

STUDI GEOLOGICO - PETROGRAFICI SUL MASSICCO DELL'ADAMELLO
COMPIUTI SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

ROBERTO MALARODA

STUDI PETROGRAFICI
NELL'ADAMELLO NORD-ORIENTALE

Con 3 tavole e 5 figure nel testo.



FELTRE
STAB. TIPOGRAFICO «P. CASTALDI»
1948

Memorie dell'Istituto Geologico dell'Università di Padova - Vol. XVI

P R E F A Z I O N E

La regione di cui si occupa il presente lavoro è stata studiata e rilevata negli anni 1931, 1934, 1938 e 1940 dal prof. Giambattista DAL PIAZ, che curerà la pubblicazione della carta e dello studio geologico relativi. Questa memoria si riferisce esclusivamente alla parte petrografica; i dati geologici che vi sono compresi sono tratti interamente dagli appunti del prof. Giambattista DAL PIAZ e da quelli del prof. Giorgio DAL PIAZ, il quale precedentemente (nel 1922 e nel 1923) aveva compiuto numerose escursioni ed effettuato un primo rilevamento di gran parte della zona. Lo studio è stato fatto sugli abbondanti materiali da Loro raccolti nelle varie campagne.

Oltre all'esame microscopico sono state eseguite tre analisi chimiche; non è stato possibile condurre uno studio chimico più completo come si sarebbe desiderato specialmente per i filoni che presentano una grande varietà di tipi, perchè le rocce erano troppo alterate. Anche lo studio al microscopio è stato molto spesso reso più difficile dallo stato di alterazione dei materiali, alterazione dovuta a fenomeni di clastesi e di metamorfismo pneumatolitico-idrotermale, che hanno avuto grande importanza nella regione. Tuttavia un'analisi petrografica approfondita era necessaria soprattutto per la risoluzione dei problemi geologici della zona, spesso difficili a chiarire sul terreno data la scarsità degli affioramenti, generalmente limitati di estensione ed isolati uno dall'altro.

Particolare attenzione si è dedicata allo studio del metamorfismo e della milonitizzazione. Le varietà di deformazioni postcristalline riscontrate nelle strutture delle varie rocce, e la necessità di una loro classificazione sistematica, mi hanno portato ad occuparmi della nomenclatura petrografica delle tettoniti a deformazione postcristallina. In questo campo ho trovato una tale discordanza di idee tra gli autori consultati che ho ritenuto necessario interessarmi più a fondo dell'argomento e, data la sua importanza più generale per la nomenclatura petrografica, darne una comunicazione a parte (32).

L'abbondante materiale petrografico studiato è conservato in parte nelle collezioni dell'Istituto di Mineralogia e Petrografia, in parte in quelle dell'Istituto di Geologia dell'Università di Padova.

Quando lo studio di laboratorio era quasi ultimato, nell'estate del 1946, ho compiuto pure una breve escursione sul posto percorrendo l'alta Val Rendena e l'alta Val Meledrio in compagnia del prof. Giambattista DAL PIAZ, al fine di aver una più esatta cognizione delle condizioni degli affioramenti e dei rapporti tra le varie formazioni (22).

Questo lavoro è compreso nel programma del *Centro Studi per la Petrografia e la Geologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche presso l'Università di Padova*; lo studio microscopico e chimico fu eseguito nell'Istituto di Mineralogia e Petrografia sotto la direzione e con la costante assistenza del prof. Angelo BIANCHI e, per la parte chimica, con l'aiuto del collega dott. Giuseppe SCHIAVINATO. Esso

è stato coordinato e completato, per la parte bibliografica, nell'Istituto di Geologia sotto la preziosa guida del prof. Giambattista DAL PIAZ; suggerimenti e consigli ho avuto anche dal prof. Giorgio DAL PIAZ, che mi ha concesso in esame i suoi appunti di campagna. A tutti, e in particolare ai miei Maestri proff. Angelo BIANCHI e Giambattista DAL PIAZ, sento il dovere di esprimere qui la mia riconoscenza.

LAVORI GEOLOGICI PRECEDENTI

Il primo autore che si sia occupato della nostra regione fu K. von SONKLAR; del suo lavoro (43), uscito nel 1864, non ho però potuto prendere visione. L'anno seguente P. P. LORENTZ pubblicò una memoria geografica (31) in cui espose i risultati di un suo viaggio nei gruppi dell'Ortles-Cevedale e dell'Adamello-Presanella. Per quanto riguarda la parte naturalistica vi si trovano numerose osservazioni botaniche e qualche cenno geologico; solo poche righe, comunque, sono dedicate alla Val Rendena. Osservazioni geologiche sulla nostra zona compaiono nella classica memoria geografica di J. PAYER (35, pp. 17 e 18), che vide la luce nello stesso 1865.

Un contributo reale alle conoscenze geologiche si ha però solo con il lavoro di R. LEPSIUS, uscito nel 1878 e accompagnato da una carta geologica alla scala 1:144.000 (30, pp. 192-200). Successivamente, nel 1886, F. TELLER, occupandosi del granito del Corno Alto, osserva che ad E della Val Rendena una roccia dello stesso tipo costituisce la parte più alta del M. Sabion (48, p. 718). M. VACEK (56), in un lavoro sulla parte meridionale del gruppo di Brenta, sfiora anche argomenti che interessano la nostra zona; W. SALOMON, in una nota pubblicata nel 1901 (37), si occupa della parte meridionale di essa e specialmente dei rapporti di giacitura tra scisti di Rendena e granito del Sabion; non manca qualche notizia che ci interessi nella bella guida geologica di F. BLAAS (10, pp. 99 e 779) pubblicata nel 1902 e corredata di una carta geologica al 500.000.

Mentre G. B. TRENER giunge con le sue accurate ricerche da N fino quasi a Madonna di Campiglio, da S fino ai dintorni di Pinzolo (49, 50, 51, 52), sfiorando cioè appena i limiti settentrionali e meridionali della nostra zona, una trattazione più completa si trova invece nella poderosa monografia del SALOMON cui è allegata una carta geologica al 75.000 (39, I, pp. 139, 146 e pp. 328-333, II, pp. 527-530). Nella prima parte di un lavoro sul M. Spinale, uscito nel 1912 (41), R. SCHWINNER si occupa del morenico dei dintorni di Madonna di Campiglio e della Val Meledrio; molto più importante, per la parte che ci interessa, il lavoro da lui pubblicato nel 1917 (42) che riassume i risultati dei rilevamenti condotti dall'autore nel periodo 1909-1911.

Recentemente (1935), alcuni apparati morenici della zona del lago Nambino, dell'Alpe Zeledria e del lago Malghette sono stati oggetto di una nota di Gb. DAL PIAZ (18). Infine, nel 1938-1939, uscivano i lavori di L. TREVISAN (54) e J. WIEBOLS (57) sul limitrofo gruppo di Brenta; J. WIEBOLS si occupa anche, in parte, della nostra zona e, in collaborazione con L. van HOUTEN la fa figurare, sempre parzialmente, nella carta geologica al 25.000 annessa al suo lavoro.

CENNI GEOGRAFICI E GEOLOGICI

L'area studiata è quella dell'estremo settore nord-orientale del gruppo Adamezzo-Presanella. Essa confina a Sud col Monte Sabion, a Oriente con il gruppo di Brenta; a Nord la Val di Sole la separa dal gruppo di Tremenesca, mentre ad Occidente di essa si trovano le cime più alte e più centrali del massiccio della Presanella. I suoi confini naturali sono, a Nord il fiume Noce, a Ovest la dorsale che scende dal M. Vigo verso la Val di Sole e poi la linea di cresta che con-

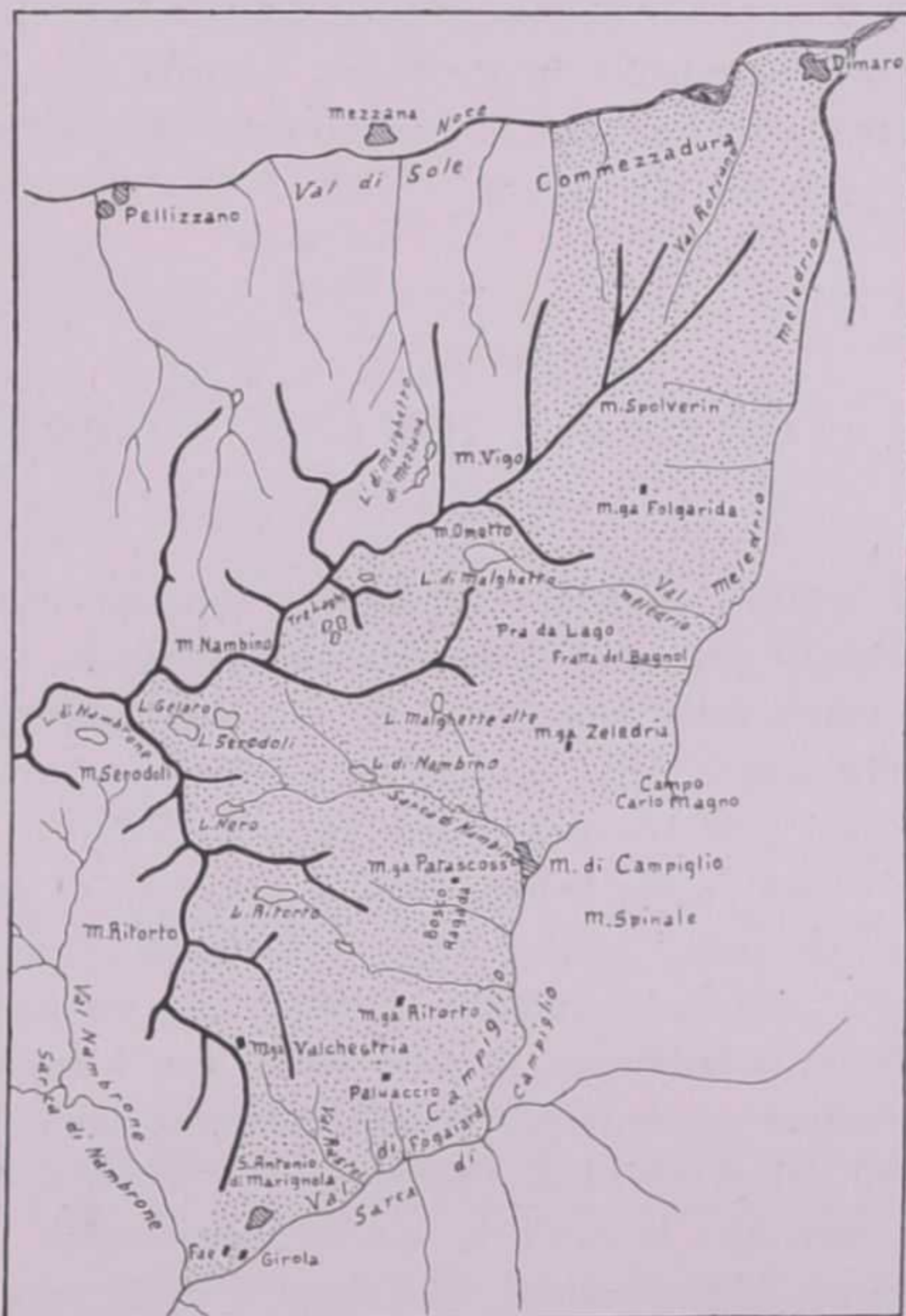


FIG. 1 - Schizzo topografico alla scala 1 : 25.000. La zona studiata dal punto di vista petrografico è quella punteggiata.

giunge le cime dei monti Vigo, Ometto, Nambino, Seròdoli e Ritorto; dalla vetta del M. Ritorto verso Sud il limite è dato dalla dorsale che si dirige verso la confluenza del Sarca di Nambrone con il Sarca di Campiglio. A Sud e ad Est il limite è rappresentato: dal Sarca di Campiglio fino a Madonna di Campiglio, dal Sarca di Carlo Magno fino alla sua sorgente, dal Rio Forcè e poi dal Meledrio in cui esso confluisce.

Dal punto di vista geologico la parte occidentale della regione e in particolare tutte le cime sono costituite da tonalite a tessitura più o meno parallela.

Sono comuni in essa i soliti "Schlieren", e le differenziazioni di vario tipo; abbastanza rari invece i filoni. Contrasta, anche morfologicamente, con il paesaggio tonalitico quello delle parti più basse, a rilievo più morbido per la maggior erodibilità dei terreni (morenico, scisti cristallini o granodiorite alterata).

Il carattere geologicamente più interessante nella zona è dato dalla intensa tettonizzazione postcristallina delle rocce, legata alla presenza della linea delle Giudicarie e della sua vicariante che passa a Oriente del M. Sabion. Queste dislocazioni si palesano sul terreno nel modo più evidente nell'alta Val Rotiano, nel valloncetto più occidentale sulla destra del Meledrio a valle del lago delle Malghette, a Fogaiard e, meno chiaramente, nell'alta Val Nambino e nella zona tra Fae e Ghirola. Il metamorfismo di natura pneumatolitico-idrotermale, benchè non sempre così facilmente accertabile in campagna, ha pure una diffusione generale nella zona e allo studio di esso, come allo studio delle deformazioni postcristalline, ho dedicato buona parte del mio lavoro.

FISIOGRAFIA DELLE ROCCE

I) SCISTI CRISTALLINI

La formazione scistosa, ovunque intimamente connessa con le masse e apofisi della granodiorite,⁽¹⁾ presenta, anche macroscopicamente, evidenti azioni di metamorfismo di contatto nelle zone più vicine alla roccia intrusiva. Già a occhio nudo si possono distinguere delle graduali e continue variazioni mano a mano che ci si allontana dai nuclei o dalle vene granodioritiche; si passa infatti da tipi molto chiari e compatti, che hanno quasi il carattere di apliti o graniti, ad altri via via sempre più oscuri grigi o verdi, conservanti l'aspetto degli scisti e delle filladi originarie, ma molto induriti, e infine alla roccia scistosa di aspetto normale nella quale un indurimento, se pure esiste, non è apprezzabile.

L'esame microscopico consente più precise determinazioni. Gli scisti originari sembrano essere stati dei parascisti di tipo micaceo o filladico giacchè nelle facies, in verità piuttosto rare, per le quali lo studio macroscopico non rivela alcuna traccia di metamorfismo (l'osservazione microscopica rivela però anche qui deboli effetti di metamorfismo per contatto), il plagioclasio è in quantità del tutto trascurabile e componenti essenziali sono le miche e la clorite (fillade talcoso-sericitica del quarto valloncetto di Val Meledrio, fillade cloritica sulla sinistra del vallone tra Mistrin e Claemp).

Il metamorfismo di contatto si presenta però ben evidente anche macroscopicamente nella maggior parte degli scisti. In certe zone (che sembrano essere quelle più vicine alla roccia magmatica, senza che peraltro questo possa essere de-

(1) Non esistono invece contatti primari tra scisti e tonalite in quanto in tutti i punti in cui si possono osservare i rapporti tra le due rocce si tratta sempre di un contatto tettonico che maschera quello originario.

cisamente affermato data la scarsità degli affioramenti) si ha una semplice permeazione di materiale sialico; lo scisto indurisce ed acquista un aspetto sempre più chiaro tanto che nei tipi estremi è difficile dire in qual punto termini la cornubianite e in qual punto cominci la granodiorite. Questi caratteri sono dovuti all'abbondanza dei minerali sialici, quarzo e feldispati, ora prevalente il primo, ora i secondi. I feldispati sono in genere rappresentati essenzialmente da plagioclassi di tipo sodico (albite o albite oligoclasica, al massimo oligoclasio o andesina), solo in qualche raro caso è prevalente l'ortoclasio (gneiss cornubianitico - Rio Colarin a Sud di Casa Maturi).

In altre zone invece l'azione metamorfica di contatto vien rivelata dalla presenza di tipici minerali di contatto (andalusite⁽¹⁾ e tormalina) mentre la feldispatizzazione

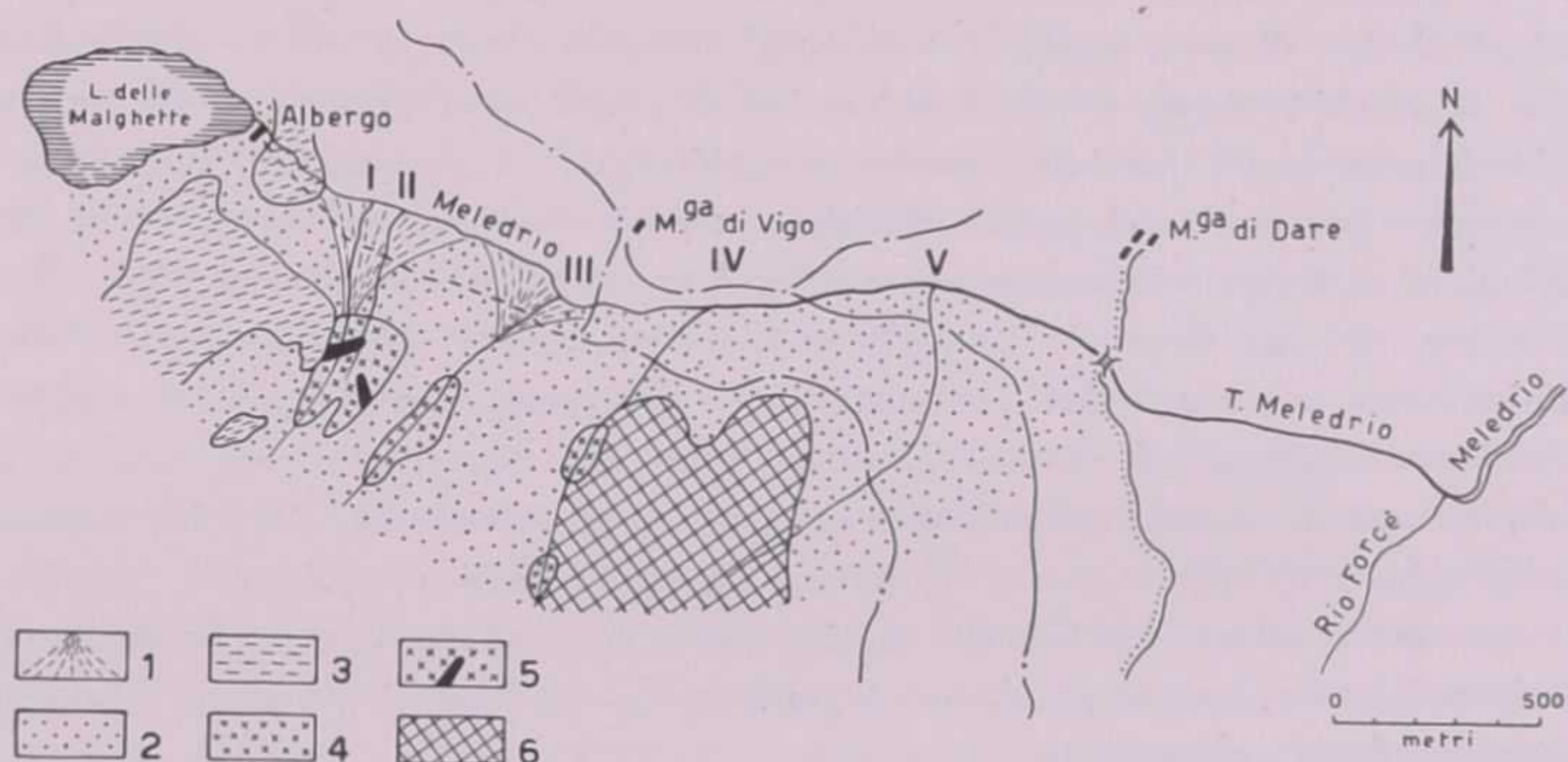


FIG. 2 - Schizzo topografico-geologico alla scala 1: 25.000 per mostrare l'ubicazione dei valloncelli del fianco destro di Val Meledrio. La numerazione dei valloncelli, da W ad E, è quella adottata nel testo. I dati geologici sono tratti dai rilevamenti inediti di G. e Gb. DAL PIAZ.

1 = conoidi torrentizie e alluvioni; 2 = morenico; 3 = tonalite a tessitura parallela (l'orientazione è quella indicata dal tratteggio); 4 = graniti e granodioriti; 5 = differenziazioni e filoni basici nel granito-granodiorite; 6 = scisti cristallini.

e la silicizzazione hanno importanza subordinata o sono mancanti. Notevolmente induriti si presentano i gneiss cornubianitici a tormalina e andalusite lungo i torrenti della nuova strada carrozzabile tra S. Antonio di Marignola e lo sbocco della Val Nambrone, e la fillade cornubianitica ad andalusite e tormalina di Rio Colarin; hanno invece aspetto di scisti normali, benchè probabilmente ancora leggermente sialicizzati, vista la prevalenza del plagioclasio sul quarzo o comunque la sua abbondanza, gli scisti andalusitici ilmenitici a tormalina fra il torrente di

(1) Merita di essere sottolineato il fatto che in Val di Campiglio e in Val Meledrio si osserva, come minerale di contatto, sempre andalusite e mai sillimanite. Quest'ultima è invece segnalata negli scisti della zona del Corno Alto (13, pp. 10 e 11) e in quelli della serie del Tonale (49, p. 464, vedi anche p. 25 del presente lavoro).

Rastel e il rio che scende da Frate, le filladi talcoso-sericitiche del quarto valloncello del fianco destro di Val Meledrio e le filladi cloritiche lungo i tornanti della nuova strada carrozzabile tra S. Antonio di Marignola e lo sbocco della Val Nambrone. Oltre a quelli nominati, tipici scisti a minerali di contatto sono la fillade andalusitica a granato a S di Fae e ad W di Ghirola e il micascisto andalusitico ai tornanti della vecchia carrozzabile tra S. Antonio di Marignola e la confluenza tra Sarca di Campiglio e Sarca di Nambino.

