

CIRO ANDREATTA

Centro di studio per la petrologica del C.N.R.

UN CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA
DELL'ORIGINE DEI GIACIMENTI DI MAGNESITE:
GIACIMENTI METASOMATICI DI ZUMPANEL (ORTLES)

Riassunto. — Dopo una breve introduzione, nella quale si accenna alla recente ripresa dell'ipotesi dell'origine sedimentaria singenetica di molti giacimenti metalliferi e non metalliferi, sono descritte le condizioni di giacitura e le rocce che costituiscono i giacimenti di magnesite di Zumpanel e le relative rocce dolomitiche incassanti. Tutte le documentazioni ricavate da tali descrizioni concordano nell'ammettere un'origine metasomatica delle magnesiti dalle dolomie per azione di soluzioni idrotermali, probabilmente collegate ad un magmatismo pre- o sintettonico. Tali soluzioni si sono arricchite in magnesio per dedolomitizzazione a profondità ed hanno permeato chiazze localizzate e limitate di dolomie in zone superiori, trasformando una roccia già solida e cristallizzata. Soluzioni dello stesso ciclo hanno depositato successivamente dolomite spatica bianca, pirite e persino tetraedrite in fratture delle masse di magnesite e delle dolomie circostanti.

Summary. — The recently reconsidered hypothesis on the syngenetic sedimentary origin of many metallic and non metallic ore deposits is briefly mentioned in the introduction. Occurrence and rocks of Zumpanel's magnesite deposits are described along with the enclosing dolomitic rocks. All evidences derived from these descriptions are in agreement with a metasomatic origin of the magnesite rocks from the dolomitic rocks under the influence of hydrothermal solutions; such origin is probably connected with a pre- or syntectonic magmatism. The solutions enriched in magnesium through dedolomitization in the depth, have passed through confined spots of dolomitic rocks in the upper side, transforming rocks solid and crystallized already. Solutions of the same cycle have successively deposited white spatic dolomite, pyrite and even tetrahedrite in the breaches of magnesite masses and surrounding dolomitic rocks.

1. - **La ripresa dell'idea sull'origine sedimentaria singenetica di giacimenti.**

Nella storia e nell'evoluzione di tutte le scienze, è noto che si presentano periodicamente dei momenti di ritorno a vecchie concezioni, sorpassate a ragione od a torto dai progressi successivi della ricerca. Alcuni di questi ritorni si rivelano necessari quando si tratta di riprendere un'idea abbozzata da uno studioso trascurato nel passato e che,

nella realtà delle constatazioni successive, assume la fisionomia del precursore. Ma altri sono del tutto ingiustificati e talora sono l'espressione di ostentata originalità oppure di mentalità scientifica non completamente matura attraverso un duro e lungo tirocinio di ricerca sperimentale e di indagine bibliografica.

Tuttavia, il recente rilancio in molti lavori dell'idea dell'origine sedimentaria singenetica di giacimenti metalliferi e non metalliferi è soltanto in parte il frutto delle cause suddette: si osservano ponderate e dettagliate esposizioni di noti ed anziani studiosi che sostengono tale origine con i più svariati argomenti, come è il caso del pregevole lavoro di LEITMEIER (1953). Questo è un segno oltremodo lusinghiero per la scienza dei Giacimenti Minerari; vuole significare che essa è attualmente in rapida evoluzione, che i molti lavori che continuano a comparire sulle riviste specializzate portano ogni momento nuovi elementi per la costruzione di quell'edificio di conoscenze e di verità che è lo scopo di ogni ricerca scientifica.

A questo proposito, oltre ai numerosi lavori speciali su determinati giacimenti o su complessi di giacimenti, alcuni dei quali saranno citati in seguito, voglio ricordare la lodevole iniziativa della *Naturwissenschaftliche Verein für Kärnten* e della *Bleiberger Bergwerks-Union* che il 4 novembre 1955 hanno voluto tenere a Klagenfurt una « Discussione su metasomatosi o sedimentazione dei giacimenti delle Alpi Orientali », con l'intervento di una quarantina di studiosi di diversi Paesi. La discussione è anche in parte proseguita nella successiva giornata del 5 novembre, durante il consueto Convegno autunnale dell'Associazione di Scienze Naturali della Carinzia. Ho seguito con particolare attenzione tutte le comunicazioni e le discussioni tenute in quelle due giornate, ricavando la generica impressione che gli avversari della interpretazione sedimentaria erano più numerosi che i sostenitori. Fra questi erano in prima linea alcuni autori del rilancio dell'ipotesi, cioè gli studiosi di Monaco Prof. MAUCHER e Dr. SCHNEIDER. Quest'ultimo ha tenuto una lunga esposizione introduttiva, portando gli argomenti che sono in parte ricordati nei suoi recenti lavori (1954 a e 1954 b), nel lavoro di TAUPITZ (1954) e dello stesso MAUCHER (1954), e anticipando alcune conclusioni tratte da uno studio che aveva in corso sulle metallizzazioni negli « strati a Bellerophon » sudalpini, conclusioni che sono poi accennate anche nella nota successiva dello stesso SCHNEIDER (1956).

Benchè questa non voglia essere la sede per una trattazione così impegnativa qual'è la dimostrazione dell'origine sedimentaria singenetica o meno di giacimenti, non posso trascurare di ricordare una constatazione che ho fatto di frequente, tanto assistendo al Convegno di Klagenfurt quanto leggendo i lavori degli Autori sopra citati: molte prove addotte per sostenere l'origine sedimentaria singenetica di fluorite e di solfuri possono benissimo essere usate per dimostrare la genesi metasomatica o per impregnazione. Come si fa a sostenere che i cristalli cubici di fluorite, ricchi di cristallini di carbonati e di detriti vari, si siano formati mentre nascevano questi ultimi, inglobandoli e depositandosi per caduta verso un substrato, quando è noto che una soluzione che impregna un sedimento poroso può portare alla formazione di analoghi cristalli zeppi di inclusioni formate dai costituenti della roccia impregnata (come è l'esempio di cristalli di gesso, di calcite, di pirite in sedimenti psammitici)? Come si può dire che la deposizione di cristalli sopra un substrato sia una dimostrazione di una compagine geopetala (nel senso di SANDER) e di una tipica « tessitura sedimentaria », se il quadro paragenetico e strutturale risultante si può ottenere anche per deposizione da soluzioni idrotermali sulle pareti di una frattura o di una qualsiasi cavità (come è l'esempio di filoni « listati », metallizzati « a coccarda » od a forme analoghe)? La stratificazione per deposizione successiva di pellicole di materia si può solo riferire ad un ambiente esogeno, quando si trovano numerosi casi di identica modalità di deposito da acque calde di origine endogena e persino entro ammassi magmatici, come si può ammettere che avvenga per la stessa differenziazione gravitativa? Una distribuzione stratiforme di mineralizzazione perchè dovrebbe essere il prodotto di un deposito su superficie libera piuttosto che di soluzioni che possono variamente permeare lungo i giunti di stratificazione una serie sedimentaria a variabile porosità? non abbiamo forse esempi di meravigliose colorazioni zonate artificiali di agate, che si basano sulla diversa permeazione di una soluzione nelle varie zone a involucro che formano la concrezione?

Si potrebbe continuare a porre analoghi interrogativi in relazione alle affermazioni contenute soprattutto nei lavori di SCHNEIDER, per altri dei quali dovrei ripetere le interessanti ed acute osservazioni mosse

alle idee suddette da CLAR durante il Convegno di Klagenfurt. Vale però la pena di riassumere le complicate condizioni ambientali che gli Autori di Monaco sono stati costretti ad immaginare per sostenere la genesi « sinsedimentaria » dei giacimenti da loro studiati. Il deposito di fluorite e di solfuri dovrebbe essere avvenuto, con una particolare facies sedimentaria-sapropelitica, in acque marine e localmente in corrispondenza di esalazioni vulcaniche che apportarono fluoro e metalli vari. Per spiegare gli accumuli delle mineralizzazioni in cavità di tipo vario, gli stessi Autori ricorrono all'affermazione che detto deposito sia avvenuto in conche di scarsa profondità del fondo marino, aventi le caratteristiche di « caverne di soluzione » e che molte concrezioni di solfuri si siano originate prima del riempimento di dette caverne. Ma, siccome nei giacimenti illustrati esistono parti che sicuramente devono essere spiegate solo con una deposizione epigenetica, ecco che, SCHNEIDER, MAUCHER e TAUPITZ invocano mobilizzazioni successive della materia costituente gli originari giacimenti singenetici sedimentari; ammettono una ricristallizzazione proto-diagenetica e intra-diagenetica e persino una vera cristallizzazione in ambiente idatogeno, ambiente che sarebbe stato raggiunto nel ripiegamento pregosauico a profondità. La « Sammelkristallisation » proto- ed intra-diagenetica avrebbe determinato impregnazione con cristalli più limpidi dei precedenti e che lasciano scorgere una serie di reazioni nelle paragenesi carbonatico-solforate.

Gli Autori, e specialmente MAUCHER, escludono che i giacimenti studiati delle Alpi Settentrionali possano essere legati alla metallogenosi cosiddetta « alpina », escludono pure analoghi legami con un plutone ed affermano che essi si sono formati in concomitanza di particolari facies stratigrafiche localizzate nello spazio e nel tempo dello stadio della geosinclinale aniso-ladinica.

Per i giacimenti situati nell'orizzonte « a Bellerophon » del Trentino, SCHNEIDER (1956) ritiene che nel permiano superiore si siano verificate analoghe condizioni di sedimentazione a quelle ammesse come avvenute nel trias inferiore per i giacimenti delle Alpi Settentrionali; verosimilmente, dunque, anche forse col concorso di esalazioni vulcaniche sul fondo marino. Come si possa invocare l'opera di esalazioni vulcaniche escludendo nello stesso tempo connessioni con plutoni, è una cosa non ancora spiegata dagli Autori sopra citati.

Dato che mi occupo, sia pure saltuariamente, di studi su giacimenti minerari in genere ed alpini in particolare fino dal 1928 (v. bibl.), ho

avuto occasione di visitare vari giacimenti e di raccogliervi materiale. In particolare mi ha attratto il problema della genesi dei giacimenti di galena argentifera negli strati « a Bellerophon » e ad essi ho dedicato (1949) una prima nota, coll'intenzione di approfondire la ricerca in dettaglio in un tempo successivo. In relazione con la ripresa attuale delle discussioni sull'origine di molti giacimenti alpini, ho ritenuto utile riprendere diverse ricerche che avevo già iniziato. Mentre per i giacimenti del « Bellerophon » ci vorrà un'ampia estensione delle indagini, soprattutto mediante un grande numero di sezioni sottili e lucide, ho pensato di condurre a termine uno studio dettagliato di un giacimento di magnesite che si trova nella regione in cui da quasi trent'anni lavoro per rilevamenti geologici, cioè nel Gruppo dell'Ortles.

L'argomento dell'origine dei giacimenti di magnesite delle Alpi orientali austriache è stato molto discusso e vagliato nei suoi vari aspetti sia in numerose pubblicazioni, a parte delle quali accennerò in seguito, che nel citato Convegno di Klagenfurt da parte di studiosi di chiara fama, quali CLAR, ANGEL e FRIEDRICH. Ritengo, perciò, utile rendere noti i risultati delle mie ricerche sopra un giacimento poco noto.

2. - Giacitura delle masse di magnesite di Zumpanel.

