belang. Het grootste gedeelte n.l. de Gervillia-banken zijn niet ontwikkeld, waardoor boven de op enkele plaatsen voorkomende kalkbanken met *Rhizocorallium* dadelijk de mergels en de caverneuse, uit calciet en stukjes mergel bestaande, gesteenten van de Boven-Raibler volgen.

Van dit dus zeer onvolledig ontwikkelde lagen-complex krijgt men nog den besten indruk, wanneer men den N. kant van het dal bij Redivo volgt. Hier doorloopen we na een uitgebreid Boven-Raibler-profiel de volgende lagen:

Boven.

9. Blauwe kalkbanken met <i>Rhizocorallium</i> .	Dikte: 1 M.
8. Blauwgrijze mergels met <i>Myophoria's</i> .	„ 5 M.
7. Blauwe kalkbanken met mergelige tussenlagen.	„ 11 M.
6. Blauwe mergels met <i>Myophoria's</i> (<i>Whatelyae</i> , <i>Kefersteini</i>) <i>Myoconcha Curionii</i> , e. a. fossielen.	„ 8 M.
5. Door kleur gelaagde mergelbanken met <i>Trigonodus</i> .	„ $\frac{1}{2}$ M.
4. Zandige banken met fossielresten.	„ $\frac{1}{2}$ M.
3. Blauwe kalkbanken in afwisseling met mergel-lagen, sommige met fossielen, die echter niet uit het gesteente los te maken en daarom onbepaald zijn.	„ 50 M.
2. Groene mergellagen.	„ 3 M.
1. Dikke blauwe kalkbanken.	„ 8 M.

Onder.

De breuk tegen de Esinokalk maakt aan de reeks ontsluitingen in de Raiblerlagen een einde. Tevens duidt het voorkomen van de groene mergels, die boven de dikke blauwe kalkbanken liggen, op een overgang tot de bontgekleurde mergelserie, hetgeen er op wijst dat de breuk niet een gedeelte van deze fossielhoudende Raiblerlagen heeft afgesneden.

We zien, dat de fossielen tezamen in één dun lagencomplex voorkomen, zoodat er geen verdeeling in horizonten valt te maken, zooals DEECKE dat elders heeft kunnen doorvoeren. Nog op een andere plaats zijn deze lagen ontsloten en wel bij Chiappa onder de brug over het Val Stabina.

Door dislocaties is de dikte hier sterk gereduceerd en treffen we blauwe kalkbanken aan, die bijzonder fossielrijk zijn. (*Myophoria Kefersteini*, *Myophoria Whatelyae*, *Myoconcha Curionii*).

Ook in de losse blokken, die langs een kleine puinhelling van den N. oever zijn gegleden, zijn deze fossielen in grooten getale te vinden. Hier ligt de reeds van ouds bekende vindplaats, o.a. door TORNQUIST in zijn „Führer durch das Oberitalienische Seengebirge” genoemd.

In het dal, dat ten W. van die brug van het S. in het Val Stabina uitloopt, komen eveneens losse blokken voor, die bijzonder fossielrijk zijn; maar de lagen zelf zijn daar in de beek niet ontsloten; de blokken moeten van den E. wand van het dal afkomstig zijn.

Zien we dus, dat deze fossielrijke lagen weinig ontwikkeld en daarbij nog slecht ontsloten zijn, anders is het met de Boven-Raibler gesteld.

Het onderste gedeelte van deze lagen wordt door mergels gevormd, waarin soms kalkbanken optreden. Daarboven wordt een caverneus uit calciet en stukjes mergel bestaand gesteente gevonden, waarin plaatselijk gips voorkomt. Mooi ontsloten zijn de lagen in het Val Stabina en langs het pad van Averara naar Muggiasca, waaraan ook een gipsgroeve ligt.

In het Val Stabina vinden we boven de fossielrijke lagen:

Boven.

- | | |
|--|----------|
| 11. Een cellig gesteente, dat opgebouwd is uit dolomiet-detritus omgeven door bruin zand.
Zand met stukjes groene mergel. | 10—20 M. |
| 10. Een caverneus gesteente, dat uit calciet bestaat, waarin verspreid stukjes mergel liggen. | ± 25 M. |
| 9. Groene mergelbanken met bruine, zandige tusschenlagen. | ± 15 M. |
| 8. Een caverneus gesteente, dat uit calciet bestaat, waarin verspreid stukjes mergel voorkomen. | ± 6 M. |
| 7. Groene mergels. | ± 20 M. |
| 6. Blauwachtig groene mergels. | ± 3 M. |
| 5. Grijsblauwachtige mergels voorkomende in dikke banken. | ± 6 M. |

4. Een caverneus gesteente, dat uit calcië en stukjes mergel bestaat, in afwisseling met groene en grijze mergels. ± 40 M.
3. Blauwzwarte, geaderde kalkbanken.
Grijze mergels. ± 2 M.
2. Grijze mergels in afwisseling met groene mergels. ± 3 M.
1. Groene mergels veelal rijk aan pyriet, somtijds met harde bruin-verweerde tusschenlagen, waarin evenals in de Midden-Raibler concreties voorkomen. ± 20 M.

Onder.

Doordat het zand van de Boven-Raibler dikwijls over een groot oppervlak verspreid ligt, is een scheiding tusschen deze lagen en de Hauptdolomiet nooit met zekerheid te maken. De grens ligt binnen een soms breedere soms smallere strook, waarin een vermenging van beide formaties heeft plaats gehad, die zal moeten worden toegeschreven aan de ontstaanswijze van de Hauptdolomiet. In het volgend hoofdstuk zal deze nader worden besproken.

Dolomiet in de Raiblerlagen, zooals PORRO die beschrijft, heb ik niet gevonden. De steile rotsen ten N. van Averara en de strook ten E. van den weg Averara—Olmo, die volgens TARAMELLI daartoe zouden moeten worden gerekend, behooren naar mijn inzicht voor een deel tot de Esinokalk en voor een deel tot de Hauptdolomiet; bij de bespreking van deze laatste zal daarop worden teruggekomen.

Bij bestudeering van het profiel in het Val Stabina blijkt, dat daar een caverneus gesteente met groene mergels afwisselt; op andere plaatsen vonden we bovendien roode banken, zooals bijv. in het dal ten S. van Bestiamelli, zoodat deze horizont gekenmerkt is door een sterk verschil in gesteenteontwikkeling. Alles wijst erop, dat deze lagen in een ondiepe zee dicht bij land moeten zijn gevormd, welke zienswijze nog wordt gestaafd door het voorkomen van plantenresten en gips. Dit gips werd vroeger in de groeve ten W. van Averara ontgonnen, maar toen dit niet meer winstgevend bleek, werd het bedrijf stilgelegd en de groeve geheel bedekt door het bruine zand der Raiblerlagen, dat als modderstroom, boomen met zich meevoerend, naar beneden kwam.

Komen de Raiblerlagen in breukzones voor en is zoo'n zone smal, zooals de strook, waarin de schol ten N. van Olmo uitloopt, dan bestaan ze voornamelijk uit zand met groene en roode stukjes mergel en gelijken volkomen op den Bontzandsteen, zooals we die in breukzones, b.v. ten N. van Averara, zien. Is de dikte van de lagen grooter, dan kan het voorkomen, dat door den druk het geheele complex van kalk- en mergelbanken in zeer dunne laagjes gespleten is, waardoor het herkennen van een bepaalde horizont, bij een onvolledig profiel reeds bezwaarlijk, nog wordt bemoeilijkt. Dit geval doet zich voor in het dal ten N.N.W. van Olmo, waar de Raiblerlagen beklemd liggen tusschen de breuk in het W. en de opschuiving in het E. In het W. staan de lagen steil tegen de breuk op en over een afstand van zeker honderd meter vanaf die breuk zijn de blauwe kalkbanken en de groene mergels schisteus geworden.

II. PALEONTOLOGISCHE BESCHRIJVING.

In de fossielrijke lagen in het dal ten N. van Redivo en onder de brug bij Chiappa werden de volgende exemplaren gevonden:

Myophoria Whatelyae.
 „ *Kefersteini Münst.*

Myoconcha Curionii Hau.

Trigonodus Balsamoi?

Anoplophora ovalis Par.

Cercomya longirostris?

Lima spec. (De max. lengte bedraagt 4 cM.; concentrische strepen versieren de schaal. Het individu vertoont de meeste overeenkomst met *Lina Bassaniana*, beschreven door PARONA, maar is kleiner, heeft geen radiale streping en is reeds dadelijk bij het slot breeder.)

Myoconcha spec. (Gelijkt in vorm veel op *Myoconcha Curionii*, waarvan hij slechts door zijn veel grootere afmetingen verschilt. De breedte is n.l. 6 cM. bij een hoogte van 2½ cM.

Plantenresten werden gevonden in het dal, dat van het S. komend, bij de brug van Chiappa het Val Stabina bereikt en wel resten van:

Equisetum.

In een grijze, dun gelaagde zandsteen bevindt zich een gelede steel, waarvan elke geleding 5 mM. lang bij 12 mM. breed is. Omdat de resten slechts in losse blokken zijn gevonden, viel niet uit te maken uit welke lagen ze afkomstig zijn. Het meest waarschijnlijk is, dat ze in een zandsteenlaag voorkomen, die, zooals ook DEECKE beschrijft, somtijds tussehen de fossielrijke lagen wordt aangetroffen.

Tenslotte valt nog een handstuk van grijze zandsteen te bespreken, waarin eenige 2 cM. breede stengels liggen naast veel smallere, van slechts 7 mM. breedte. Beide vertoonen een overlangsche streping, terwijl vooral bij smalle stengels sporen van de aanhechting van de bladeren zijn te zien, die vele zeer dunne bladnerven, maar geen hoofdnerven bezitten. Het exemplaar doet zeer veel denken aan de

Noeggerathia,

die BRUNN in 1858 in zijn „Beiträge zur triadischen Fauna und Flora der Bituminösen Schiefer von Raibl” beschrijft. Geheel zeker is de determinatie echter niet, omdat aan het handstuk de stand en de aanhechting van de bladeren niet voldoende valt te zien.

Het gesteente is met een huidje van limoniet bedekt ontstaan uit de verweering van pyriet, dat hier en daar nog bewaard gebleven is.

Door dit voorkomen van pyriet, dat men in de groene mergels van de onderste Boven-Raibler zoo veelvuldig in den pentagondodekaëder-vorm aantreft, is het niet onwaarschijnlijk, dat deze plant uit deze horizont afkomstig is.

III. LITHOLOGISCHE BESCHRIJVING.

Door de buitengewoon groote verscheidenheid van de gesteenten kan hier slechts van de allerbelangrijkste en meest voorkomende soorten een nadere beschrijving gegeven worden.

A. Ten S. van de brug bij Chiappa komt een fijn korrelige zandsteen voor, groen van kleur en duidelijk gelaagd. Het gesteente is rijk aan pyriet, dat in den vorm van pentagondodekaëders voorkomt, terwijl door de verweering tot limoniet kleine bruine aureolen om de kristallen ontstaan zijn.

Microscopisch blijkt het gesteente kleine kwartskorrels te bevatten naast zirkoon, gebleekte biotiet en pyriet, overgegaan in limoniet. Het kitmiddel is geheel gericitiseerd.