In tutti gli scisti, come in genere in tutte le rocce della zona, non mancano mai le trasformazioni imputabili a fenomeni pneumatolitico - idrotermali. Esse si manifestano con la sericitizzazione del plagioclasio, con la cloritizzazione della biotite, con l'arricchimento in minerali di ferro (magnetite e pirite), caratteri questi che si osservano anche nelle rocce eruttive; oltre a queste, si notano trasformazioni di tipo diverso, quali la caratteristica segregazione di rutilo che accompagna la cloritizzazione, la retrocessione metamorfica con formazione di sericite dell'andalusite e del granato, nonché probabilmente la formazione di ilmenite. Sicuramente per certi casi (gneiss biotitici cornubianitici del torrente a N di Pra Manian), e molto probabilmente per altri (fillade ad andalusite e tormalina lungo lo stradone tra Madonna di Campiglio e Carisolo, ecc.) vi è pure, da attribuirsi verosimilmente ad una azione pneumatolitico - idatogena, una abbondante, caratteristica neoformazione di biotite secondaria che non presenta alcuna traccia di cloritizzazione. L'azione pneumoidatogena è, con ogni probabilità, sincrona a quella che ha agito sulle altre rocce della nostra regione, benchè non si possa escludere che una certa azione idrotermale si sia manifestata anche contemporaneamente alla intrusione del magma granitico - granodioritico, insieme ai già citati fenomeni di metamorfismo per contatto.

Negli scisti la cataclasi non raggiunge, in genere, quel grado di deformazione spinta all'estremo che si osserva per la granodiorite e la tonalite. Esistono però anche dei tipi molto fratturati (carrozzabile sotto Fae e a E di Ghirola, carrozzabile tra S. Antonio di Marignola e la confluenza del Sarca di Nambino con il Sarca di Campiglio, ecc.).

Gli affioramenti degli scisti si trovano, come già si è detto a proposito delle granodioriti, nella zona sul fianco destro della Val Rendena, e nella Valle del Meledrio, a E della linea di dislocazione delle Giudicarie. La roccia compare per lunghe estensioni specialmente in corrispondenza alle incisive dei torrenti che solcano il fianco della valle principale. Negli appunti di campagna dei proff. Giambattista e Giorgio DAL PIAZ sono ricordate le seguenti località: in Val di Non, presso Liberdon (Commezzadura), a W di Dimaro, si trova un piccolo lembo, non sicuramente in posto, di un paragneiss cornubianitico quarzoso biotitico cordieritico a sillimanite, che probabilmente fa parte della serie del Tonale; in Val Meledrio, filladi indurite si trovano nel quarto, e frammenti di fillade assieme a blocchi di calcare marmorificato (vedi Fisiografia delle rocce, V) inclusi nella granodiorite, nel terzo valloncello da monte; la q. 1973 a W della Fratta del Bagnol è formata da fillade metamorfosata, ad W della quota stessa la fillade include un lembo abbastanza esteso di quarzite purissima; filladi di tipo variabile, spesso molto compatte, si trovano

lungo il percorso dall'Albergo Zeledria a Genevria ed anche tra Baita Zeledria e Malga Zeledria; sul prato fra la carrareccia e l'arco morenico a W, scendendo da Campo Carlomagno verso Madonna di Campiglio lungo il sentiero che porta alla Locanda del Cervo, affiora un piccolo lembo di scisti notevolmente induriti; scisti dello stesso tipo e cornubianiti si trovano a Ritorto, quasi di fronte all'Albergo Brenta, sul lato destro della valletta lungo la strada del Belvedere. Nella zona tra Madonna di Campiglio e Malga Nambino si osservano delle filladi indurite, ridotte in frammenti inglobati nel granito - apliti, e in altri punti anche masse notevoli di scisti molto compatti; scisti filladici affiorano pure nel tratto tra Malga Patascoss e Malga Nambino. Filladi accompagnate da granito, facenti passaggio a filladi granitizzate compaiono nel torrentello a N di Rio Colarin, filladi andalusitiche a tormalina brunicce o verdastre, con abbondanti vene di quarzo e ricche di muscovite affiorano nella vallecchia del Rio Colarin, scisti molto compatti nella zona a N di Pra Manian. Nel torrentello a E di Paluaccio, a q. 1442 le filladi quarzifere contengono vene di quarzo e sono abbondantemente micacee, sulla destra presentano impregnazioni ocracee rugginose, ovunque sono molto fratturate, nella zona presso i filoni sono indurite, contengono poca mica e una anfibolite biotitico - plagioclasica con letti particolarmente ricchi di biotite; altri affioramenti si hanno lungo la strada tra il torrente del Frate e la Val Rastel, e nella Val Rastel stessa. Nel vallone a W di Mistrin le filladi affioranti sotto alla tonalite sono straordinariamente brecciate, di tipo sericitico o sericitico - cloritico; nel tratto tra S. Antonio di Marignola e la confluenza Sarca di Nambrone - Sarca di Campiglio, lungo i tornanti della vecchia carrozzabile, affiorano micascisti che non presentano traccia di metamorfismo di contatto, sono in compenso brecciati fortemente e persino laminati e spesso presentano patine ocracee; lo stesso carattere di milonizzazione presenta la fillade lungo la vecchia carrozzabile sotto Fae e ad W di Ghirola, in certi punti addirittura ridotta a detrito incoerente.

Nella descrizione particolareggiata delle rocce studiate al microscopio penso opportuno riunire assieme i risultati dello studio di tre campioni di filladi prelevati in serie presso il contatto con un filoncello di apliti, in quanto, solo in questo caso sono risultati ben evidenti dai dati di campagna i rapporti tra il vario grado di metamorfismo degli scisti e la vicinanza con la roccia eruttiva metamorfosante. In tutti gli altri casi tali rapporti sono, quanto meno, incerti e perciò mi sono limitato a suddividere le rocce studiate in tre categorie a seconda che l'azione metamorfica vi era poco evidente o, nel caso di scisti evidentemente metamorfosati per contatto, a seconda che essi erano semplicemente magmatizzati o invece con minerali tipici di contatto. - Il perchè di questi due diversi tipi di metamorfismo resta ancora da chiarire, benchè sembri che la pura aplitizzazione senza formazione di minerali di contatto si abbia solo nelle zone più vicine alla roccia magmatica. Data l'intima compenetrazione tra scisti e granito-granodiorite, e la limitata estensione degli affioramenti tale problema è però di soluzione tutt'altro che facile.

1) **Serie progressiva metamorfica di contatto presso un filoncello di apfite micropegmatitica porfirica a granato** - lungo i tornanti della nuova strada carrozzabile tra S. Antonio di Marignola e lo sbocco di Val Nambrone.

a) *più lontano dal contatto - fillade cloritica.*

Aspetto macroscopico: Roccia scistosa, compatta, grigio - verdastra scura, con tracce di fratturazioni prevalentemente lungo i piani di scistosità.

Intensa cataclasi. Componenti essenziali: quarzo, plagioclasio quasi completamente sostituito da aggregato sericitico, e clorite. Non rara la muscovite; pure facilmente osservabili zircone, ilmenite, rutilo, ossidi di ferro, apatite; presenti, ma rare, andalusite e tormalina.

Il *quarzo* è rappresentato da individui di dimensioni molto variabili, da microcristallino fino ad elementi che raggiungono sviluppo notevole. Intensamente fratturato, ha estinzione ondulata, spiccatamente irregolare, tanto da simulare talora geminazioni pseudopolisintetiche; a nicols incrociati si osserva netta biassicità anomala. Il *plagioclasio*, che doveva originariamente essere in quantità all'incirca uguale al quarzo, è stato completamente trasformato in un aggregato sericitico, cosicchè riesce difficile determinarne il tipo. Nelle zone ove predominavano gli aggregati plagioclasici, si è formata una vasta plaga unita di sericite.

La *clorite*, derivata da biotite, è incurvata e ridotta a frammenti; contiene come inclusioni fini aggregati sagenitici di *rutilo* e, come inclusioni o associazioni, lamelle di *ilmenite* alterata in leucoxeno. Il pleocroismo dà:

γ = verde; α = verde giallognolo chiaro

I colori d'interferenza sono bleu - grigi di basso ordine, da pennina. In qualche punto si può osservare ancora traccia dell'originario pleocroismo della biotite.

La *muscovite*, generalmente associata alla clorite, non abbondante, è talora sfibrata e ridotta in frammenti.

Qualche frattura è rigenerata da quarzo e clorite; lungo tutte le fratture e incrinature si scorgono minerali di ferro, però interamente trasformati in un prodotto terroso rossastro che da esse si diffonde entro alla roccia.

Notevolissima azione di deformazione meccanica accompagnata e seguita da fenomeni di tipo idrotermale determinanti la sericitizzazione del plagioclasio, la trasformazione in clorite con segregazione di rutilo e di ilmenite, della biotite, una parziale rigenerazione di fratture ad opera del quarzo, ed inoltre la mineralizzazione a magnetite.

b) *in zona intermedia - paragneiss micaceo ad andalusite e tormalina.*

Aspetto macroscopico: Roccia compatta a tessitura scistosa, di colore bruno - nerastro, presentante una alternanza di letti scuri, clorito - micacei, ad altri più chiari. Tessitura parallela con piani feldispatico-quarzosi alternanti a piani essenzialmente formati da miche e clorite. I componenti fondamentali sono: plagioclasio, quarzo, clorite, muscovite, talco, biotite, ilmenite, andalusite, tormalina, apatite.

Il *plagioclasio* è uno dei componenti più diffusi formando la parte essenziale dei letti quarzoso - feldispatici. Presenta una struttura a mosaico; si tratta di

elementi di dimensioni piuttosto piccole, con sericitizzazione incipiente, talora leggermente zonati. Il segno ottico è positivo, i geminati polisintetici sono molto scarsi ed hanno un angolo di estinzione piuttosto piccolo (all'incirca sui 10°), gli indici di rifrazione, sempre inferiori a quelli del quarzo, sono leggermente superiori o quasi uguali a quelli del collolite; si tratta perciò di una albite oligoclasica. In altri punti è invece il *quarzo* a prevalere nell'aggregato quarzoso feldispatico. Anch'esso presenta una struttura a mosaico con principî però, di addentellamento.

Molto abbondanti sono i minerali lamellari: *muscovite*, *talco*, *clorite* e *biotite*, sempre tra loro strettamente associati. Caratteristico è l'aspetto della *biotite* in masserelle subsferoidali o in frammenti sfumati. Intenso il pleocroismo:

$\gamma = \beta$ = bruno affumicato; α = bruno molto chiaro quasi incolore.

In certi punti si osserva un principio di alterazione cloritica e formazione di una *clorite* pleocroica con:

$\gamma = \beta$ = verde azzurrino; α = verde giallognolo quasi incolore

e colori d'interferenza, ora del primo o secondo ordine, quale residuo della birifrangenza della *biotite*, ora giallo di basso ordine, da clinocloro. Veli di *clorite* strettamente associata a *sericite* si osservano poi lungo gli stessi letti ad elementi lamellari. Nella trasformazione della *biotite* si notano spesso segregazioni di *rutilo* in minuti aggregati sagenitici, di *ossidi di ferro*, e forse anche di *ilmenite*. Questa è però, data la sua abbondanza e la sua diffusione anche negli altri elementi della roccia, in parte certamente di origine autonoma; si presenta in lamine isorientate, tozze, con alterazione in leucoxeno. Anche gli ossidi di ferro che in minor quantità, ma pur sempre abbondanti, si osservano lungo i piani di sfaldatura delle miche ed entro a piccole fratture, sono completamente alterati in *limonite* od *ematite* rossastra.

Abbondante la *tormalina*, in prismetti con leggera zonatura e pleocroismo forte:

ϵ = incolore ω = bruno - oliva affumicato, più chiaro nelle parti periferiche.

Caratteristica ed abbondante, associata ai letti micacei, l'*andalusite* in cristalli o, più comunemente, in aggregati granulari. Talora si osservano anche le tipiche sfaldature, e il pleocroismo con chiazze rosee su α . Presenta, in certe zone, una marcata cribrosità con compenetrazione da parte del contermine aggregato cloritico - sericitico. Abbastanza frequente l'*apatite*; rari piccoli granuli di *zircono* o, presso qualche lamina di *biotite*, minuscoli gruppetti cristallini di *clinozoisite*.

c) più vicino al contatto - gneiss cornubianitico a *tormalina* con infiltrazioni ocracee.

Aspetto macroscopico: Roccia compatta microcristallina generalmente grigio - scura, ma passante per gradi a zone ocracee, con colore variabile da giallastro fino a rosso - bruno cupo.

Tessitura scistosa. Componenti essenziali: plagioclasio, quarzo, *muscovite*, *epidoto* e, in quantità minore ma pure abbondanti, *clorite*, *ilmenite*, *pirite*; frequenti anche *rutilo*, *tormalina* e *apatite*. I vari componenti sono disposti per plaghe ove ora predomina l'uno ora l'altro.

Il *plagioclasio* forma anche degli individui ben sviluppati, presenta solo in rari casi geminazioni secondo la legge albite o albite - periclino, è sempre più o meno sericitizzato. Il segno ottico è positivo, gli indici di rifrazione sono nettamente inferiori a quelli del quarzo e uguali o solo molto leggermente superiori a quello del collolite; data la scarsità di geminazioni, ho potuto ottenere solo pochi valori per l'angolo di estinzione che è irregolarmente variabile da punto a punto, anche nello stesso cristallo, fino a massimi di 11°. Questi caratteri definiscono un tipo di albite - oligoclasio.

Il *quarzo* non è molto abbondante; si trova raccolto perlopiù a zone e non presenta tracce particolarmente evidenti di deformazione. Nell'insieme la struttura degli aggregati quarzosi è di un tipo intermedio tra quella a mosaico e quella addentellata.

Molto abbondante è la *muscovite* in lamelle tendenti alla isorientazione, associate intimamente alla clorite e talora con accrescimento marginale su nucleo cloritico. Associato in abbondanza alla clorite si trova pure un termine della famiglia degli *epidoti*, generalmente incolore, senza pleocroismo, con birifrangenza media, di aspetto torbido e perciò non meglio definibile.

Della *clorite* si osservano ancora alcune lamine di notevole sviluppo, nettamente dominanti per le loro dimensioni sugli altri minerali, presentanti però un accentuatissimo riassorbimento magmatico e conseguente aspetto cribroso per inclusioni, specialmente di quarzo. Probabilmente dallo smembramento di consimili lamine sono derivati i minori elementi, diffusi entro alla roccia. Il pleocroismo è poco accentuato, con minime variazioni tra tonalità molto chiare di un giallo-verde torbido. Lungo i piani di sfaldatura presenta spesso delle associazioni con epidoto, sempre con *rutilo* aciculare nei caratteristici aggregati sagenitici con aspetto biancastro di leucoxeno a luce riflessa. Sono pure da notare gli accrescimenti secondari di muscovite su clorite sia ai margini che entro alle cribrature di quest'ultima. Di alcune lamine cloritiche interamente trasformate non restano talora che delle associazioni di epidoto e rutilo.

Lamelle di *ilmenite* di un certo sviluppo sono abbastanza frequenti; hanno tutte subito una completa trasformazione in leucoxeno.

La *tormalina*, non rara, si osserva sempre in piccoli cristalli con una certa zonatura e pleocroismo marcato con:

ε = incolore; ω = bruno oliva; ω = bruno oliva affumicato nel nucleo interno.

Nelle zone ocracee si osserva inoltre, per evidente azione idrotermale, un notevole arricchimento di *minerali di ferro*, probabilmente solfuri, in granuli irregolari completamente alterati con formazione di *limonite* ed *ematite* terrose bruno - rossastre.

Intense azioni pneumatolitico - idrotermali sono provate dalla sericitizzazione del plagioclasio, soprattutto dalla completa cloritizzazione della biotite con segregazione di minerali titaniferi quali il rutilo e forse anche l'ilmenite, dalla formazione di tormalina e, probabilmente in una fase successiva, e limitatamente a certe zone soltanto, dalla mineralizzazione a pirite.

2) **Scisti e filladi con leggero metamorfismo di contatto.**

Fillade talcoso - sericitica - quarto valloncello sul fianco destro di Val Meledrio (dirimpetto a Malga di Vigo). Fillade di colore verde - grigio cupo.

Alterazione estremamente avanzata. La massa di fondo è formata essenzialmente da una minutissima diffusione di *sericite* che, solo in qualche plaga, forma delle lamelle di maggiori dimensioni, qualche volta anche con contorno idiomorfo, che si possono pertanto ritenere elemento dello scisto originario. Fra queste lamelle, certamente per quanto riguarda quelle di maggiore sviluppo e probabilmente anche per quelle minori, altre se ne trovano che, per il piccolissimo angolo degli assi ottici, sono da attribuirsi a *talco*. Caratteristici aggregati si osservano tra le maggiori lamelle di talco e *muscovite*.

La *biotite*, abbastanza diffusa, è sempre in frammenti di piccole dimensioni a margini mal definiti. Il pleocroismo va da una tinta bruno-scura ad una bruno-chiara, ma è molto mascherato dall'alterazione; questa ha dato luogo ad una segregazione di aggregati finissimi di composti ferriferi opachi, probabilmente *ilmeneite*, visto che a luce riflessa la *biotite* presenta un aspetto terroso che la avvicina al leucoxeno. Tali aggregati si incontrano specialmente lungo il bordo delle lamelle. Probabilmente in seguito a questa segregazione, anche l'originaria colorazione della *biotite* è stata attenuata. Analogo scolorimento presenta la *pennina* che, talora ben visibile in certe plaghe delle quali è il costituente essenziale (in qualche caso il nucleo centrale è costituito da un aggregato di *pirite*), è diffusa però, come venature, entro a tutta la roccia e forma anche il minerale di riempimento di certe fratture. Il suo pleocroismo va dall'incolore al verdolino quasi incolore, i colori d'interferenza sono il nero, il bleu, o il bruno di basso ordine. Rari inclusi di *zirconio*.

Fra i minerali femici, assolutamente prevalente, l'*ilmeneite* in granuli o lamelle; in certe zone appare in maggior copia ed è distintamente orientata a sciami; è sempre trasformata in leucoxeno. La *pirite*, in aggregati microcristallini a nidi, è perlopiù associata alla *clorite*. Lo *zirconio* è abbastanza frequente, specialmente come incluso nella *biotite*; talora forma associazioni granulari anche di notevole sviluppo.

L'*epidoto* è rappresentato da granuli o cristalli idiomorfi di piccole dimensioni, non rari. Colori d'interferenza variabili, generalmente del primo o secondo ordine, colorazione di solito scarsa o del tutto assente. Si può ritenere quindi prevalente un tipo abbastanza ferrifero. È pure rappresentata, in cristalli anche ben sviluppati, l'*apatite*.

La massa di fondo è costituita da un complesso di minerali a colori d'interferenza bianco - grigi di primo ordine; sulla natura dei suoi componenti, poco si può dire. Certo di essa fanno parte dei *feldispati*, come ho potuto stabilire dallo esame delle figure d'interferenza su qualche frammento che si presenta, in casi eccezionali, non del tutto trasformato, ed anche perchè in certe plaghe l'originaria geminazione polisintetica del plagioclasio è ancora visibile per la disposizione dei minerali d'alterazione. Sulla presenza del *quarzo*, nulla invece si può dire.

Di aspetto macroscopico analogo a quello della roccia descritta è la "fillade cloritica", sulla sinistra del vallone tra Mistrin e Claemp.

3) Scisti filladici a minerali di contatto.

Fillade andalusitiche a granato - lungo la vecchia strada carrozzabile a S di Fae e a W di Ghirola. (f. 3).

Sul terreno (appunti inediti del prof. Gb. DAL PIAZ) questa fillade si presenta tutta contorta e intensamente fratturata. In certi punti è addirittura fogliettata e ridotta a detrito incoerente.

Aspetto macroscopico: Colore verde-grigio argenteo e tessitura nodulare ondulata. Incipiente alterazione limonitica.

Al microscopio si osserva che in alcune zone prevale una massa microgranulare costituita da sericite e biotite in via di cloritizzazione. In questa massa sono sparsi elementi di quarzo; questo però si trova prevalentemente accentrato in zone globulari o allungate. Come minerali caratteristici la roccia contiene granato e andalusite, quest'ultima prevalente. Ovunque è diffusa una minuta granulazione di ossidi di ferro; in qualche punto si osservano vene di limonite.

La muscovite e la sericite hanno di solito una disposizione orientata; sono compenstrate con clorite e biotite e spesso si spingono, con netta orientazione, anche entro a granuli di altri minerali e specialmente di quarzo. Talora si osservano dei minuti aggregati marginali col quarzo e con l'andalusite.

La biotite è raramente rappresentata da lamelle idiomorfe, perlopiù allo stato di chiazze nebulari sfumate, abbondantemente diffuse tra gli altri elementi della roccia e talora incluse, specie nel quarzo, sotto forma di masserelle subsferoidali. Molto comuni aggregati subparalleli con sericite; spesso è notevolmente cloritizzata.

La clorite esiste, oltre che come derivato dall'alterazione della biotite, anche come minerale di formazione tardiva sotto forma di fibrille diffuse la cui identificazione è basata esclusivamente sulla tinta verdognola, sulla birifrangenza bassissima, sui colori d'interferenza grigio - bluastri (pennina).

Il quarzo, di tipo schiettamente filladico, oltre ad essere diffuso nell'impasto sericitico - biotitico - cloritico, occupa anche delle zone ben delimitate. Contiene allora lamelle idiomorfe di muscovite e masserelle subsferoidali di biotite. Spesso presenta ai margini un intimo aggregato di tipo vermicolare, con sericite.

Il granato è rappresentato da vistosi elementi rotondeggianti minutamente fratturati e con fratture ricementate da un impasto cloritico - sericitico che forma anche un'aureola alla periferia del granulo. Nell'interno dei porfiroblasti si notano elementi granoblastici di quarzo, inclusioni di lamelle sericitiche, e granuli di magnetite di probabile origine secondaria.