Già nel 1906 HAMMER segnalava l'esistenza di dolomiti ferrifere, dapprima nelle notizie preliminari sul rilevamento della zona, poi nel 1908 e, in maniera più dettagliata, nel 1909, ancora prima che apparisse la sua carta geologica di una parte settentrionale del Gruppo dell'Ortles, nel foglio « Glurns-Ortler ». HAMMER descrive brevemente la roccia magnesitica, definendola dolomite ferrifera inizialmente, come formante apparentemente uno strato alla base della serie triasica che costituisce il cuneo che scende verso la Val di Solda come un lembo risucchiato verso il basso. Su questo fenomeno di risucchio HAMMER si sofferma dettagliatamente, per chiarirne il significato tettonico e per descrivere la prosecuzione della lama di rocce triasiche sul versante destro della Valle di Solda, con immersione pressochè verticale, per arrivare a formare lembi staccati e limitati lungo una linea con direzione oscillante attorno a ovest-est sul costone che forma il versante settentrionale della valle di Razoi. Le rocce triasiche risultano stirate e smembrate lungo una superficie di scorrimento, denominata dallo stesso Autore « Zumpanellinie », entro gli scisti cristallini. Alla terminazione orientale della parte attualmente conosciuta della linea di scorrimento, sulla dorsale di

Stiereckkamm, HAMMER aveva notato nei parascisti alcuni lembi di rocce carbonatiche triasiche, alcune delle quali egli riconosceva analoghe alla cosiddetta dolomite ferrifera di Zumpanel.

Sulla base di alcune analisi chimiche, nel 1909 HAMMER definiva le supposte dolomiti ferrifere come magnesiti poco pure, rappresentanti termini di passaggio fra magnesite, breunnerite e dolomite.

Al letto dell'apparente strato di magnesite di Zumpanel, come lungo la linea di scorrimento che si spinge verso la Stiereckkamm, gli scisti cristallini del basamento sono trasformati in miloniti di vario tipo che HAMMER riteneva come veri depositi clastici di origine primaria del tipo delle Grauwacke, analoghi a quelli che costituiscono, secondo lo stesso Autore, la cosiddetta «serie di Peio». Come ho già dimostrato (1948, 1954, ecc), tale serie è un'enorme fascia di miloniti ed ultramiloniti derivate dalle rocce che costituiscono le due formazioni che vengono a contatto lungo una superficie di intenso scivolamento, che fu da me denominata «linea di Pejo». Le mie ricerche microscopiche sulle rocce sottostanti alla massa triasica dell'Ortles sul versante occidentale della Val di Solda, alla base del lembo di Zumpanel e lungo la «linea di Zumpanel», hanno permesso di stabilire che si tratta di analoghe rocce milonitiche derivate in gran parte da parascisti.

In base alle relazioni di giacitura delle dolomiti ferrifere e delle magnesiti di Zumpanel, HAMMER ritiene che esse siano derivate per trasformazione degli strati più bassi della dolomia triasica, cioè ammette una origine epigenetica analoga a quella precisata da REDLICH (1903) per i giacimenti di magnesite della Stiria nei calcari paleozoici.

Un cenno alla presenza di dolomiti ferrifere nella Val di Solda è portato anche nel lavoro di KAPPELER (1938).

Benchè la presenza di rocce magnesitiche sia stata da me riscontrata, in accordo con le osservazioni di HAMMER, anche lungo la dorsale di Stiereckkamm (durante i miei rilevamenti eseguiti nella zona nel 1934), ritengo opportuno di limitare le mie ricerche, per ora, ai soli giacimenti di Zumpanel, dei quali ho elaborato in dettaglio il materiale dopo una recente revisione sul terreno ed una visita all'attuale cava. Mi riservo di descrivere i giacimenti dello Stiereck dopo altre visite.

Il cuneo triasico di Zumpanel si trova alla punta più settentrionale della placca mesozoica dell'Ortles che si immerge verso occidente fino a scomparire sotto la massa cristallina della catena del Ciavallacc. Verso la Valle di Trafoi, il cuneo triasico di Zumpanel è accostato alla

placca maggiore, essendone separato solo da uno straterello di Rauhwa-cke e di calcari e altri sedimenti del trias inferiore, formando come una scaglia tettonica schiacciata fra il cristallino a nord e la placca mesozoica maggiore. Verso la Valle di Solda, il cuneo si inserisce per la massima parte nello zoccolo cristallino, per arrivare fino al fondovalle e passare sul versante destro. Verso la dorsale erbosa dello Zumpanel tale cuneo si espande come il cappello di un fungo che si collega, a nord di Punta Alta-Hochleiten, con la placca ricordata.

La fascia di rocce contenente i giacimenti di magnesite si estende in corrispondenza dell'affioramento degli strati basali di tale cappello e si trova sottoposta e tal'altra sovrapposta alla Rauhwa-cke, per complicazioni tettoniche che sembrano avere rovesciata la serie. Dopo le accurate descrizioni di campagna riportate nei lavori di HAMMER e illustrate da schizzi, considerato che esistono già le carte geologiche del 1912, rilevata dallo stesso, e del 1951 da me rilevata, non ritengo opportuno riportare descrizioni dettagliate delle condizioni di giacitura generali del cuneo triasico e del suo espandimento a cappello verso l'alto. Faccio solo notare che HAMMER non parla esplicitamente di uno strato continuo di magnesiti o di dolomiti ferrifere, anche se sulla sua carta (come del resto nella mia) appaia segnato uno strato continuo di tali rocce per necessità tipografiche. Nelle note illustrative del foglio geologico « Glurns-Ortler » HAMMER usa in proposito l'espressione « eine lagerähnliche Schichte »

La magnesite forma masse ovoidali o lenticolari sparse nei livelli più bassi del cappello del cuneo di trias; nello stesso orizzonte ho potuto osservare frequenti chiazze di dolomia ad alta cristallinità, con aspetto simile alla magnesite. Questa dolomia si può considerare un tipo di roccia con grana cristallina intermedia fra la normale dolomia e la magnesite. La lente che si trova sul versante orientale della dorsale di Zumpanel è limitata verso il basso dalle miloniti laminate, dunque è esattamente alla base del cappello triasico. Invece un'altra massa che affiora nella parte occidentale della stessa dorsale, un pò più a sud del parallelo passante per la prima, si trova situata nel pieno della dolomia e si presenta all'affioramento come una massa di forma ovoidale entro la dolomia la quale si mostra fortemente ricristallizzata nelle zone che limitano la

magnesite. Tipi di dolomia fortemente cristallina si possono già notare sotto la Punta Alta-Hochleiten e si ripresentano, a formare chiazze allungate, fiamme e piccole lenti entro la dolomia che sta sotto la Rauh-*wacke*, e in diverse zone fino al margine settentrionale del cuneo triasico, dove, però, la Rauh-*wacke* si ripresenta anche sotto, e poi sul versante occidentale della dorsale di Zumpanel.

Queste dolomie intensamente ricristallizzate dimostrano sul terreno una notevole attenuazione della tessitura stratificata. Man mano che aumenta la cristallinità si accentua la cancellazione della stratificazione, finchè si arriva alle vere e proprie magnesiti che presentano una completa scomparsa di ogni accenno di questa originaria tessitura stratificata.

Le miloniti che si trovano sotto il cappello triasico formano una specie di strato continuo e si ritrovano, in lembi lenticolari, lungo la lama triasica che scende verso la Valle di Solda e lungo la prosecuzione orientale della linea di disturbo tettonico, fino allo Stiereck, talora accompagnate da rocce triasiche anch'esse fortemente tettonicizzate. Le più diffuse miloniti derivano da parascisti, mentre meno abbondanti sono le miloniti di ortogneis occhiadini e di anfiboliti.

E' da notare, in particolare, che in molte zone della parte basale della grande placca e del cuneo di sedimenti triasici, si possono osservare distinte miloniti entro la stessa dolomia e, più raramente, entro gli altri sedimenti del trias inferiore. Questo fatto è particolarmente evidente subito a nord-est ed a est di Punta Alta-Hochleiten. Qui i sedimenti dolomitici sono laminati a diversi livelli ed in qualche punto essi assumono una vaga rassomiglianza con una fillade, con rare superfici coperte da fini lamelle sericitiche. Pure da rilevare è il fatto che molte miloniti di scisti contengono talora cristalli microscopici di carbonati.

Al limite fra la serie sedimentaria triasica ed il basamento scistosocristallino è molto frequente la presenza di vene, aventi lo spessore di alcuni centimetri, costituite da dolomite spatca bianca e contenenti anche granuli di quarzo, noduli con cristalli di plagioclasti albitici e persino frammenti di ortogneis occhiadino fortemente milonitico.

Nelle zone di affioramento, la roccia magnesitica si rende abbastanza evidente per la presenza di detriti comprendenti alcuni blocchi di dimensioni forse maggiori di quelli delle normali dolomie, per gli spigoli ed i vertici di tutti i detriti leggermente arrotondati e, soprat-

tutto, per la colorazione bruna che assumono le superfici dell'affioramento e dei detriti in seguito all'alterazione atmosferica, che forma patine abbastanza uniformi inquinate di idrossidi di ferro. Quando la magnesite presenta frattura fresca ha colore grigio scuro o nerastro, alta cristallinità, tessitura massiccia ed è attraversata da un fitto reticolo di vene bianche che possono raggiungere spessori di molti centimetri in noduli limitati o nell'incrocio di più vene. Talora, nelle vene di maggiore spessore, si notano parti gialline o bruno-chiare alle salbande e lo stesso minerale debolmente colorato si trova anche a formare vene più sottili autonome. Nelle descrizioni petrografiche che seguono sarà chiarito che le vene bianche sono costituite da dolomite pura, come le analoghe vene che intersecano le dolomie normali, e che quelle gialline o bruno chiare sono formate da magnesite ferrifera.

3. - Le dolomie normali.

L'apparente derivazione per metasomatosi dalle dolomie delle masse di rocce magnesitiche, osservabile sul terreno, mi ha consigliato di iniziare lo studio petrografico dalle dolomie normali, tanto più che potevo condurre le ricerche sopra un abbondante materiale raccolto in tutta la zona compresa fra Punta Alta-Hochleiten e la dorsale di Zumpanel in particolare e dell'intera placca triasica in generale. In questo capitolo descrivo le dolomie normali di campioni provenienti dalle zone immediatamente circostanti ai giacimenti e inoltre, di campioni che rappresentano bene il tipo medio più diffuso di parti della massa principale, anche relativamente lontane dai giacimenti stessi.

E' da notare che nelle descrizioni e negli schizzi del maggiore lavoro di HAMMER sulla zona (1908), la zolla triasica contenente i giacimenti di magnesite è indicata come appartenente al trias inferiore. Dal lavoro di KAPPELER (1938) si deduce che i giacimenti di Zumpanel dovrebbero essere situati entro la dolomia ladinica e che nella regione sono presenti anche calcari anisici. Nella nota di HAMMER del 1909 si trova sempre citata esplicitamente solo la dolomia triasica quale roccia incassante le masse di magnesite. Anche sulla carta geologica dello stesso Autore (1912) lo strato apparentemente continuo di magnesite è

segnato alla base di un lembo di dolomia indicata del trias medio ed inferiore. Non ho intenzione nè competenza per trattare di un problema stratigrafico del genere: mi limito solo a constatare, in questa sede, che la roccia che comprende i giacimenti di magnesite e forma una striscia di affioramenti nella località presenta tutte le caratteristiche petrografiche macroscopiche e microscopiche della vera e propria dolomia grigia dell'Ortles.

Per queste ragioni ho creduto opportuno sottoporre allo studio microscopico campioni di dolomia provenienti dalla regione fra la Cima Tabaretta ed il Rifugio Payer e dalle pareti nord-est e orientale dell'Ortles, cioè da posizioni stratigraficamente abbastanza lontane dalla base della placca triasica.