B. De groene mergels, die in de Raiblerlagen zoo veelvuldig voorkomen, bevatten soms insluitsels van lichtroze calciet, hetgeen bijv. is waar te nemen in de Brembo ten S. van Averara. Het gesteente bevat pyriet en vertoont plaatselijk intensief groene vlekken.

Bij microscopisch onderzoek zien we vele kleine kwartskorrels, die laagsgewijze in het gesteente zijn gerangschikt. Verder bevatten de mergels gericitiseerde plagioklaas, hoornblende, titaniet en een weinig calciet. Het stuk blijkt bijzonder rijk te zijn aan sericiet, door de verweering van de veldspaten en het kitmiddel.

C. Een andere groene mergel, die macroscopisch volkomen op de vorige gelijk, bleek bij microscopisch onderzoek een peliet te zijn, die bijzonder dicht en fijn korrelig is. Behalve enkele kleine kwartskorrels en schaars voorkomende hoornblende-zuiltjes zijn geen bestanddeelen meer te herkennen. Het kitmiddel is geheel in sericiet overgegaan, waardoor een zekere schisteusiteit is ontstaan. Chloriet doorkruist het gesteente in smalle aders, terwijl limoniet en de verweeringsproducten van titaanhoudende magnetiet fijn verdeeld in het gesteente verspreid zijn.

D. Tenslotte moet de tuf besproken worden, die in de bovenste lagen van de bontgekleurde Midden-Raiblerserie voorkomt. Deze treedt o.a. aan den dag in het dal ten S. van Bestiamelli en wel daar, waar het pad op 800 M. den bodem van het dal kruist.

De kleur is groenachtig paars door de roode, groene en witte korrels, die met een gemiddelde grootte van $\frac{1}{4}$ mM. het gesteente opbouwen.

Microscopisch blijkt het gesteente te bestaan uit vrij groote meestal hoekige korrels, waarbij de sericitiseering dikwijls zoo ver is gevorderd, dat de bestanddeelen en ook de herkomst niet meer vallen te

herkennen. Het gesteente bevat kwartskorrels, waarvan de grootste kataklastisch zijn; verder sterk gericitiseerde plagioklaas en sericietrijke felsiet- en microfelsietkorrels rijk aan magnetiet- en limoniet-insluitels. Als nevenbestanddeelen zijn aanwezig: olivien, gericitiseerde en ge-chloritiseerde biotiet, chloriet, chalcedoon, calciet en ijzercarbonaat met limoniet.

IV. INVLOED OP DE TOPOGRAFIE.

Doordat de Raiblerlagen voor het grootste gedeelte gevormd worden door mergels en zandsteen, doen ze een glooiend relief ontstaan, waardoor deze horizont steeds van de onder- en bovenliggende grillig gevormde dolomiet- en kalkbanken te scheiden is. Zoo steekt het zacht glooiende heuvelland ten S.E. van St. Brigida sterk af tegen de meer W. gelegen dolomietklippen, en zuidelijker komt dit verschil in relief nog duidelijker uit, waar door de Raiblerlagen tusschen Esinokalk en Hauptdolomiet een zacht glooiend dal wordt gevormd.

Werkelijke puinhellingen vormen de Raiblerlagen niet, wel kunnen bontgekleurde stukjes mergel op de aanwezigheid van verafgelegen Raiblerlagen wijzen. Door de gemakkelijke verweering ontstaat een aarde, met een weelderige plantengroei bedekt. Naast bosschen zijn het vooral weiden, die op deze lagen voorkomen.

HAUPTDOLOMIET.

I. ALGEMEENE BESCHOUWING.

De Hauptdolomiet is het jongste gesteente, dat in den W. vleugel van de welving van Trabuchello is ontsloten. Daar grenst het met zijn grillige hooge toppen en kale rotsen aan de zachte mergels en zandsteen van de Raiblerlagen, waarvan, zooals reeds in het vorige hoofdstuk werd besproken, het relief sterk van dezen dolomiethorizont verschilt. Hieraan is het ook toe te schrijven, dat vrijwel overal de grens tusschen de Hauptdolomiet en deze lagen wordt bedekt door dolomietpuin, dat door de verweering van de sterk in het relief uitstekende rotsen wordt gevormd. Dit heeft over groote afstanden, vooral ten S. van het Val Stabina, de karteering bemoeilijkt en onzeker gemaakt. Ten N. van het Val Stabina vinden we minder puin, doordat de hellingen daar geringer zijn en het puin zich dan niet over zulke groote afstanden naar beneden kan verplaatsen. Toch komt ten N. van St. Brigida nog een puinhelling voor, die, van de Disner af, bijna Averara bereikt en duidelijk in het landschap te zien is. Merkwaardig is het voorkomen van die smalle dolomietstrook ten N. van Averara, die reeds vroeger de aanleiding tot eenigen strijd is geweest.

Uit PORRO's kaart valt door de kleine schaal niet met zekerheid op te maken, hoe hij zich de verhoudingen hier heeft voorgesteld. TARAMELLI, die van Bindo uit, ongeveer 15 jaar geleden, langen tijd dit gebied heeft bestudeerd, rekende deze dolomiet tot de Raiblerlagen en dacht zich hiervan een voortzetting in de kalk, die den weg Averara—Olmo aan den E. kant begrenst met als typisch punt de Corna Pizzadella (Plaat 38, fig. 3) en eindigend in de Corno di Cugno.

Het blijkt uit de beschrijving van DEECKE en uit hetgeen PORRO over de Raiblerlagen schreef, dat hierin op sommige plaatsen een dolomiet-horizont wordt aangetroffen. Deze ligt echter juist boven de Midden-Raibler, terwijl we ons hier, volgens de gipsgroeven en andere kenmerkende lagen, in de bovenste Boven-Raibler bevinden.

Wanneer uit de beschrijving van DEECKE dan verder blijkt, dat meestal dadelijk op de gipshorizonten de Hauptdolomiet volgt, acht ik 't waarschijnlijk, dat we bij Averara met Hauptdolomiet te doen hebben. Later vond ik hiervoor nog verdere bewijzen. Toen ik n.l. ter bestudering van de Raiblerlagen bij St. Giovanni Bianco werkte, trof ik ten W. van Dossena een soortgelijke dolomietontwikkeling aan, voorafgegaan door het bruine caverneuse gesteente, dat, zooals tevoren werd beschreven, zoo veelvuldig in de bovenste Boven-Raibler voorkomt.

Terwijl deze dolomiet door PORRO tot de Raiblerlagen werd gerekend,

kan ik door het nagaan van helling en strekking bewijzen, dat we hier met een groote synclinale te doen hebben, waarin in het midden als hoogste horizont de Hauptdolomiet ligt. Deze verklaring kreeg nog meer zekerheid doordat met de hulp van de Podesta van Dossena gipsontsluitingen gevonden werden, die ± 10 M. onder de dolomiet liggen.

Het komt mij dus voor, dat de strook van dolomiet ten W. van Averara tot de Hauptdolomiet gerekend moet worden. Tektonisch is de ligging van deze Hauptdolomiet niet eenvoudig. Het blijkt n.l., dat overal waar we iets van de S. begrenzing tegen de Raiblerlagen kunnen zien, zooals bij Averara, waar een groote ontsluiting juist in deze zone is uitgehakt, we met een breuk te maken hebben. Ook aan de E. grens bij de Brembo vinden we een groot breukvlak, maar aan de N. grens treffen we naast de hooge dolomietklippen even hooge, soms zelfs hoogere klippen aan, bestaande uit dolomietpuin, liggende in bruin zand, het zand van de Boven-Raibler. Nog meer N. komen onder de bijna vertikaal staande dolomiet de Raiblerlagen te voorschijn. We zullen ons nu moeten voorstellen, dat deze klippen door de Onder-Hauptdolomiet worden gevormd. Daaronder komt een breccieuze facies van Hauptdolomiet voor, die, wanneer we aannemen, dat de dolomiet als een rif is ontstaan, gevormd werd door afbraak van dat rif, waarbij stukken in het zand van de lagere, het rif omgevende horizont, terecht kwamen. Langs deze geheele zone vinden we nu die breccieuze facies en ook in Averara en bij Chiappa is te zien, hoe de onderste Hauptdolomiet uit aaneengekitte, scherpe stukken bestaat, die soms een aanzienlijke grootte kunnen bereiken. In een schematisch profiel kunnen we de volgende onderverdeling maken:

Boven.	
4. Blauwgrijze compacte dolomiet.	voor zoover bewaard gebleven ± 1000 M.
3. Breccieuze dolomiet (Plaat 38, fig. 2).	{ 10—20 M.
2. Cellendolomiet.	
1. Bruin zand met dolomietstukjes.	
Onder.	

II. PALEONTOLOGISCHE BESCHRIJVING.

De Hauptdolomiet leverde weinig fossielen op. Slechts werden eenige exemplaren van *Gervillia exilis* gevonden ten S. van de Pizzo di Cusio, langs één van de smalle bergpaden. De vindplaats van de *Gervillia*'s wordt ook door PORRO in de Führer van Tornquist vermeld, al stemmen de plaatsen niet geheel overeen. De Diploporen behooren tot het geslacht *Griphoporella*, maar zijn niet bijzonder goed bewaard.

III. INVLOED OP DE TOPOGRAFIE.

Door dit gesteente worden hooge, steile rotsen gevormd en veelvuldig zijn ook de puinhellingen. Het biedt weinig gelegenheid voor plantengroei; dor gras is dan ook dikwijls het eenige dat op dezen ondergrond groeit.

DILUVIUM.

Het Diluvium is te verdeelen in glaciale- en fluvioglaciale afzettingen. Op de kaart zijn deze niet met verschillende teekens aangegeven, maar van elkaar te onderscheiden, doordat de laatste door een stippellijn begrensd zijn.

A. **Het glaciaal**, dat voor het grootste gedeelte uit erratische blokken bestaat, ligt zooals de kaart aangeeft, vooral langs de hellingen van de dalen. Het komt echter ook voor, dat we op groote hoogte plotseling Verrucanoblokken of glaciaalzand aantreffen, vooral wanneer het terrein daar vlak is. Omdat de blokken meestal eenige meters in diameter zijn, is het waarschijnlijk, dat ze deel uitgemaakt hebben van de moraines van den gletscher, toen deze zich begon terug te trekken. PENCK veronderstelt n.l., dat dit geheele gebied tot Lenna onder het ijs heeft gelegen, waarboven slechts de Orobische waterscheiding en enkele hooge kammen uitstaken. Het mag eigenaardig schijnen, dat deze veronderstelling insluit, dat hooge Hauptdolomiettoppen, zooals de Pizzo di Cusio en de Disner, waar we nu geen sporen van een glaciale afzetting vinden, door het ijs bedekt moeten zijn geweest, maar we dienen dit wel aan te nemen, wanneer zooveel zuidelijker ten S.W. van Olmo op 1000 M. hoogte nog sporen van een glaciale bedekking worden aangetroffen.

Toch is het mogelijk, dat op de hooge dolomietklippen oorspronkelijk wel door den gletscher materiaal is afgezet, maar dat dit door de steilheid van het gebergte, daar niet op kon blijven liggen.