L'andalusite appare in cristalli idiomorfici notevolmente sviluppati. Presenta i caratteri tipici per quanto riguarda il segno del minerale e della zona, l'estinzione, il valore della birifrazione, e l'angolo degli assi ottici che è notevolmente

grande. In nessun caso ho potuto invece constatare, tranne una leggera, quasi impercettibile tendenza al roseo, il colore del pleocroismo su α . Frequenti tracce di sfaldatura nonché corrosione e compenetrazione ad opera dell'aggregato sericitico - cloritico di fondo.

Gli ossidi di ferro si trovano talora come masserelle a maggiori dimensioni, più comunemente come minutissima granulazione che accompagna biotite e clorite.



FIG. 3 - Fillade andalusitica a granato a S di Fae e ad W di Ghirola.

Individuo rotondeggiante di granato con numerose fratture ricementate da un impasto cloritico-sericitico, che forma anche l'aureola intorno al granulo. Nell'interno del cristallo si vedono pure delle parti chiare corrispondenti a dei granoblasti di quarzo, incluso insieme a lamelle di sericite e a granuli di magnetite. L'ampia fascia chiara che avvolge da tre lati il cristallo è costituita da quarzo addentellato di grana media con qualche lamella biotitica e muscovitica. (Nic., ingr. 20).

Micascisto ad andalusite - lungo i tornanti della vecchia carrozzabile fra S. Antonio di Marignola e la confluenza del Sarca di Campiglio con il Sarca di Nambrone.

Aspetto macroscopico: Colore grigio argenteo, a zone gialle rossastre per alterazione limonitica. In certi punti include masse terrose giallo-ocracee di una certa compattezza.

Grana medio - piccola variabile. Tessitura scistosa, non però marcata. Componenti essenziali: muscovite e biotite, quarzo, andalusite, sericite; scarso il plagioclasio; come accessori: apatite, zircone, epidoto, zoisite, ossidi di ferro, limonite.

La muscovite è in aggregati subparalleli di lamelle generalmente di modeste dimensioni, associata alla biotite ch'è però più scarsa; gli aggregati sono orientati lungo piani ondulosi.

La biotite, in via di cloritizzazione e talora quasi interamente cloritizzata, ha molte volte contorno indeciso, sfumato. Il suo pleocroismo è:

$\gamma = \beta =$ bruno scuro torbido, $\alpha =$ bruno giallognolo, l'assorbimento: $\gamma = \beta > \alpha$.

La *clorite* (pennina) contiene, raramente, zircone; quali prodotti di segregazione si osservano abbondantissime minute granulazioni di ossidi di ferro, talora di zoisite, ed altre di epidoto, quest'ultime però più scarse.

Il *quarzo* forma degli aggregati nodulari di tipo leggermente addentellato, ricchi di inclusi, specialmente muscovitici e biotitici. Presenta estinzioni ondulate e leggera biassicità anomala.

Abbondante l'*andalusite* in grossi cristalli con retrocessione metamorfica molto avanzata. Questa ha dato luogo a un minutissimo aggregato sericitico, che circonda quasi sempre gli individui cristallini dell'*andalusite* infiltrandosi a dividerla, spesso, in frammenti e rendendo molto irregolare il suo contorno. Certe vaste zone sericitiche che si osservano con notevole frequenza non si possono spiegare altrimenti che ammettendo la completa sostituzione dell'*andalusite* che originariamente le occupava. Nella *andalusite* sono particolarmente frequenti gli inclusi di biotite (anche, ma meno frequentemente, quelli di muscovite primaria). Questa biotite contrasta, per la sua freschezza, con quella cloritizzata non inclusa e testimonia l'azione protettiva svolta dall'*andalusite* stessa. Solo in pochi casi si osservano cristalli di *andalusite* quasi inalterati.

Raro il *plagioclasio*, in piccoli individui, talora con geminazioni polisintetiche. L'angolo di estinzione è molto piccolo, il segno ottico è positivo; si può quindi considerarlo corrispondente a un termine oligoclasio - albitico, prossimo all'oligoclasio. Non vi si scorge mai neppure un principio di alterazione.

I granuli di ossidi di ferro presentano una avanzata alterazione limonitica; vene limonitiche accompagnano talora alcune zone a *clorite*.

La roccia è certamente polimetamorfica. La sericitizzazione periferica dell'*andalusite*, come pure la cloritizzazione della biotite, può essere attribuita tanto alle ultime fasi del metamorfismo di contatto che originò l'*andalusite* e forse anche parte della biotite, quanto a fasi idrotermali tardive del tutto indipendenti.

Fillade cornubianitica ad *andalusite* e tormalina - Rio del Colarin, sopra il sentiero giallo e rosso che congiunge la Malga Ritorto con la Patascoss.

Aspetto macroscopico: fillade grigio - verde compatta.

Roccia scistosa in avanzato stato di trasformazione per sericitizzazione dei plagioclasii e dell'*andalusite* e cloritizzazione della biotite. Elementi essenziali: quarzo, plagioclasii, biotite, *andalusite* e muscovite; accessori: tormalina, rutilo, zircone, ilmenite, pirite, oltre a *clorite*, sericite e leucoxeno, prodotti di trasformazione secondaria.

Il *quarzo* è localizzato a plaghe, in granuli con contorno e caratteri di quarzo filladico.

Per il *plagioclasio*, la sericitizzazione molto avanzata della maggior parte dei granuli non consente di effettuare la determinazione precisa del tipo. Qualche raro frammento presenta una geminazione polisintetica. Gli indici di rifrazione sono leggermente superiori a quelli del collolite e il segno ottico è sempre negativo, ciò che permette di individuare una composizione compresa tra termini oligoclasici

e andesinici per i granuli non alterati, nei quali si osservano fini associazioni allungate di tipo micropegmatitico.

La *biotite* si presenta in due tipi diversi: come lamelle maggiori a margini irregolari quasi interamente alterate in clorite (con segregazione di aggregati sagenitici di rutilo, di ilmenite e di poca zoisite, in minuti granuli), oppure come fibrille e masserelle sfumate, nell'impasto sericitico che circonda i granuli di andalusite, o nell'andalusite stessa. Quest'ultimo tipo non ha che tracce di alterazione. Il pleocroismo della biotite è molto intenso:

γ = bruno cupo; α = bruno giallognolo molto chiaro.

Come incluso si nota lo *zirconio* con aureola policroica. La *clorite* secondaria si è diffusa nella roccia come velo di infiltrazione; presenta colori d'interferenza bassissimi, tipici di pennina.

La *muscovite* è abbastanza comune, oltre che come aggregato sericitico, anche come minerale primario, in lamelle talora di notevoli dimensioni.

L'*andalusite* è alteratissima. Resti di originari elementi cristallini idiomorfi si scorgono al centro di zone sericitiche, che spesso assumono notevole estensione, mentre del minerale originario non rimangono se non minimi frammenti. In qualche elemento è distinguibile il tipico pleocroismo roseo. La biotite di rigenerazione metamorfica per contatto si annida preferenzialmente nelle plaghe di andalusite.

La *tormalina* è in cristalli idiomorfi, leggermente zonati con:

ϵ = incolore; ω = bruno nelle parti periferiche dei cristalli zonati, bruno oliva nei cristalli non zonati e nelle parti interne di quelli zonati.

Il *rutilo* si presenta sempre in aggregati aciculari di tipo sagenitico, simulanti a luce riflessa l'aspetto del leucoxeno.

Piuttosto scarsi gli elementi femici. L'*ilmenite*, in masse irregolari spesso corrose, di notevoli dimensioni, è sostituita per intero da aggregato microgranulare biancastro di leucoxeno. Ilmenite in granuli minuti si trova pure, assieme al rutilo, nell'interno delle lamelle cloritiche. Molto rara la *pirite* in minuti cristallini ottaedrici.

Tipica roccia polimetamorfica nella quale si possono distinguere varie, successive fasi di trasformazioni. Si tratta infatti di una roccia già scistoso-cristallina, alla quale il metamorfismo di contatto ha impresso fundamentalmente la facies mineralogica di gneiss andalusitico tormalinifero. Una ulteriore trasformazione a carattere essenzialmente idrotermale ha poi determinato la cloritizzazione quasi completa della biotite, la sericitizzazione del plagioclasio e dell'andalusite.

Per quanto riguarda in particolare la biotite, ho accennato che se ne osservano due tipi diversi: le lamelle maggiori profondamente cloritizzate, con segregazione di altri minerali, sono da ritenere elementi essenziali della roccia primitiva, mentre le piccole lamelline sfumate e non alterate sembrano da attribuire a una seconda genesi biotitica di contatto, contemporanea a quella dell'andalusite a cui è intimamente associata e dalla quale è stata, almeno in parte, protetta.

Scisto andalusitico - ilmenitico a tormalina - lungo la vecchia strada carrozzabile fra il torrente di Rastel e il rio che scende da Frate (t. III, f. 4).

Aspetto macroscopico: Scisto grigio - verdastro.

Roccia alteratissima. Si riesce ancora a riconoscere, tra gli elementi dell'originaria roccia inalterata, oltre al quarzo, plagioclasti, biotite e muscovite. Molto abbondante l'andalusite e abbastanza diffuse pure ilmenite, tormalina, rutilo, clorite, ematite e magnetite; non raro lo zirconio. Nella composizione attuale della roccia prevale però soprattutto la sericite derivata dall'alterazione di plagioclasti e andalusite, mentre anche l'ilmenite ha ceduto il posto al leucoxeno, e si sono formate delle venature limonitiche.

Il *plagioclasio*, che a giudicare dal confronto degli indici di rifrazione maggiori - uguali a quelli del collolite e dal segno ottico positivo, è di tipo acido, doveva essere nella roccia inalterata uno degli elementi più abbondanti; è quasi totalmente trasformato in sericite. Molto rare le tracce di una geminazione albite-periclino. L'alterazione sericitica, oltre che da lamelle disposte disordinatamente in tutte le direzioni, è rappresentata talora da altre che sono isorientate in piani di geminazione dell'ospite.

Il *quarzo* è scarso; si presenta in granuli irregolari di dimensioni notevoli o in aggregati microgranulari.

La *biotite* è presente sempre in lamelle sfibrate a contorno irregolare; la sua alterazione in clorite è infatti molto avanzata e, contemporaneamente, vi si è accompagnata una segregazione di rutilo in aggregati sagenitici, e di lamelle di ilmenite. Abbastanza abbondanti le sfibrature di clorite neoformata sotto forma di sottili veli di compenetrazione.

Molto diffusa è l'*andalusite* e ancora maggiore doveva essere la sua abbondanza originariamente; alcune sue fratture sembrano ricementate per azione idrotermale successiva all'alterazione. Frequenti gli inclusi, specialmente di ilmenite, zirconio e tormalina.

L'*ilmenite* è abbondante, o sotto forma di vistosi elementi lamellari e talora irregolari, o in aggregati assieme al *rutilo*, inclusi entro alla clorite; è completamente trasformata in leucoxeno.

Ematite e *magnetite* diffuse in minute granulazioni, ma raccolte specialmente in sciame localizzati a zone determinate; di gran lunga prevalente è l'ematite.

La *tormalina* è minerale comune e si presenta esclusivamente sotto forma di piccoli cristallini prismatici, tozzi, costantemente subidiomorfi, policromi, con caratteristico pleocroismo:

ε = incolore; ω = bruno o grigio-verde o grigio-azzurro, talora a chiazze irregolari od a struttura zonare con il bruno nella parte periferica. Ha il normale carattere di minerale uniassico negativo.

La *muscovite*, perlopiù come fine aggregato sericitico, ma talora anche con lamelle notevolmente sviluppate è uno dei componenti principali della roccia. Le lamelle maggiori possono essere forse di origine primaria; molto comuni le flessioni dei piani di sfaldatura.

Lo *zircono* compare in aghetti minutissimi e, più frequentemente, in granuli, talora inclusi nell'andalusite e nella biotite.

Una azione idrotermale successiva alla fase metamorfica che ha originato la facies fondamentale della roccia, è provata dalla intensa alterazione di quasi tutti i componenti mineralogici. Ad essa si possono infatti attribuire la cloritizzazione della biotite, la sericitizzazione dei plagioclasti e dell'andalusite, e la formazione del leucoxeno.

4) **Scisti cornubianitici con aplitizzazione di contatto.**

Fillade sericitico - cloritico - talcosa - q. 1973 a Sud di Val Meledrio e ad W di Fratta del Bagnol.

Aspetto macroscopico variabile da punto a punto; roccia generalmente compatta, nerastra o grigio - nerastra con scistosità non troppo accentuata e infiltrazioni limonitiche lungo certi piani.

Lo stato di alterazione è spinto al massimo, tanto che la parte fondamentale è formata, quasi totalmente, dai minerali che da essa hanno avuto origine, mentre nessuna traccia è rimasta dei minerali preesistenti, fatta eccezione per il quarzo, unico elemento sopravvissuto quasi inalterato alla trasformazione. Come quantità piuttosto scarso, il *quarzo* si presenta disposto in zone subparallele. I singoli granuli sono di dimensioni medie con contorno estremamente addentellato, anche rispetto alla massa alterata degli altri elementi. Qualche frattura, ed una estinzione debolmente ondulata, non sono sufficienti per asserire che la roccia abbia subito azioni di eccessiva deformazione.

La *biotite* è sempre rappresentata da frammenti di piccole dimensioni. In molte lamelle si notano, come inclusi, degli aggregati aciculari di *rutilo*. La *clorite* è un tipo di pennina a colorazione debole o quasi assente e colori d'interferenza grigi o grigio-bluastrì di basso ordine.

La massa di fondo è costituita essenzialmente da un impasto finissimo di *sericite* che non consente di osservare, quasi in nessun punto, resti dell'elemento originariamente prevalente. Che questo fosse un *plagioclasio* è provato dal fatto che è ancora conservata in certe plaghe l'orientazione in sistemi di piani paralleli, o talora tra di loro ortogonali, delle lamelle; solo raramente si osserva della *muscovite* in lamelle di maggior sviluppo.

Fra gli accessori si osservano, non rare, delle associazioni di *ilmenite* e *magnetite* cui talora si uniscono forse anche altri minerali di titanio come *rutilo* e *leucoxeno*. Tali aggregati si osservano in cristalli, in masserelle o nuclei maggiori, ove la periferia sembra costituita da sola *magnetite*, mentre verso il centro essa si associa a tutti gli altri minerali ricordati presentando una certa trasparenza e un aspetto bruno terroso a luce riflessa. *Apatite* e *zircono* sono pure relativamente abbondanti, la prima spesso in cristalli idiomorfi di medio sviluppo, il secondo, sia come cristallini minuti che come granuli ben sviluppati. Talora incluso entro alla biotite, presenta allora la normale aureola policroica.

Nel complesso la roccia offre solo deboli tracce di una azione clastica, mentre intensissima deve esser stata, su di essa, l'azione di natura idrotermale. Si

osserva spesso che la cloritizzazione si è esercitata più intensa nelle vicinanze delle zonule a quarzo, per cui si sarebbe tentati di pensare che anche quest'ultimo sia, almeno in parte, un elemento di origine idrotermale infiltratosi lungo le vie di minor resistenza. Le fasi tardive del disturbo tettonico gli avrebbero poi impresso le modeste tracce di cataclasi già segnalate.

Gneiss cornubianitico - Rio del Colarin, a S di Casa Maturi.

Aspetto macroscopico: Roccia compatta, microcristallina, di colore grigio-verdastro. Fra le chiazze cloritiche si distinguono, più abbondanti, le zone occupate dagli elementi incolori fra i quali sembra prevalente il quarzo. Questa roccia si avvicina molto, macroscopicamente, alle cataclasi granodioritiche verdastre semiafanitiche.

Struttura scistosa con reciproca implicazione degli elementi della roccia nessuno dei quali, se si tolgono gli accessori, presenta idiomorfismo. Numerosi i segni di deformazioni postcristalline subite. Grana molto variabile con maggiori elementi di quarzo.

Il quarzo presenta la tipica struttura addentellata con margini estremamente sinuosi. Vi si osserva una biassicità anomala ed un'estinzione ondulata e spesso di tipo cataclastico, spinta fino all'estremo per cui ne risultano dei pseudogeminati polisintetici. È solcato da frequenti sistemi di incrinature. Piccole fratture attraversano anche gli altri elementi della roccia e sono ricementate da calcite, talora con infiltrazione cloritica.

Il feldispato è fondamentalmente di tipo potassico come denota il valore degli indici di rifrazione sempre minori di quelli del quarzo e del collolite. Sempre allotriomorfo, presenta talora associazioni, a zone irregolari, di tipo pertitico con un feldispato plagioclasico ad indici di rifrazione maggiori. Una alterazione sericitica è localizzata in zone ove probabilmente prevale il plagioclasio; la presenza del plagioclasio è confermata pure dall'esistenza di zoisite e calcite fra i prodotti d'alterazione.

La biotite è stata completamente sostituita da clorite con segregazione di sostanza ocracea.

Fra gli elementi accessori è prevalente l'apatite, in cristalli anche abbastanza sviluppati; minutissimi sono invece i cristallini di zirconio. Tracce di magnetite e di zoisite.

Gneiss cornubianitico - Rio del Colarin, a S di Casa Maturi.

Aspetto macroscopico: La roccia è ora un tipo di gneiss compatto a letti cloritici alternati con altri quarzoso-feldispatici, ora si avvicina invece di più all'aspetto degli scisti verdi per la colorazione più scura e per le maggiori dimensioni delle lamelle cloritiche. Vi si notano anche dei filoncelli di quarzo. Nel complesso ha una certa facies metamorfica di contatto di tipo arteritico, tuttavia non marcato.

Struttura minutamente scistosa. Elementi essenziali, in ordine di abbondanza: quarzo, plagioclasio e biotite più o meno cloritizzata. Accessori comuni: sericite e

clinozoisite; accessori più rari: magnetite, limonite, ematite, apatite, zircone, titanite.

Il *quarzo*, con il caratteristico bordo addentellato, ha estinzione distintamente ondulata.

Il *plagioclasio*, come risulta dal segno ottico positivo, dal confronto degli indici di rifrazione con quelli del collolite e del quarzo, e dal valore dell'angolo di estinzione massima, che è di 14° , è di tipo albitico. È distribuito uniformemente, in elementi allotriomorfi, fra gli altri minerali. Presenta rari geminati polisintetici e, di solito, una alterazione già abbastanza avanzata in *sericite*, la quale mostra talora una certa orientazione preferita nei piani di sfaldatura dell'ospite.

La *biotite*, distribuita in letti orientati, è sempre in uno stadio di cloritizzazione avanzata, la quale dà spesso origine a degli aggregati a fiamma. Contemporaneamente si è avuta una segregazione di *magnetite*. Raramente presenta una alterazione in *limonite* od *ematite*.

La *clinozoisite* è in granuli o in aggregati microgranulari listiformi dai quali si staccano, talora spingendosi in qualche elemento quarzoso incluso, dei cristallini prismatici. L'estinzione è parallela, il segno della zona è ora positivo ora negativo, la birifrangenza media con colori di primo ordine anomali. È sempre allineata lungo i letti biotitico - cloritici e spesso lungo i piani di sfaldatura della biotite stessa.

La roccia non presenta uno spiccato carattere di metamorfismo di contatto con elementi caratteristici, ma piuttosto una alterazione di tipo idrotermale. La clinozoisite potrebbe essere anche elemento di contatto, benchè non si possa escludere che fosse minerale dell'originario scisto cristallino. Potrebbe anch'essa derivare per alterazione idrotermale.

Gneiss biotitico - torrente a N di Prà Manian, via del Panorama (Madonna di Campiglio) (f. 4).

Gli scisti affioranti in questa località si presentano induriti e impregnati di materia magmatica sialica; in genere è ancora ben riconoscibile una tessitura parallela. Lungo le superfici di scistosità si può osservare talora in abbondanza della biotite, in altri casi, per cloritizzazione di quest'ultima, tutta la roccia acquista un aspetto verdastro.

Aspetto macroscopico del campione studiato: Roccia microcristallina compatta, di tipo gneissico. Tessitura parallela con sottili interstratificazioni di biotite cloritizzata alternate ad altre pure sottili di elementi incolori: quarzo e feldispati.

Struttura microcristallina di tipo scistoso. Elementi fondamentali: quarzo, plagioclasio e biotite; accessori: apatite e zircone.

Il *quarzo* presenta estinzione ondulata e accentuata biassicità anomala.

Il *plagioclasio*, raramente geminato secondo la legge albite (con lamelle scarse di numero), presenta alterazione sericitica appena accennata e localizzata. I caratteri del segno ottico positivo, degli indici di rifrazione subeguali a quello del collolite e nettamente inferiori a quelli del quarzo, e dell'angolo di estinzione massima di 12° nei geminati albite, individuano un tipo albitico - oligoclasico. Rare le associazioni parallele di tipo pegmatitico.

Per quanto riguarda la *biotite*, si notano degli accentramenti nei quali è possibile distinguere delle lamelle idiomorfe. Tutta la roccia, poi, tra granulo e granulo, è impregnata da una minuta generazione a lamelline irregolari, così diffusa da far pensare ad una azione secondaria di metamorfismo di contatto. Cloritizzazione incipiente un po' accentuata in quelle stesse plaghe che presentano una più evidente alterazione dei plagioclasti. Accessori: *apatite*, rappresentata anche da tozzi cristalli di notevoli dimensioni, e *zirconio*.

La saussuritizzazione e la sericitizzazione del plagioclasio, la segregazione di epidoto e magnetite che accompagna la cloritizzazione della biotite, testimoniano le azioni di tipo idrotermale subite, mentre incrinature e fessure, alcune delle quali ricementate da calcite, provano che la roccia ha risentito anche gli effetti di azioni meccaniche.