Macroscopicamente e microscopicamente la tessitura è quasi sempre bene stratificata per l'alternanza di letti a colore grigio piombo e fiamme e straterelli di colore più scuro, talora quasi nero. Nei campioni non sempre questa stratificazione è messa in risalto dal distacco lungo le superfici dei giunti; invece, osservando intere pareti rocciose, il fenomeno di degradazione seguente la stratificazione si nota per vaste zone. L'alternanza di straterelli a diversa intensità di colore grigio è molto irregolare, come molto variabile è lo spessore di questi straterelli. Le fitte fessurazioni, ora ben cementate, portano spesso a discordanze degli strati di diversa tinta; il riempimento delle fratture maggiori, che formano il già ricordato reticolo di vene bianche talora molto ramificate, presenta qualche volta ispessimenti e noduli in corrispondenza dell'incrocio di varie vene. Quando queste formano un reticolo molto fitto, la dolomia presenta un aspetto distintamente brecciato. Oltre a questa brecciatura, la roccia contiene abbastanza frequentemente tracce di una brecciatura più antica, forse contemporanea alla cristallizzazione diagenetica o ancora precedente.

La struttura delle dolomie normali è sempre cristallina a grana molto variabile: nei casi più frequenti la grandezza dei cristalli è dell'ordine di frazioni o di poche unità di micron; vi sono tipi di dolomie aventi cristalli di maggiore grandezza che, attraverso tutte le gradazioni intermedie, può arrivare fino a qualche millimetro.

Inoltre esistono dolomie a struttura granulare molto uniforme ed altre nelle quali risaltano maggiori cristalli di carbonati immersi in un fondo di cristalli molto più piccoli; questi ultimi sono spesso inclusi entro i maggiori, come questi avessero inglobato i minori durante un accrescimento, evidentemente coincidente con la diagenesi.

Le relazioni che esistono fra i cristalli di carbonati in questi aggregati mi sembrano di notevole importanza per quanto riguarda la genesi delle stesse dolomie. Benchè non sia scopo di questo lavoro la trattazione di questo problema, al quale sarà dedicato un successivo lavoro, non posso trascurare di porre in risalto il fatto che i maggiori cristalli di molti tipi di dolomie a grana non uniforme risultano a bordi molto frastagliati e, quando due o più cristalli grandi vengono a contatto, essi risultano fortemente compenetrati alla maniera dei granuli delle rocce metamorfiche. Cosicchè, nelle dolomie a grana maggiore, con cristalli di quasi un millimetro o più millimetri di diametro, l'aggregato assume molto spesso l'aspetto della struttura granoblastica. Questo avviene specialmente in quei tipi di dolomie con cristalli quasi eguali ed isodiametrici.

Non mancano, tuttavia, strutture granulari uniformi con cristalli a spigoli e terminazioni nette, senza compenetrazioni nei bordi.

Nelle dolomie a grana maggiore si notano spesso plaghe e chiazze irregolari con grana finissima contenenti parti a forma ovoidale o sferoidale costituite dagli stessi piccoli cristalli di carbonati, limitate da avvolgimenti di granuli di quarzo, esternamente ai quali si addensano grumetti bituminosi o carboniosi. Molto frequentemente queste plaghe hanno forme che fanno pensare a tracce di organismi.

Nelle rocce a grana più fine, i rapporti tra i cristalli si possono osservare molto meno bene. Tuttavia, ai più forti ingrandimenti sono ancora osservabili frequenti compenetrazioni fra cristalli vicini ed evidenti accenni a strutture che si avvicinano a quelle cristalloblastiche.

E' da porre in rilievo che i cristalli di carbonati, anche nel fine aggregato delle dolomie a grana più minuta, mostrano bordi esterni sottili molto più limpidi del rimanente che è sempre torbido per granulazioni opache, tanto da far pensare ad accrescimenti successivi di tali cristalli.

Si può dire che, nei molti campioni studiati, i cristalli di carbonati costituiscono quasi la totalità della compagine: i cristalli di

dolomite sono sempre e assolutamente predominanti, mentre altrettanto costante è la presenza di granulazioni opache bituminose e carboniose che, pure essendo in quantità poco rilevanti in totale, con la loro fine dispersione impartiscono le caratteristiche tinte grigie o nerastre alle dolomie. Molto raramente e non in tutte le sezioni osservate si trovano scarsi cristalli di calcite.

A questi componenti mineralogici seguono, come accessori, cristalli di quarzo e lamelle di clorite, ambedue in genere abbastanza rari, nitidi cristalli di pirite di formazione tardiva, minerali argillosi ed idrossidi. Le notevoli abbondanze di silicati oppure di calcite, segnalate nel lavoro di Kappeler (1938) per alcuni tipi di dolomie, non furono riscontrate nei numerosi campioni studiati, ma è evidente che per trattare esaurientemente della petrografia di queste rocce occorre uno studio di centinaia di sezioni sottili.

Fra le granulazioni bituminose e carboniose devono prevalere i bitumi, come hanno dimostrato prove di distillazione e lo stesso odore all'arroventamento. Però non è da escludere la presenza di sostanza carboniosa, mentre del tutto assente pare la grafite. Queste granulazioni nerastre sono distribuite a grumetti entro cristalli torbidi di dolomite, talvolta uniformemente, talaltra a lettini o a chiazze irregolari e ramificate. I lettini attraversano e impregnano quasi sempre molti cristalli disposti in straterelli, con maggiore accumulo negli interstizi fra i granuli di dolomite. Non mancano esili allineamenti di questi grumi in venette, che sembrano attestare una migrazione di bitumi molto localizzata. E' già stato notato in precedenza che le granulazioni bituminose e carboniose si trovano talora disposte a formare la parete esterna di corpi sferoidali od ovoidali: il diametro di questi corpi è di alcuni centesimi o di pochi decimi di millimetro.

Si trovano poi impregnazioni che hanno forma di bastoncini incurvati o diritti, nidi con accenno a disegno di alveare oppure irradianti una ramificazione abbastanza regolare. Qualcuno degli accennati bastoncini ricurvi contiene cristalli di dolomite molto limpidi, di evidente apporto tardivo. Non sarebbe necessario aggiungere che le granulazioni nerastre sono più fitte negli straterelli, lenti o fiamme scuri rispetto a quelli chiari. Rarissimo è il caso nel quale le sostanze in pa-

rola sono disseminate in granuli finissimi a formare come delle nuvole entro i cristalli di dolomite.

Il quarzo rivela spesso di essere in granuli con l'aspetto di detriti, la pirite è frequentemente trasformata in idrossidi e questi si trovano in quantità molto variabili a intorbidare i cristalli e gli interstizi fra i cristalli di dolomite, ma sempre molto meno diffusi delle granulazioni bituminose e carboniose.

Tutte le dolomie sono attraversate, come fu detto, da un complesso reticolo di vene bianche spatiche. Al microscopio esse risultano formate da cristalli di dolomite, nettamente più limpidi degli altri che formano la normale compagine, e che possono raggiungere dimensioni di diversi centimetri. Si può osservare che quanto più larghe sono tali vene tanto maggiori sono i cristalli di dolomite che le riempiono: le più fini fratture risultano suturate da un aggregato di cristalli di dolomite quasi eguali a quelli della compagine normale della roccia e si possono identificare solo per la mancanza o scarsità di inclusioni bituminoso-carboniose. In diversi tipi di dolomia il riempimento secondario è avvenuto anche in cavità sferoidali riempite con evidenza, per accrescimento, da cristalli di dolomite. Molto raro è il caso che qualche cristallo di tali noduli risulti leggermente velato da ombre di finissime granulazioni bituminose o carboniose; questo fatto si nota anche alle salbande di alcune vene di non forte spessore, in cristalli di dimensione poco superiore a quelle del rimanente della roccia. Da tutti questi casi sembra logico dedurre che le soluzioni che hanno determinato o favorito la cristallizzazione della dolomite entro le fratture hanno disciolto precedenti cristalli di dolomite, depositando in seguito localmente la materia mobilizzata.

Dalle osservazioni di tutte le caratteristiche della compagine delle dolomie dell'Ortles, per la zona presa in considerazione, concludendo si può dire che, al deposito di detriti organogeni ed al successivo primo rimaneggiamento diagenetico che ha prodotto le granulazioni bituminose cementanti finissimi cristalli di dolomite che andavano nascendo e sviluppandosi, è seguita una lunga fase di cristallizzazione, che si può attribuire alla diagenesi, estesa in lungo periodo di tempo e svolgentesi in ambiente particolarmente favorevole. I diversi stadi di

cristallizzazione, che si succedevano durante la lunga azione diagenetica, sono attualmente fissati nelle diverse compagini delle dolomie che, come è stato detto, possono avere grana finissima con o senza cristalli maggiori, oppure grana media e di tutte le grandezze intermedie.

Dopo le lunghe fasi di cristallizzazione, è avvenuta la comminuta e vasta fratturazione della roccia, forse in diversi tempi, e successivamente, la cementazione di queste fratture da parte di una dolomite pura o quasi pura. Circa la provenienza della materia che ha contribuito alla formazione dei cristalli di dolomite che riempiono tali fratture, verrebbe spontaneo di ammettere che si tratti di un processo di mobilizzazione locale, tanto più che si hanno le prove evidenti che le acque che depositarono i cristalli di dolomite limpidi, hanno potuto sciogliere la dolomite diciamo così primaria. Tuttavia non ritengo che sia possibile ammettere che tutta la dolomite bianca che riempie le fratture possa essere di origine strettamente locale, ma che si sia avuta una mobilizzazione che interessava l'intera massa di dolomie. Inoltre, sembra molto improbabile che tale mobilizzazione, nettamente successiva ai processi diagenetici, abbia potuto esplicarsi in ambiente superficiale e per opera di acque a temperatura ordinaria. La mobilizzazione di materia deve essere stata operata in ambiente abbastanza profondo e con carattere idrotermale. Del resto, la presenza di cristalli di pirite di origine molto tardiva e la frequente piritizzazione di altre rocce che si trovano nella Val di Solda, costituiscono argomenti in favore dello sviluppo di un vasto idrotermalismo.

* * *

Ho già messo in rilievo l'esistenza di scorrimenti con produzione di miloniti laminate entro la stessa massa delle dolomie, oltre che alla base della placca triasica. Poco sotto e ad oriente di Punta Alta-Hochleiten, al di sopra dello strato di Rauhwaacke, la dolomia è attraversata da diversi scorrimenti sovrapposti, lungo i quali la roccia presenta una tessitura formata da un aggregato minutissimo di cristalli di dolomite stirati ed appiattiti in fitte superfici di scivolamento e da poche, talora rare, isole aventi forma di lente o di mandorla, sfuggite alla più intensa trituratione e mostranti strutture di blastomilonite, con grossi cristalli di do-

lomite a bordi fortemente frastagliati circondati e separati da involucri di cristalli molto più piccoli.

La massa fondamentale laminata di finissimi cristalli di dolomite è sempre fortemente inquinata dalle granulazioni bituminose e carboniose, che però si dimostrano stirate e allineate entro le fitte superfici di scorrimento e che si addensano ai bordi dei cristalli. Anche ai più forti ingrandimenti, le granulazioni non dimostrano di contenere tracce di grafite.

Nelle isole che meno hanno risentito dell'effetto della milonisi, le granulazioni nerastre sono sparse uniformemente in nuvole entro i cristalli di dolomite, come è per la maggior parte delle rocce dolomitiche già descritte.

Accessori molto rari sono quarzo, pirite nettamente posteriore all'azione milonitica e quasi sempre limonitizzata ai bordi; visibile raramente in sezione sottile è la muscovite.

4. - Le dolomie fortemente ricristallizzate.