Naast de reeds besproken blokken, die uit het Verrucanoconglomeraat bestaan, vinden we blokken van andere gesteenten in de glaciale afzetting.

Zoo komen, vooral tusschen Malpasso en Piazzatorre, vele groene mergelblokken uit den Bontzandsteen voor en vinden we ten N. van Olmo even voor de kamlijn vele stukken schist in een roodbruin zand, dat door verweering uit de schist en het conglomeraat blijkt te zijn ontstaan. Ook kalkblokken kunnen er in voorkomen, zooals langs de spoorbaan ten E. van Lenna het geval is.

Begeeft men zich naar een hoog punt, vanwaar men een overzicht over het geheele terrein krijgt, dan is duidelijk de afrondende werking, die het ijs heeft uitgeoefend, te zien.

De Colla S. Magdalena, die zelf typisch de erodeerende werking van den gletscher vertoont, is waarschijnlijk een belangrijke verbinding met het meer westelijke gletschergebied geweest. Van hier breidt zich, zoowel naar den kant van Averara als naar Chiappa, een zacht glooiend heuvel-land uit, dat voornamelijk bestaat uit de zachte Raiblerlagen, waarop

de gletscher natuurlijk een bijzonder sterke erodeerende werking heeft uitgeoefend.

Een ander duidelijk door den gletscher afgerond gebied is het heuvel-land van Piazza-Brembana, waar de gletscher ondanks de groote hardheid van het gesteente het dal sterk verbreed en een drempel gevormd heeft, waarin zich de Brembo later insneed.

B. De fluvioglaciale afzettingen bestaan uit een reeks terrassen, die langs de Brembo van Mezzoldo tot Cugno zijn ontwikkeld. Het is heel merkwaardig, dat die terrassen alleen in deze arm van de Brembo voorkomen, want in het Val Stabina en in het Val Mora vinden we langs de hellingen slechts de erratische blokken. Het meest noordelijke terras wordt aangetroffen op het punt, waar het Valle di Pegherolo in het Brembodal uitloopt.

Hierop volgt het groote terras van Piazzatore, dat aan weerszijden door dalen wordt begrensd. Daarna zien we in de inhammen der dalwanden tot Olmo toe, zoowel aan den N. als aan den S. kant, terrassen optreden, waarvan de grootste die zijn, waarop Piazzolo en Cigadola zijn gelegen.

Ten S. van Olmo vinden we tenslotte nog een zeer groot terras, waarop het dorpje Frola is gebouwd.

Het oppervlak van deze afzettingen blijkt niet volkomen horizontaal te zijn; alle hellen ongeveer 5 graden dalafwaarts, waardoor het terras op den hoek van het Valle di Pegherolo op 750 M. gelegen is, terwijl de hoogte bij Frola minder dan 600 M. bedraagt. Plaat 39 fig. 1 geeft een indruk van de helling van het terras van Piazzolo.

In de ontsluitingen, die de beek ten S. van Piazzolo in het terras heeft gemaakt (Plaat 39 fig. 2), blijkt, dat dit terras voor het grootste gedeelte bestaat uit gelaagd, verschillend gekleurd, bruin zand, soms in afwisseling met lagen, waar grootere kalk-, mergel- of Verrucanoblokken in voorkomen. Geheel bovenop vinden we groote conglomeraatblokken.

ALLUVIUM.

Alluvium komt geheel in het zuiden langs den N. oever van de Brembo tusschen Lenna en Cantone voor en wel als een rivierafzetting. Nadat de gletschers waren teruggetrokken, kwam hier een breed, vlak dal vrij, waarin de Brembo zijn loop dikwijls veranderde en zijn materiaal deponeerde.

Behalve door een verschil in samenstelling is het Alluvium ook door een verschil in niveau van het Diluvium gescheiden. Het ligt n.l. even boven het rivierniveau en wordt door een ± 5 M. hooge wal van glaciaal omgeven.

In samenstelling verschilt het Alluvium van het Diluvium, doordat het weinig of geen zand bevat en uit gelaagde rolsteenafzettingen bestaat, waarvan elke laag uit rolsteen van ongeveer gelijke afmetingen is opgebouwd.

Tot het Alluvium worden verder gerekend de puinhellingen van Hauptdolomiet, Esinokalk, Muschelkalk, Perm en Porfier. Vooral in de dalen komt het puin veelvuldig voor, zooals in het dal ten S. van Soliva en in het Valle di Pegherolo. Het Hauptdolomietpuin heeft zich het meest verspreid en bedekt een groot deel van de Raiblerlagen tusschen de Disner en Averara.

TEKTONIEK.

Bij het gedetailleerde onderzoek bleek, tegen de verwachting, dat we hier met een in tektonisch opzicht bijzonder ingewikkeld gebied te doen hebben. Om voor een oogenblik af te zien van de dislocaties, die door een groot aantal breuken zijn te weeg gebracht, blijkt 't, dat, voor den bouw van het gebied, plaatselijke E.—W. gerichte welvingen in de lengteas van een E.—W. gerichte antielinale van het meeste belang zijn. In het N. zijn hierdoor de porfiergebieden van Caprile en Mezzoldo, die in hun kernen den Kristallijnen-ondergrond laten zien, aan den dag gekomen. Ten S. van Olmo bemerken we, dat door een derde welving, die zijn hoogste punt ten E. van het gebied in het porfiergebied van Trabuchello bereikt, een volkomen regelmatige opeenvolging van Hauptdolomiet tot Perm ontstaat. Deze algemeene trekken waren reeds door PORRO beschreven; maar naast deze welvingen bleek er een belangrijk systeem van opschuivingen met een N.W.—S.E. strekkingsrichting en een ander met W.S.W.—E.N.E. richting te bestaan. Door deze opschuivingen zijn sterke plaatselijke dislocaties teweeg gebracht.

Beschouwen we eerst het N.W.—S.E. systeem en hiervan de meest N.E. opschuiving. PORRO heeft deze reeds gekarteerd en als een steile breuk voorgesteld, hetgeen met het oog op de helling in het N.W. gedeelte wel verklaarbaar is. Bij een nauwkeuriger onderzoek in het S.E. gedeelte bleken echter de Raiblerlagen nog verder E. door te loopen, om tenslotte ten N. van Malpasso, tusschen de twee Esinohorizonten uit te wiggen. In dit laatste gedeelte was het overschuivingsvlak volkomen horizontaal, vertoonde tenslotte zelfs een zwakke W. helling. Hieruit werd een opschuivingsvlak met een naar beneden toe steeds verminderende helling, convex naar het S.W., geconstrueerd.

Wanneer we aannemen, dat het overschuivingsvlak overal ongeveer op dezelfde diepte onder den dagzoom van de breuk zijn horizontale ligging bereikt, dan moeten we met het oog op de dikte van de lagen veronderstellen, dat het overschuivingsvlak, dat in het S.E. gedeelte in de Esinokalk ligt, niet aan dezen horizont is gebonden, maar in schuine richting door het geheele lagenpakket heenloopt tot aan het Perm toe.

Voor de twee in S.W. richting hierop volgende breuken, bij welke we ook steeds zien, dat het N.E. gedeelte op het S.W. geschoven is, werd een overeenkomstige vorm aangenomen. Zoo dit juist is, zijn het vlakken, die beginnen met een steile E. helling, dan tot het horizontale naderen en zelfs verder ombuigen tot ze een W. helling hebben. We nemen dus aan, dat we te maken hebben met drie ongeveer gelijk gerichte lepelvormige opschuivingen, waarvan de tweede meer W. de derde nadert, om er tenslotte mee samen te vallen.

De vierde dislocatie moet van anderen aard zijn; want hier liggen, in tegenstelling met de vorige gevallen, waar steeds een oudere horizont op een jongeren ligt, de Raiblerlagen naast de Esinokalk. Duidelijk hebben we hier met een vrijwel loodrechte breuk te doen, waarvan de helling op vele plaatsen kon worden gemeten. Tot de breukzone behoort o.a. de eigenaardige ± 30 M. hooge rots in het dal ten N. van Olmo, „de Corna Pizzadella” genaamd (Plaat 38 fig. 3). Deze vormt met den meer N. gelegen loodrechten rotswand een verkitte breukzone. Aan deze breuk is het ook toe te schrijven, dat we in de Brembo ten W. van de brug bij Olmo de Raibler-Plattenkalk vinden, als prachtige, blauwe, steilstaande kalkbanken met zwarte mergelige tusschenlagen, die vroeger door TARAMELLI en anderen als Muschelkalk zijn opgevat (Plaat 38 fig. 1). Dit is echter met de helling niet te vereenigen, want bij verlenging hiervan komt men boven de hooge Esinoklippen ten S. van Olmo uit.

Aan deze breuk werd op eenige plaatsen een loodrechte stand, op andere een 85° — 90° W. helling gemeten. Men moet zich nu voorstellen, dat hierlangs plaatselijk het E. gedeelte is afgezaakt. Ook uit het sterke ombuigen en schisteus worden van de lagen naar de breuk toe blijkt, dat men hier met een ander verschijnsel te doen heeft dan bij de eerste drie opschuivingen. Meer S. onder het glaciaal van Frola was de breuk helaas niet te vervolgen.

Daarentegen zien we de derde opschuiving naar het S.E. doorloopen, waar overal de Muschelkalk opgeschoven ligt op de Esinobanken, terwijl het smalle Bontzandsteenbandje, dat de heele breukzone begeleidt, op te vatten is als een deel van het smeermiddel op het glijvlak, dat naar boven is geperst.

De zandsteen is natuurlijk geen smeermiddel, maar in den Bontzandsteen komen mergels voor, die als zoodanig hebben gediend. Deze lagen bleken overal van belang te zijn als indicaties van breuken, vooral wanneer het bewegingsvlak tusschen twee kalkhorizonten ligt, zooals tusschen de Esino- en de Muschelkalk. Ook langs kleine breuken, als die, welke bij Malpasso werden waargenomen, zien we een Bontzandsteenstrookje verloopende.

Ten N.W. van de Corna Rossa in het dal, dat ten E. van Olmo in de Brembo uitkomt, stonden we bij de karteering voor groote moeilijkheden. De topografische kaart is hier fout, hetgeen zich dubbel wrekt, omdat de eigenaardige haak, die aan de meer E. gelegen Bontzandsteenontwikkeling verbonden is, zijn ontstaan aan erosie, niet aan tektonische complicaties, te danken heeft.

Op de kaart zien we, dat de Bontzandsteen, die deze opschuiving ten W. van de Corna Rossa over groote afstanden begeleidt, hier een grootere horizontale uitgebreidheid heeft. Dalen we nu van den rug, die van de Corna Rossa naar Olmo loopt, in het dal af, dan blijkt onder deze lagen weer Muschelkalk te liggen, terwijl tenslotte in het diepste gedeelte van het dal opnieuw Bontzandsteen volgt. Willen we deze opeenvolging door een naar het N.E. gerichte, liggende plooï, verklaren, dan zou een ombuiging van de lagen moeten optreden. Deze werd nergens gevonden en ook in den loodrechten wand, die aan den N.W. voet van de Corna Rossa voorkomt, zijn geen duidelijke plooïen of breuken te zien,

dus is het waarschijnlijker, dat hier plaatselijk gedeelten van de Muschelkalk over en met den Bontzandsteen naar beneden zijn gegleden. Dit komt ook het beste overeen met de waarnemingen op de plaatsen, waar de zandsteen op Muschelkalk ligt.