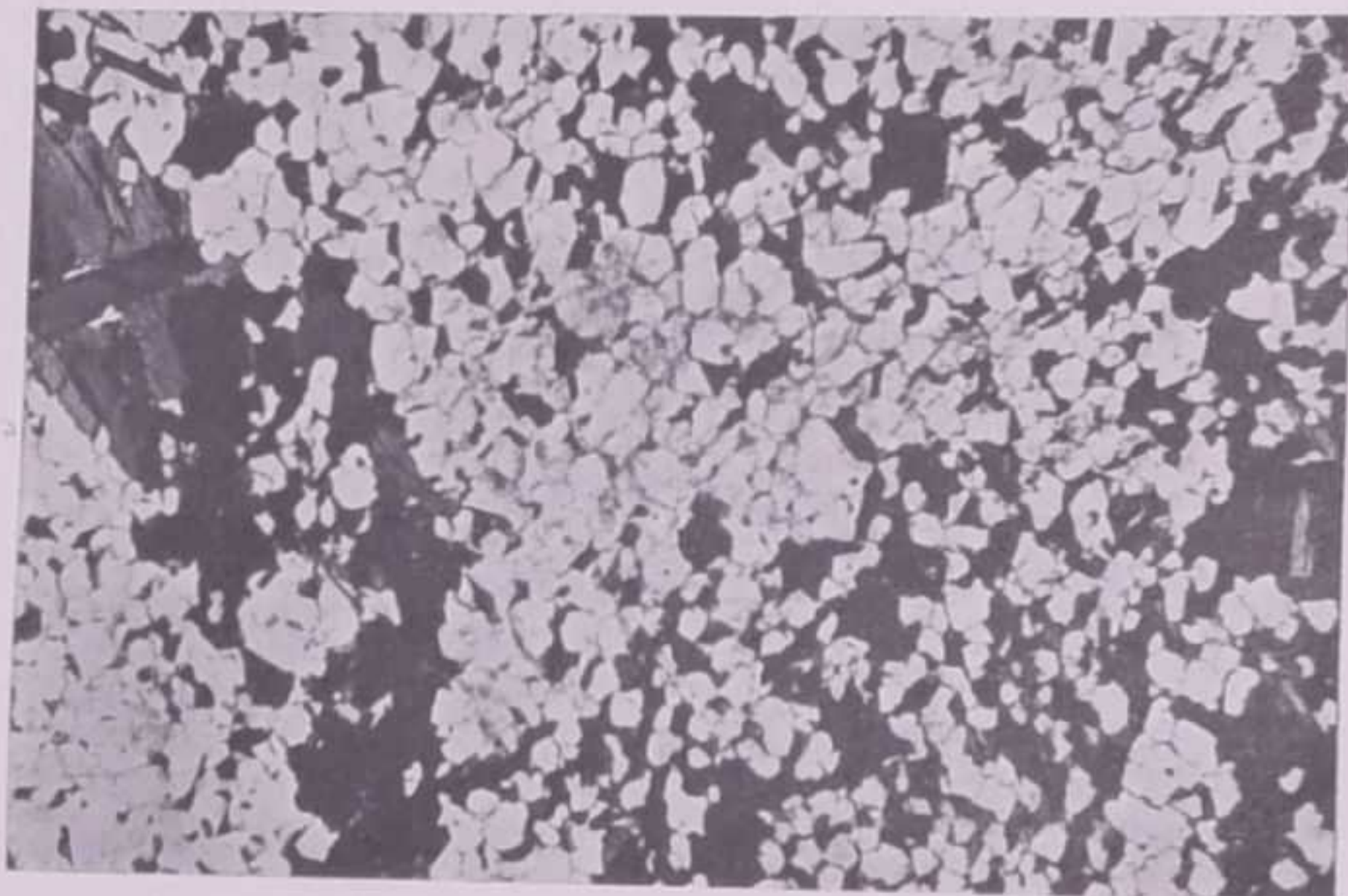


FIG. 4 - Gneiss biotitico - torrente a N di Prà Manian, via del Panorama (Madonna di Campiglio).

Sono visibili, specie a sinistra, degli accentramenti di biotite in lamelle idiomorfe. La parte centrale presenta invece, tra gli elementi di quarzo e plagioclasio, una minuta generazione a lamelline irregolari di biotite di probabile origine secondaria per metamorfismo di contatto. (Nic., ingr. 23).

Cornubianite quarzosa - sopra la vecchia strada carrozzabile nel torrentello che scende da Paluaccio.

Aspetto macroscopico: Rocca microcristallina quasi interamente quarzosa. Vi si distinguono lamelle di muscovite e clorite, nonchè fini chiazze di limonite ed ematite. In qualche punto presenta una evidente tessitura scistosa ed allora ha un aspetto alquanto più scuro per l'abbondanza di sottili letti a clorite intercalati fra quelli a quarzo; lungo tali letti si notano pure estese infiltrazioni limonitiche. La sezione è condotta appunto attraverso un campione di questo tipo. Anche ad occhio nudo si distinguono dei piani di taglio segnati da infiltrazioni limonitiche.

Struttura scistosa. L'elemento di gran lunga prevalente è il quarzo; fra questo compaiono anche dei granuli di plagioclasio non alterato, mentre la diffusione

delle zone di alterazione sericitica fa pensare ad una originaria maggior abbondanza dello stesso minerale. Abbastanza diffusa, perlopiù a zone, si trova la biotite in fiocchi irregolari e solo raramente in lamelle. Talora quasi inalterata, è però di solito completamente trasformata in clorite la quale si diffonde anche, come elemento di genesi tardiva autonoma, fra tutti gli altri minerali. Più rara è la muscovite originaria in lamelle sfibrate come quelle della biotite, molto frequente invece la sericite di origine tardiva. Come accessori, oltre ai prodotti secondari d'alterazione, rutilo, magnetite, ilmenite, limonite ed ematite, si notano, molto rari, zircone ed apatite.

Il *quarzo* si trova prevalentemente accentrato a zone; abbastanza frequenti le fessurazioni.

Il *plagioclasio* è del tipo albite - oligoclasio (angolo di estinzione massimo in zona simmetrica: 14° , indici minori-uguali a quelli del quarzo e leggermente maggiori di quello del collolite, segno ottico positivo). Talora è geminato secondo la legge albite o secondo quella albite - periclino. Si osservano frequentemente delle inclusioni sotto forma di punteggiature di tipo pegmatitico. L'alterazione in sericite è appena accennata.

La *biotite* si presenta perlopiù in flocculi irregolari, ma talora anche in lamelle più o meno sfibrate; il pleocroismo è molto intenso da bruno quasi nero a bruno quasi incolore.

Contemporaneamente alla sua trasformazione in *clorite*, si è avuta una abbondante produzione di *rutilo* nei caratteristici aggregati sagenitici in piani fra loro ruotati di 120° , nonchè di *ossidi di ferro* sostituiti da *limonite* e da *ematite*; pure presente qualche grossa lamella di *ilmenite* alterata in leucoxeno.

Abbastanza comune, però solo in plaghe determinate, corrispondenti a probabili piani di taglio, è il fine *aggregato sericitico* di alterazione verso il quale si orientano, a preferenza, le infiltrazioni di clorite neoformata.

Fessurazioni attraversano tutta la roccia; in molti punti esse sono rese più evidenti dalle infiltrazioni opache di limonite che le accompagnano.

L'alterazione si è evidentemente avanzata lungo piani di frattura come denota l'esistenza, in zone molto vicine l'una all'altra, di plagioclasti e biotite inalterata e degli stessi minerali completamente sostituiti da sericite o clorite.

5) **Anfibolite biotitico - plagioclasica** (t. III, f. 3).

Ne ho avuto a disposizione un unico campione proveniente dalla *valletta del torrente che scende da Paluaccio, subito sopra la vecchia strada carrozzabile*. È una roccia che assomiglia moltissimo ai lamprofiri con tessitura microcristallina, ma ne differisce per il colore molto più scuro, nero, oltre che per il notevole sviluppo e l'abbondanza delle lamelle biotitiche.

Aspetto macroscopico: Roccia microcristallina ultrafemica di colore nero. Si notano, particolarmente frequenti in certe zone, delle lamelle biotitiche; molto rari e distinguibili a stento, gli elementi incolore.

Al microscopio si osservano i caratteri di una roccia cristallina femica a struttura cristalloblastica. L'elemento fondamentale è l'anfibolo, che è anche l'unico elemento che formi, talora, dei porfiroblasti. Seguono, in ordine d'importanza, il plagioclasio profondamente sericitizzato e la biotite in gran parte cloritizzata. Fra gli accessori il primo posto spetta alla sericite, seguita da apatite, ossidi di ferro, epidoto e zoisite.

L'*anfibolo* è del tipo orneblenda verde a colorazione poco intensa. Carattere di minerale negativo, assorbimento: $\gamma = \beta > \alpha$ e pleocroismo intenso con:

$\gamma =$ verde; $\beta =$ verde oliva; $\alpha =$ giallo chiaro; $c/\gamma = 17^\circ \cdot 20^\circ$.

La *biotite* compare in associazioni di lamelle fra le quali spesso vi sono compenetrazioni a fiamma di clorite, da essa derivata, nonchè molto frequenti granulazioni di epidoto. Pleocroismo con:

$\gamma = \beta =$ bruno grigio; $\alpha =$ bruno giallognolo chiaro.

Il *plagioclasio* è quasi interamente saussuritizzato con formazione prevalente di sericite, mentre la zoisite si localizza di preferenza lungo i margini dei granuli, presso il contatto con gli elementi femici. Solo in certi punti si nota qualche zonula frammentaria non completamente raggiunta dall'alterazione. La determinazione precisa del tipo riesce però impossibile benchè il valore degli indici di rifrazione, sempre superiori a quelli del collolite, ed il segno ottico positivo indichino un termine compreso tra l'andesina e la labradorite.

La *clorite* ha tinta verde chiara e pleocroismo quasi inavvertibile, in altri casi invece un po' più elevato, dal giallo al verde, in qualche lamina di maggior sviluppo non associata alla biotite. Si distingue bene dagli altri minerali, a nicols incrociati, per il suo colore d'interferenza bruno nero di infimo ordine che caratterizza il tipo pennina. Per lo più è in intima associazione con la biotite, da cui deriva, con l'epidoto e con la magnetite. Molto caratteristiche sono delle associazioni radiali di tipo sferulitico di lamelle biotitiche e cloritiche partenti da grossi nuclei centrali di magnetite. Quest'ultima si trova pure diffusa in minuti granuli che accompagnano la clorite e sono, evidentemente, di origine secondaria. Rare compaiono nella roccia anche delle lamelline e delle masserelle a tendenza lamellare di *ematite*, di solito associate ai granuli maggiori di magnetite da cui si staccano, talora con passaggio graduale. Per luce riflessa e per luce trasmessa, colorazione normale. Pleocroismo:

$\omega =$ rosso nero; $\varepsilon =$ rosso sangue.

L'*epidoto*, che accompagna sempre biotite e clorite, è granulare, spesso allungato, listiforme, racchiuso entro i piani di sfaldatura. È di tipo pistacitico (pleocroismo accentuatissimo, da verde smeraldo a giallognolo quasi incolore; colori d'interferenza, spesso mascherati dalla colorazione del minerale, bianco giallastri di massimo ordine). Accanto alla pistacite prevalente vi sono anche dei granuli a composizione meno ferrifera, caratterizzati da un minor pleocroismo e da colori di interferenza di ordine medio. Minutissimi *aggregati zoisitici* si trovano poi ad accompagnare, sia i nidi biotitico-cloritici, sia gli elementi di alterazione del plagioclasio. Lo stato di alterazione idrotermale notevolmente avanzata non rende possibile l'analisi chimica e l'analisi mineralogica volumetrica; ciò nonostante, in

base alla composizione mineralogica e alla struttura, si può ritenere trattarsi di una roccia metamorfica e, probabilmente, di un ortoscisto.

6) Scisti della Serie del Tonale.

Un carattere particolare presenta, per l'abbondanza di cordierite, pirite e sillimanite, il "paragneiss cornubianitico quarzoso - biotitico - cordieritico a sillimanite,, di Liberdon (Commezzadura), in Val di Sole.

Aspetto macroscopico: Scisto grigio nero, prevalentemente micaceo, di media compattezza. Alternati ai letti di mica è possibile distinguerne altri di elementi incolori.

Evidente tessitura scistosa dovuta alla ripetuta alternanza fra letti di biotite, muscovite e pirite, ai quali si addossano preferenzialmente i minerali caratteristici, cordierite e sillimanite, e letti di altri elementi, rappresentati quasi esclusivamente, toltine gli scarsi plagioclasti, dal quarzo.

Elementi prevalenti: quarzo, biotite e muscovite; in quantità minori: plagioclasio, cordierite, pirite e sillimanite; accessori: zoisite, zircone ed apatite.

Il quarzo presenta talora elementi di dimensioni dominanti su quelle degli altri componenti, ma per lo più è microgranulare. Ha estinzione ondulata, è leggermente biassico ed è solcato da molteplici piani di frattura. Include lamelline di biotite, granuli di pirite, aciculi di sillimanite, cristallini di apatite. Il margine è spesso irregolarmente sinuoso ed in qualche caso presenta degli addentellati vermicolari mirmechitici.

La biotite è di tipo notevolmente ferrifero (pleocroismo fino a tinte accentuatamente brune). Caratteristico è il suo aspetto in fiocchi irregolari diffusi, in masserelle e lamelline a contorno circolare incluse in granuli di altri minerali (particolarmente nel quarzo). Associata a muscovite, nei confronti della quale è però prevalente, o in fini venature fra gli elementi granulari.

La muscovite si osserva, di solito, in grosse lamine idiomorfe o sfibrate, talora fortemente contorte da azioni dinamiche. Alcune lamine maggiori contengono, come caratteristico incluso, degli sciami di sillimanite.

La cordierite, a prima vista mal distinguibile dal quarzo e in parte dai plagioclasti, là dove questi non presentano geminazione polisintetica, è nettamente differenziabile dal primo per la sua biassicità e dai secondi per il segno ottico, dato che nella roccia i plagioclasti sono di tipo albitico quasi puro e quindi con segno ottico positivo. È caratterizzata inoltre dall'abbondanza di diffusi granuli di pirite come inclusi e dalla associazione con altri elementi, probabilmente quarzo e clorite che le danno, a nicols incrociati, un aspetto pertitico, e a nicols paralleli, una lucentezza resinosa. Presenta talora delle microimplicazioni di sillimanite. È abbondante in plaghe allotriomorfe, talora estese, per lo più associate ai letti delle miche. Contiene pure inclusi anche degli elementi di notevoli dimensioni, quasi sempre di plagioclasio.

Il plagioclasio, comunemente geminato secondo la legge dell'albite e talora secondo quella albite - periclino, è diffuso qua e là. Si tratta di un termine molto acido (albite quasi pura) come denotano l'angolo di estinzione massimo di 20°, i

valori degli indici di rifrazione confrontati con quelli del quarzo e del collolite, e il segno ottico del minerale positivo.

Gli elementi opachi sono rappresentati quasi esclusivamente da *pirite* in minuti granuli abbondantemente diffusi, specialmente lungo i piani micacei.

La *sillimanite* si osserva sotto forma di aciculi in aggregati subparalleli, con andamento a fasci o sciami irregolari entro alla muscovite e ad altri elementi della roccia, in particolare entro al quarzo e alla cordierite. Data la estrema minutezza dei cristallini risulta impossibile potervi distinguere altri caratteri che non siano il modesto rilievo, la forma prismatica e l'estinzione parallela.

La *zoisite* è piuttosto rara, in cristalli idiomorfi o in granuli di notevoli dimensioni; si tratta evidentemente di minerali dello scisto originario, non di origine tardiva. I cristalli si presentano incurvati per azioni dinamiche. La totale assenza di colore è indice di un tipo zoisitico puro. I caratteri ottici principali sono: Ch_m : positivo, Ch_z : negativo, colori d'interferenza grigio-neri di basso ordine.

Zircone ed *apatite* sono elementi molto rari.

La cordierite è certamente minerale metamorfico di contatto, verosimilmente formatosi per influenza della vicina tonalite. Potrebbe esserlo anche la sillimanite, che però è un minerale diffuso nei catascisti della "Serie del Tonale", ove si può pensare sia invece dovuta a metamorfismo di dislocazione (49,15).

II) GRANITI, GRANODIORITI A TENDENZA GRANITICA E LORO FACIES.

Rocce olocristalline a grana variabile. Prevalgono i tipi a grana media; nella zona dei valloncelli del Meledrio affiora anche un tipo a grana vistosa. Componenti essenziali sono il quarzo e i feldispati; questi ultimi, nelle granodioriti a grana media, sono in genere tutti bianchi o solo leggermente ocracei, mentre in quelle pegmatitiche l'ortoclasio tende al roseo ed è, talora, spiccatamente roseo. La biotite, in quantità molto minore, costituisce lamelle di piccole dimensioni; anche nei tipi pegmatitici le dimensioni non sono maggiori. Si nota sempre, già ad occhio nudo, un principio di alterazione.

La granodiorite è la roccia che più ha risentito delle azioni di deformazione meccanica e si presenta sempre fortemente fratturata. Nei tipi più sani la cataclasi non si avverte macroscopicamente, se non per la incipiente cloritizzazione della biotite; l'osservazione microscopica rivela invece, anche in questo caso, abbondantissime deformazioni clastiche. Di solito però nella zona in esame, per rocce di questo tipo, la cataclasi appare anche all'esame macroscopico; essa si rivela dapprima per la presenza di frequentissimi piani di frattura che le solcano in ogni senso; in molti casi non è possibile ottenere una frattura regolare, nè se ne possono estrarre dei buoni campioni, perchè alla percussione la massa si riduce in frammenti. Di pari passo procede la cloritizzazione che, partendo dalle originarie lamelle biotitiche, si diffonde sempre più tra gli elementi incolori causando un progressivo inscurimento della roccia la quale, un po' alla volta, acquista una tinta grigio-verdastra. La diffusione di graniti-granodioriti cataclastici di questo tipo può forse

spiegare come, da alcuni autori, queste rocce siano state classificate quali granodioriti o addirittura dioriti, nonostante l'aspetto macroscopico normale e i caratteri osservabili al microscopio siano fondamentalmente quelli di un granito⁽¹⁾. In queste condizioni la roccia conserva spesso ancora una certa compattezza, in altri casi, invece, si ha una diffusa alterazione limonitica che dà alla granodiorite un aspetto "marcio"; certe volte si nota anche una limitata alterazione del plagioclasio in prodotti terrosi bianchi. Fino a questo punto è rimasta tuttavia ben visibile la tipica struttura olocristallina; per quanto avanzata sia la cloritizzazione o la limonitizzazione, i caratteri essenziali sono sempre quelli di una granodiorite facilmente riconoscibile come tale. Col procedere della cloritizzazione, questa invade e copre infine tutti gli elementi incolori. In qualche tipo intermedio è ancora possibile distinguere, qua e là, nella massa afanitica uniformemente verde, qualche elemento più chiaro; nel tipo più spinto tutto è di una tinta molto uniforme, verdastra, più o meno scura. Nonostante la cataclasi, questo tipo presenta spesso una notevole compattezza. Quando la deformazione è giunta a questo punto, nessun dato macroscopico permetterebbe di avvicinare queste rocce alle granodioriti o ai graniti; che esse ne derivino è però provato, oltre che dai rapporti di giacitura, dall'osservazione microscopica. In una zona di scarsa potenza, nelle vicinanze immediate dei piani di scorrimento tettonico, la roccia perde infine la sua compattezza per acquistare una laminazione, talora evidentissima; il colore può passare, in tal caso, dal verde al grigio, per alterazione argillosa, e al nero, per arricchimento in sostanze carboniose.

Gli affioramenti sono abbastanza numerosi. Come risulta dagli appunti inediti dei proff. Giorgio e Giambattista DAL PIAZ, si tratta di apofisi più o meno vistose entro alla formazione degli scisti, sui quali hanno agito con evidenti fenomeni di iniezione e di metamorfismo di contatto, oppure anche di nuclei tra scisti e tonalite; tra quest'ultima e il complesso scisti-granodiorite la separazione, ben netta, è data

(1) STACHE chiama granito la roccia del vicino Monte Sabion dalla quale i nostri nuclei si staccano come apofisi ("Granit des Sabion", 46, p. 255). Secondo TELLER (48, p. 718) "ist der Sabbione-Diorit ein grob- bis mittelkörniges, selten feinkörniges Gestein, das sich durch einen reichlichen Gehalt an Kaliglimmer schon makroskopisch sehr scharf von den übrigen, fast ausschliesslich biotit-führenden granitischen Gesteinstypen des Adamello unterscheidet...". VACEK, della massa eruttiva del Sabion, presso al contatto meridionale e occidentale con gli scisti parla come di un "Granitkern", (56, p. 202). SALOMON (37), occupandosi delle masse granitiche che compaiono entro al sistema degli scisti nei dintorni di Pinzolo, le collega pure al granito del Sabion ("Sabbionegranite"). SCHWINNER nel lavoro sul M. Spinale (41, p. 145) così si esprime: "Nach meinen Dünnschliffen möchte ich das Gestein eigentlich nicht als Diorit bezeichnen. Es enthält neben reichlich Quarz bedeutend mehr Orthoklas als (gänzlich kaolinisierten) Plagioklas und ausserdem Chlorit (wahrscheinlich nach Biotit), was etwa einem Biotitgranit entsprechen würde..."; conclude dicendo di conservare la denominazione "Sabbionediorit", già introdotta in precedenza, solo in quanto le sue ricerche petrografiche non sono complete e in quanto il problema dovrebbe essere risolto in rapporto anche alle condizioni del Corno Alto. Nel successivo lavoro di SCHWINNER (42, p. 145) la roccia viene però chiamata senz'altro "un granito biotitico chiaro con aspetto abbastanza uniforme". Mentre, come si è visto, in un primo tempo SALOMON considerava la roccia un granito, più tardi, nella sua monografia (39), introduce anch'egli il termine "Sabbione-Diorit", usando però contemporaneamente la denominazione "Quarzglimmerdiorit", (39, p. 154). Pure WIEBOLS (57, p. 268) parla di "Sabbione-Diorit", ma, sotto questo titolo, la descrizione della roccia si inizia con le parole "Dieses granitische Gestein baut...", ove l'aggettivo "granitische", se non ha un significato generico e impreciso, esprime una evidente contraddizione nella nomenclatura petrografica.