Nella stessa zona dei giacimenti di magnesite, entro la parte basale dell'espandimento a cappello del cuneo triasico di Zumpanel, come ho accennato in precedenza, si trovano chiazze di dolomia mostranti intensa ricristallizzazione, con notevole ingrandimento della grana cristallina. Tali chiazze hanno la stessa giacitura delle lenti di magnesite, con le quali formano un allineamento, e forme lenticolari od ovoidali e bordi sfumati verso le dolomie normali. Queste dolomie intensamente ricristallizzate hanno prevalente colore nerastro e mostrano con evidenza ancora la disposizione a fiamme ed a straterelli più o meno intensamente colorati, mentre la tessitura stratificata si fa meno netta rispetto alle dolomie normali, pure risultando sempre evidente dalle alternanze di detti straterelli.

Al microscopio la tessitura appare massiccia o quasi, con grana a grandezza variabile ma sempre maggiore che nelle dolomie normali. In alcuni tipi di queste dolomie molto ricristallizzate la grana si avvicina a quella delle magnesiti, tanto da far sì che esse possano venire scambiate facilmente con magnesiti: solo l'analisi chimica ne può stabilire la precisa natura. La struttura si avvicina notevolmente a quella granoblastica con cristalli isodiametrici, molto spesso abbastanza uniformi. Non è raro osservare che in molti cristalli di carbonati si trovano inclusi

piccoli cristalli aventi forma di romboedro allungato di analoghi carbonati. La grana maggiore rispetto a quella delle dolomie normali permette di distinguere la rara presenza di calcite, per le più nette e fitte incrinature di sfaldatura.

Le granulazioni bituminose e carboniose sono più o meno abbondanti secondo le zone o straterelli a tinta più o meno scura. Esse si trovano spesso allineate in straterelli finissimi che si svolgono, con variabili ondulazioni, ai limiti fra cristalli di carbonati. Non mancano però anche entro i cristalli stessi; i nidi di tali granulazioni invadono più cristalli vicini: in questi casi le granulazioni si presentano accumulate meno fittamente. Nuvole allungate possono impregnare talora solo una parte dei cristalli di carbonati, seguendo distinte striature. Presenti, ma non sempre, sono quarzo, idrossidi, magnetite e persino plagioclassi albitici e tormalina bruna.

Queste dolomie fortemente ricristallizzate sono pure sempre intersecate da un graticcio di vene bianche di cristalli di dolomite spatica. Non mancano in esse zone variamente milonitiche. I cristalli delle vene bianche sono privi o quasi di granulazioni bituminose e carboniose. Alle salbande delle vene essi si continuano con quelli della roccia dolomitica, tanto che i più antichi cristalli o parti di cristalli di dolomite si distinguono per essere variamente impregnati dalle granulazioni opache.

Anche noduli e lenti sparsi nella compagine della roccia sono formati da cristalli di dolomite limpidi e secondari; essi, tuttavia, sono sempre più rari delle vene. Esistono inoltre rare venette di cristalli di pirite, rivelate dall'allineamento di cristalli di questo solfuro, di sicura origine tardiva.

Un certo interesse presentano le relazioni fra tali vene bianche e le parti di queste dolomie che hanno risentito una distinta azione milonitica. Queste parti presentano la solita compagine di un impasto variamente laminato di più o meno fini detriti di carbonati e granulazioni opache, contenente lenticelle sfuggite alla più intensa triturazione. Il reticolo di vene grigie e bianche di dolomite attraversa le miloniti già risanate e ricementate, dimostrandosi sicuramente posteriore alla milonisi che ha prodotto le laminazioni suddette nelle parti locali. Alcuni lembi parzialmente sfuggiti all'azione milonitica dimostrano una evidente struttura granoblastica e contengono spesso cristalli di quarzo isolati o in sciami aventi

quasi la stessa orientazione; in queste lenti si sono osservati i cristalli di plagioclasio albitico e di tormalina.

E' da notare che l'evidente, ma non forte, spostamento di molte vene in corrispondenza di deboli scorrimenti, dimostra che un movimento è avvenuto anche dopo il riempimento delle fratture. Questi movimenti devono essere stati di entità molto modesta, specialmente in confronto di quelli che hanno determinato la milonisi.

Di queste dolomie fortemente ricristallizzate sono state eseguite alcune analisi chimiche, per accertare i precisi rapporti fra i carbonati di Mg e di Ca, data la facilità con la quale si possono scambiare con le magnesiti. Le analisi sono state condotte dalla Dott. BIANCA GUIDICINI.

	1	2	3	4	5	6
CaCO ₃	54,03	54,65	54,20	53,55	53,36	54,25
MgCO ₃	44,29	43,88	44,10	44,04	44,06	45,11
FeCO ₃	0,40	tracce	0,22	0,14	—	—
MnCO ₃	tracce	tracce	0,02	0,08	0,26	—
Residuo secco						
insol. + Al ₂ O ₃	0,89	1,18	1,51	1,64	1,47	0,43
H ₂ O + bitumi	0,31	0,35	0,15	0,71	1,16	0,54
	99,92	100,06	100,20	100,16	100,31	100,33

1. Dolomia nerastra ricristallizzata di una chiazza alla base della placca triasica, poco sopra il contatto con l'ortogneis a NE di Punta Alta-Hochleiten.

2. Dolomia grigia ricristallizzata, presso lo strato di Rauhwaacke della stessa chiazza, poco sopra la precedente, a NE di Punta Alta-Hochleiten.

3. Dolomia nerastra ricristallizzata di una chiazza entro la dolomia normale, verso la punta settentrionale del cappello del cuneo triasico di Zumpanel, sul versante della Valle Trafoi.

4. Dolomia grigia ricristallizzata della stessa chiazza della precedente.

5. Dolomia nerastra molto meglio ricristallizzata delle precedenti, raccolta poco più a Sud delle rocce delle analisi 3 e 4.

6. Dolomia nerastra ricristallizzata dell'estremità settentrionale dell'espandimento del cuneo triasico di Zumpanel, poco sopra il contatto con i parascisti.

Come si vede, le rocce sono da definire tipiche

dolomie: infatti la dolomite teorica è costituita dal 54,27% di CaCO_3 e dal 45,73% di MgCO_3 .

L'evidente analogia, che si potrebbe definire identità, di ben 6 campioni di dolomia raccolti in diverse località distribuite lungo un arco di più di 1500 m dell'affioramento degli strati basali triasici, sempre sotto lo strato di Rauhewacke, non ha bisogno di alcun commento. Neppure i confronti fra i tipi più chiari (2 e 4) e quelli più scuri (1, 3, 5, 6) e fra quelli a grana più grossa per forte ricristallizzazione (5) e gli altri, rivelano sensibili differenze, tenuti presenti i limiti di precisione dei normali metodi di analisi. Per queste ragioni, le lievemente più basse percentuali di MgCO_3 delle dolomie chiare rispetto a quelle scure non ritengo possano costituire ragione di una sostanziale differenza; altrettanto dicasi per quanto si potrebbe dedurre a proposito della percentuale di FeCO_3 .

Invece, potrebbe essere significativa la variazione del MnCO_3 che raggiunge un massimo solo nel tipo di roccia che più fortemente ha risentito della ricristallizzazione. Da questa constatazione sembra lecito dedurre che le soluzioni che provocarono la ricristallizzazione più intensa delle dolomie, potrebbero essere state relativamente ricche di ioni manganese. E' chiaro che questa ricristallizzazione si è sviluppata successivamente alla normale cristallizzazione diagenetica delle dolomie. Il probabile apporto di Mn, la presenza di cristalli di pirite e lo sviluppo, spesso abbastanza accentuato, dei cristalli di dolomite, fanno pensare che la ricristallizzazione sia avvenuta in un ambiente particolare di temperatura superiore a quella ambientale della superficie terrestre, fanno cioè pensare ad azioni idrotermali.

Dato che il riempimento di almeno alcune vene grigie e in parte bianche, formate da cristalli di dolomite, è avvenuto successivamente ad una intensa azione milonitica che ha interessato le rocce, è facile ricostruire alcune tappe fondamentali della storia geologica delle dolomie fortemente ricristallizzate che si trovano alla base della serie triasica dell'Ortles, nella maniera seguente:

1. Sedimentazione e prima cristallizzazione diagenetica, localmente molto prolungata.
2. Ricristallizzazione in ambiente probabilmente idrotermale, limitata a chiazze nella parte basale del pacchetto di sedimenti.
3. Locali azioni milonitiche con laminazioni di varia intensità.

4. Fratturazioni e tardive cementazioni di queste fratture ad opera di correnti idrotermali con deposito di cristalli di dolomite e anche di pirite (e di tetraedrite, come sarà detto in seguito).

5. Successivi ulteriori movimenti.

5. - Vene di carbonati al limite fra scisti cristallini e placche sedimentarie triasiche.

Lungo la superficie di scorrimento limitante i parascisti e gli ortogneis del basamento cristallino e la placca di sedimenti mesozoici soprastanti, si trovano, come ho già detto, vene e lenticelle bianche costituite in prevalenza da grossi cristalli di dolomite spatica e da noduli di plagioclasti con quarzo. In certi punti tali vene bianche assumono spessore di 10 e più cm e contengono evidenti frammenti di ortogneis occhiadino, come si può notare a NE di Punta Alta-Hochleiten, dove la vena si trova esattamente al limite fra tali ortogneis ed i sedimenti.

La roccia di tali vene risulta formata fundamentalmente di dolomite, quasi sempre in grossi cristalli con bordi reciprocamente compenetrati, tanto che la compagine assume l'aspetto cristalloblastico. Accanto ai cristalli maggiori si trovano altri di dimensioni più limitate. Rarissima è la calcite. In questa pasta carbonatica fondamentale si trovano detriti di varia grandezza, dal frammento di cristallo al pezzo distinguibile di ortogneis, costituiti da plagioclasti albitici (ca 5% An) fratturati, sericitizzati e talora contenenti piccoli perfetti romboedri di carbonati, da plaghe di lamelle sericitiche evidentemente derivate da feldispati non precisabili, da frammenti di cristalli di quarzo e di clinozoisite, da magnetite con bordi piritizzati.

Separando macroscopicamente i carbonati bianchi dai più evidenti detriti di roccia silicatica, si ottiene un materiale che rivela, all'analisi chimica, la composizione di una vera dolomite, come dimostra la seguente analisi della Dott. GUIDICINI:

CaCO ₃	53,52
MgCO ₃	43,39
FeCO ₃	—
MnCO ₃	0,02
Silicati e quarzo	2,91
H ₂ O totale	0,55
	<hr/>
	100,39

Uno studio della composizione dell'ortogneis occhiadino sottostante ha permesso di stabilire la provenienza da esso dei detriti vari cementati e fissati nella massa dei cristalli di carbonati. Tale ortogneis, nelle parti meno milonitiche, è infatti costituito dai seguenti minerali, elencati in ordine di abbondanza decrescente: albite circa al 5% An, ortoclasio peritico, microclino, quarzo, muscovite, clinozoisite, magnetite. Tutti questi componenti sono rappresentati fra i frammenti contenuti nella massa di carbonati, tranne il feldispato potassico, che forse è stato ridotto a quelle frequenti plaghe sericitiche già ricordate.

La cristallizzazione delle vene carbonatiche è da attribuire con evidenza a venute idrotermali, le quali devono avere anche completato la sericitizzazione dei frammenti di feldispato potassici e piritizzato ai bordi i cristalli di magnetite. L'aspetto sicuramente detritico dei vari frammenti contenuti nei carbonati, unito all'intensa milonisi dell'ortogneis occhiadino al contatto con queste vene bianche, rende logica la deduzione che le soluzioni idrotermali abbiano cementato rocce fortemente milonitiche esattamente lungo una superficie di scivolamento.