Ten eerste blijkt de Muschelkalk hier niet op de kalk te gelijken, zooals we die elders in den overgang tot den Bontzandsteen vinden, maar eerder tot de Midden-Muschelkalk te behooren. Vervolgens is de Bontzandsteen, die hier weer uit zand met stukjes mergel bestaat, evenals in de andere breukgebieden, op plaatsen, waar het oppervlak van de kalk oneffen is, in de holten gedrongen. Ook dit wijst op een afglijding, waarbij de zachte mergellagen in de kalk geperst werden.

Midden in het andere, het E.—W. systeem, komt tenslotte nog een opschuiving voor, die tot de groep der N.W.—S.E. storingen behoort. Het is de breuk ten S. van Cusio, waarlangs de Esinokalk op de Boven-Raiblerlagen is geschoven.

De glaciale bedekking leverde bij de karteering bijzonder veel moeilijkheden op, zoodat de helling van de breuk niet kon worden gemeten.

Thans moet het E.—W. systeem besproken worden, waartoe behooren de breuk, die door Cusio loopt en twee andere: een belangrijke door het Val Bindo en een secundaire tusschen de Hauptdolomiet en de Raiblerlagen. PORRO verbond de breuk van de Colla S. Magdalena naar Cusio, met die welke men ten N. van Averara vindt. Nu bleek de eerste breuk echter tusschen den Bontzandsteen en het Perm van Cusio in E.N.E. richting te verlopen. Het is eigenaardig, dat deze breuk naar het S. helt in tegenstelling met de later te bespreken opschuivingen in het Onder-Perm, die een N. helling hebben.

Bijzonder duidelijk is de breuk te zien op de Colla S. Magdalena, waar de Hauptdolomietklippen plotseling vervangen worden door een topografisch vrij regelmatig oppervlak van Perm en Bontzandsteen. In de beek ten N. van Cusio zien we hoe tegen de lagen van het Onder-Perm sterk geplooid Bontzandsteenlagen voorkomen.

Meer E. vormt deze zandsteen gewoonlijk steile klippen in tegenstelling met de wijze waarop hij op andere plaatsen steeds het eerst weg-erodeert. Verder dan de Prati di Taleggio viel de breuk niet te vervolgen.

De breuk door het Val Bindo is bijzonder opvallend, als men aan den N. kant de mooi gelaagde kalkbanken van de Muschelkalk, aan den S. kant de grillige klippen van de Hauptdolomiet ziet.

De breuk is te vervolgen tot waar hij ten E. van Averara aansluit aan de meest E. van het zoo juist besproken breukensysteem. In de beek, die van het E. komend even ten N. van Averara in de Brembo uitmondt, valt ook aan dit verschuivingsvlak met zekerheid een S. helling te meten. Van secundair belang is de breuk, die ten S. hiervan ligt en waarlangs de Hauptdolomiet ten opzichte van de Raiblerlagen gezakt is.

Dan valt nog te vermelden een opschuiving naar het S., te zien op de Colla S. Magdalena, waardoor Onder-Perm aan Bontzandsteen grenst. De meest waarschijnlijke verklaring voor de groote dikte van de Onder-Permlagen aan den W. kant van het Val Mora is, dat hier ook één of meer opschuivingen doorloopen, hoewel we hiervoor geen bepaald

vlak kunnen aangeven. Slechts een groot aantal, in alle horizonten voorkomende, horizontale of naar het N. hellende wrijfspiegels doen aan opschuivende bewegingen denken. Aangezien één enkele opschuiving zelfs nog niet voldoende is om de dikte, die we daar vinden, te verklaren, zijn we genoodzaakt er minstens twee aan te nemen.

In het Permgebied, dat zich ten W. hiervan uitstrekt en door den Heer JONG wordt bewerkt, treden vele van deze naar het N. hellende opschuivingen aan den dag. De herhaling van duidelijk gekenmerkte Onder-Permlagen maken het daar mogelijk de juiste plaats van de verschuivingsvlakken aan te geven.

Bij het nagaan van de helling van de Permlagen langs den weg van Averara naar Caprile, bleek, dat deze hier een antieclinale vormen, waardoor de onderste lagen uit dezen horizont niet aan het Porfier grenzen. De scheiding wordt echter door een breukensysteem gevormd, dat we ook op andere plaatsen tusschen Perm en Porfier aantreffen. Dit zijn breuken en opschuivingen, die bij het veldwerk nauwkeurig konden worden vervolgd.

Wat kunnen we nu uit dit systeem van dislocaties concludeeren?

Met zekerheid valt eigenlijk niets af te leiden, omdat het gebied, dat werd bestudeerd, hiervoor te klein is. Zoo kunnen we de verschijnselen opvatten als het gevolg van de inzakking van een vroeger geplooid gebergte, waarin door opheffing van druk, breuken en kleine verschuivingen, doorlopend tot in het grondgebergte, zouden zijn ontstaan.

Ook is het mogelijk, dat de naar het S. hellende breukvlakken zijn teweeggebracht door een secundaire verschuiving in het hooger gelegen sedimentpakket, dat gemakkelijker kon uitwijken, terwijl de ondergrond zich bij gebrek aan ruimte in schubben plooid.

Acht ik het mogelijk, dat de dislocaties volgens één van beide verklaringen kunnen zijn ontstaan, aan een derde mogelijkheid geef ik de voorkeur, al zijn er geen vaststaande bewijzen voor. Het is nog slechts een hypothese, waarvan de waarde eerst kan worden vastgesteld, wanneer een veel grooter gebied zal zijn bewerkt. De hypothese sluit in hoofd-trekken aan bij de wijze waarop STAUB zich het ontstaan van de Dinariden voorstelt. Omdat deze hypothese tevens de eenige bevredigende verklaring voor den ingewikkelden bouw van het onderzochte gebied geeft, is het zeker van voldoende belang om er hier wat uitvoeriger op in te gaan.

Op het schetskaartje (fig. 2), gemaakt naar de kaart van PORRO, zien we allereerst van Averara over Cusio in W. richting een breuk verlopen, die tot Introbbio, ver buiten de grenzen van dit kaartje, te vervolgen valt.

Hauptdolomiet en Raibler grenzen hierbij aan de Permlagen. Zuidelijker blijkt PORRO ten E. van Roncobello telkens breuken te hebben gevonden tusschen het Perm en de Esino- en Muschelkalk. Dit deed het volgende denkbeeld ontstaan.

Het is mogelijk, dat hier twee groote overschuivingen in S. richting hebben plaats gehad, een W. en een E., terwijl daartusschen een gebied lag, dat in één richting werd gerekt, en loodrecht daarop samengedrukt.

Wat moet voor deze overschuivingen het bewegingsvlak geweest zijn en hoe openbaart zich dat in het door mij onderzochte gebied?

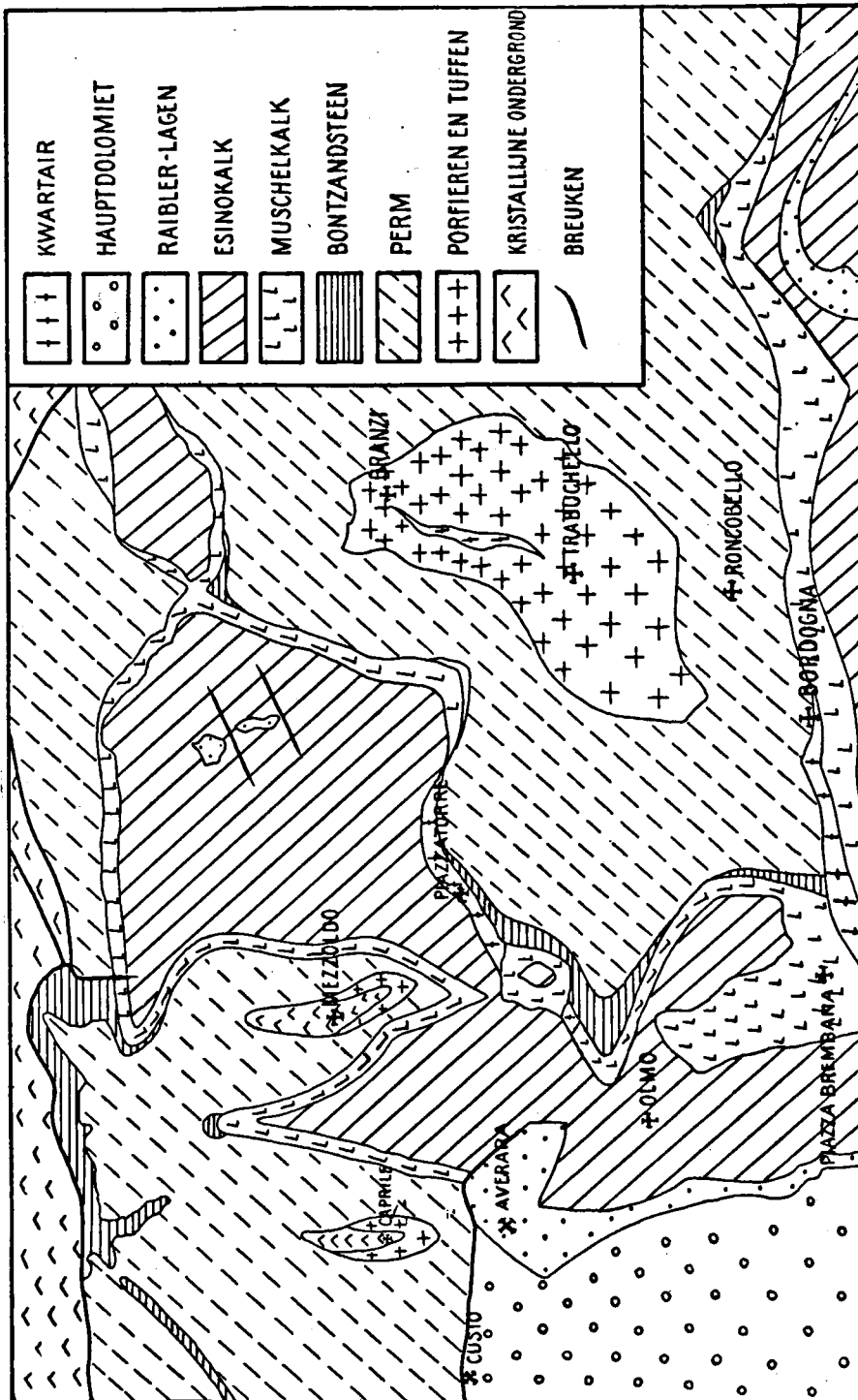


Fig. 2.

Schets naar de geologische kaart van de Bergamasker-Alpen opgenomen door Porro in de jaren 1895—1901.
Schaal 1 : 100000.