Le osservazioni da me fatte sulla composizione delle granodioriti a tendenza granitica non si possono però estendere senz'altro a tutta la massa del Sabion in quanto i campioni che ho esaminati potrebbero appartenere a facies più acide, come la estesa differenziazione aplitica sul bordo occidentale del Sabion di cui parlano SCHWINNER, SALOMON e, sui loro dati, WIEBOLS (57, p. 268).

dalla linea delle Giudicarie. L'affioramento più vasto è quello delle vallette sul fianco destro della Val Meledrio, altri sono segnalati a Fratta di Bagnol, in Val Nambino, nella zona di Madonna di Campiglio, a Fogaiard⁽¹⁾; lembi isolati compaiono pure lungo tutto il fianco destro della Val Rendena tra Madonna di Campiglio e S. Antonio di Marignola. Lame di granodiorite - granito si possono osservare anche sul fianco E del Monte Spolverin e in Val Rotiano, incuneate tra Trias e tonalite.

Le masse granodioritiche - granitiche della zona in esame presentano evidenti rapporti con quelle analoghe del Monte Sabion e con i graniti e le granodioriti segnalate da TRENER (52) e da COLBERTALDO (13, p. 16) per il Corno Alto e per il nucleo del Sostino.

1) **Granodiorite a grana media.**

È la facies più diffusa. I feldispati sono quasi sempre incolori benchè compaia anche, localmente, dell'ortoclasio roseo. Appartengono a questo tipo la granodiorite di *Fogaiard* e alcune facies della granodiorite dei valloncelli del *fianco destro di Val Meledrio*.

L'analisi chimica della granodiorite di *Fogaiard*, che è il tipo meno alterato, fra quanti si presentano nella zona, ha dato i seguenti risultati:

Si O ₂	67.16	Mg 0	1.98
Ti O ₂	0.52	Ca 0	2.81
P ₂ O ₅	0.11	K ₂ 0	3.40
Al ₂ O ₃	15.01	Na ₂ 0	3.20
Fe ₂ O ₃	1.74	H ₂ 0 -	0.25
Fe 0	2.45	H ₂ 0 +	1.32
Mn 0	0.04		
		Somma:	99.99

Formula NIGGLI

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>p</i>	<i>ti</i>	<i>c/fm</i>
286.2	37.68	27.04	12.82	22.46	0.39	0.46	0.21	1.72	0.46

Il tipo della roccia si avvicina maggiormente a quello dei magmi granodioritici normali di NIGGLI, fatta eccezione per i valori di *c* e *fm*, che lo ricollegano invece con quello dei magmi granitici normali. Notevoli pure i caratteri in comune con il magma adamellitico, dal quale si scosta per un valore più alto di *fm* e più basso di *alc*. Anche il valore del coefficiente *qz* conferma la tendenza grano-

(1) Fogaiard rappresenta l'estremità settentrionale del grande nucleo eruttivo del Monte Sabion.

dioritico - adamellitica della roccia. Tipi affini, con caratteri misti di granodiorite e granito, sono segnalati da COLBERTALDO (13, p. 17) per il gruppo del Corno Alto e da MORGANTE (4, p. 200) per le Vedrette di Ries. Altre facies analoghe si trovano pure nel massiccio del Monte Croce (ANDREATTA, 2, p. 21).

T I P O	si	al	fm	c	alc	k	mg	qz
adamellite (NIGGLI)	300	37.5	22.5	13.5	26.5	0.45	0.3	+ 94
granito normale (NIGGLI)	270	34	29	13	24	0.45	0.35	+ 74
granod.-granitica di Fogaiard	286	37.7	27	12.8	22.5	0.39	0.46	+ 96
granod. normale (NIGGLI)	280	39	22	17	22	0.45	0.4	+ 92
granod. biotitico-ortoclasica - Cima Vila (MORGANTE)	276	39.2	21.6	17.5	21.7	0.42	0.3	+ 89
granod. granitica - Valle Germenega (COLBERTALDO)	284	31	29	16	24	0.25	0.25	+ 88

La composizione mineralogica in volume determinata al tavolino integratore per la granodiorite di Fogaiard dà:

quarzo	28 %	plagioclasio (da oligoclasio al 15 %	
ortoclasio (spesso con		An a andesina al 30 % An)	36 %
associazioni pertitiche)	27 %	clorite	8 %
		epidoto	1 %

L'aspetto macroscopico di queste granodioriti è quello di rocce olocristalline a grana media, costituite in assoluta prevalenza da elementi chiari (quarzo e feldspati) e in quantità subordinata da elementi femici (biotite cloritizzata in piccole lamelline).

Gli elementi essenziali sono: quarzo, ortoclasio e plagioclasio. In quantità minore, sempre fra i componenti essenziali, si trova la biotite, in istato più o meno avanzato di cloritizzazione, o la clorite, che dalla biotite è derivata. Accessori primari, scarsi, sono l'apatite in cristallini minuti, lo zircone, la muscovite, la magnetite e la pirite in rari granuli. Come elementi di origine secondaria, sono sempre presenti, in maggiore o minore quantità, epidoto, zoisite, sericite e calcite.

Il quarzo, sempre nettamente allotriomorfo, è sotto forma di grossi granuli irregolari. Intensissima ne è la cataclasi rivelata, oltre che dalla estinzione perlopiù fortemente ondulata (talora è visibile una estinzione a zone subparallele per pseudogeminazione di origine dinamica) e dall'accentuata biassicità, dalle numerose diaclasi, talvolta beanti, ed in tal caso ricementate generalmente da calcite, mista, certe volte, a clorite. I margini che separano i singoli granuli quarzosi tra di loro sono in qualche caso, finemente addentellati, di solito però, lineari. Inclusi: plagioclasio, epidoto, clorite e sericite.

L'ortoclasio è rappresentato da estese plaghe spiccatamente allotriomorfe, in quantità inferiore, uguale od anche superiore al plagioclasio, a seconda dei campioni studiati. Si distingue facilmente da questo, oltre che per i valori degli indici, per non essere alterato, e per le minute inclusioni di tipo pertitico orientate. Non rari gli inclusi, specialmente di plagioclasio, anche con un certo sviluppo e sempre nettamente idiomorfi. Talora è geminato secondo la legge di Carlsbad, sempre è solcato da diaclasi più o meno numerose, e presenta una minuta diffusione ocracea. Le misure al T. U. hanno dato segno ottico negativo ed angolo degli assi ottici:

a) per la granodiorite di Fogaiard: $2V = 64^\circ$; $2V = 68^\circ$

b) per la granodiorite del terzo valloncetto del fianco destro di Val Meledrio: $2V = 73^\circ$

Il plagioclasio si trova sempre in uno stadio molto avanzato di alterazione. I prodotti che ne derivano variano col variare della composizione; così le parti periferiche sono di solito sericitizzate, quelle interne zoisitizzate; talora si osserva una intima mescolanza dei due prodotti di alterazione a formare un aggregato saussurítico. Generalmente, forse a causa dell'alterazione, le geminazioni secondo la legge dell'albite che si osservano sono scarse e poco marcate. Nella granodiorite di Val Meledrio le rare geminazioni si conservano solo presso il bordo meno alterato e presentano spesso energiche flessioni. In taluni elementi, specialmente quelli inclusi nell'ortoclasio, si osserva un sottile orlo di generazione secondaria, non alterato, che, almeno nel caso della granodiorite di Fogaiard, sembra più alcalino, per il valore dell'angolo di estinzione un po' più elevato che nella parte centrale. La composizione è diversa nei due campioni presi in esame, come risulta dalla tabella che segue:

a) granodiorite di Fogaiard. Nei geminati semplici, valori massimi di estinzione simmetrica di pochi gradi, con una certa variazione tra il centro e la periferia che, in genere, ha estinzioni parallele o a piccolissimo angolo. Indici di rifrazione di poco superiori a quello del collolite. Misura di un geminato albite-Carlsbad:

parte periferica: I: 0° ; II: 1°

oligoclasio al 15-20% An

parte centrale: I: 11° ; II: 15°

andesina al 30% An

alterazione prevalentemente sericitica: al centro si osserva scarsa zoisite e ancor più rara calcite, unici elementi determinabili di un aggregato saussurítico.

b) granodiorite di Val Meledrio. Determinazione difficile dato lo stato di alterazione. La misura di qualche angolo di estinzione di geminati polisintetici dà:

$17^\circ - 18^\circ = 35 - 40\% \text{ An}$

il segno ottico è positivo, gli indici di rifrazione sono superiori al collolite, per cui si può dedurre una composizione di tipo andesinico prossimo al 40% An, oppure di tipo andesinico oligoclasico, nei cristalli in cui la distribuzione della zoisite e della sericite attestano la originaria zonatura; alterazione: in prevalenza zoisite nella parte centrale e sericite in quella periferica.

La biotite è quasi interamente cloritizzata. La clorite, in lamine perlopiù di modeste dimensioni, presenta nella maggior parte dei casi, i caratteri della biotite da cui deriva. Lungo i piani di sfaldatura, frequentemente contorti, si allineano delle zonule di zoisite, epidoto, apatite. Nella granodiorite di Fogaiard è prevalente l'epidoto; zoisite e calcite si trovano molto più raramente.

Solo presso i bordi, o in zone contigue, si notano delle apofisi e vermicolazioni di clorite neoformata che talora si spinge anche entro alle fratture beanti di altri minerali. Caratteri tipici di pennina: colori di interferenza bleu-neri, uniassicità, segno ottico negativo, carattere della zona positivo, sensibile pleocroismo dal giallo o incolore, per vibrazioni α normali alle sfaldature, a verde per vibrazioni γ ad esse parallele; assorbimento $\gamma = \beta > \alpha$. Raramente si notano associazioni parallele tra pennina e *muscovite*. Nella clorite della roccia di Fogaiard sono abbondanti, come inclusi, i granuli di magnetite; nella stessa roccia le marcate e brusche incurvature del minerale rivelano l'azione di intense deformazioni meccaniche.

Quanto ai minerali accessori, apatite, zircone, zoisite, epidoto, minerali di ferro, i loro rapporti quantitativi sono un po' più variati nelle due rocce considerate. A Fogaiard prevale l'epidoto e la magnetite, in Val Meledrio l'epidoto e la zoisite. In gran parte questi minerali sono associati alla clorite. L'*epidoto* è di composizione variabile, però piuttosto ferrifero, come indicano il pleocroismo e la birifrangenza. Talora è incolore, tal'altra giallo-verde o giallo-bruniccio, con caratteri passanti per gradi all'ortite bruna e intensamente pleocroica; quest'ultima è caratterizzata, generalmente, da uno spiccato idiomorfismo. *Apatite* e *zircone* sono rappresentati da granuli idiomorfi. Nella granodiorite di Val Meledrio, fra gli elementi accessori si trovano, ma estremamente rari, granuli di *magnetite* e cristallini di *pirite*. Le due rocce considerate presentano entrambe notevoli deformazioni meccaniche. I minerali sono attraversati in tutte le direzioni da piani di taglio e spesso da fratturine beanti ricementate con calcite e clorite o, più raramente, clorite sola. Nella sezione del campione di Val Meledrio, in qualche punto, si nota che la calcite di ricementazione è, a sua volta, attraversata da apofisi provenienti dai vicini granuli di quarzo. Nella stessa sezione, in qualche caso, ho potuto osservare anche una rigenerazione idiomorfa di plagioclasio spingersi, dal bordo poco alterato del plagioclasio stesso, entro alla massa sericitizzata centrale. In ogni punto della roccia si notano gli effetti di un intenso disturbo tettonico postcrystallo, che ha favorito la avanzata saussuritizzazione dei plagioclasii per contemporanee azioni idrotermali.

2) Graniti e granodioriti a grana grossa.

Macroscopicamente si differenziano in tipi a maggiore o minore acidità a seconda della quantità di elementi femici. In tutti, ma specialmente in quelli acidi, l'ortoclasio tende a una colorazione rosea. Questa facies a grana pegmatitica, del granito, si osserva nella zona dei valloncelli sul fianco destro del Meledrio, più precisamente, nel secondo valloncello e nel terzo. Data la maggiore scarsezza della biotite-clorite, e la presenza di tipi di plagioclasio più acidi, fino ad albitici, molte di queste rocce sono dei tipici graniti.

Ho preso in considerazione il caratteristico granito a ortose roseo del secondo valloncello ed altre facies, leggermente più biotitiche, dello stesso valloncello e di quello che ad esso segue verso valle. I tipi del secondo valloncello corrispondono

fondamentalmente, tranne per le dimensioni dei granuli minerali, a quelli di grana media della Val Meledrio precedentemente descritti. Se ne scosta leggermente, per alcuni caratteri, il "granito a ortose roseo tipico". I caratteri distintivi sono i seguenti: anzitutto, maggior scarsità di biotite - clorite e maggior abbondanza di ortoclasio a compenetrazioni pertitiche (misure al T. U.: $2V = 74^\circ$). Detto ortoclasio è, inoltre, molto più ricco di minute diffusioni ocracee. L'alterazione dei plagioclasti è molto meno avanzata che nei campioni precedentemente studiati; sono frequentemente visibili i geminati albite e albite - periclino, qua e là con tracce di flessione dei piani di sfaldatura. Nel plagioclasio è distinguibile pure una certa zonatura, per quanto non molto marcata, che rivela un passaggio verso termini un po' più ricchi di calcio nella parte interna dei granuli, ove la diversità di composizione non è determinabile per l'alterazione saussuristica più avanzata, ma è confermata dalla maggior abbondanza di zoisite tra i prodotti secondari. Nel complesso si può ritenere trattarsi di miscele albitiche - oligoclastiche, con passaggio verso termini albitici alla periferia e verso termini oligoclastici all'interno. Degli indici di rifrazione infatti, uno è maggiore e l'altro uguale a quello del collolite. Al T. U., come massimo angolo di estinzione simmetrica, ho ottenuto: 17° (albite). La quantità di plagioclasio è sempre inferiore di gran lunga a quella del quarzo e dell'ortoclasio e i suoi granuli sono sempre di dimensioni minori. L'epidoto è scarsissimo. Qualche piccola frattura è riempita da granuletti di quarzo neoformato e da clorite, altre da calcite.

Per questa roccia l'analisi chimica ha dato:

Si O ₂	77.49	Mg O	0.72
Ti O ₂	0.20	Ca O	1.69
P ₂ O ₅	0.05	K ₂ O	4.73
Al ₂ O ₃	9.85	Na ₂ O	2.69
Fe ₂ O ₃	0.51	H ₂ O -	0.16
Fe O	1.19	H ₂ O +	0.53
Mn O	0.02	C O ₂	0.61

Somma: 100.44

Formula NIGGLI

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>p</i>	<i>ti</i>	<i>c/fm</i>
493.5	36.95	15.76	11.52	35.80	0.54	0.43	0.15	0.95	0.73

La roccia si avvicina soprattutto al tipo rapakiwitico, dal quale differisce però per il contenuto nettamente elevato della silice (in proposito si può osservare tuttavia che anche tra i graniti rapakiwitici si trovano rocce molto ricche di silice) e per il rapporto tra i coefficienti *al* e *alc* che, mentre è vicino ad 1 nella nostra roccia, segna invece una netta prevalenza di *al* nel rapakiwi. Per quest'ultimo

carattere, seguendo la chiave proposta dal NIGGLI, si verrebbe a cadere nel tipo granitico normale delle serie alcalino-sodica che però, oltre al tenore nettamente più basso in *k*, ha anche un tenore generalmente molto basso di *c*. Anche le apliti granitiche normali della serie alcali-calcica si scostano dalla nostra roccia per tenori nettamente più bassi di *fm* e di *c*. In complesso si tratta di un granito aplitico a tendenza alcalino-potassica, che non rientra in nessuna delle tre categorie prospettate pur accostandosi più nettamente ai termini aplitici dei rapakiwi. Si può ancora osservare che, dato il contenuto in CO_2 e la constatata presenza di calcite in vene di riempimento, si può considerare che una parte almeno del calcio sia di apporto secondario e che da ciò appunto derivi il valore un po' troppo elevato del coefficiente *c*. Il coefficiente *qz* molto elevato conferma il carattere decisamente aplitico di questa roccia. Composizione analoga per quanto riguarda specialmente *si* e *k*, hanno le apliti granitiche filoniane nettamente potassiche con salbanda pegmatitica della Val Nambrone, studiate dal FENOGLIO (24, p. 40), che le avvicina ai tipi delle alaskiti potassiche.

		<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>qz</i>
magma rapakiwitico (magmi leuco sien-granitici) (NIGGLI)		350	41	18	9	32	0.45	0.3	+ 122
granito di Val Meledrio		493	36.9	15.8	11.5	35.8	0.54	0.43	+ 250
magma granitico alcalino normale (magmi granitici alcalini) (NIGGLI)		400	41	15	3	41	varia	0.2	+ 136
magmi leucogranitici	magma granitico aplitico (NIGGLI)	460	47	8	5	40	0.45	0.25	+ 200
	magma granitico yosemitico (NIGGLI)	350	43	14	13	30	0.45	0.3	+ 130
magma adamellitico (magmi granitici) (NIGGLI)		300	37.5	22.5	13.5	26.5	0.45	0.3	+ 94

I dati dell'analisi volumetrica sono i seguenti:

quarzo	40 %	plagioclasio (da albite a oligoclasio) e	
ortoclasio pertitico e		suoi prodotti d'alterazione	23 %
suoi prodotti d'alterazione	35 %	clorite	2 %

Un tipo leggermente più biotitico, con ortoclasio solo leggermente rosato, è quello del *terzo valloncetto della valle del Meledrio*.

Il *quarzo* presenta anche qui tutti i caratteri del *quarzo cataclastico*, ed è nettamente allotriomorfo rispetto agli altri minerali di cui contiene inclusi. Nei riguardi dell'ortoclasio, la contemporaneità di formazione è provata da reciproci addentellamenti; in qualche punto, peraltro, si può notare un certo idiomorfismo di qualche granulo di *quarzo* rispetto all'ortoclasio.

Dei feldispati sono presenti, in parti suppergiù uguali, *ortoclasio* e *plagioclasio*. Il primo, in plaghe allotriomorfe, si osserva sempre come elemento fondamentale dei caratteristici aggregati pertitici; spesso presenta una estinzione ondulata e fratturazioni. L'alterazione è invece molto superficiale, e probabilmente interessa solo lo scarso plagioclasio dell'aggregato pertitico. Il *plagioclasio* comincia a presentare, talora, un certo idiomorfismo. Il segno ottico è positivo, gli indici sono sempre inferiori al valore ω del quarzo, mentre rispetto al collolite sono generalmente uguali o superiori; al bordo dei cristalli zonati si osservano però anche indici inferiori al collolite. Questi caratteri permettono di attribuire il plagioclasio a termini molto sodici della serie, tanto che si può considerare come albite la estrema periferia e verso il centro si possono ammettere termini oligoclasici. Al centro dei cristalli è generalmente prevalente la *saussurite*, mentre nelle parti più periferiche predomina in modo assoluto la *sericite*; solo l'estremo bordo periferico sfugge, talora, all'alterazione.

La *biotite* è sempre intensamente cloritizzata; frequenti le segregazioni di *ossidi di ferro* e, specialmente lungo i piani di sfaldatura e lungo i bordi, le *granulazioni zoisitiche* o *epidotiche*. Pure frequentemente associati alla biotite-clorite si trovano *apatite* e *zircono*. La *clorite* è un tipo di pennina, come denotano i colori d'interferenza di basso ordine (azzurro-nero) e il pleocroismo con $\gamma = \beta =$ verde scuro e $\alpha =$ giallognolo chiaro; frequenti gli incurvamenti dei piani di sfaldatura.

L'*epidoto*, oltre che dalle granulazioni sparse un po' ovunque nella roccia, ed accentrate particolarmente presso la clorite, è rappresentato anche da individui idiomorfi. Si tratta di un termine a composizione media, tendente alla clinozoisite (colori d'interferenza generalmente medi, sul primo o secondo ordine, pleocroismo mancante o appena avvertibile).

Sericite e zoisite, spesso associate, si trovano prevalentemente accentrate in zone ove ora prevale l'una, ora l'altra. Fra gli accessori, oltre ai prodotti secondari: sericite, zoisite, epidoto e *calcite*, si trovano pure, benchè rari, *apatite* e *zircono*.

Abbastanza frequenti le fratturine rinsaldate ad opera della *calcite*. La roccia presenta tracce di un notevole disturbo tettonico, nella frequentissima cataclasi dei suoi elementi, negli incurvamenti delle lamelle biotitico-cloritiche, nella estinzione ondulata del quarzo e di certi feldispati. Ad azione pneumatolitico - idrotermale, si devono invece attribuire la sericitizzazione e la zoisitizzazione del plagioclasio, la cloritizzazione della biotite, nonchè la formazione dell'*epidoto* che però, almeno in parte, dato il suo idiomorfismo, potrebbe essere anche primario.

3) **Granodioriti - graniti porfirici.**

Macroscopicamente queste rocce, di cui ho studiato due campioni provenienti dai dintorni di Madonna di Campiglio (più precisamente dalla Val Nambino presso casa Gasperi, e dal bosco Ragada), non sono per nulla distinguibili dalle granodioriti normali a grana media.