Da queste convincenti deduzioni si arriva facilmente alla conclusione che le correnti idrotermali sono venute dopo il sovrascorrimento della placca dei sedimenti triasici sulla base cristallina. Data l'evidente contemporaneità di origine delle vene bianche della dolomia ricristallizzata e delle analoghe vene al limite fra scisti cristallini e sedimenti triasici delle stesse località, si vedono qui confermate le fasi 3 e 4 della storia geologica delle formazioni rocciose accennate in precedenza.

6. - **Le magnesiti.**

L'aspetto macroscopico delle magnesiti di Zumpanel, come si è detto nel capitolo sulla loro giacitura, è di una massa compatta, altamente cristallina, di colore grigio scuro fino a nero; la compagine è attraversata da un reticolo di vene bianche e da più rare vene o parti di vene di colore bruno chiaro fino a giallino.

La tessitura di queste rocce, come appare al microscopio, è distintamente massiccia, la grana media con cristalli quasi sempre isodia-

metrici di dimensioni abbastanza variabili. La struttura dimostra globalmente il quadro tipico prodotto da un accrescimento cristalloblastico, con reciproche implicazioni e bordi frastagliati dei singoli cristalli. Talora questa struttura si potrebbe definire granoblastica, talaltra porfiroblastica; in quest'ultimo caso si possono osservare grossi cristalli, di vari millimetri di diametro, inglobare cristalli minori della stessa magnesite e non mancano campioni nei quali i grossi porfiroblasti sono in parte isolati e circondati da un più fine aggregato granoblastico e in parte raggruppati in isole analogamente circondate. Nei tipi più puri non si riesce a individuare cristalli che non siano di pura magnesite; ma esistono vari tipi che contengono dolomite e talora persino rara calcite.

Le inclusioni bituminose e carboniose sono ridotte, nella maggior parte dei casi, a lievi sfumature brunicee, seguenti spesso motivi di straterelli, senza avere le distinte granulazioni visibili nelle dolomie normali e in quelle ricristallizzate. Si può notare che tali sfumature si presentano spesso a forma di piccole e molteplici nuvole isodiametriche, qualche volta zonate, entro uno stesso cristallo di magnesite, tanto da fare pensare immediatamente ad una derivazione del maggiore cristallo attuale da molti piccoli cristalli precedenti, tutti includenti un pò di granulazioni bituminose e carboniose. In tutti questi casi, anche ai più forti ingrandimenti microscopici, le nuvole brunicee non sono risolvibili in granulazioni distinte; queste però si possono vedere qua e là. Molto meno frequenti sono disposizioni con distinta granulosità, di solito negli interstizi fra i cristalli di magnesite e persino entro le sfaldature di tali cristalli. In alcuni casi di queste granulazioni distinte sembra che qualcuna di esse sia costituita da una vera gocciolina, formatasi per accumulo e raccolta di goccioline minori.

Oltre ai carbonati, sono presenti i seguenti minerali: crisotilo, in noduli di lamelle a disposizione raggiata o in gruppi più irregolari di lamelle, disposti spesso negli incroci degli interstizi fra i cristalli di carbonati e inclusi anche entro tali cristalli, è un accessorio non costante in tutti i tipi di roccia magnesitica; biotite fortemente scolorata, tanto da sembrare una muscovite leggermente paglierina senza pleocroismo, che forse si può ritenere un termine tendente verso la flogopite, è ancora più rara, come raro è il quarzo;

magnetite ed ematite sono diffuse in molti tipi di magnesite, ma in quantità scarse; la pirite è presente in quasi tutti i tipi in cristalli distintamente idiomorfi, talora allineati in modo da fare pensare a riempimenti di fratture latenti, facili vie di passaggio delle soluzioni che depositarono la pirite stessa.

Sono state condotte le due seguenti analisi chimiche, su materiale rappresentante il tipo medio dei due giacimenti situati uno, attualmente in coltivazione, poco a nord della q. 2474 sul versante Valle di Solda (analisi 1) e l'altro sul versante opposto, cioè verso la Valle di Trafoi, a occidente della stessa q. 2474 (analisi 2) (an. GUIDICINI):

	1	2
CaCO ₃	14,31	0,34
MgCO ₃	81,32	96,11
FeCO ₃	2,45	2,69
MnCO ₃	0,48	0,44
Residuo secco insol. + Al ₂ O ₃	1,07	0,40
H ₂ O + bitumi	0,61	0,05
	<hr/>	<hr/>
	100,24	100,03

Le vene bianche sono riempite da un aggregato spatico di cristalli di dolomite di variabile grandezza, che possono raggiungere anche diametri di 5-8 cm, aventi qualche volta i bordi frastagliati e compenetrati, ma in generale la forma poliedrica abbastanza netta di componenti di una struttura tipica di deposito chimico. I cristalli limpidi sono privi di granulazioni o vene bituminose o carboniose. La composizione di queste vene è ben espressa dalla seguente analisi condotta su materiale proveniente dal giacimento sul versante della Valle di Solda:

CaCO ₃	53,38
MgCO ₃	43,92
FeCO ₃	tracce
MnCO ₃	0,42
Residuo secco insol. + Al ₂ O ₃	1,70
H ₂ O + bitumi	0,67
	<hr/>
	100,09

che esprime la composizione di una dolomite quasi pura.

Più rare sono vene riempite di un carbonato di colore bruno chiaro o paglierino e lo stesso minerale costituisce spesso le salbande di alcune vene bianche. Il minerale debolmente colorato si può definire come una magnesite calcifera leggermente ferrifera, come dimostra l'analisi sottoriportata; l'aggregato di cristalli di carbonati contiene spesso cristalli di quarzo, di cloriti e di pirite:

CaCO ₃	7,89
MgCO ₃	77,93
FeCO ₃	5,49
MnCO ₃	1,18
Residuo secco insol. + Al ₂ O ₃	5,95
H ₂ O + bitumi	1,42
	99,86

Una interessante caratteristica del chimismo, tanto delle magnesiti quanto degli aggregati che costituiscono le vene in essa contenute, è la costante presenza del manganese in quantità non trascurabili e, in tutti i casi, sempre molto superiori a quelle rivelate dalle dolomie ricristallizzate. Si tratta, evidentemente, del risultato di un apporto di ioni Mn da parte di soluzioni particolari. Un'azione di soluzioni idrotermali è ulteriormente convalidata dalla presenza di crisotilo e flogopite e dalla formazione di pirite di cristallizzazione tardiva.

Si noti che qualche volta le vene di ambedue i tipi possono dimostrare movimenti di spostamento, posteriori al loro riempimento, ma di non grande entità.

7. - Conclusioni sulla genesi delle magnesiti.

Che le masse di magnesite derivino per diretta trasformazione dalle normali dolomie è dimostrato esaurientemente dalle seguenti constatazioni di fatto:

- a) la giacitura a chiazze entro le dolomie e la mancanza di un vero livello stratigraficamente continuo di magnesite;
- b) il passaggio graduale fra le chiazze di magnesite e le dolomie e la presenza di dolomie fortemente ricristallizzate, tutte con graduale

attenuazione e con perdita della originaria tessitura stratificata ed assunzione di una tessitura più o meno massiccia;

c) la presenza di sostanze bituminose e carboniose che impartiscono il colore nerastro, sia a queste rocce magnesitiche che a tutte le dolomie della placca dell'Ortles;

d) la sicura ricristallizzazione delle magnesiti avvenuta in ambiente tale da non dare soltanto cristalli di grandezza fortemente maggiore a quella dei cristalli di dolomite delle dolomie, ma di aver provocato una vera dispersione delle granulazioni bituminose e carboniose a formare come delle tenui striature che attraversano molti cristalli di magnesite e nuvole isodiametriche multiple entro uno stesso cristallo, e di avere portato alla formazione di crisotilo, di flogopite ed alla piritizzazione di magnetite.

Le prove offerte dall'analisi microscopica sono più che sufficienti per dimostrare come assolutamente sicura l'origine metasomatica idrotermale delle magnesiti di Zumpanel. Altrettanto dicasi per le vene di magnesite bruno-chiara e di dolomite bianca, che spesso contengono noduli di quarzo, cristalli di pirite e persino aggregati di tetraedrite, come sarà detto in seguito.

Tuttavia, malgrado l'evidenza delle testimonianze, ho voluto prendere in particolare considerazione alcuni lavori recenti sui giacimenti di magnesite di varie località delle Alpi e di altre zone, per accertarmi che nelle magnesiti da me studiate non esistesse qualche elemento che possa deporre a favore di una origine sedimentaria, sia semplicemente singenetica, che sedimentaria diagenetico-metasomatica. Infatti, per la competenza e la serietà di Autori che si sono occupati di alcuni giacimenti di magnesite, non è possibile per ora respingere l'idea che taluni giacimenti abbiano avuto origine sedimentaria, almeno intesa nel senso più lato, benchè pochissime prove in proposito siano veramente convincenti.

Non intendo addentrarmi in un esame della copiosa letteratura passata e recente sull'argomento, come non voglio iniziare una discussione sul problema, tuttora dibattuto, dell'origine in generale dei giacimenti di magnesite. Per questi scopi rimando ai pregevoli lavori di FRIEDRICH (1951) e di CLAR (1956) ed alla letteratura da essi citata. Le argomentazioni portate da CLAR mi trovano pienamente d'accordo,

in particolare sul fatto che la cristallizzazione delle magnesiti di giacimenti delle Alpi Orientali è successiva alla sedimentazione (CLAR, 1954 e 1956).

Particolare interesse offrono diversi recenti lavori di LEITMEIER (1951, 1953 e 1954), che del resto si è occupato del problema della genesi delle magnesiti già dal 1916. Questo Autore sostiene che le rocce, che costituiscono molti giacimenti alpini della zona delle Grauwacke, abbiano avuto origine per cristallizzazione diagenetica di un sedimento contenente carbonato di Mg triidrato, in ambiente lagunare poco profondo e scarsamente collegato col mare aperto. In tali lagune doveva avvenire un continuo abbondante deposito anche di sostanze organiche, i resti delle quali furono inglobati e fissati, nella loro locale originaria disposizione stratificata, dalla successiva cristallizzazione della magnesite. Le due fasi sono state identificate dal LEITMEIER in molti giacimenti.

Tale spiegazione genetica non è applicabile minimamente ai giacimenti di Zumpanel, soprattutto perchè manca un qualsiasi accenno ad una stratificazione oppure ad una loro giacitura stratificata; poi, per tutti gli stessi punti elencati in precedenza. Il fatto che i cristalli di magnesite abbiano fissato finissime granulazioni di sostanze organiche, ora disposte a formare le nuvole e le ombre più volte ricordate ed illustrate nelle microfotografie, è chiaramente spiegato dalla distribuzione di precedenti cristalli di dolomite zeppi di inclusioni bituminose in granulazioni più grosse, ma molto più piccoli.

Occorre tenere presente che tutte le ricerche petrografiche sulle dolomie normali, su quelle ricristallizzate e sulle magnesiti concordano per molti caratteri nel provare che soluzioni hanno apportato ioni di magnesio in grande quantità, ed altri metalli in quantità minori, in roccia dolomitica già solida e già costituita da distinti cristalli, sia pure di origine diagenetica.

Ancora più evidente, se ciò fosse possibile, è la esclusione di una origine sedimentaria singenetica, come quella invocata da LLARENA, sia per alcuni giacimenti dei Pirenei occidentali che per quelli alpini della zona a Grauwacke, benchè in linea di principio sia ammissibile il processo di precipitazione di sali di magnesio in ambiente lagunare. Tuttavia, è da tenere presente che la deposizione di carbonato di magnesio in acque marine sembra possa avvenire soltanto in casi eccezionali ed esclusivamente in ambiente lagunare, in particolari condizioni clima-

tiche di intensa evaporazione ed alta concentrazione di sali, come hanno dimostrato le ricerche di STRACHOW e ZWETKOW citate da RAUPACH (1952, pag. 112). In questo caso, però, con salinità superiore al 18% si avrebbe deposizione contemporanea di magnesite e di calcite.