Zooals reeds werd besproken is de breuk ten N. van Cusio te vervolgen tot de Prati di Taleggio. Daarna is niets meer van een duidelijk breukvlak te zien, maar het gesteente, waaruit de Bontzandsteen bestaat, is nog hetzelfde gebleven. Het bruine zand met de groene en roode stukjes mergel blijven we steeds in de smalle zone, zoowel in de antieclinale van Caprile als in die van Mezzoldo, zien. Komen, zooals we slechts op één plaats ten E. van Averara hebben gevonden, werkelijk nog de oorspronkelijke lagen voor, dan blijken die geheel schisteus te zijn geworden. Alles wijst dus op grooten druk en uitwalsing van het gesteente, dat door zijn relatieve zachtheid een bijzonder mooi glijvlak vormde en het is dan ook in en onder deze lagen, dat we ons het bewegingsvlak van de overschuivingen denken. De dagzoom van dit overschuivingsvlak moet zich dan voortzetten om de antieclinalen van Caprile en Mezzoldo, verder om de Pegherolo naar Piazzatore, Piazzolo en Valnegra en zoo verder naar het E., aansluitend aan de breukenserie door PORRO geteekend. Naar mijn meening begint deze reeds meer W., omdat ook ten S. van Bordogna groote ontsluitingen in den uitgewalsten Bontzandsteen zijn te vinden. Eigenaardig is het, dat de dikte van den Bontzandsteen bij de begrenzing van de twee N. antieclinalen zooveel minder is dan bij de E. of anders gezegd, dat de Bontzandsteen tusschen Valnegra en Piazzolo zooveel dikker is dan in het N.

Aan de hand van een blokdiagram (fig. 3) zal dit nader worden verklaard. In dit diagram, dat ter verduidelijking van deze theorie is geteekend, zijn de verschillende bewegingsvlakken aangegeven. Het gestreepte golvende vlak is het Permoppervlak, het overschuivingsvlak, waarover de geheele Trias met daar boven liggende lagen geschoven is, gepaard gaande met uitwalsing van den Bontzandsteen. Dit vlak vertoont in het N. een sterke welving met een steile S. helling. Hierover is het geheele gesteentepakket gegleden als over een drempel, waarbij de Bontzandsteen geheel werd uitgewalst. De W. helling van de in het E. voorkomende welving is zwakker en daarbij ondervonden de lagen, die nu nog door de erosie gespaard zijn gebleven, minder invloed van den druk, omdat ze geheel aan den voet van de welving liggen.

De Bontzandsteenlagen, die ten N. en ten S. van deze welving hebben gelegen, zijn echter weer sterk gereduceerd en uitgewalst. We hebben hier dus te maken met een groote overschuiving, waarvan het W. gedeelte niet zoo ver is gegaan als het E., waardoor in het tusschen gelegen gebied rek ontstond, gepaard gaande met druk in de richting loodrecht daarop.

In de Permlagen, waarover het geheele gesteentepakket geschoven is, ontstond hierdoor een schubstructuur. Daartoe behooren de naar het N. hellende opschuivingen, waardoor ten N. van Cusio en ten W. van het Val Mora, de Permserie werd verdubbeld of verdrievoudigd. Soms komen tusschen deze schubben nog stukken van den Bontzandsteen en Muschelkalk voor, waarvan we moeten veronderstellen, dat ze bij de overschuiving tusschen de schubben beklemd zijn geraakt en zoo aan het Triaspakket zijn ontruikt. De Heer JONG zal verder op deze verschijnselen ingaan.

De breuk bij Cusio is dus een gedeelte van het overschuivingsvlak, waarlangs de Trias over het Perm is geschoven. De breuk, die ten S.

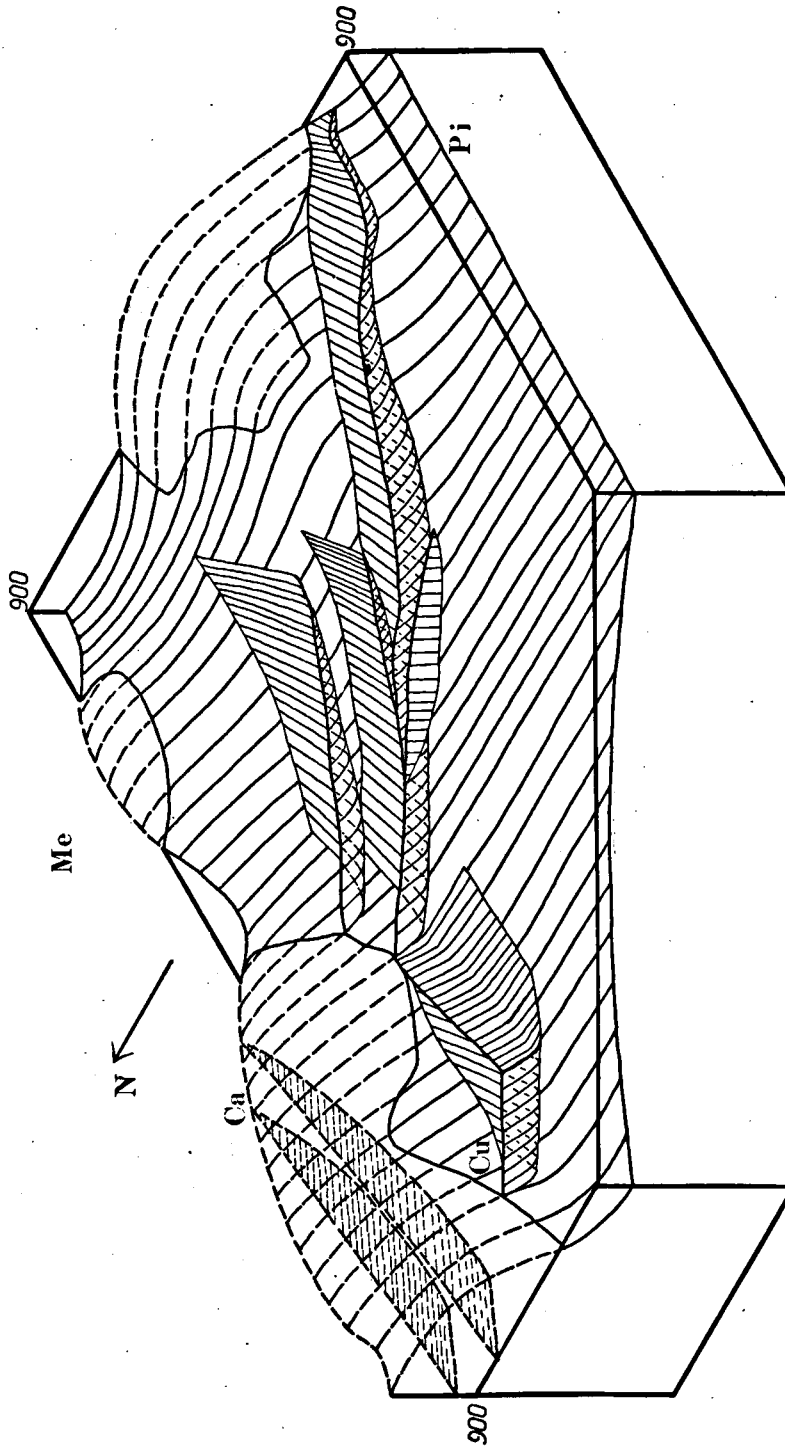


Fig. 3.

Blokdiagram van de bewegingsvlakken. Schaal 1 : 50000.

Me = Mezzoldo.
Ca = Caprile.

Cu = Cusio.
Pi = Piazza Brembana.

van Cusio door het Val Bindo naar Averara loopt, moeten we opvatten als een verschuiving in het in zijn geheel verplaatste sedimentpakket. Of dit vlak nu, zooals hier is geteekend, langzamerhand tot het vlak van het Perm nadert, of dat het er verder mee evenwijdig blijft loopen, is niet zeker.

Ook het dislocatiesysteem, dat ontstaan is door rek samengaan met loodrecht daarop gerichten druk, is in dit blokdiagram aangegeven. Zooals reeds besproken werd, kan door de hellingsverandering van het opschuivingsvlak worden nagegaan, dat dit concaaf naar het N.E. is.

Wanneer wij de dikte van de lagen in aanmerking nemen en veronderstellen, dat het vlak steeds op dezelfde diepte onder den dagzoom van de breuk een horizontale ligging heeft, dan blijkt, dat de opschuiving niet steeds door de Esinokalk loopt, maar naar het N.W. toe daalt tot het Permoppervlak. Deze vorm werd nu ook van de twee naar het W. volgende breuken aangenomen, waardoor, zooals fig. 3 laat zien, een systeem van lepelvormige opschuivingen ontstaat, die alle op de hoogte van het overschuivingsvlak beginnen. De meest W. breuk behoort niet tot dit systeem, maar bestaat uit een loodrechtstaand vlak, waarlangs het E. gedeelte ten opzichte van het W. naar beneden werd geperst tengevolge van den druk, die de opschuivingen teweegbrachten.

Voor deze tektonische uiteenzetting pleit in de eerste plaats de S. helling van het E.—W. breukensysteem, dat volgens deze verklaring door verschuivingen zou zijn ontstaan en vervolgens de schubben, zooals we die in het Onder-Perm vooral ten N.W. van dit gebied vinden.

Bij het slot van mijn besprekingen over de breuken, die bij het veldwerk werden gevonden, noemde ik de breuk, die we tusschen Perm en Porfier moeten aannemen. Waarschijnlijk is deze van groot belang geweest, want bij het petrografische onderzoek bleek, dat dikwijls de gesteenten van het Boven-Porfier, somtijds ook die van de Onder-Permlagen, onder grooten druk hebben gestaan, waardoor ze een soort schisteusiteit hebben gekregen (Mylonitiseering). Er werden porfieroïden gevormd, waarin de phenokristen volgens hun lengterichting zijn georiënteerd en door sericietsnoeren omgeven zijn. Ook de gesteenten uit de Onder-Porfierlagen hebben waarschijnlijk onder sterken druk gestaan, want ook deze leverden bij microscopisch onderzoek de bovengenoemde verschijnselen op, in de meeste gevallen in nog sterkere mate. Het is dus zeer waarschijnlijk, dat er onder het besproken en in het blokdiagram geteekende verschuivingsvlak nog twee andere voorkomen, de ééne in het bovenste Porfier, soms ook in de Onder-Permlagen, de onderste tusschen de Porfierserie en den Kristallijnen-ondergrond. Langs deze vier ongeveer horizontale verschuivingsvlakken zouden dan bij de Alpine-plooiing in de Dinariden naar het S. gerichte bewegingen hebben plaats gehad.