Riporto dettagliatamente i risultati dell'esame delle due rocce sopracitate, avvertendo fin d'ora che le differenze essenziali sono: l'abbondanza, nel campione di

casa Gasperi, di fenomeni di fratturazione, alterazione e rigenerazione cristallina, e la mancanza, nello stesso, dell'epidoto così comune invece a bosco Ragada.

a) *Bosco Ragada (a W di Madonna di Campiglio).*

Grana variabile che impartisce alla roccia una struttura a tendenza porfirica. Vi si notano degli individui maggiori, a grana media, di plagioclasio, quarzo e clorite, inclusi in una massa di minerali a grana minore; questa è costituita essenzialmente da un aggregato di ortoclasio e quarzo, mentre il plagioclasio, che vi è pure presente, si distingue per il suo idiomorfismo e perchè costituisce elementi minori come quantità, ma sempre un po' maggiori del quarzo e dell'ortoclasio per dimensioni. Abbondanti i prodotti di alterazione: sericite, zoisite, epidoto, titanite; pure abbastanza frequenti apatite e zircone, rara la magnetite.

Il *quarzo* si presenta in elementi di dimensioni variabili, con una struttura di tipo intermedio tra quella a mosaico e quella addentellata. Prevale soprattutto nella massa a grana piccola, ove è intimamente associato con l'ortoclasio entro al quale forma talora delle vermicolazioni micropegmatitiche. Gli elementi maggiori si trovano riuniti a costituire delle geodine nelle quali i singoli granuli, che inglobano anche qualche raro individuo plagioclasico, sono tra loro estremamente addentellati. Estinzione solo leggermente ondulata; qualche fratturazione; leggera biassicità anomala.

L'*ortoclasio*, ultimo elemento nella paragenesi, ha una leggera colorazione rosea; non vi si scorge mai traccia di alterazione.

Il *plagioclasio*, sempre idiomorfo, in cristalli di dimensioni variabili e spesso notevoli, è generalmente in stato di alterazione completa o comunque molto avanzata. Gli indici sono uguali, talora solo leggermente superiori a quelli del quarzo e superiori sempre al collolite, il segno ottico è positivo; nei geminati polisintetici l'unico valore ottenuto per l'estinzione in zona simmetrica è di 15°; nel complesso tali caratteri individuano miscele andesiniche. Si nota però sempre una certa zonatura in rapporto alla quale sta la natura dei prodotti secondari rappresentati, in certi punti, e specialmente per le parti interne, da zoisite cui si associa scarso epidoto, in altri punti esclusivamente da sericite.

La *biotite*, in lamelle o gruppi di lamelle ad orientazione diversa, è quasi interamente cloritizzata; talora, negli individui maggiori, si osservano associazioni a fiamma di lamelle interamente cloritizzate ad altre con cloritizzazione appena incipiente. La *clorite*, di tipo pennina, ha marcato pleocroismo:

$$\gamma = \beta = \text{verde}; \alpha = \text{giallognolo chiaro}$$

e colori d'interferenza azzurri di basso ordine. Lungo i piani di sfaldatura abbonda la zoisite; altri minerali associati sono *titanite* ed epidoto, oltre a quelli primari: apatite e zircone.

L'*epidoto* è abbastanza frequente, perlopiù in granuli poco sviluppati entro al plagioclasio, o in elementi allineati lungo i piani di sfaldatura della clorite. Prevale un tipo a colori d'interferenza bassi, clinozoisitico; però, per quel che riguarda gli elementi che accompagnano la clorite, si osservano spesso anche tipi a colori d'interferenza abbastanza elevati e leggero pleocroismo, quindi più ferriferi.

Fra gli accessori, l'*apatite* è abbastanza frequente, con cristalli di dimensioni molto variabili, da esilissimi aciculi fino a individui notevolmente sviluppati; pure in cristalli, e abbastanza sviluppato, lo *zirconio*. In qualche punto, lungo le linee di sfaldatura della biotite, segregazioni di ossidi di ferro. Anche tra gli altri elementi si trova qualche cristallino cubico di *magnetite*.

La roccia tende nel complesso ad una struttura porfirica che ricorda quella dei porfidi granitici, pur senza essere così tipica. L'azione meccanica non è rivelata da effetti cataclastici, se si eccettuano le scarse fratture e l'estinzione ondulata del quarzo.

Ad azioni idrotermali si devono la cloritizzazione della biotite e la saussurizzazione del plagioclasio nonchè, probabilmente, una ricristallizzazione parziale del quarzo nella sua generazione minore.

b) *Lungo il Sarca di Nambino presso il ponte di casa Gasperi (Madonna di Campiglio)*

Aspetto macroscopico: Roccia ora più ora meno alterata. In certe zone si distingue la normale composizione delle granodioriti cataclastiche, con larghe spalmature di clorite che, tendendo a diffondersi anche negli elementi incolori, impartisce a tutta la roccia una colorazione verde scura. Male apprezzabile a occhio nudo è invece la struttura cristallina, come avviene sempre nei graniti a cloritizzazione avanzata. In altri punti è intensamente cataclastica e allora si può appena distinguere l'esistenza di granuli di elementi incolori entro a una massa completamente cloritizzata di tinta verdognola nella quale, però solo in qualche zona, sono distinguibili delle lamelle di clorite. In quest'ultimo caso l'aspetto macroscopico, per la cataclasi e la cloritizzazione, è tale che, in certi punti, con difficoltà si riesce a riconoscere un aspetto di roccia intrusiva olocristallina.

Struttura analoga a quella della roccia precedentemente descritta. Il plagioclasio è completamente trasformato in aggregati sericitici. Fra gli elementi accessori i più abbondanti sono la magnetite, che accompagna sempre la clorite, e l'*apatite*, che preferisce anch'essa annidarsi entro gli elementi cloritici. Molto più rari sono invece, cristallini di zirconio e chiazze di limonite. La calcite è prevalentemente di origine secondaria, come riempimento di fratture.

Gli individui porfirici di *quarzo* sono dei grossi granuli allotriomorfi intensamente fratturati e con le fratture talora riempite da un aggregato a grana minore dello stesso minerale, o da calcite, oppure anche da prodotti di alterazione del plagioclasio. Gli elementi minori sono per lo più in granuli irregolari, ma altre volte presentano, specie quando si trovano lungo i bordi di fratture successivamente riempite da calcite, un netto idiomorfismo. L'estinzione è anche qui frequentemente ondulata. Quarzo secondario ad estinzione ondulata ed accentuata biassialità si trova pure come riempimento di qualche frattura.

Il *plagioclasio* non è determinabile perchè quasi interamente trasformato in un minuto aggregato sericitico di alterazione. Gli stessi caratteri di alterazione con produzione, oltre che di sericite, di quantità accessorie di calcite, presenta

anche nella massa di fondo, dove il minerale compare in seconda generazione, intimamente associato al quarzo e all'ortoclasio.

L'*ortoclasio*, raramente in fenocristalli, talora con geminati Carlsbad, abbonda invece nella massa di fondo, ove prevale sul plagioclasio. A differenza dell'altro feldispato non presenta se non minime tracce di alterazione.

Biotite, *clorite* ed *apatite* hanno caratteri identici a quelli della roccia di bosco Ragada. Oltre all'*apatite*, gli altri elementi accessori, più rari, sono: *zircono*, *muscovite*, *limonite*. Come prodotti secondari di alterazione si devono considerare *magnetite* e *ilmenite*, particolarmente abbondanti entro alla *clorite*, e *sericite* e *calcite* dovuti all'alterazione dei plagioclasii.

Molto frequenti, nella roccia, le fratture riempite da granuli di calcite con tracce di sfaldatura solitamente ben accentuate e, spesso, geminazioni a lamelle polisintetiche. Lungo i margini di alcune di tali fratture, come si è già detto, sporgono entro la massa di calcite, dei cristallini di quarzo idiomorfo.

4) **Granodioriti cataclastiche.**

Sotto questo nome descrivo quei tipi di roccia granodioritica che presentano una cataclasi evidente anche a occhio nudo e una avanzata cloritizzazione, che impartisce alla massa un colore verdastro scuro, senza riuscire a cancellare però, l'originaria struttura olocristallina, sempre più o meno visibile. Talora si tratta di tipi compatti, tal'altra di tipi "marci", alteratissimi, che si sgretolano con estrema facilità per il procedere dell'alterazione limonitica; in certi casi si osserva pure una limitata alterazione del plagioclasio, che viene sostituito parzialmente da prodotti terrosi bianchi.

Questo tipo di roccia, trasformata dagli intensi processi distruttivi subiti, è molto comune. Ad un tipo meno alterato, compatto, relativamente fresco, ho potuto riferire dei campioni provenienti dalla Via Elvira (ponticello sul Sarca di Nambino), dalla cava della sorgente presso Fratta del Bagnol, e dal secondo e terzo valloncetto di Val Meledrio. Di un tipo più alterato, "marcio", ho esaminati invece campioni provenienti dal nucleo granitico del torrentello a N di Rio Colarin (sentiero per Malga Patascoss), da Rio Colarin, dalla Val Rotiano - M. Spolverin, dalla via comunale da Madonna di Campiglio a Malga Nambino, dalla Via Elvira presso Madonna di Campiglio, e da altre località vicine, dal Bosco Ragada, dal fianco sinistro di Val Nambino lungo via Baselga (q. 1900 circa), e dal quarto valloncetto del fianco destro di Val Meledrio (quasi di fronte a Malga Vigo).

a) **Granodiorite cataclastica - cava della sorgente presso Fratta del Bagnol.**

Dalle osservazioni di campagna del prof. Gb. DAL PIAZ risulta la intensa cataclasi di questa roccia, ovunque tagliata da piani di scorrimento con magnifici liscioni di faglia cloritizzati. La frantumazione e lo schiacciamento, che l'hanno ridotta spesso a scaglie sottili, sono tali, che riesce difficile estrarne un campione; talora ci si trova di fronte, semplicemente, a del brecciume incoerente.

Grana grossa. Intensa cataclasi. Gli elementi in ordine di frequenza sono:

plagioclasio, quarzo, ortoclasio, clorite, tra gli essenziali, ed epidoto, ortite, sericite, magnetite tra gli accessori.

I feldispati sono rappresentati prevalentemente da *plagioclasio*, solo di rado non alterato, più comunemente, specie al centro, intensamente saussuritizzato. Nei granuli non alterati o poco alterati è visibile un abbondante sistema di diaclasi e talora anche di fratture beanti, con scorrimento dei due margini. Qualche cristallo geminato albite presenta i piani di geminazione incurvati. Il valore massimo ottenuto per l'estinzione in zona simmetrica è di $21^\circ = 37\%$ An. Gli indici di rifrazione, comunemente inferiori a quelli del quarzo, denotano un tipo acido.

L'*ortoclasio* è rappresentato da plaghe allotriomorfe. A nicols incrociati rivela una fine disseminazione plagioclasica di tipo pertitico, a nicols paralleli un doppio sistema di sfaldature parallele e inclusioni ocracee minutissime e diffuse.

Il *quarzo* è di una cataclasi estrema che riduce ogni elemento a un insieme di granuli minori con diverse estinzioni. È inoltre venato da fitte reti di diaclasi capillari, e presenta talora delle fratture beanti ricementate da granuli minori, prevalentemente quarzosi, di nuova generazione. Come inclusi contiene: clorite, plagioclasii alterati, muscovite.

La *clorite* forma anche lamine di notevoli dimensioni, però a margini più o meno sbrecciati. La frequenza di inclusi di *magnetite*, sotto forma di granuli, le chiazze interne a più elevata birifrazione e a colorazione bruna, indicano che il minerale deriva da biotite. Ha pleocroismo accentuato (giallo chiaro - verde) ed è frequentemente associata ad epidoto. Le tracce dei piani di sfaldatura hanno subito spesso delle intense flessioni. Solo qua e là vi è della clorite che, per la sua minor birifrazione, e per essere sparsa a formar venature fra gli altri minerali, può considerarsi di genesi autonoma, indipendente dalla biotite.

L'*epidoto* è piuttosto scarso. Generalmente è associato alla clorite. Talora presenta una colorazione verde-oliva ed elevati colori di interferenza che caratterizzano termini ricchi di ferro, talora è incolore, a colori di interferenza meno vivaci. Pure molto rara è l'*ortite* in cristalli idiomorfi, che qualche volta si presentano associati regolarmente con epidoto incolore.

Ovunque nella roccia si osservano tracce dell'intensa cataclasi attestata dal quarzo che presenta una estinzione ondulata all'estremo ed una fratturazione del pari accentuatissima, dal plagioclasio fratturato e con piani di geminazione albite incurvati, dall'incurvamento delle lamine di biotite, e infine, dalla cloritizzazione della biotite e dalla saussuritizzazione dei plagioclasii, per azione idrotermale favorita dalle diaclasi.

**b) Roccia con differenziazioni microgranulari plagioclasico-cloritiche -
Via Elvira (Madonna di Campiglio).**

Aspetto macroscopico: Roccia cristallina a grana media; elementi componenti: quarzo, feldispato a colore tenuemente roseo, e clorite. Incluse entro al granito si notano delle differenziazioni verdi scure, a grana indistinta. Solo raramente in questi nuclei più scuri si possono osservare delle piccole chiazze chiare sfumanti al bordo.

Al microscopio, la roccia presenta una composizione da granito normale, con quarzo, ortoclasio, plagioclasio, clorite, nonchè elementi accessori, in gran parte d'alterazione. Così, in ordine di quantità decrescente, si trovano: sericite, titanite, zoisite, epidoto, apatite, zircone, ilmenite. Diversa è invece la composizione delle plaghe differenziate a grana piccola o molto piccola. I componenti mineralogici essenziali di queste sono: plagioclasio, clorite, nonchè i loro prodotti di alterazione.

Il *quarzo* forma estese plaghe allotriomorfe ed è in uno stato di estrema cataclasi.

Ortoclasio e *plagioclasio* sono presenti in quantità pressochè uguali; il primo è sempre inalterato; il *plagioclasio* invece è alteratissimo. Per quanto riguarda la composizione di quest'ultimo gli indici di poco superiori a quello del collolite ed inferiori a quello del quarzo, individuano un tipo abbastanza acido, probabilmente albite-oligoclasio, con variazioni verso termini albitici alla periferia dove, in un solo cristallo, si sono osservati angoli di estinzione simmetrica di 14° . L'alterazione è a sericite e a zoisite ad un tempo, sembra però prevalere la zoisite. Nella maggior parte dei casi l'alterazione interessa tutto il cristallo salvo un minimo, estremo orletto periferico. È perciò probabile che nei nuclei centrali fossero originariamente rappresentati termini più calcici di quelli sopra indicati, fino ad oligoclasio.

La *clorite* (pennina), derivata da biotite, mostra molte tracce di cataclasi, con le flessioni delle sue lamelle, con la sua estinzione ondulata, e con la frammentarietà dei suoi elementi.

Dalla periferia delle lamelle primarie, la clorite si spinge a riempire delle fratture cuneiformi, che le azioni dinamiche hanno spesso aperto nei contermini elementi di ortoclasio.

Strettamente associata alla clorite è la *titanite*, presente in grande abbondanza, sotto forma di granuli o aggregati, spesso microgranulari, un po' opachi a nicols paralleli e con colori di interferenza elevati, allineati spesso lungo i piani di sfaldatura.

Pure abbondante l'*epidoto*, talora nettamente idiomorfo, ben cristallizzato, in prismetti allungati, incolore, con colori di interferenza bassi, al più del primo ordine. In qualche caso si passa, verso l'interno, a nuclei più ferriferi, fino a raggiungere, al centro, termini con carattere di epidoto ortitico. Fini venature limonitiche, specialmente entro alla clorite.

La composizione mineralogica sopra descritta è quella della parte a grana normale, costituente la massa della roccia indifferenziata. Le differenziazioni, alle quali si passa per gradi, con caratteristici addentellamenti tra elementi delle due zone, sono invece date da un ammasso microgranulare, a composizione diversa. Gli elementi originari, presenti in queste, sono, oltre agli accessori, clorite e plagioclasio. Mancano quarzo e ortoclasio. In qualche punto, specie presso il margine di confine tra le due zone, gli elementi plagioclasici a piccola grana presentano un certo idiomorfismo, talora degli accenni a geminazione polisintetica, e sono associati in una struttura a mosaico. Per la parte restante, si tratta di un aggregato minutissimo, che l'alterazione ha ridotto a un ammasso di prodotti secondari. Fra questi prevale la sericite, ma sono pure abbastanza abbondanti zoisite e titanite. Data la prevalenza della sericite sulla zoisite, questo plagioclasio è probabilmente

di un tipo più acido di quello della facies normale. Fra gli accessori ho osservato: epidoto, ilmenite e zirconio, rari.

Le differenziazioni sono evidentemente, data la mancanza, fra i loro componenti, del quarzo e dell'ortoclasio, ultimi elementi della serie paragenetica, dei nuclei a cristallizzazione anticipata, isolati nel magma in via di consolidazione.

Notevoli le tracce di cataclasi ben visibili, specie sul quarzo, sull'ortoclasio e sulla clorite, mentre invece sono state cancellate, nel plagioclasio, dalla successiva trasformazione di questo in prodotti secondari ad opera di quelli stessi agenti idrotermali, che hanno pure determinato la completa cloritizzazione della biotite. La presenza di epidoto distintamente idiomorfo come incluso nel quarzo denota, anche in questa roccia, la sua probabile natura di minerale primario.

c) *Granodiorite cataclastica - zona di contatto tettonico nel vallone del Rio Rotiano.*

Aspetto macroscopico: Roccia olocristallina a grana grossa. Elementi prevalenti: quarzo a feldispati bianchi, in quantità minore: clorite. Si frantuma con estrema facilità per la presenza di numerosissimi sistemi di fratture. Alcune di queste sono ricementate da una sostanza di colore bianco, probabilmente silice; in altri casi lungo le fratture si nota un principio di alterazione limonitica.

La grana è variabile da punto a punto, data la milonitizzazione. Elementi essenziali sono: quarzo, ortoclasio, plagioclasio, ora in quantità supperiuguali, ora invece con il plagioclasio prevalente sull'ortoclasio e questo sul quarzo. Scarsa la clorite. In quantità solo accessorie si trovano: apatite, pirite, magnetite, ilmenite, titanite, epidoto, mentre, piuttosto abbondanti sono i prodotti di alterazione del plagioclasio: sericite e, in quantità minore, zoisite.

Il *quarzo*, che presenta i caratteri già osservati altrove, ha alcune delle sue fratture risanate da allineamenti di quarzo microgranulare di rigenerazione.

Il *plagioclasio*, in vaste plaghe a tendenza idiomorfa è ora più ora meno, spesso completamente, alterato. Si tratta di albite-oligoclasio con passaggio ad una albite al 7-8%. An per lieve zonatura dei cristalli (1). L'alterazione è quasi sempre esclusivamente sericitica, con evidenti orientazioni dei microliti micacei nei piani principali di geminazione dell'ospite; solo qua e là, nelle parti più interne, accanto alla sericite si scorgono associazioni o cristalli di zoisite. La zoisite è molto più abbondante nelle zone a maggior cataclasi, entro le fratture. Benchè il plagioclasio sia l'elemento che meno di tutti presenta deformazioni meccaniche, esse vi sono tuttavia segnate da flessioni, rivelate dall'incurvamento dei piani di geminazione e da fratture rinsaldate per rigenerazione di ortoclasio e talora di quarzo microgranulare, accompagnati da veli di clorite.

L'*ortoclasio*, sempre allotriomorfo, è probabilmente ultimo della serie paragenetica perchè include lo stesso quarzo. Presenta normalmente l'associazione peritica col plagioclasio. La cataclasi è spinta al massimo grado e si manifesta in due forme diverse: in alcuni granuli, che presentano l'associazione peritica, essa consiste in una abbondante fratturazione, in altri invece, si osserva che

(1) Come valore massimo per l'estinzione simmetrica ho ottenuto: 15°. Gli indici di rifrazione sono sempre inferiori ad ω del quarzo e, rispetto all'indice del cololite, con valori superiori per β e γ e appena superiori o uguali, per α . Il segno ottico è positivo.

la fratturazione è minima mentre marcatissima è l'estinzione ondulata. In quest'ultimo caso non si scorgono più le associazioni pertitiche. Questa diversità di caratteri può essere spiegata in due modi: o l'ortoclasio pertitico, per cause non bene accertabili, è suscettibile di assumere or l'uno or l'altro dei due tipi di deformazione, e l'associazione pertitica rimane visibile nel caso della fratturazione, per sparire nel caso dell'ondulazione, oppure, accanto all'ortoclasio pertitico, che si comporta più rigidamente, fratturandosi, esiste anche un ortoclasio puro che, più plastico, assume il carattere dell'estinzione ondulata. Nel caso dei cristalli fratturati si notano innumerevoli incrinature e piani di fratturazione che spesso li riducono in una infinità di frammenti minuti. Molte di queste fratture hanno subito un risanamento ad opera dell'ortoclasio stesso, che vi si distingue solo per la diversa orientazione ottica, altre sono state invece ricementate da quarzo microgranulare e dai minerali di alterazione del plagioclasio. Nel caso della deformazione plastica si osserva una estinzione ondulata, in seguito alla quale l'ortoclasio diventa confondibile col quarzo; l'estinzione tende a spostarsi lungo sottili zone parallele, simulando talora un aspetto sericeo, per l'associazione di esilissime lamelle subparallele ad estinzione sfasata, in una geminazione pseudopolisintetica. Si notano pure associazioni pegmatitiche col quarzo. Ortoclasio di rigenerazione si trova in fratture anche di altri elementi della roccia, e più comunemente entro al plagioclasio.

La *clorite* ha rilievo, colorazione e pleocroismo poco marcati. Nei cristalli maggiori si osservano fitte ondulazioni dei piani di sfaldatura, talora anche fratturazioni. Spesso, lungo i piani di sfaldatura, compaiono associazioni granulari di *zoisite*. La *clorite* secondaria forma vene di infiltrazione entro fratture, è del tutto incolore, e si associa, talora, agli altri minerali di riempimento e ricementazione. Abbastanza comunemente l'accompagnano, oltre alla *zoisite*, piccoli elementi di un *epidoto* clinozoisitico e, più raramente, di *titanite*.