E' impossibile ammettere che possa avvenire una sedimentazione di sola magnesite e che essa abbia lasciato le testimonianze elencate in precedenza ai capoversi a, b, c, d e soprattutto che in tale processo si siano prodotte le relazioni intergranulari esposte nelle descrizioni petrografiche.

Occorre pensare ad altre acque, che non siano marine, come apportatrici di ioni Mg. Escluso che si possano essere fermate nelle serie rociose scistose della zona altre soluzioni capaci di deporre magnesite quasi pura, non resta che pensare all'effetto di soluzioni idrotermali.

Recenti accurate ricerche a carattere sperimentale e chimico-fisico di SCHLOEMER (1954), di HARKER e TUTTLE (1955), di FAUST (1949) e di precedenti ricerche regionali di FAUST e CALLAGHAN (1948), hanno dimostrato che soluzioni idrotermali particolarmente ricche di magnesio si possono formare a temperatura relativamente alta ed a forte concentrazione di CO₂ per un processo di dedolomitizzazione, cioè per asporto di Mg da dolomie. Durante l'origine di tali soluzioni idrotermali rimane in posto la maggiore parte del carbonato di Ca e, talora, anche periclasio oppure brucite secondo le condizioni ambientali, e viene mobilizzata una buona parte del Mg, il quale può venire trasferito in ambienti che, per condizioni di temperatura e di concentrazione di CO₂, sono idonei a provocare la formazione di cristalli di magnesite.

Senza ricorrere ai notissimi esempi di dedolomitizzazione nelle regioni di contatto di Predazzo e Monzoni, nel gruppo dell'Ortles abbiamo diversi chiari esempi di tali azioni nelle aureole di contatto di rocce magmatiche molto recenti, posttettoniche.

Al primo posto è da citare l'interessante azione metamorfica di contatto attorno alle dioriti dell'alta Valle Zebrù, alla base dei roccioni della Cima della Miniera: qui, oltre ad abbondanti cornubianiti ricche di silicati calciferi e magnesiferi vari al più immediato contatto, si ha la formazione di calcari cristallini con periclasio e con brucite del tipo delle predazziti e delle pencafiti (ANDREATTA, ricerche non pubblicate). Altro luogo di grande interesse per analoghi contatti è la parete nord-occidentale del Gran Zebrù-Königsspitze e la zona del Passo della

Bottiglia-Königsjoch, dove dioriti più o meno porfiriche hanno prodotto un'analogia aureola di metamorfismo di contatto con grande varietà di cornubianiti a silicati calciferi e magnesiferi e rocce saccaroidi derivate dalle dolomie (TOMASI, 1940, e ANDREATTA, ricerche non pubblicate).

Durante i miei rilevamenti ho avuto modo di trovare a diverse riprese, nei detriti della morena di superficie della Vedretta di Solda, campioni di vari tipi di rocce saccaroidi dedolomitizzate e fra essi ha attratto in particolare la mia attenzione una roccia nera, a tessitura massiccia ma fratturabile in vari piani paralleli, a grana media cristallina, già macroscopicamente riferibile ad un derivato dalle dolomie nerastre. Al microscopio la roccia si presenta ad evidente struttura granoblastica abbastanza uniforme, con cristalli di dimensioni superiori a quelli di magnesite già descritti, dati quasi esclusivamente da calcite. Nella compagine esistono rare isole lenticolari a grana molto minuta composte da cristalli molto piccoli di calcite associati a noduli raggiati di lamelle cribrose di miche e di cloriti e di granuli di quarzo. Le miche sembrano riferibili a tipi di sericite o di idromiche, ma la loro precisa determinazione non è possibile in causa dell'esilità. Le granulazioni nere che danno la tinta alla roccia sono disposte in masserelle di grandezza uniforme, talora con disposizione in strati che attraversano vari grossi cristalli, indicando un loro orientamento precristallino. Nei suddetti noduli le granulazioni nere sono più fitte e più grosse e dimostrano di essere costituite da grafite, mentre le più fini, disposte in tutto il resto della compagine della roccia, sembrano ancora essere date da sostanze bituminose e carboniose, come dimostrano prove alla fiamma: infatti un moderato arroventamento fa diventare grigia la roccia nera. Presente pure è la pirite in cubi idiomorfi, spesso associati in corpi plurigeminati. L'analisi chimica ha rivelato la seguente composizione:

CaCO ₃	96,64
MgCO ₃	2,17
MnCO ₃	0,04
Residuo secco insol.	0,91
Trivalenti	0,30
H ₂ O totale	0,32
	<hr/>
	100,38

La derivazione del calcare saccaroide nero della Vedretta di Solda dalle dolomie nerastre è documentata dallo studio microscopico e dalla constatazione sul terreno che nessun'altra roccia della zona a contatto con magmi dioritici avrebbe potuto dare un prodotto di questo genere. Infatti, nella zona dal Passo della Bottiglia-Königsjoch alla parete NE del Gran Zebrù-Königsspitz i magmi dioritici possono avere metamorfosato per contatto solo dolomie, filladi quarzifere e gli scarsi calcari marnosi laminati attribuiti al retico: questi due ultimi tipi di roccia avrebbero dato ambedue maggior copia di silicati di contatto. Nel calcare saccaroide nero analizzato il metamorfismo di contatto è attestato dalla presenza di grafite e di pochi silicati.

Dunque è evidente che nella stessa massa di dolomia dell'Ortles, soluzioni di provenienza magmatica hanno trovato la possibilità di arricchirsi notevolmente di magnesio asportandolo dalle dolomie.

Considerati i rapporti di equilibrio indagati e prospettati nei lavori di FAUST (1949) e soprattutto di SCHLOEMER (1954), si deve ammettere che l'origine delle soluzioni magnesiache sia avvenuta ad alta concentrazione di CO_2 , ad alta pressione e sembra pure a relativamente alta temperatura. Ma prima di arrivare a queste soluzioni magnesiache le stesse correnti idrotermali sono riuscite a mobilitare la materia che costituiva le dolomie normali ed a fare ricristallizzare queste rocce nei tipi descritti in precedenza.

La costante assenza di brucite nelle dolomie ricristallizzate della zona di Zumpanel e la scarsa o nulla loro dedolomitizzazione, testimoniano che la temperatura non doveva essere molto alta in quelle chiazze attualmente formate da dolomie ricristallizzate, mentre condizioni adatte a formare soluzioni ricche di Mg e di CO_2 si devono essere verificate a maggiore profondità o in parti più centrali. Queste chiazze di dolomia ricristallizzata possono darci un'idea dell'ambiente verificatosi in un primo tempo nelle regioni di dedolomitizzazione.

Le soluzioni arricchite di Mg a profondità, risalendo hanno perso parte del loro calore e, permeando le dolomie normali, in nuove condizioni di temperatura e di pressione, hanno potuto produrre quell'azione metasomatica che ha trasformato le dolomie in magnesiti. E' chiaro

che qui si sono avute azioni con effetto opposto a quelle della dedolomitizzazione: il campo di stabilità della magnesite, come sarebbe indicato nel diagramma temperatura-pressione del lavoro di SCHLOEMER, è tuttavia abbastanza ampio per ammettere una vasta formazione di questo minerale, particolarmente in ambiente idrotermale ad alta pressione di CO₂ ed alto contenuto di Mg. Anche in ambiente secco (HARKER e TUTTLE, 1955) l'esistenza di magnesite si può avere per un ampio intervallo di pressione e di temperatura.

Dopo la formazione della magnesite, si è avuta la deposizione di altri minerali nelle fratture che si sono formate successivamente all'azione metasomatica, come dimostrano le osservazioni già riportate in precedenza. A temperatura ancora relativamente alta deve essersi depositata la magnesite ferri-ferica che riempie le rare vene gialline e che forma le salbande di alcune delle vene bianche. Successivamente è avvenuta la formazione della dolomite spatica bianca che riempì la maggior parte del fitto reticolo di fratture, spesso assieme a quarzo e, negli ultimi stadi dell'attività idrotermale, con solfuri. Tutte le ricerche microscopiche hanno dimostrato che questi sono cristallizzati dopo tutti gli altri componenti delle masse di magnesite e di dolomia ricristallizzata.

Si noti che nella zona di Zumpanel, entro una vena di dolomite spatica bianca che è incassata nella dolomia ricristallizzata poco a sud della punta estrema dell'espandimento del cuneo triasico, fu da me trovato in zona centrale di un ingrossamento di tale vena, contornato da cristalli di quarzo bianco latteo, un nodulo di tetraedrite (1) che è minerale di non alta termalità. Del resto, è noto che le paragenesi contenenti dolomite e solfuri sono da attribuire a soluzioni idrotermali di non alta temperatura.

Con questa schematica rappresentazione dell'andamento dei fenomeni e sulla base dell'abbondante documentazione riportata, io ritengo

(1) Un'analisi spettrografica qualitativa di queste tetraedriti, eseguita dal Dott. Emiliani, ha dimostrato che, accanto a prevalenti S, Cu ed As, sono presenti con una certa abbondanza anche Sb, Bi, Fe, Ag e persino, sia pure in minori quantità, Li, Zn, P, Hg, Pb, Na e Co.

esaurientemente comprovato che l'origine delle magnesiti di Zumpanel sia avvenuta per una metasomatosi delle dolomie, operata da soluzioni termali ascendenti particolarmente arricchite di Mg.

Voglio aggiungere che tutte le prove petrografiche concordano nell'ammettere una totale ricristallizzazione della compagine nel passaggio da dolomia a roccia magnesitica, ricristallizzazione che si è avuta anche in dolomie senza che sia avvenuto detto passaggio. Questo vuole dire che i cristalli di magnesite sono nati e cresciuti come individui indipendenti dai precedenti cristalli di dolomite o eventualmente di calcite; cioè non come un prodotto di una pseudomorfosi o per una semplice sostituzione di atomi in cristalli definiti.

Tuttavia, che le soluzioni idrotermali abbiano portato ad una sostituzione di atomi Ca con atomi Mg è certo e non è da escludere che almeno parte delle fratture delle masse di magnesite, successivamente riempite da cristalli bianchi di dolomite spatica, abbiano iniziato a formarsi o si siano formate per intero come conseguenza della contrazione operata da tali sostituzioni ioniche.

Stabilita la genesi metasomatica, per derivazione dalle dolomie per idrotermalismo, dei giacimenti di magnesite di Zumpanel, resterebbero da risolvere i notevoli problemi dell'età della mineralizzazione e se essa sia da attribuire all'azione di correnti idrotermali di provenienza magmatica o di altra origine.

Si deve anzitutto ricordare che l'intero gruppo dell'Ortles, come del resto anche le regioni contigue, è cribato da centinaia di filoni di rocce magmatiche: porfiriti, dioriti e porfidi. Esse si sono formate per la maggior parte per riempimento posttettonico di un reticolo di fratture evidentemente prodotte dal rilassamento dei complessi rocciosi dopo l'orogenesi alpidica (ANDREATTA, 1952, b). Però, una parte delle iniezioni è sintettonica ed altre, più rare, forse anche di poco pretettoniche. Ho già dimostrato (1952, b) che nei complessi rocciosi del gruppo dell'Ortles si è avuta una molteplicità di manifestazioni magmatiche in tempi successivi.