Het profiel (fig. 4) laat zien, hoe STAUB zich den tektonischen bouw van dit gebied voorstelt. Het is het S. gedeelte van het derde profiel op het tweede Blad, behoorende bij zijn boek „Der Bau der Alpen”, en werd tweemaal vergroot overgenomen. Duidelijk blijkt hieruit, hoe STAUB ten S. van de Monte Venturosa en bij S. Pellegrino overschuivingen aanneemt. In het onderzochte gebied, dat wel niet juist door dit profiel wordt gesneden, maar ongeveer overeenkomt met het gedeelte door de

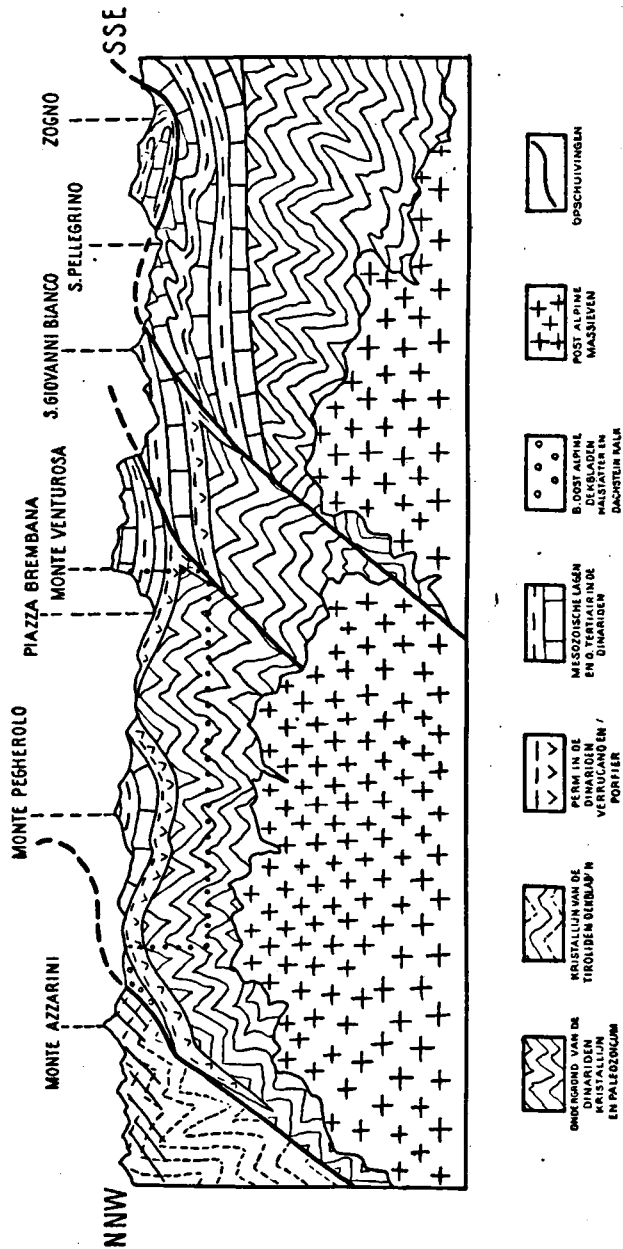


Fig. 4.

Profiel door het N. gedeelte van de Bergamasker-Alpen naar STAUB.
 (2 × vergroot overgenomen van het derde profiel op het tweede blad behoorende bij „Der Bau der Alpen’’).
 Schaal ongeveer 1 : 390000.

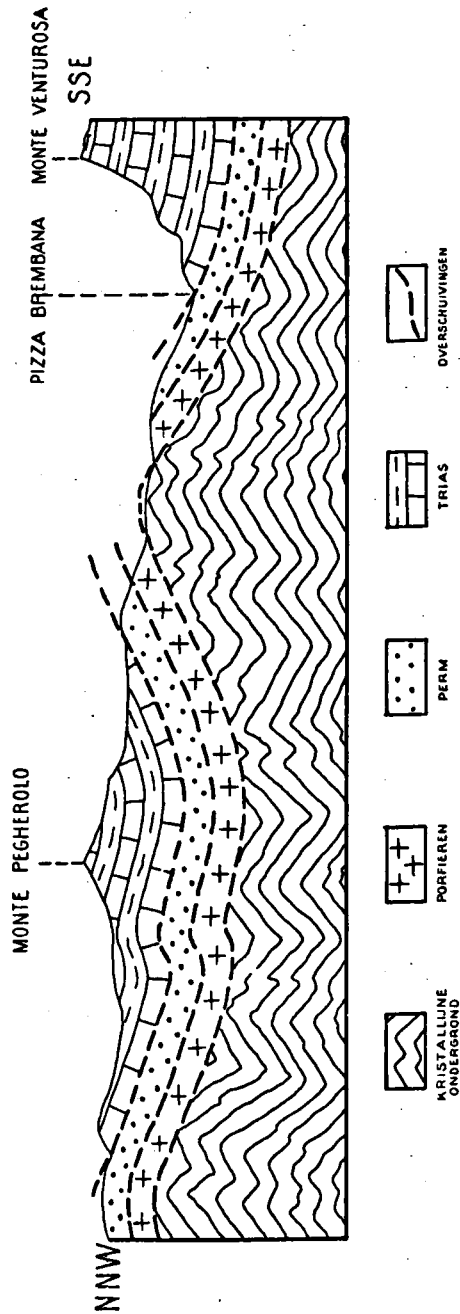


Fig. 5.

Profiel door het onderzochte gebied, waarin schematisch de drie bewegingsvlakken zijn aangegeven.
(De topografie werd 6 X vergroot overgenomen van het bij fig. 4 vermelde profiel van STAB).

Schaal ongeveer 1 : 130000.

gestippelde lijnen begrensd, tusschen de Monte Azzarini en de Monte Venturosa, werden door hem geen overschuivingen aangenomen.

Maar gebruik makende van de waarnemingen in het onderzochte terrein en voortbouwende op hetgeen STAUB en CASSIAMALI van zuidelijker gelegen gebieden aannemen, stel ik mij voor, dat ook hier dergelijke overschuivingen hebben plaats gehad. Ter verduidelijking hiervan werd het tusschen de stippellijn gelegen gedeelte nog eens driemaal vergroot, waarna het mogelijk was de verschillende overschuivingsvlakken in te teekenen (fig. 5).

De aangegeven hypothese komt in hoofdzaak met de theorie van STAUB overeen, maar neemt aan, dat de overschuivingen noordelijker hun oorsprong hadden en grooter in aantal zijn. Verder voortbouwende op deze veronderstelling komt men echter in één opzicht met de theorie van STAUB in strijd. De bewegingsvlakken, waarvan er drie boven elkaar worden aangenomen, hebben een ongeveer horizontaal verloop. Hierdoor acht ik het zeer wel mogelijk, dat de overschuiving onder de Monte Venturosa samenhangt met het verschuivingsvlak, dat ook in het onderzochte gebied onder de Mesozoische lagen wordt aangetroffen. Ook van de naar het S. hierop volgende overschuiving, lijkt het mij niet onwaarschijnlijk, dat het bewegingsvlak tusschen het Perm en de Mesozoische lagen doorloopt. De door STAUB in het Kristallijn aangegeven opschuivingen kunnen echter daarnaast ook bestaan. Ze moeten dan echter worden opgevat als schubben, die ontstonden bij de overschuivingen van het bovenliggende gesteentepakket.

RÉSUMÉ.

Le terrain étudié forme une partie des Dinarides au nord de Bergame où se rencontrent les différents bras du Brembo. Il est limité à l'ouest par la ligne de partage des eaux du Pizzo di Cusio au Pizzo di Mezzodi, à l'est par une ligne partant de Valnegra vers Piazzatorre et au sud par le bras du Brembo venant de Branzi, tandis qu'au nord la limite est formée par une ligne allant de Caprile à Mezzoldo.

Une succession de roches permienes jusqu'au trias supérieur, reposant sur des schistes cristallins fondamentaux, constitue le terrain.

L'épaisseur de ces couches jusqu'au „Hauptdolomiet” inférieur est d'environ 3500 M. et leur développement concorde dans les grandes lignes avec la description que PHILIPPI a donné de ces couches en 1895 dans son ouvrage „Beiträge zur Kenntnis des Aufbaues der Schichtenfolge im Grignagebirge”. A partir du „Hauptdolomiet” qui après l'alluvium et le diluvium constitue la plus jeune roche dans le terrain exploré, la stratigraphie peut être résumée comme suit:

„Hauptdolomiet”.

Averara—Bindo.	4. Dolomie compacte gris-bleue.	épaisseur (pour autant qu'elle est restée) environ 1000 M.
	3. Dolomie bréchique.	} épaisseur 10—20 M.
	2. Dolomie cellulaire.	
	1. Sable brun avec fragments de dolomie.	

Les couches de Raibl.

Val Stabina.	23. Sable brun.	épaisseur environ	5 M.
	22. Sable avec fragments de marne verte.	" "	5 M.
	21. Calcaire caverneux avec fragments de marne verte.	" "	25 M.
	20. Bancs de marne verte avec couches brunes intermédiaires brunies par l'érosion.	" "	15 M.
	19. Calcaire caverneux avec fragments de marne.	" "	6 M.
	18. Marne verte.	" "	20 M.
	17. Marne vert-bleue.	" "	3 M.
	16. Bancs épais d'une marne gris-bleue.	" "	6 M.
	15. Calcaire caverneux avec fragments de marne alternant avec des marnes vertes et grises.	" "	40 M.
	14. Bancs calcaires bleu-noirs fortement veinés.	" "	2 M.
	13. Marne grise.	}	3 M.
	Marne grise alternant avec des marnes vertes.		
	12. Marne verte souvent riche en pyrite souvent coupée de couches dures intermédiaires brunies par l'érosion, dans lesquelles apparaissent ça et là des concrétions.	" "	20 M.
	11. Bancs calcaires bleus avec <i>Rhizocorallium</i> .	" "	1 M.
	10. Marne calcaire gris-bleue avec <i>Myophoria</i> .	" "	5 M.
	9. Bancs calcaires bleus avec couches intermédiaires marneuses.	" "	11 M.
	8. Marne calcaire bleue avec <i>Myophoria</i> .	" "	8 M.
Vallée au nord de Redivo.	7. Bancs de marne consistant en minces couches qui alternativement sont de teinte claire et foncée avec beaucoup de <i>Trigonodus</i> .	" "	$\frac{1}{2}$ M.
	6. Bancs sableux avec débris fossiles.	" "	$\frac{1}{2}$ M.
	5. Bancs calcaires bleus alternant avec des couches de marne. Il s'y rencontre des fossiles, que l'on ne peut cependant détacher du rocher.	" "	50 M.
	4. Couches de marne verte.	" "	3 M.
	3. Bancs calcaires bleus, épais.	" "	8 M.
	2. Grès et marnes rouges et verts.	épaisseur dans la Val Stabina, environ	50 M.
Val Stabina.		épaisseur dans la Valle di Lenna environ	150 M.
	1. „Plattenkalk”.	épaisseur	10 M.

Calcaire d'Esino.

Valle di Lenna.

- | | |
|--|-------------------------|
| 6. Banes calcaires bleus nettement stratifiés avec couches intermédiaires brunes. Avec de la calamine en couches et en cavités de formation irrégulière. | épaisseur environ 75 M. |
| 5. Calcaire rouge. (Calcare Rosso). | |
| 4. Calcaire gris foncé, partiellement cristallisé en rayons. | " " 100 M. |
| 3. Calcaire bréchique. | |
| 2. Calcaire gris clair se présentant en bancs d'une épaisseur de 50 cM.—2 M. | " " 900 M. |
| 1. Calcaire gris grossier, formant la transition au „Muschelkalk”. | " " 25 M. |

„Muschelkalk”.

Faciès Sud.

Le long du chemin de
Lenna à Valnegra.