Intensissima azione clastica, rivelata da tutti gli elementi. Azione idrotermale documentata dalla sericitizzazione, zoisitizzazione e cloritizzazione, con formazione di *epidoto* e *titanite*, nonché dalla ricementazione di fratture ad opera di quarzo, ortoclasio e *clorite*.

5) **Cataclasi granodioritiche.**

Hanno sempre l'aspetto di rocce compatte, cataclastiche. La cloritizzazione è completa e la *clorite* si è diffusa uniformemente in tutta la roccia, che assume perciò una tinta molto unita, verdastra, più o meno scura. Solo in qualche tipo intermedio tra queste rocce e quelle del gruppo precedente, si osserva ancora qua e là, nella massa afanitica, uniformemente verde, qualche elemento chiaro. Dato il carattere completamente diverso dal tipo litologico originario, basandosi sul solo aspetto macroscopico, risulta talora molto difficile, ed anche impossibile, distinguere queste rocce dai filoni e differenziazioni basiche e dalle dioriti⁽¹⁾.

(1) Nei campioni di granodiorite cataclastica e di cataclasi granodioritica provenienti dalle zone di frizione tettonica di Val Rotiano-Monte Spolverin si è constatata anche la presenza del microclino; tale minerale era però in quantità molto inferiore a quella dell'ortoclasio. Si è osservato anche il caso di individui di feldispato potassico presentanti in parte la caratteristica grata microclina (naturalmente con notevoli deformazioni, dato il carattere della roccia), ed in parte le fini associazioni pertitiche con plagioclasio acido che di solito caratterizzano l'ortoclasio delle nostre granodioriti. Sorge perciò spontanea l'idea che il microclino in queste rocce derivi dall'ortoclasio in seguito ad azioni di deformazione meccanica, ciò che è già ammesso come possibile da vari Autori.

Questa facies si trova lungo le maggiori linee di movimento, a piccola distanza da esse. Ne ho esaminati dei campioni provenienti dai valloncelli del Meledrio, da Fogaiard, da M. Spolverin, dalla Via Elvira presso Madonna di Campiglio, e da Ragada.

Lo studio microscopico è stato fatto su una roccia del *primo valloncello della Valle del Meledrio* (t. I, f. 2), compatta, verde scura, a struttura brecciforme, con una massa di fondo prevalentemente verdastra entro alla quale si distinguono degli elementi angolosi di quarzo.

Struttura intensamente cristalloclastica, fino quasi a porfiroclastica. Costituenti essenziali, assolutamente prevalenti, sono il *quarzo* e i feldispati. Il primo, in elementi di notevoli dimensioni, presenta tutti i caratteri di una cataclasi spinta all'estremo limite, ha sempre una certa biassicità anomala, la sua estinzione è spesso zonata e, nelle singole zone, si presenta intensamente ondulata. La fratturazione è così minuta, che il contorno originario di certi granuli difficilmente si ravvisa in certe plaghe ove essi sono stati ridotti ad aggregato microgranulare. Molto frequentemente le fratture sono beanti, e talora lo scostamento dei singoli frammenti è notevole. Una seconda generazione microgranulare di quarzo si osserva in alcune delle maggiori fratture.

Abbastanza frequente il *plagioclasio*; gli indici di rifrazione inferiori - uguali a quello del collolite, e sempre inferiori a quelli del quarzo, il segno ottico positivo, nonchè il basso angolo di estinzione in zona simmetrica dei geminati polisintetici, rivelano trattarsi di un termine albitico. Ha subito anch'esso le conseguenze dell'azione meccanica; infatti presenta talora estinzione ondulata, le lamelle dei rari geminati sono incurvate da molteplici flessioni, è intensamente fratturato e le sue fratture, come quelle del quarzo, sono state risanate da calcite, clorite e sericite. L'*alterazione sericitica* è, più o meno, ma sempre notevolmente avanzata. Nel complesso le deformazioni di questo minerale, pur essendo intense, sono di tipo diverso rispetto a quelle del quarzo, presentando esso meno evidenti fratture e più frequenti scorrimenti lungo piani di geminazione e sfaldatura e inoltre essendo queste deformazioni in parte mascherate dalla sericitizzazione.

Sembra potersi attribuire a *ortoclasio* qualche frammento con birifrangenza bassa ed indici inferiori al collolite. Anche per i feldispati, come per il quarzo si osserva una seconda, più fine, rigenerazione cristallina, che talora risana elementi fratturati di quarzo.

La *calcite* alla quale principalmente si deve la ricementazione della roccia intensamente brecciata, è abbastanza frequente, non solo con disposizione lineare lungo fratture, ma anche in zonule maggiori.

Degli elementi femici originari non resta traccia: può forse esser derivata da biotite la scarsa *clorite*, sfibrata, che si presenta talora in lamelle a contorno indeciso e con pleocroismo notevole da verde azzurrino a verde giallognolo. Perlopiù la clorite forma però delle infiltrazioni fra gli elementi di ricementazione. Il tipo, come indica il colore d'interferenza molto basso, è di pennina. Associata talora alla clorite, e relativamente abbondante, è la *pirite*, ora in granuli irregolari, ora in cristallini cubici, sempre però in aggregati. La caratteristica lucentezza, che si

osserva a luce riflessa, cede talora il posto ad un aspetto ocraceo tendente al bruno, che denota il principio di una trasformazione in *limonite*. Questa si presenta poi anche sotto forma di fini veli diffusi.

La roccia granodioritica originaria ha subito intense deformazioni, in seguito alle quali si ebbe inizialmente una prima fratturazione del quarzo, subito risanato dalla ricristallizzazione dei feldispati. Il susseguirsi delle azioni deformatrici ha poi nuovamente, e più intensamente, fratturata la massa cristallina, mentre, con ogni probabilità, agiva contemporaneamente, mediante deposizione di calcite e pirite, qualche manifestazione idrotermale alla quale va imputata anche la sericitizzazione del plagioclasio e la cloritizzazione della biotite.

Si è studiato al microscopio anche un campione prelevato dalla *parte più alterata della cataclasite del terzo valloncetto sulla destra della Val Meledrio*.

Roccia alteratissima, di aspetto caotico, con certe plaghe prevalentemente chiare ed altre invece prevalentemente scure, verdastre. In queste si distinguono talora una biotite ormai completamente cloritizzata e dei noduli bianchi, terrosi, di feldispato caolinizzato. Già ad occhio nudo la roccia sembra indicare quello smistamento per zone dei componenti mineralogici che è meglio rivelato dall'esame microscopico.

Struttura decisamente cataclastica. La composizione è, per zone, ora prevalentemente quarzosa, ora prevalentemente feldispatica. Caratteristico è l'aspetto del *quarzo*: molto spesso a nicols paralleli si distingue ancora il contorno degli individui originari o, in ogni modo, di frammenti notevoli di questi; a nicols incrociati si osserva che in realtà tale contorno racchiude una quantità di minori individui tra loro distinguibili quasi sempre solo per la diversità dell'orientazione, che spesso è notevole. Margini sempre addentellati, estinzione ondulata, biassicità anomala per deformazione. Forma pure delle vene e venule di ricementazione entro a fratture.

Il *plagioclasio*, salvo casi eccezionali, è sempre alteratissimo; ha una composizione che va dall'albite-oligoclasio all'oligoclasio-andesina; comune la zonatura. Di solito i cristalli presentano minute fratturazioni rinsaldate o dal feldispato stesso o dal quarzo. Qualche plaga feldispatica sembra attribuibile piuttosto ad *ortoclasio* che a plagioclasio, ma è così deformata ed alterata che è impossibile giungere ad una determinazione sicura del minerale. Non rari i cristalli di *apatite* e *zircono*.

Gli altri minerali determinabili sono tutti di origine secondaria. La *clorite* (pennina) come al solito si presenta in due tipi: un primo tipo, lamellare, formatosi per sostituzione della biotite, associato spesso ad epidoto, pirite e ad un fine prodotto d'alterazione ocraceo, un secondo tipo, che si presenta in veli, venature o vermicolazioni, queste ultime specialmente entro a fratture.

Fra i resti dei minerali originari si trova qualche raro individuo di *orneblenda verde* parzialmente cloritizzata. Molto comune è un *epidoto* in granuli che si trova associato specialmente alla clorite e forma da solo il riempimento di alcune piccole fratture; si può attribuire a miscele clinzoisitico-epidotiche a medio contenuto in ferro.

Oltre alle fratture rinsaldate da epidoto, altre ve ne sono ricementate da vene esclusivamente sericitiche ed altre ancora che contengono esclusivamente degli aggregati cristallini di *zeolite*. Quest'ultima è in individui più o meno distintamente tabulari, a sfaldatura lamellare, con estinzione parallela, carattere della zona negativo, piano degli assi ottici parallelo alle sfaldature, bassa birifrazione (0,007-0,008) e indici di rifrazione nettamente inferiori al balsamo del Canada e a quelli degli altri minerali della roccia, caratteri che definiscono il tipo stilbite.

Comune anche la pirite con limonizzazione solo accennata, specialmente frequente lungo le zone maggiormente fratturate.

Deformazioni meccaniche accentuatissime: macroscopicamente nulla ricorda l'aspetto della roccia originaria; al microscopio si scorgono ovunque deformazioni di tipo clastico. La genesi dei numerosi minerali secondari è da collegarsi probabilmente in parte al momento stesso della deformazione, in parte a successive azioni di tipo pneumatolitico-idrotermale.

La "cataclasite granodioritica", di *Fogaiard* si presenta macroscopicamente come una roccia intensamente tettonicizzata, intersecata da molteplici, irregolari sistemi di fratture. Vi si distingue a malapena una grana cristallina con elementi incolori inclusi in una massa di fondo verdastra cloritizzata.

Al microscopio si osserva una struttura tipicamente cataclastica. Entro ad una massa di fondo sericitica d'alterazione si scorgono singoli individui quarzosi e più raramente cloritici estremamente deformati. Tutti gli individui di quarzo sono solcati da fratture spesso beanti, e in tal caso riempite da sericite; l'estinzione è sempre ondulata e spesso avviene a fasce sì da simulare una pseudogeminazione a lamelle polisintetiche (t. I, f. 1). Ben raramente è distinguibile il contorno di qualche individuo feldispatico non interamente sericitizzato.

Nella "cataclasite granodioritica", di *Val Rotiano - M. Spolverin* si osservano tutti i gradi di passaggio tra rocce molto compatte e rocce friabilissime. La colorazione è variabile da verde cupo a verde e a verde chiaro; generalmente non è uniforme, ma a chiazze. È stato studiato al microscopio un tipo friabile, di colore verde chiaro nel quale, dalla massa terrosa, si possono isolare facilmente elementi che sembrano perlopiù quarzosi.

Gli elementi di maggiori dimensioni risultano essere di quarzo, ortoclasio e plagioclasio. Quarzo e plagioclasio sono spesso tra loro uniti nello stesso granulo. L'ortoclasio, relativamente abbondante, rivela delle deformazioni ora con le fratture, ora con l'estinzione nettamente ondulata; è normalmente in associazione pertitica col plagioclasio. Quest'ultimo è di tipo acido, albitico-oligoclasico, con indici di rifrazione uguali o leggermente superiori rispetto al collolite e sempre inferiori rispetto al quarzo, ed angolo di estinzione massimo misurato in zona simmetrica di 12°. L'alterazione è prevalentemente sericitica, solo al centro di qualche cristallo maggiore si osserva della saussurite. La *clorite* in frammenti, e, più comunemente, in veli e vene entro a fratture è del tipo pennina; comunemente è associata a *zoisite* ed *epidoto*, quest'ultimo di tipo notevolmente ferrifero. Rara la *muscovite* in lamelle generalmente con flessioni accentuate, e rari anche i cristallini di *magnetite*.

La massa di fondo è costituita da un aggregato di prodotti d'alterazione prevalentemente ocracei entro a *silice* vetrosa e petroselciosa.

Si è pure studiato al microscopio un secondo campione, prelevato in corrispondenza immediata o quasi del contatto granodiorite-dolomite, che presenta i caratteri della cataclasi accentuati all'eccesso. L'aspetto macroscopico è quello di una roccia compatta di colore grigio chiaro con leggera tendenza al verde. La cataclasi ha ridotto in parte i granuli minerali a minime dimensioni; il *quarzo* ha estinzione ondulata spinta al punto di simulare talora geminazioni polisintetiche a margini sfumati, ed ha sempre netta biassicità anomala. L'*ortoclasio*, generalmente in associazione pertitica, presenta flessioni e fratture ricementate da quarzo. Oltre all'*ortoclasio* si osserva talora la presenza di *microclino* con le tipiche geminazioni; questo minerale si presenta solo raramente e, per il fatto che lo si trova nei tipi di roccia più provati dalla cataclasi, e inoltre per la circostanza che talora uno stesso individuo cristallino si presenta in parte con la tipica grata microclinica e in parte come normale *ortoclasio* in associazione pertitica con *plagioclasio*, si può considerare molto probabile che esso si sia formato in seguito ad azioni meccaniche, dall'*ortoclasio*.

Deformazioni maggiori dell'*ortoclasio* e del *microclino* ha subito il *plagioclasio* che oltre alle flessioni e alle fratture presenta anche una avanzata alterazione sericitica.

A formare vene di ricementazione entro fratture si trovano, oltre al *quarzo*, *ortoclasio*, *sericite* e *clorite*.

L'aspetto macroscopico della "cataclasite di una differenziazione aplitica della granodiorite,, di *Val Rotiano - M. Spolverin* è quello di una roccia chiara biancoverdastra, molto compatta, solcata da piani di scorrimento. Si distinguono ad occhio nudo delle piccole chiazze chiare e delle altre verdi, entrambe sfumate.

Struttura cataclastica. Grana molto varia, da media a piccola. Minerali componenti quasi esclusivi il *quarzo* e i *plagioclasii*. Enormemente più rari *apatite*, *epidoto*, *clorite* e *calcite*.

Il *plagioclasio* è forse in quantità leggermente superiore al *quarzo* e si distingue da questo per la maggior grandezza dei suoi elementi che hanno perlopiù un contorno idiomorfo. Si tratta di un tipo molto acido, albitico od albitico-oligoclasico⁽¹⁾.

Il minerale è generalmente alterato in *saussurite* e *sericite*. Presenta sempre delle deformazioni accentuate, flessione dei piani di geminazione, fratture più o meno sviluppate rinsaldate dal *plagioclasio* stesso o da *quarzo* o da altri minerali secondari, scostamento delle due parti di cristallo separate dalla fessura. Talora uno stesso granulo si è scomposto in quattro o cinque frammenti che si sono scostati l'uno rispetto all'altro.

Il *quarzo*, microcristallino, a plaghe, con l'aspetto caratteristico del *quarzo* ricristallizzato degli scisti, si presenta perlopiù in elementi allungati nelle direzioni di movimento e isorientati otticamente in tali direzioni, addentellato, con estinzioni

(1) Indici di rifrazione sempre nettamente inferiori a quello del balsamo del Canada e ad entrambi quelli del *quarzo*, spesso geminato secondo la legge dell'albite e con valore massimo dell'angolo di estinzione in zona simmetrica di 7°.

ondulate ed accentuatissima biassicità anomala. In qualche zona si nota, anche nel quarzo, la prevalenza di deformazioni clastiche; in tali zone la grana diventa minutissima. È probabile che qui qualche movimento tardivo abbia interessato nuovamente la massa di quarzo ricristallizzata riducendola in frammenti.

L'*epidoto* è comune, talora in cristalli idiomorfi; si tratta di termini intermedi tra la *clinozoisite* e la *pistacite*. È evidentemente di origine secondaria e talora si trova in vene entro a fratture.

Scarsa l'*apatite*, scarse pure la *sericite* e la *calcite* che ricementano alcune fratture; altre fratture sono rinsaldate da quarzo. La *clorite* è presente in lamelle contorte o in più rare vermicolazioni, di genesi più recente, allineate lungo linee di frattura minori.

La roccia presenta tipiche deformazioni per azioni meccaniche. Il suo aspetto, data una certa tendenza del quarzo a disporsi in zone orientate, la avvicina un po' alle miloniti per cui si può definire come un termine intermedio tra le cataclasiti e le miloniti. Il quarzo è stato in buona parte ricristallizzato e la ricristallizzazione è continuata anche nelle fasi tardive del movimento della roccia, perchè lo vediamo rinsaldare delle fratture che tagliano le stesse vene di epidoto e calcite di evidente origine secondaria. Le ultime fasi di assestamento della roccia producevano poi probabilmente quelle deformazioni clastiche tardive che in qualche punto hanno colpito lo stesso quarzo rigenerato.

6) **Miloniti granodioritiche.**

La tessitura pseudoscistosa è ben visibile anche macroscopicamente. Il colore, normalmente verde piuttosto scuro, passa a grigio presso la zona di alterazione argilloso - caolinica di Fogaiard, e a nero nelle miloniti carboniose di Val Nambino e del primo valloncetto da monte sulla destra di Val Meledrio. La zona di laminazione segue da presso la linea di movimento tettonico con la quale confina da un lato, passando dall'altro a cataclasiti. La potenza è variabile, ma in genere scarsa (si misura, al massimo, in qualche decina di centimetri; in nessun caso supera il mezzo metro). I campioni provengono tutti, quindi, dalle zone in cui il contatto tettonico è affiorante, e cioè da M. Spolverin - Val Rotiano, dalla Val Meledrio e da Fogaiard.

Ho sottoposto all'esame microscopico le rocce seguenti:

a) *Milonite granodioritica - primo valloncetto sul fianco destro di Val Meledrio a valle del lago delle Malghette (t. I, f. 3)*

Aspetto macroscopico: Roccia milonitizzata di colore verdastro. A occhio nudo nulla si può distinguere della sua struttura e dei suoi componenti. Qua e là, a zone, alterazione limonitica. Primi accenni di una certa pseudoscistosità.

Al microscopio l'aspetto della roccia si rivela per quello di una milonite di tipo porfiroclastico, in cui gli individui meglio sviluppati sono rappresentati da nuclei originatisi per ricementazione di maggiori plaghe quarzose - feldispatiche frantumate (ricementazione operata dal quarzo microgranulare e dal plagioclasio di rigenerazione). La massa principale è costituita da frammenti minori degli stessi

elementi primari rinsaldati, essi pure, da un minutissimo aggregato microgranulare, nel quale sembra prevalere il quarzo associato a letti ocracei e zoisitici contenenti clorite e sericite, cui, qua e là, si aggiungono dei piccoli nuclei opachi di grafite. Data la disposizione abbastanza regolare di questi letti, la roccia presenta un principio di tessitura scistosa, tessitura che è stata rispettata dalla calcite di formazione tardiva, la quale, appunto in corrispondenza a questi piani, ha trovato più frequentemente aperte le fratture che essa ha ricementato. Abbastanza rara la piritite, in masserelle microgranulari. Come accessorio primario, qualche cristallino di zircone.

Il *quarzo* presenta, evidentissime, le tracce della intensa cataclasi subita, nella sua biassicità anomala, nella estinzione nettamente ondulata, e soprattutto nelle innumerevoli fratture che lo solcano in tutte le direzioni. I frammenti che ne sono derivati si sono spesso scostati andando a costituire alcuni degli elementi più grandi della massa di fondo; altre volte lo scostamento è stato parziale o si sono aperte soltanto, fra frammento e frammento, delle sottili fessure; è allora possibile osservare il rinsaldamento dell'originario elemento quarzoso ad opera, ora di quarzo microgranulare, ora di plagioclasio, ed infine, per le fratture tardive, che sono anche le più numerose, di calcite alla quale sono sempre associate zoisite, limonite, clorite, sericite e sostanze carboniose. Oltre a questo quarzo di prima generazione esiste pure, come ho già accennato, un quarzo microgranulare di rigenerazione, che rappresenta l'elemento più diffuso nella massa a grana minore. Rivela anch'esso una estinzione ondulata.

Il *plagioclasio*, sia quello originario, presente qua e là in frammenti, sia quello secondario, che forma delle caratteristiche plaghe racchiudenti dei frammenti a bordo corroso o delle vermicolazioni di quarzo, è di tipo albitico, come indicano il valore degli indici di rifrazione generalmente inferiori e solo talora uguali al collolite e sempre inferiori al quarzo, e il segno ottico positivo. Presenta, non rare, delle geminazioni polisintetiche molte delle quali, con le flessioni e gli scostamenti che vi si osservano, testimoniano le intense deformazioni subite. L'alterazione sericitica è generalmente appena incipiente. Anche la scarsa zoisite esistente nella roccia deriva, probabilmente, da un principio di trasformazione del plagioclasio.

Le rare lamelle di *muscovite* non lasciano alcun dubbio sulla loro natura primaria, anche per le forti deformazioni di cui portano traccia.

Sulla eventuale presenza di una biotite primaria nulla si può asserire con certezza perchè la *clorite*, che solo raramente compare in lamelle sfibrate, essendo più frequentemente rappresentata da diffuse infiltrazioni lungo i piani delle fratture tardive rinsaldate da calcite, non presenta tracce che consentano affermare trattarsi di minerale di trasformazione, come tuttavia è molto probabile. Il suo pleocroismo è poco marcato, aggirandosi la colorazione intorno a un verde pallido quasi incolore. L'interferenza, estremamente bassa, caratterizza un tipo di pennina.

Lungo i piani delle fratture più tardive, prevalentemente orientati in corrispondenza alla pseudoscistosità della roccia (naturalmente, dato il grado della cataclasi, non si tratta di fratture a margini netti, ma di sistemi di minori fratturine aggruppate a sciami), per azione idrotermale si depositava da ultima la

calcite, sempre associata alla *sericite* e alla *clorite*, nonchè a fini *granulazioni limonitiche* e forse anche *zoisitiche*. Non rara, a questi prodotti si unisce anche un po' di *sostanza carboniosa*, probabilmente associata a minerali di alterazione, in masserelle minori, nere a luce riflessa.