Se si vuole riferire la magnesitizzazione delle dolomie ad una di tali fasi magmatiche, non si incontra alcuna difficoltà. Si potrebbe ob-

biettare che la limitata massa magmatica, che ha dato luogo al riempimento delle fratture formando gli attuali filoni, non giustifica una grande emissione di soluzioni, tale da spiegare la formazione di giacimenti di magnesite di massa abbastanza rilevante e la diffusa metallizzazione a pirite in molte rocce della Valle di Solda. Ma, come ho espresso in precedenti lavori, le iniezioni filoniane devono rappresentare solo locali limitatissime testimonianze di un plutone profondo, molto vasto, che forse può estendersi ben più lontano dei confini dello stesso gruppo dell'Ortles; plutone con molteplici ringiovanimenti, ma relativamente unitario come attesta il chimismo delle rocce delle centinaia di filoni

Passando in rassegna la successione temporale petrotettonica dei processi registrati nelle rocce della zona dei giacimenti di magnesite di Zumpanel, occorre anzitutto notare che le fratture di rilassamento della placca triasica e la superficie lungo la quale è sovrascorsa tale placca sul cristallino antico sono state riempite dalla dolomite spatica con solfuri e quarzo: dunque una fase idrotermale di non alta temperatura si è manifestata dopo che è avvenuto almeno parte del sovrascorrimento prodotto dal corrugamento alpidico nella zona interessata. Considerando che la maggior parte delle iniezioni magmatiche che hanno formato le porfiriti e le dioriti è pure posttettonica, non resta che riferire alle corrispondenti manifestazioni magmatiche l'idrotermalismo a dolomite e solfuri. Vi sono prove che questo idrotermalismo ha sanato effetti milonitici sia della massa di dolomie che al limite fra il trias ed il cristallino.

La magnesitizzazione dev'essere avvenuta prima di questa fase idrotermale, e probabilmente prima della milonisi e della laminazione principale prodotte dal sovrascorrimento, benchè durante le mie ricerche sul terreno non abbia trovato prove evidenti di azioni milonitiche entro le stesse masse di magnesiti, che (si ricordi) sono limitate rispetto all'intero complesso triasico dell'Ortles.

Se è facile attribuire ad una fase di attività magmatica l'origine delle soluzioni magnesifere, non si può escludere che le stesse soluzioni abbiano trovato modo di formarsi per una mobilitazione di materia connessa con l'orogenesi alpidica. Si deve tuttavia te-

nere presente che*gli effetti prodotti dagli scorrimenti più forti di questa orogenesi sono stati molto limitati: tali effetti sono stati precisati in diversi miei lavori (1948, 1951, 1952 a, 1954) e non hanno mai raggiunto quelli di condizioni ambientali più intense di quelle di epizona. Considerato questo fatto e ricordando le condizioni di genesi della magnesite determinate nei lavori già citati di FAUST (1949), di SCHLOEMER (1954) e di HARKER e TUTTLE (1955), è da ritenere poco probabile che le soluzioni idrotermali magnesiache si siano originate per eventuali mobilizzazioni di materia non collegate a magmatismo.

Per chiudere questa nota, l'origine dei giacimenti di magnesite di Zumpanel si può inquadrare nella storia geologica locale delle formazioni interessate, nella maniera seguente:

1. Sedimentazione ed azioni diagenetiche di cristallizzazione, eventualmente ambedue accompagnate da locali brecciature e limitati scivolamenti: origine delle dolomie.

2. Riecristallizzazione più forte di limitate chiazze di dolomie ed origine dei giacimenti di magnesite, con grande probabilità prodotti da correnti idrotermali di provenienza magmatica; inizio delle fratturazioni.

3. Sovrascorrimento della placca triasica sul cristallino antico, con formazione di miloniti spesso laminate con variabile potenza, durante fasi del corrugamento alpidico; non si deve escludere che analoghi effetti tettonici si siano avuti, come inizio, prima della fase 2, cioè che si siano sviluppate azioni milonitiche ancora prima dell'origine dei giacimenti di magnesite.

4. Fratturazioni di rilassamento, localmente accompagnate da deboli movimenti, di tutta la formazione triasica.

5. Riempimento, da parte di soluzioni idrotermali, di tali fratture e della superficie limite trias-cristallino, con formazione di vene a magnesite ferrifera, a dolomite ed a solfuri.

6. Ulteriori ultimi movimenti di scarsa entità con relativi risanamenti di fratture.

Come si vede, l'origine dei giacimenti di magnesite è di poco precedente al corrugamento alpidico oppure contemporanea alle primissime fasi dello stesso.

L'arricchimento in Mg delle soluzioni per dedolomitizzazione, durante la fase 2, si deve intendere di poco pretettonico o sintettonico rispetto all'orogenesi alpidica. La dedolomitizzazione si ammette avvenuta a profondità nel senso che si sia esplicata nelle parti più centrali di un complesso dolomitico in via di ripiegamento o in parte già ripiegato. Le soluzioni hanno poi deposto Mg, formando i giacimenti di magnesite di Zumpanel, nelle parti superiori, intese anche come marginali, del complesso stesso.

BIBLIOGRAFIA

- C. ANDREATTA, 1928, *Sulle arsenopiriti dei giacimenti minerari di Calceranica e Caldonazzo nel Trentino* - « Studi Trent. Sc. Nat. » 9, pagg. 90-102.
- 1939, *Sui cosiddetti « Scisti del Verrucano » dell'alto Adige occidentale* - « Studi Trent. Sc. Nat. », 20, 213-253.
- 1948, *La « Linea di Peio » nel massiccio dell'Ortles e le sue miloniti* - « Acta Geol. Alpina », 1, 1-63, Bologna.
- 1949, *Origine dei giacimenti nel permiano superiore del Trentino e influenza del manganese sulla metallizzazione a galena argentifera* - « Mem. Ist. Geol. Univ. Padova », 16, pagg. 3-15.
- 1951, *Foglio « Monte Cevedale » della Carta Geologica delle Tre Venezie*, Ministero dei Lavori Pubblici, Magistrato Acque di Venezia.
- 1952 a, *Polymetamorphose und Tektonik in der Ortlergruppe* - « N. Jahrb. Min., Mh. », 1952, 13-28.
- 1952 b, *Syntektonische und posttektonische magmatische Erscheinungen der Ortlergruppe in Beziehung zum alpinen Magmatismus* - « Tscherm. min. petrogr. Mitt. », 3, 93-114.
- 1954, *La Val di Peio e la Catena Vioz-Cevedale* - « Acta Geol. Alpina », 5, 1-337, Bologna.
- F. ANGEL - F. TROJER, 1953, *Der Ablauf der Spatmagnetit-Metasomatose* - « Radex Rundschau », 1953, 315-334.
- F. ANGEL - P. WEISS, 1953, *Die Tuxer Magnesitlagerstätten*, « Radex Rundschau », 1953, 335-352.
- E. CLAR, 1954, *Ueber Parallel-, Schräg- und Kreuzbänderung in Spatlagerstätten.* - « Tscherm. min. petrogr. Mitt. », 4, 55-64, Wien.
- 1956, *Zur Entstehungsfrage der ostalpinen Spatmagnetit* - « Carinthia II » 20 Sond. Festschrift zum 70. Geb. Prof. Dr. F. Angel, 22-30.

- G. T. FAUST - E. CALLAGHAN, 1948, *The mineralogy and petrology of the Currant Creek magnesite deposits and associated rock of Nevada* - «Bull. Geol. Soc. America», 59, 11-74.
- G. T. FAUST, 1949, *Dedolomitization, and its relation to a possible derivation of magnesium-rich hydrothermal solution* - «The American Mineralogist», 34, 789-823.
- O. M. FRIEDRICH, 1951, *Zur Genese ostalpiner Magnesit- und Talklagerstätten* - «Radex-Rundsch.», 291-298.
- C. W. v. GÜMBEL, 1891, *Geologische Bemerkungen über die Thermen von Bormio und das Ortlergebirge* - «Sitz. ber. math. - naturw. Kl. kgl. bayr. Akad. d. Wiss.», 21.
- W. HAMMER, 1906, *Vorläufige Mitteilungen über die Neuaufnahme der Ortlergruppe* - «Verh. d. k. k. geol. R.-A.», 1906, 174-178, Wien.
- 1908, *Die Ortlergruppe und die Ciavalschke* - «Jah. d. k. k. geol. R.-A.», 58, 79-196, Wien.
- 1909, *Ein Nachtrag zur geologie der Ortleralpen (Magnesit am Zupanell und Stiereck)* - «Verh. d. k. k. geol. R.-A.», 1908, 199-204, Wien.
- 1912, *Erläuterungen zur Geologischen Karte «Glurns und Ortler»*, k. k. geol. R.-A.
- R. I. HARKER - O. F. TUTTLE, 1955, *Studies in the system CaO-MgO-CO₂, Part. I, The thermal dissociation of calcite, dolomite and magnesite* - «Amer. J. Sci.», 253, 209-224.
- U. KAPPELER, 1938, *Zur Geologie der Ortlergruppe und zur Stratigraphie der Ortlerzone zwischen Suldén und Engadin*. - Zürich.
- J. G. DE LLARENA, 1955, *Sur l'origine de la magnésite (giobertite) de la haute vallée de l'Arga (Navarre espagnole) e de la «zone des grauwackes» d'Autriche* - «Comptes Rend. Ac. Scienc. Paris», 241, pagg. 606-608.
- H. LEITMEIER, 1951, *Die Magnesitvorkommen Oesterreichs und ihre Entstehung* - «Montan-Zeit.», 67, pagg. 133-137 e 146-153, Wien.
- 1953, *Die Entstehung der Spatmagnesite in den Ostalpen* - «Tscherm. min. petrogr. Mitt.», 3, 305-331, Wien.
- H. LEITMEIER - W. SIEGL, 1954, *Untersuchungen an Magnesiten am Nordrande der Grauwackenzone Salzburgs und ihre Bedeutung für die Entstehung der Spatmagnesite der Ostalpen*. - «Berg- und Hüttenmänn. Monatsh.», 99, 201-235, Wien.
- A. MAUCHER, 1954, *Zur «alpinen Metallogenese» in den bayerischen Kalkalpen zwischen Loisach und Salzach*, «Tscherm. min. petrogr. Mitt.», 4, pp. 454-463.
- F. VON RAUPACH, 1952, *Die rezente Sedimentation im Schwarzen Meer, im Kaspischen und im Aral und ihre Gesetzmässigkeiten nach neuen sowjetischen Arbeiten* - «Geologie, Zeitschr. für. Gesamtgeb. Geol. Min. etc.», 1, 78-132, Berlin.
- K. A. REDLICH, 1903, *Ueber das Alter und die Entstehung einiger Erz- und Magnesitlagerstätten der steirischen Alpen* - «Jah. d. k. k. geol. R.-A.», 53, 285-294, Wien.
- H. SCHLOEMER, 1954, *Hydrothermale Entdolomitierung* - «Fortsch. d. Min.», 32, 64-67.

- H. J. SCHNEIDER, 1954, a, *Neue Ergebnisse zur Stoffkonzentration und Stoffwanderung in Blei-Zink-Lagerstätten der nördlichen Kalkalpen* - « Fortschr. d. Min. », 32, pagg. 26-29.
- 1954 b, *Die Sedimentäre Bildung von Flusspat im oberen Wettersteinkalk der nördlichen Kalkalpen* - « Abhandl. Bayer. Akad. d. Wiss. Math. - naturw. Kl. », 66, pp. 5-37.
- 1956, *Die Vererzung der südalpinen Bellerophon-Schichten* - « Fortschr. d. Min. », 34, pagg. 28-31.
- W. SIEGL, 1955, *Zur Entstehung schichtiger und strahliger Spatmagnesite*. « Berg- und Hüttenmänn. Mh. », 100, 79-84.
- K. C. TAUPITZ, 1954, *Die verschiedene Deutbarkeit von « metasomatischen » Gefügen auf « telethermalen » Blei-Zink-Lagerstätten* - « Fortschr. d. Min. », 32, pagg. 30-31.
- L. TOMASI, 1940, *Fassaite di Val di Solda e sua paragenesi* - « St. Trent. Sc. Nat. », 21, 1-27.