- | | |
|--|-------------------------|
| 7. Calcaire bleu grossier formant la transition au calcaire d'Esino. | épaisseur environ 25 M. |
| 6. Banes calcaires bleus à surface unie. | |
| 5. Banes calcaires bleus à surface ondulée avec des petites Omphalop-tycha. | |
| 4. Banes calcaires du bleu-foncé au noir, dont la surface est si fortement ondulée que des masses s'en séparent. Les bancs sont entourés de marnes argileuses. Banc d'Ammonites et de Brachiopodes (couches de trinodus et binodosus). | " " 25 M. |
| 3. Minces bancs de calcaire ondulés (dit Bernocoluto). | " " 15 M. |
| 2. Banes calcaires de différentes épaisseurs jusqu'à plus de 50 cM. Couches de Gutenstein. | " " 200 M. |
| 1. Minces bancs calcaires parfois quelque peu ondulés formant la transition au „Buntsandstein”. | " " 10 M. |

Faciès Nord.

Val Bindo.

- | | |
|--|------------------------|
| 3. Petites masses calcaires cimentées par un ciment brun très riche en mica. Banc de Brachiopodes. <i>Spiriferina Köveskaliensis</i> (Boeckh.) | épaisseur environ 5 M. |
| 2. Banes calcaires avec couches intermédiaires de grès micacé. | " " 17 M. |
| 1. Calcaire à mince stratification, noir, mais brun en-dessous. | " " 10 M. |

On ne peut pour le „Buntsandstein” dresser aucun profil valable pour l'ensemble, attendu que l'épaisseur des couches est soumise à de grandes différences.

„Buntsandstein”.

(Servino).

Le long du chemin de
Valnegra à { Branzi.
Bordogna.

6. Marne verte.
5. Bancs de grès brun micacé.
4. Marne rouge et verte.
3. Marne verte, alternée de bancs de grès brun.
2. Marne verte, alternée de bancs de grès rouge.
1. Bancs de grès rouge.

} épaisseur environ 450 M.

Permien.

Chemin d'Averara à
Valmoresca.

6. Conglomerats (Verrucano) d'épaisseur très variable, probablement par suite, pour une part, de la stratigraphie primaire, et pour l'autre partie par suite de la tectonique.
5. Marne rouge et verte, renfermant une couche de tuf.
4. Grès souvent à gros grains et quelquefois alternant avec des grès micacés.
3. Ardoise bleu-noir alternant avec des grès micacés.
2. Grès gris avec inclusions charbonneuses, et vertes. Il s'y présente des couches de tuf avec inclusions de chlorite verte.
1. Grès micacé à petits grains formé de petites couches foncées et claires alternées.

Epaisseur au nord
d'Averara 50 cM. et
près de Piazzatorre
quelques centaines de
mètres.

épaisseur environ 50 M.

” ” 10 M.

” ” 30 M.

” ” 30 M.

” ” 50 M.

Pente sud de la „Valle
Rustica”.

Série des roches éruptives.

5. Tufs.
4. Porphyrites.
3. Quarz-porphyrès et tufs.
2. Porphyrites trouvées au sud de Caprile seulement.
1. Lave avec inclusions de tuf.

} épaisseur environ 25-40 M.

” ” 160-200 M.

” ” 10 M.

” ” 2-50 M.

Par la pression il s'est formé dans les couches supérieures jusque dans les quarz-porphyrès et dans les couches inférieures au dessus de la lave, des tufporphyroïdes et des sericiteporphyroïdes. La lave aussi donne des indications d'une pression forte.

Schistes cristallins.

2. epi-sericite-albite-gneiss.
1. epi-chlorite-mica-schist.

DESCRIPTION TECTONIQUE.

La structure du terrain étudiée dépend en premier lieu d'un anticlinal orienté de l'est à l'ouest, dans lequel se présentent des courbures sur la ligne de crête, par lesquelles apparaissent le cristallin près de Caprile, près de Mezzoldo et près de Trabuchello, situé plus à l'est. Les nombreuses dislocations, qui ont troublé la structure régulière produite par ces courbures, peuvent se diviser en deux systèmes.

Appartiennent au système nord-ouest—sud-est les quatre ruptures, dont la plus occidentale passe par Olmo et dont les trois autres se trouvent à l'est de ce village.

Sur la rupture la plus orientale, qui sur toute sa longueur penche vers le nord-est, a été observé dans l'éperon de forme capricieuse, situé entre Malpasso et Cigadola, un considérable changement d'inclinaison, par lequel le plan de charriage devient horizontal et finalement incline vers le sud-ouest. Il apparaît par là que le plan de charriage est courbé et que la forme est concave vers le nord-est. Sur les deux ruptures suivantes à l'ouest, une conformation semblable a été supposée. La dislocation la plus occidentale est cependant d'une autre nature. Ici, en contraste avec les précédentes ruptures, la partie orientale (couches de Raibl) s'est affaissée par rapport à la partie occidentale (calcaire d'Esino) le long d'une rupture presque perpendiculaire. La curieuse roche située au nord d'Olmo appelée la „Corna Pizzadella" (planche 38, fig. 3) forme la brèche de friction de cette dislocation.

Seule une des failles inverses en forme de cuillère continue dans la direction sud-est. Une étroite bande de „Buntsandstein", qui servait de surface de glissement, accompagne cette dislocation sur une grande distance. Enfin appartient encore à ce système nord-ouest—sud-est la rupture passant par Cusio, le long de laquelle le calcaire d'Esino a glissé sur les couches de Raibl.

La deuxième système de dislocation a une direction est—ouest. Appartient en premier lieu à celui-ci la rupture, qui commençant à la Colla S. Magdalena peut être suivie par Cusio dans la direction nord-est; en second lieu, la rupture du Val Bindo, par laquelle le „Hauptdolomiet" aborde le „Muschelkalk" et en troisième lieu près de Bindo une rupture de moindre importance, formant entre le „Hauptdolomiet" et les couches de Raible un contact anormal.

Enfin il reste à mentionner une faille inverse sur la Colla S. Magdalena par laquelle le permien inférieur est venu aborder le „Buntsandstein". Cette dislocation a une inclinaison septentrionale, de même que les plis-failles-inverses, dont il faut accepter l'existence au nord de cette

faille-inverse, pour expliquer la grande épaisseur du Permien inférieur du côté ouest de la Val Mora (voir le profil est—ouest planche 40).

En raison de ces observations on a formé une hypothèse, reposant encore partiellement sur des suppositions, le terrain sur lequel on a opéré étant trop petit pour trouver des preuves certaines du tout. Si l'on examine le croquis, qui a été relevé sur la carte de PORRO (fig. 2), deux ruptures attirent l'attention. La plus occidentale, qui va d'Averara à Cusio et à Introbbio, est plus septentrionale que la rupture, que PORRO fait commencer à l'est de Roncobello; mais d'après mes observations celle-ci commence déjà à Bordogna et peut-être encore à l'ouest.

PORRO considérait ces dislocations comme des failles inverses, mais il me semble très vraisemblable qu'ici il s'est produit un grand chevauchement dans la direction sud, dont la partie orientale a continué son mouvement plus loin que la partie occidentale. Dans le terrain situé entre les deux mouvements s'est produite par eux une pression dans la direction nord-est, et dans la direction nord-ouest—sud-est un étirage. La dislocation, que l'on pouvait suivre de Cusio dans la direction nord-est jusqu'à Prati di Taleggio, forme une partie de cette faille inverse. Plus loin dans la direction nord-est aucune dislocation ne pouvait plus être observée; mais le fort laminage du „Buntsandstein" donne à supposer que la faille inverse se continue, en contournant tant l'anticlinal de Caprile que celui de Mezzoldo et ensuite le Pegherolo, dans la direction de Piazzatorre et Valnegrà.

Dans le diagramme fig. 3, qui a été dessiné pour l'éclaircissement de cette théorie, la surface indiquée par un tracé représente la surface permienne, sur laquelle les couches supérieures avec laminage du „Buntsandstein" ont glissé. C'est aux inégalités, que présentent cette surface qu'est dû le fait que le „Buntsandstein" a été soumis par endroits à une forte pression et a été laminé dans une plus grande mesure qu'à d'autres endroits où les roches plus récentes ont exécuté un mouvement glissant sur le „Buntsandstein".

Dans les couches permienes formant la base de ce chevauchement s'est produit par là une structure imbriquée.

Ce sont là les failles inverses inclinant au nord, dont une a été trouvée sur la Colla S. Magdalena, mais dont il faut admettre au moins deux autres pour expliquer l'épaisseur des couches permienes du côté occidental de la Val Mora.

On trouve également indiqué sur le diagramme le système de dislocation mentionné plus haut, né de la pression exercée du nord-est. Ce sont les trois failles inverses en forme de cuillère, qui, commençant sur la surface permienne avec accroissement de l'angle d'inclinaison, parcourent le calcaire d'Esino et les couches de Raibl. La rupture, qui va de Cusio vers le sud-est, a été également comprise dans ce système. Dans la masse sédimentaire charriée a pris naissance un tel système de dislocation, dont les plans de charriage trouvent leur origine dans la surface permienne et ensuite finissent leur cours en direction ascendante, en forme de cuillère.

Toutes ces dislocations étant donc en rapport avec le chevauchement sur le permien des couches supérieures, il est apparu à l'examen pétro-

graphique, que très probablement de semblables chevauchements se sont produits aussi entre le permien et le porphyre et entre le porphyre et les schistes fondamentaux. Dans ces zones les roches semblent s'être trouvées soumises à une très forte pression, par laquelle des sericitoporphyroïdes et des tufporphyroïdes se sont formés.

L'hypothèse exposée concorde dans son ensemble avec la théorie de STAUB. Le profil fig. 4 indique la manière, dont STAUB se représente la structure tectonique de ce terrain et on peut y voir clairement, comment au sud du Monte Venturosa et près de S. Pellegrino il admet des chevauchements. L'hypothèse n'apporte donc en principe rien de nouveau, bien qu'on suppose que les chevauchements ont eu leur origine plus au nord et qu'il y en a eu plusieurs (voir profil fig. 5).

STAUB n'admet notamment aucun chevauchement dans le terrain exploré. Ce terrain n'est pas coupé nettement par son profil; mais celui-ci correspond dans son ensemble à la partie se trouvant entre les lignes pointillés entre le Monte Azzarini et le Monte Venturosa.

Dans le profil fig. 5 cette partie est reproduit avec un agrandissement au triple. Sur un point on en arrive par cette hypothèse à des conséquences, qui ne s'accordent pas avec la conception de STAUB.

Les plans de charriage peuvent, à mon avis, avoir eu une marche générale horizontale. J'estime par là qu'il est très possible que la faille inverse, se trouvant au-dessous du Monte Venturosa, correspond à la faille inverse, que l'on suppose, dans le terrain exploré, sous les couches mésozoïques. Pour la faille inverse suivant celle-ci vers le sud, il ne me semble pas invraisemblable que le plan de charriage passe entre les couches permien et les couches mésozoïques.

Les failles inverses indiquées par STAUB dans les schistes cristallins peuvent cependant exister aussi; mais on doit alors les considérer comme des plis-failles-inverses ayant pris naissance lors du chevauchement de la masse rocheuse supérieure.

LITERATUURPGAVE.

- E. W. BENECKE. Erläuterungen zu einer geol. Karte des Grigna Gebirges. N. Jahrbuch f. Mineralogie etc. Bd. 1, blz. 81, 1884.
- E. W. BENECKE. Ueber einige Muschelkalk Ablagerungen der Alpen. BENECKE's Geognostisch-Paläontologischen Beiträge, Band 2, heft 1. Munchen, 1868.
- A. BITTNER. Brachiopoden der Alpiner Trias. Abhandl. der Kais.-Kön. Geol. Reichsanstalt, Bd. 17. Wien, 1892.
- A. BITTNER. Lamellibranchiaten der Alpiner Trias. Abh. der K.-K. Geol. Reichsanstalt, Band 18, heft 1. Wien, 1895.
- H. G. BRONN. Beiträge zur triadischen Fauna und Flora der bituminösen Schiefer von Raibl. Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie, 1858.
- S. VON BUHNOFF. Die Ladinische Fauna von Forno (Mezzovalle) bei Predazzo. Verhandlungen der Naturhist. Medizin. Vereins zu Heidelberg, Bd. 14, heft 2/3, pag. 257, 1921.
- G. B. CASSIAMALI. Schema Tectonico Orogenica delle Prealpi Lombarde. Bolletino del R. Comitato Geologico d'Italia. Roma, 1921.
- G. B. CASSIAMALI. Le falde di sovrascorrimento della Val Brembana. Dal Volume dei Commentari d'ell. Ateneo di Brescia, 1920.
- G. B. CASSIAMALI. Falde Alpine e loro Radici Limite Alpino-Dinarico, Pieghe Dinarche. Rendiconto Real. Istituto Lombardo di Sc. e Lett. Ser. 2, Vol. L., pag. 684, 1917.
- L. CAYEUX. Introduction à l'étude petrographique des roches sédimentaires. Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. Paris, 1916.
- SAC. DOTT. ENRICO CAFFI. Cronologia geologica dell Valli Bergamasche. 1903.
- GIULIO CURIONI. Geologia applicata delle Provincia Lombarde. Premiata dal congresso internazionale geografico di Parigi, 1875.
- W. DEECKE. Beiträge zur Kenntniss der Raibler Schichten in den Lombardischen Alpen. N. Jahrbuch f. Mineralogie etc., Bd. 3, pag. 429—521. Stuttgart, 1885.
- CARL DIENER. Himalya Fossils. Memoirs of the geological Survey of India. Sr. 15, Vol. 2, 1897.
- F. FRECH. Lethaea geognostica. 2. Teil, Das Mesozoicum, I Band Trias. Stuttgart, 1903—1908.
- GEORG GEYER. Ueber die Kalk-Alpen zwischen dem Almtal und dem Fraungebiet. Verh. der K.-K. Geol. Reichsanstalt, 1911—1912.
- MARIA M. OGILVIE GORDON. Das Grödener Fassa und Enneberggebiet in den Südtiroler Dolomiten. Abhandlungen der Geol. Bundesanstalt. Band 24, heft 1. Wien, 1927.
- C. W. GÜMBEL. Geognostischer Streifzug durch die Bergamasker Alpen. Sitzungsberichten der Math. Ph. Klasse der K. Akademie der Wissenschaften. Bd. 10, pag. 164. Munchen, 1880.
- GEORG GÜRICH. Leitfossilien der Trias. 1925.

- DANIEL HÄBERLE. Palaontologische Untersuchung triadischer Gastropoden aus dem Gebiet von Predazzo. Verhandlungen der Naturhistorisch, Medizinische Vereins zu Heidelberg. N. F. 9 Bd. 2/3 heft. Heidelberg, 1908.
- ERNST KMTL. Die Gastropoden der Esinokalk. Annalen der K.-K. Naturk. Hofmuseum. Band 14, heft 1—2. Wien, 1889.
- E. KOKEN. Gastropoden der Hallstätter Schichten. Abhandlungen der K.-K. Geol. Reichsanstalt. Band 17, 4 heft, 1897.
- P. KRASSER. Zur Kenntnis der fossilen Flora der Lunzer Schichten. Jahrbuch der K.-K. Geol. Reichsanstalt. Band 59, 1909.
- E. VON MOJSISOVICS. Die Cephalopoden der Mediterranen Triasprovinz. Abhandlungen der K.-K. Geol. Reichsanstalt. Band 10. Wien 1882.
- E. VON MOJSISOVICS. Ueber einige Trias Versteinerungen aus den Süd Alpen. Jahrbuch der K.-K. Geol. Reichsanstalt. Band 23, 1873.
- E. VON MOJSISOVICS. Faunengebiete und Faciesgebilde der Triasperiode in den Ost-Alpen. Jahrbuch der K.-K. Geol. Reichsanstalt. Band 24, pag. 81. Wien, 1874.
- C. F. PARONA. Trattato di Geologia. Con speciale Riguardo alla Geologia d'Italia. Milano 1924.
- C. F. PARONA. Studio Monografico della Fauna Raibliana di Lombardia. Memorio premiata dal R. Istituto Lombardo di Sc. e Lett. al concorso Cagnola, 1889..
- PLINIO PATRINI. Il M. Pora e i suoi fossili. Rivista Italiana di Paleontologia. Anno 31, Fasc. 3—4, 1925.
- PLINIO PATRINI. I laghi delle Alpi Orobiche. La geografia 1927. N. 1—2, Novara.
- PLINIO PATRINI. I Fossili della scogliera Dolomitica di Costa Pagliri presso Lenna (Valle Brembana). Rivista Italiana di Paleontologia. Anno 33, Fasc. 3—4, 1927.
- PENCK, BRÜCKNER. Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig, 1909.
- E. PHILIPPI. Aufbau der Schichtenfolge im Grignagebirge. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 1895.
- J. PIA. Pflanzen als Gesteinsbildner, 1926.
- J. PIA. Die Diploporen der Trias von Süddalmatien. Sitzungsberichten der Akad. der Wissenschaften Wien. Math. Naturw. Klasse, Abt. 1, 133 Bd., 7 en 8 Heft, 1924.
- J. PIA. Die Siphoneae Verticillatae vom Karbon bis zur Kreide. Verlag der Zool. Bot. Gesellschaft. Wien 1920. Band 11, Heft 2.
- J. PIA. Neue Studien über die triadischen Siphoneae verticillatae. Beiträge zur Paläontologie und Geologie Österreich-Ungarns und des Orients. Mitteilungen des Paläontologischen und Geologischen Instituten der Universität Wien. Band 25, Heft 1, pag. 25. Wien, 1912.
- PIRSSON. Microscopical Characters of Volcanic Tuffs. The American Journal of Science 1915, blz. 191.
- CESARE PORRO. Alpi Bergamasche. Note illustrative della carta Geologica e delle Sezioni. Milano, 1903.
- CESARE PORRO. Note Geologiche sulle Alpi Bergamasche e Bresciane. Letta nella adunanza del 9 Novembre 1911 del Reale Istituto Lombardo di Sc. e Lett.
- WILHELM SALOMON. Die Adamellogruppe. Abhandl. der K.-K. Geol. Reichsanstalt. Band 21, Heft 1. Wien, 1908.
- G. STEINMANN. Zur Kenntnis fossilen Kalkalgen (Siphoneen). Neues Jahrbuch, 1880, 2.
- G. STEINMANN. Ueber fossile Dasycladaceen vom Cerro Escamela Mexico. Bot. Ztg. vol. 57, p. 137. Leipzig, 1899.

- G. STEINMANN. Tetraplopora Remesi, eine neue Dasycladacea aus dem Tithon von Stramberg. Beiträge zur Paläontologie und Geologie Österreich-Ungarns und des Orients. Band 15, Heft 2 en 3, 1903.
- A. STOPPANI. Les pétrifications D'Esino. Milaan, 1858—60.
- A. STOPPANI. Geologie et Paleontologie des couches à *Avicula contorta* en Lombardie. Milaan, 1860—65.
- D. STUR. Die Obertriadische Flora der Lunzerschichten und der bituminösen Schiefer von Raibl. Sitzungsberichten der K. A. der Wissenschaften Math. Naturw. Klasse, Jahrgang 1885, Abt. 1. Wien.
- TARAMELLI. Osservazioni Stratigrafiche nell' alta Valle Brembana. Rendiconti Istituto Lombardo Sc., 2 vol., 43, Fasc. 6, 1910.
- TARAMELLI. I tre Laghi. 1903.
- A. TOMMASSI. I fossili della lumachella triasica di Ghegna in Valsecco presso Roncabello. Parte 1, 2, Palaeontographia Italica, 1911.
- A. TOMMASSI. Due Nuovi Dinarites nel Trias Inferiore della Val Del Dezzo. Bollettino della Società Geologica Italiana, Vol. 21 (1902), Fasc. 2.
- A. TOMMASSI. La Fauna del Carcare Conchigliare di Lombardia. Memoria premiata dal Regio Istituto Lombardo di Sc. e Lett. al concorso ordinario Cagnola. Pavia, 1894.
- A. TOMMASSI. Revista della Fauna Raibiana del Friuli. Annali del R. Istituto tecnico di Udine serie 2. Anno 8, 1890.
- A. TOMMASSI. Contribuzione alla Palaeontologia della Valle del Dezzo. Memorie del R. Istituto Lombardo di Sc. e Lett. Classe di Sc. Mat. e Nat., Volume 19—10, della, Serie 3, Fasc. 4, 1901.
- A. TOMMASSI. La Faunetta Anisica di Valsecca in Val Brembana. Rendiconti R. Istituto Lombardo di Sc. e Lett., Ser. 2, Vol. 44, pag. 767, 1913.
- A. TORNQUIST. Führer durch das Oberitalienische Seengebirge. Sammlung Geol. Führer 9, 1902.
- A. TORNQUIST. Neue Beiträge zur Geol. und Paläontologie der Umgebung von Recoaro und Schio (im Vicentin). 1. Beitrag. Zeitschrift der Deutschen Geol. Gesellschaft, Bd. 50, Heft 2, pag. 1, 1898. 2. Beitrag. Die Subnodosus-Schichten. Zeitschrift der Deutschen Geol. Gesellschaft, Bd. 50, Heft 4, pag. 31, 1898. 3. Beitrag. Der Spitzkalk. Zeitschrift der Deutschen Geol. Gesellschaft, Bd. 51, Heft 3, pag. 85, 1899. 4. Beitrag. Der Sturikalk. Zeitschrift der Deutschen Geol. Gesellschaft, Bd. 52, Heft 1, pag. 124, 1900.
- L. WAAGEN. Die Lamellibranchiaten des Pachycardientuffe der Seiser Alm. Abh. der K. K. Reichsanstalt, Bd. 18, Heft 2. Wien, 1907.
- S. V. WÖHRMANN. Die Fauna der s.g. Cardita und Raibler Schichten. Jahrbuch der K. K. Geol. Reichsanstalt, Bd. 39, Heft 2. Wien, 1889.
- S. V. WÖHRMANN und E. KOKEN. Die Fauna der Raibler Schichten vom Schlern-plateau. Zeitschrift der Deutschen Geol. Gesellschaft. 2. Heft (April, Mai, Juni), 1892.