TAVOLA I

Fig. 1. — Granulazioni bituminose sparse nei cristalli e negli interstizi fra cristalli di dolomite nella dolomia normale del costone nord-est dell'Ortles. Si osservino le tracce di organismi e le vene di cristalli di dolomite posteriori alla prima cristallizzazione diagenetica. Solo pol.; 100 ingr. lin.

Fig. 2. — Chiazza di maggiore addensamento di granulazioni bituminoso-carboniose entro i cristalli e soprattutto negli interstizi dei cristalli di dolomite nella dolomia del versante orientale di Punta Alta-Hochleiten, verso la base della placca mesozoica. Vena di cristalli di dolomite di formazione tardiva. Solo pol.; 100 ingr. lin.



Fig. 1

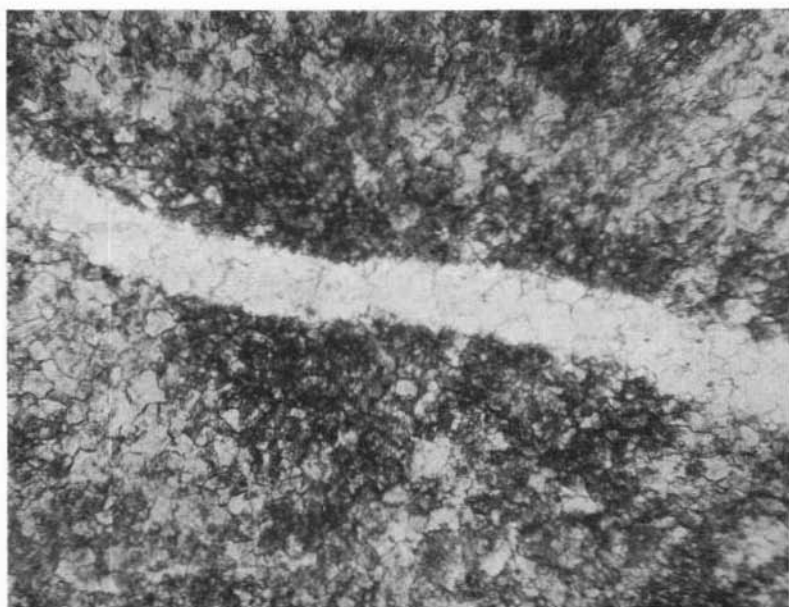


Fig. 2

TAVOLA II

Fig. 1. — Struttura di una dolomia milonitica con allineamenti in straterelli delle granulazioni bituminoso-carboniose, entro una zona di scorrimento del versante orientale di Punta Alta-Hochleiten alla base della placca mesozoica. Solo pol.; 100 ingr. lin.

Fig. 2. — Struttura fortemente milonitica data da piccoli cristalli di dolomite allungati e orientati e da granulazioni seure bituminoso-carboniose stirate nelle superfici di scorrimento di una dolomia lungo uno scivolamento alla base della placca mesozoica, a nord-est di Punta Alta-Hochleiten. Si noti il nodulo costituito da un aggregato di grossi cristalli di dolomite di origine posteriore alla diagenesi, contenenti nuvole attenuate di finissime granulazioni bituminoso-carboniose, e di pochi cristalli di quarzo, che ha resistito all'azione milonitica ed attorno al quale si modellarono le superfici di scorrimento. Nicols paralleli; 60 ingr. lin.

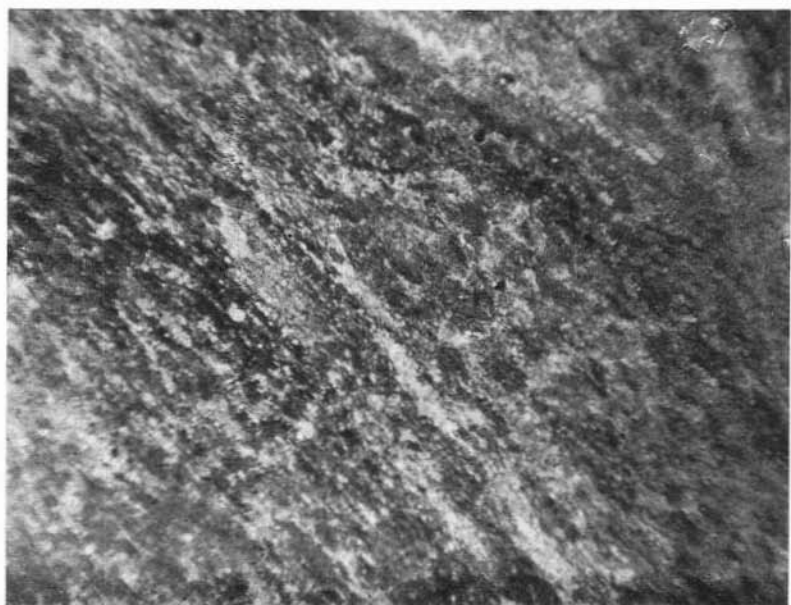


Fig. 1



Fig. 2

TAVOLA III

Fig. 1. — Struttura milonitica, data da un fondo di piccolissimi cristalli di dolomite nel quale stanno immersi granuli e detriti di quarzo (bianchi) leggermente compressi ed orientati e grumi concentrati di sostanze bituminoso-carboniose (neri), della dolomia milonitica alla base della serie mesozoica, del versante occidentale della dorsale di Zumpanel, verso la Valle di Trafoi, poco a sud-est di q. 2244. Nicols paralleli; 100 ingr. lin.

Fig. 2. — Grossi cristalli di magnesite contenenti ombre e nuvole di granulazioni bituminoso carboniose ad alta dispersione, della roccia del giacimento orientale di Zumpanel. Nicols paralleli; 100 ing. lin.

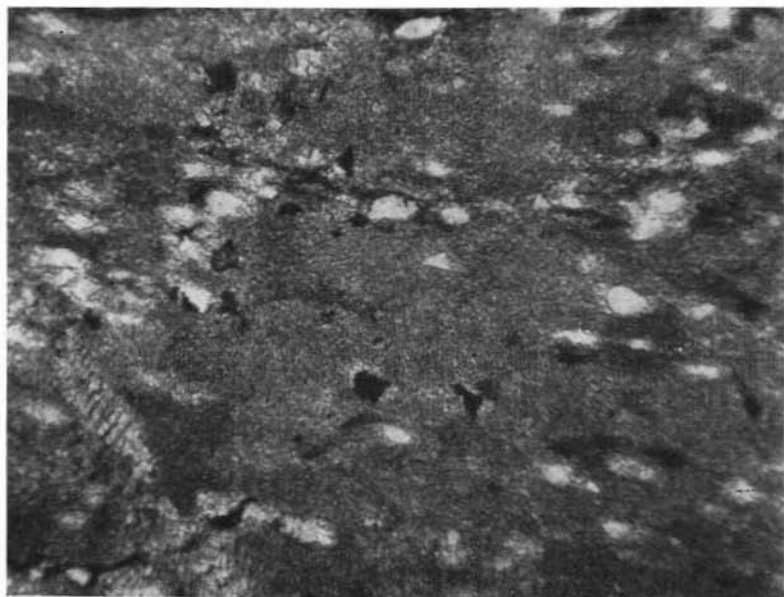


Fig. 1



Fig. 2

TAVOLA IV

Fig. 1.e 2. — Granulazioni bituminoso-carboniose finissime raccolte in tenui avole ovoidali, talora zonate, ed in straterelli entro grossi cristalli di magnesite. Giacimento orientale di Zumpanel. Nicols paralleli; 60 ingr. lin.

Fig. 3. — Granulazioni bituminoso-carboniose distribuite in grumi allungati ed allineati nelle superfici subparallele di un'antica stratificazione, che attraversano, attualmente, diversi grossi cristalli di calcite derivati da dedolomitizzazione. Erratico sulla lingua della Vedretta di Solda. Nicols paralleli; 60 ingr. lin.

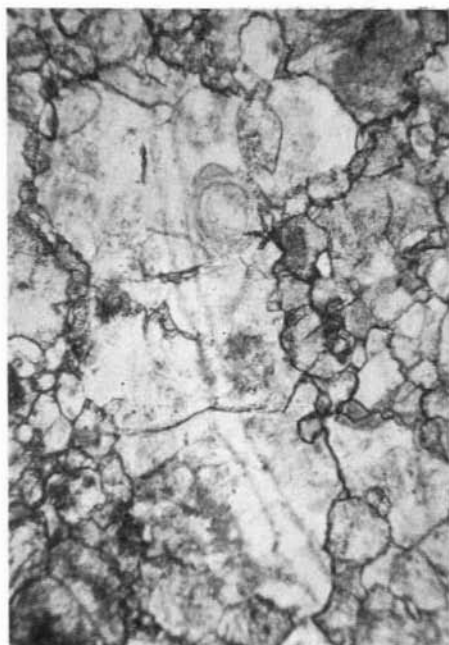


Fig. 1

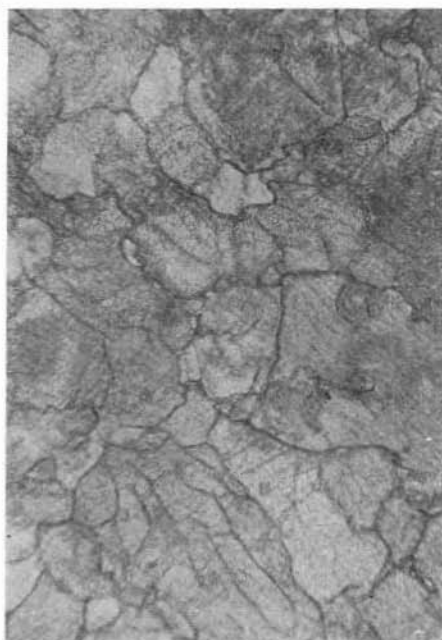


Fig. 2

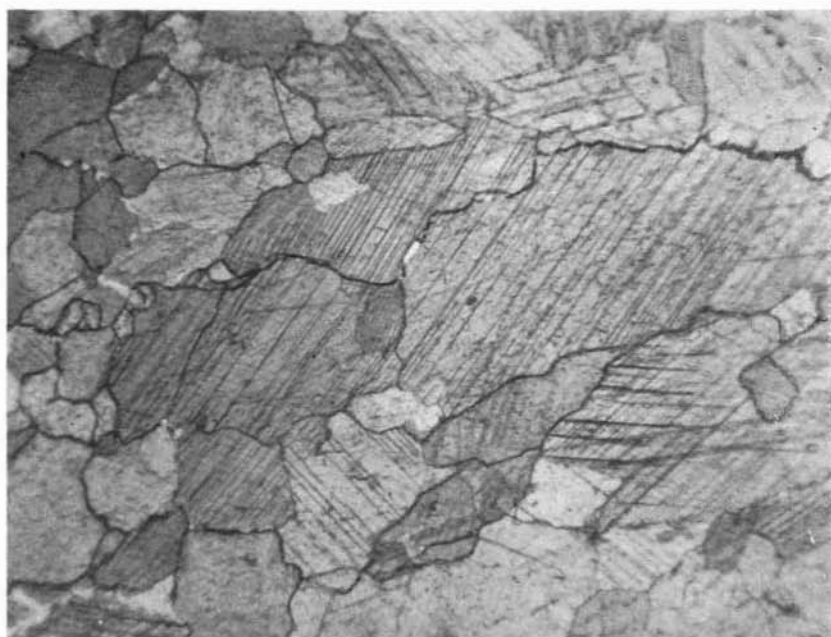


Fig. 3