Nel complesso la roccia porta le tracce di una azione meccanica intensissima, esplicitasi in varie fasi successive, con parziali rigenerazioni, inizialmente ad opera del quarzo e del plagioclasio, e da ultimo ad opera della *calcite*. Questo testimonia una contemporanea azione a carattere idrotermale, alla quale si deve pure l'incipiente alterazione del plagioclasio, nonchè la formazione di *clorite* e di *pirite*.

b) *Milonite granodioritica - Val Rotiano - M. Spolverin.*

Roccia cristallina fortemente milonitizzata. Gli elementi maggiori sono dati da aggregati di quarzo addentellato. Fra gli elementi a grana minore, però estremamente variabile, si trovano tutti i componenti mineralogici della roccia originaria, cioè quarzo, ortoclasio, plagioclasio e *clorite*, nonchè i prodotti di alterazione e gli accessori originari: *zoisite*, *sericite*, *epidoto*, *magnetite*, *zirconio*, *apatite*. Come elemento di ricementazione, entro a certe fratture, *calcite*.

Il *quarzo*, allotriomorfo, costituisce elementi di dimensioni molto variabili. Là dove sono conservati i nuclei maggiori si vede che il margine limitante tra loro i vari granuli, è estremamente addentellato. Di solito però si tratta di frammenti angolosi, anche minutissimi, provenienti dalla frantumazione dei granuli originari. L'estinzione è ondulata al massimo grado, marcata la biassicità anomala. Quarzo microgranulare di rigenerazione si trova entro a fratture.

L'*ortoclasio* è stato anch'esso frantumato in elementi minori. Si distinguono dei frammenti con le caratteristiche associazioni pertitiche, di tipo allotriomorfo, ed altri, conservanti ancora talvolta il loro contorno di cristalli idiomorfi, mancanti di inclusioni pertitiche, benchè essi pure concresciuti su elementi di plagioclasio, e nei quali, probabilmente per azione dinamica, sono stati messi in evidenza, e spesso incurvati e frammentati, i piani di sfaldatura. Nessuna traccia di alterazione.

Il *plagioclasio*, ora più ora meno alterato, è pure solcato da fratture che spesso lo riducono in frammenti; quando si osservano delle geminazioni albitiche, i piani di queste presentano complesse incurvature. L'alterazione ha dato origine, prevalentemente, a *sericite* cui si associa, a zone, la *zoisite*. I valori degli indici di rifrazione sono sempre inferiori a quelli del quarzo e quasi uguali a quello del *collolite*, il segno ottico è positivo, il valore dell'estinzione massima simmetrica nei geminati albite sui 14° , per cui se ne può dedurre una composizione di albite oligoclasica (8-10 % An).

Scarsi i frammenti di *clorite* lamellare, più comune la *clorite* di neoformazione, in vene di riempimento, associata ad altri minerali. Si comporta quasi da minerale uniassico presentando, solo in qualche punto, un colore di interferenza azzurro-nero, molto prossimo all'estinzione. Pleocroismo non molto marcato, tra un verde chiaro e un verde giallognolo quasi incolore. La *clorite* di neoformazione ha colore ancora meno evidente. È associata sempre a minutissime granulazioni di *zoisite*, di *epidoto* e forse anche di *titanite*, presentanti, nel complesso

un aspetto terroso, colori di interferenza molto vari, e colorazione bianco-giallastra a luce riflessa. Questi prodotti di alterazione, in fine aggregato di aspetto microcristallino, talvolta quasi terroso, sono poi diffusi entro a tutte le fratture. L'*epidoto* è rappresentato da termini poveri di ferro, in piccoli cristallini idiomorfi e, più comunemente, in ammassi granulari minutissimi, di solito aggregati alla zoisite quale riempimento di grosse fratture.

Fra gli accessori primari bisogna ricordare la *magnetite*, scarsa, in granuli o cristalli sempre di piccole dimensioni, lo *zirconio* che talora si osserva in granuli, tal'altra in cristallini prismatici bipiramidati, tozzi, di perfetto sviluppo, e l'*apatite*.

Là ove più intensa è stata la milonizzazione, la massa di fondo, nella quale compaiono frammenti minutissimi degli altri minerali, e granulazioni di zoisite, non è risolvibile al microscopio e, per l'essere costantemente quasi del tutto estinta, rivela una composizione rappresentata in prevalenza, probabilmente, da materiali amorfi. Anche qualche frattura è ricementata da una sostanza amorfa o da un aggregato finissimo petroselcioso, bianco a luce riflessa; si può ritenere trattarsi rispettivamente di *opale* o di *calcedonio*.

La roccia ha tutti i caratteri di una milonite, essendo la struttura originaria quasi cancellata per lo scostamento notevole dei frammenti irregolari successivamente ricementati da un minutissimo aggregato in gran parte amorfo. Una certa azione idrotermale, probabilmente anteriore all'ultima fase di più intenso dinamismo, aveva favorito la ricristallizzazione del quarzo in un aggregato a tipo pseudoscistoso che venne in seguito frantumato. Sono pure dovute ad azioni idrotermali la scomparsa dei plagioclasti e della biotite con formazione di sericite, zoisite, clorite ed epidoto. Risanamenti parziali si hanno entro ai singoli minerali ad opera specialmente del quarzo microgranulare o, in alcuni casi, di minutissime aggregazioni epidotiche. Le fratture più tardive sono ricementate da materiale amorfo o criptocristallino e, per ultimo, da calcite.

c) **Milonite granodioritica carboniosa** - primo valloncetto del fianco destro di Val Meledrio⁽¹⁾ (t. I, f. 4).

Aspetto macroscopico: Roccia nera, leggera, ricordante nel complesso l'aspetto delle scorie, facilmente sgretolabile. Presenta degli inclusi sotto forma di granuli

(1) Lo studio di campioni seriatati di cataclasi (p. 42), milonite (p. 46) e milonite carboniosa (p. 49) della granodiorite, provenienti da questa località ha permesso di seguire passo per passo l'accentuarsi della deformazione meccanica per zone di granodiorite sempre più vicine al contatto tettonico. La roccia, che nel primo presenta già i caratteri di una estrema cataclasi, dà poi passaggio a tipi milonitici nei quali, per il sovrapporsi di piani di scorrimento sui piani di semplice frattura, acquista sempre più, specialmente al microscopio, un aspetto scistoso. Questo è accentuatissimo nella milonite carboniosa. Quanto alla composizione mineralogica si possono fare due osservazioni. La prima riguarda il plagioclasio che, ben rappresentato nella cataclasi, è ancora abbastanza frequente nella milonite, in aggregati quarzoso-feldspatici, mentre difficilmente si può distinguere nella milonite carboniosa ove pure si troverebbe in aggregati intimi col quarzo; questa graduale sparizione di uno dei componenti essenziali si spiega facilmente con l'alterazione idrotermale di cui il minerale è stato facile preda data la milonizzazione. La seconda osservazione che si è potuta ricavare dallo studio seriatato di queste sezioni, è la presenza, fra i prodotti dell'attività idrotermale, di un minerale carbonioso sempre impuro perchè misto a minerali d'alterazione. Questo, concentrato particolarmente in certe zone che anche macroscopicamente acquistano una colorazione nera (probabilmente la maggior milonizzazione apriva qui più facili vie agli agenti pneumatolitico-idrotermali), si trova però anche nelle zone milonitiche limitrofe.

irregolari bianco - ocracei, che facilmente si riducono in polvere. In qualche punto si osservano lucenti piani di scistosità.

Tessitura di tipo scistoso; fra letti di una abbondantissima sostanza opaca carboniosa si notano degli elementi spesso ghiandolari, di dimensioni molto variabili, quarzosi o forse anche quarzoso - feldispatici. Tali elementi presentano, essi stessi, una struttura quasi scistosa con dei piani subparalleli di minerali opachi. Può darsi che nella roccia sia rappresentato anche il *feldispato*, però non si può accertare con sicurezza la sua presenza, nè, tantomeno, la sua quantità, dato lo stato di estrema milonizzazione, la mancanza di geminazione, e l'intima associazione col quarzo, dei granuli che sembrano potersi attribuire al feldispato; tale attribuzione è giustificata solo dalla bassa birifrangenza e dalla minuta sericitizzazione. In ogni modo il *quarzo* è nettamente prevalente sugli altri elementi della roccia, e sono costituiti da questo minerale anche i più piccoli frammenti e i minuti aggregati che si trovano nelle zone di maggior fratturazione. Esso presenta una estinzione cataclastica al massimo grado ed è minutamente fratturato. Lungo le innumerevoli incrinature che solcano questi residui dei minerali originari si ha una minuta diffusione di quella *sostanza* in parte *limonitica*, in parte *carboniosa*, in parte forse anche costituita da *zoisite* e da altri prodotti di alterazione, che costituisce i letti di scistosità della roccia. Abbastanza frequentemente a questi prodotti microgranulari si accomuna la *sericite*. Inclusi negli elementi ghiandolari, si notano aggregati irregolari o anche cristallini idiomorfi e subidiomorfi di *pirite*, spesso a gruppi.

La roccia rispecchia gli effetti di una cataclasi spinta fino all'estremo, tanto da dare origine a una tessitura che ricorda in tutto quella degli scisti. Il quarzo è l'unico, degli elementi originari, che, nonostante lo stato di minuta fratturazione, abbia conservato dei caratteri che ne permettono la identificazione. L'alterazione sericitica, e la formazione della *pirite* sono certamente opera di un'azione pneumatolitico - idatogena alla quale si deve pure la deposizione della sostanza opaca nerastra, che è costituita, probabilmente, da un intimo aggregato di sostanza carboniosa⁽¹⁾ con prodotti di alterazione.

III) TONALITE E SUE FACIES

Si tratta di rocce olocristalline a grana media (solo l'anfibolo forma, in certe facies, grossi individui), presentanti generalmente una più o meno marcata tessitura parallela primaria. Il rapporto tra la quantità dei minerali sialici e quella dei minerali femici varia notevolmente da zona a zona, spesso anche entro limiti ristretti, e corrispondentemente varia il colore della roccia, ora molto chiaro (come per es. nella zona a tonaliti acide tra Lago Gelato e Lago Serodoli) ora notevolmente

(1) Con riscaldamento alla fiamma la polvere della roccia si scolora rapidamente denotando così, come già faceva sospettare la mancanza dell'aspetto microcristallino all'osservazione microscopica, che il pigmento nero è dato da carbonio amorfo e non da grafite.

scuro (come ad es. nei pressi del Lago delle Malghette). Non sono rare, specialmente in certe località, delle concentrazioni femiche (inclusi autigeni o "Schlieren,") di color nero o verdastro scuro, costituite quasi esclusivamente da biotite o anfibolo, o da biotite e anfibolo associati. Componenti essenziali della facies normale sono il plagioclasio, il quarzo, la biotite e l'anfibolo. Soprattutto caratteristica è la prevalenza del plagioclasio, distintamente idiomorfo, abitualmente con fitta geminazione polisintetica ed evidente zonatura. Quest'ultimo carattere indica la notevole variabilità della composizione anche nella stessa roccia. Se poi si fa un confronto tra la composizione media delle varie rocce si osserva pure una variazione poichè, mentre comunemente si tratta di labradorite, si possono raggiungere, in certi tipi, ora l'andesina ora la bitownite. Altra caratteristica del plagioclasio è la relativamente scarsa alterazione, anche nelle tonaliti più alterate; le deformazioni meccaniche consistono in incurvamenti, contorsioni e, nei casi estremi, fratturazioni. Il feldispato potassico è stato trovato in un solo caso (tonalite a tessitura parallela, epimetamorfica, di Folgarida), ed anche in quel caso, raro. Il quarzo presenta normalmente estinzioni ondulate e leggero addentellamento ai margini; nelle tonaliti epimetamorfiche mostra un carattere da tipico quarzo scistoso. Fra gli elementi femici, in genere, la prevalenza spetta alla biotite che forma lamelle, ora microcristalline, ora, in altre facies od anche nelle stesse, di sviluppo medio. Rispetto alla biotite l'anfibolo preferisce formare individui di maggior sviluppo per cui è meno sparso e, molto frequentemente, nei preparati microscopici manca del tutto. Nelle tonaliti acide, in qualche zona, l'orneblenda è estremamente scarsa; la quantità di questo minerale è del resto molto variabile anche nello stesso tipo di roccia. Tanto la biotite quanto l'orneblenda presentano sempre, e spesso in grado marcato, un abito cristallino idiomorfo. Per quel che riguarda la biotite, essa si presenta frequentemente in associazioni parallele di lamelle disposte talora in pile di una certa altezza; tale carattere ho osservato specialmente nella biotite di un campione proveniente da Monte Zeledria. L'anfibolo può presentare, certe volte, uno sviluppo molto superiore a quello degli altri elementi. Tale carattere presentano i tozzi, grossi individui idiomorfi comuni nella tonalite di q. 2164 presso il lago a E di Cima Artuic, e di q. 2190 nell'alta Val Pangugolo, nonché presso Malga Malghetto e lungo la strada tra Malga Patascoss e Malga Nambino. Il tipo litologico della roccia è, in questi casi, notevolmente basico. Nelle tonaliti a cataclasi spinta, biotite e anfibolo sono brecciati più o meno minutamente, in quelle epimetamorfiche e nelle miloniti tonalitiche, presentano talora l'aspetto che è caratteristico degli scisti. La cloritizzazione della biotite è sempre perlomeno iniziata e talora anche notevolmente progredita; non vi è mai però quella diffusione di veli cloritici che si osserva nei graniti cataclastici. Molto caratteristica la presenza dell'epidoto: esso si trova anche, raro, associato alla clorite là ove la cloritizzazione è più avanzata, ma è soprattutto abbondante nelle miloniti delle tonaliti nelle quali ha anche netto idiomorfismo; è sempre rappresentato da termini a medio tenore in ferro. Molto comuni, specie in certe zone, sono le differenziazioni microcristalline. Si tratta di nuclei, noduli, lenti, di dimensioni variabilissime, incluse entro la roccia a facies normale dalla quale si distinguono per il colore

più scuro dovuto al fatto che, essendo a grana minore, gli elementi femici vi hanno una maggior dispersione. Una tendenza alla formazione di queste differenziazioni microgranulari ho osservato in campioni del Lago Ritorto e di Casine Serodoli.

Il comportamento delle tonaliti rispetto alla cataclasi è ben diverso da quello delle granodioriti. Anche nelle tonaliti delle zone meno disturbate si osservano sempre tracce di deformazione postcristallina (fratturazioni e incurvamenti) ma, contrariamente a quanto avviene per le granodioriti, forse in conseguenza dell'orientazione primaria, mano a mano che ci si avvicina ai punti di maggior disturbo, diminuiscono gli effetti della fratturazione mentre la roccia assume al microscopio, dapprima un aspetto di vera e propria tonalite epimetamorfica con biotite e anfibolo cristalloblastici, poi un aspetto pseudoscistoso dato dalla minuta frammentazione dei minerali femici e dalla loro disposizione, in associazione col quarzo, a letti fascianti il plagioclasio, che in tal caso presenta un certo arrotondamento. Il quarzo e la biotite frammentaria e sfumata assumono le caratteristiche del quarzo e della biotite di ricristallizzazione degli scisti per cui, stando all'aspetto microscopico, queste rocce presentano i caratteri essenziali per una attribuzione al gruppo delle miloniti. L'aspetto macroscopico non permetterebbe però, a rigor di termini, tale attribuzione perchè la roccia conserva ancora in linea di massima la tessitura originaria e benchè molto più scura delle più basiche tonaliti normali, non presenta mai la tipica cloritizzazione che giunge fino a permeare completamente gli elementi incolori facendoli scomparire alla vista, come avviene per le miloniti granodioritiche. Un'altra differenza rispetto a queste ultime consiste nel fatto che qui la pseudoscistosità non è solo di tipo clastico (azione clastica selettiva), come accade sempre nelle granodioriti, ma invece, essenzialmente, di tipo blastico, per ricristallizzazione epimetamorfica dei letti quarzosi e, parzialmente, del plagioclasio e della biotite. Osservando al microscopio il procedere della deformazione si giunge infine a delle rocce nelle quali la fratturazione cancella in gran parte la struttura originaria. Anche qui però, macroscopicamente, gli effetti della deformazione sono incomparabilmente minori di quelli che si osservano nelle cataclasiti granodioritiche. Si nota uno schiacciamento (resta conservata la tessitura parallela primaria, però gli individui anfibolici, per es., da prismatici diventano ghiandolari) ma soprattutto una molto avanzata alterazione del plagioclasio. Un estremo grado di cataclasi si raggiunge con le cataclasiti tonalitiche scure, grigio verdastre, a grana fine, di Val Meledrio e Folgarida, immediatamente al contatto della linea di dislocazione. Il contorno dei minerali in genere sparisce, la cloritizzazione si spinge però solo di poco oltre ai limiti degli elementi femici. È solo con questo tipo di roccia, che si osserva in una zona di potenza limitatissima presso al contatto tettonico, che l'aspetto macroscopico originario viene del tutto cancellato.

Un altro fatto che risulta dal confronto degli effetti della deformazione sulla tonalite con quelli subiti dalla granodiorite, è il seguente: nella granodiorite, cataclasiti e miloniti formano zone ristrette lungo le linee di movimento; notevolmente maggiore è la potenza delle cataclasiti rispetto a quella, veramente minima delle miloniti; inoltre, come avviene normalmente, le prime si trovano a una certa di-

stanza dal piano di movimento e le miloniti compaiono solo con l'avvicinarsi ulteriormente ad esso. La zona delle miloniti tonalitiche deve essere invece molto più estesa poichè esse si osservano anche ove non esistono, nelle vicinanze immediate, dei piani di scorrimento; questa zona è incomparabilmente più potente di quella delle cataclasi e sono queste ultime quelle che si trovano direttamente lungo il contatto tettonico. Queste diversità di comportamento devono attribuirsi probabilmente, come si è già accennato, alla originaria tessitura parallela della tonalite che ha favorito lo scivolamento e la laminazione con ricristallizzazione nei confronti della cataclasi vera e propria, limitata così solo alle zone contermini ai piani di movimento ove la sollecitazione meccanica era più intensa e più disordinata e non poteva seguire l'orientazione originaria, spesso notevolmente discordante dalla direzione di movimento.

Dagli appunti di campagna del prof. Gb. DAL PIAZ risulta che le tonaliti sono le rocce più diffuse nella regione in istudio, spettando unicamente ad esse tutta la zona ad Occidente della linea delle Giudicarie che le separa dalla formazione scistoso - granitica e, a Nord, in Val Rotiano, dai terreni dolomitici del Trias superiore. Tale linea è indicata approssimativamente dagli affioramenti di M. Spolverin - Val Rotiano, del primo valloncetto sulla destra di Val Meledrio, della Val Nambino in un punto circa a metà della distanza che separa Malga Nambino da Malga Patascoss, e infine della parte superiore di alcuni dei numerosi valloncelli sul fianco destro della Val Rendena tra Madonna di Campiglio e S. Antonio di Marignola. Dagli stessi appunti risulta che, estremamente variabili sono, da località a località, il grado dell'orientazione (sempre però visibile), la percentuale di elementi femici, e soprattutto la quantità di orneblenda. La presenza di inclusi microgranulari nastriformi, allungati nella direzione dell'orientazione, è segnalata per il fianco sinistro di Val Nambino presso il Lago Nambino (Via Ballin), per la zona dei Tre Laghi, e per M. Vigo. Ove la roccia è tonalitica, a differenza di quanto avviene per il complesso scisti-granodiorite, data la scarsità del terreno eluviale, il substrato roccioso è, si può dire, sempre affiorante.

1) **Tonaliti acide, biotitiche, povere di orneblenda.**

Sono rocce a grana media, composte principalmente da feldispato bianco e, in quantità un po' minore, da quarzo. Gli elementi femici, in quantità molto subordinata, sono rappresentati con assoluta prevalenza, e in certe zone quasi esclusivamente, da biotite; molto raro l'anfibolo. La biotite forma lamelle anche di notevole sviluppo. I tipi più poveri di orneblenda rappresentano termini di transizione alle granodioriti biotitiche.

La tonalite acida, evidentemente prosecuzione della fascia osservata da M. FENOGLIO (24) nell'alta Val Nambrone, affiora, a quanto risulta dagli appunti di campagna del prof. Gb. DAL PIAZ, nelle zone di Capanne Serodoli, dei Laghi Serodoli di sopra e Serodoli di sotto, del Lago Gelato, del Lago Nero e del Lago Ritorto. Dato il carattere spiccatamente sialico la tessitura parallela è molto più evidente in grande, sul posto, che non nei campioni da studio; in certe zone,

peraltro, l'orientazione è già molto marcata. La quantità dell'orneblenda varia alquanto da punto a punto; talora l'anfibolo è abbastanza frequente. Al valico di q. 2190 a ENE del Lago Ritorto, tra Valle di Canton e Val Pangugolo, si presentano frequentemente allo sguardo individui di orneblenda grossi fino a $1\frac{1}{2}$, forse 2 cm., tozzi, nettamente idiomorfi. In questa zona la roccia tende ad assumere una maggior femicità e presenta, oltre a ciò, accenni a differenziazioni microcristalline più scure. Compaiono pure delle concentrazioni femiche come alla forcilla a E del Lago Ritorto, a q. 2170 circa, ove è stato raccolto un campione costituito in prevalenza da un anfibolo di color nero e da biotite, con solo qualche chiazza bianca di feldispato. Si notano talora zone di schiacciamento tettonico.

Lo studio microscopico è stato eseguito su due campioni, uno raccolto tra il Lago Gelato e il Lago Serodoli di sopra, l'altro fra il Lago Ritorto e il passo di q. 2190 (facies più femica come risulta, oltre che dall'aspetto macroscopico, dal tipo più calcico del plagioclasio, dalla totale assenza dell'ortoclasio, e dalla maggior abbondanza dell'anfibolo).

La struttura è olocristallina a grana media. Gli elementi mineralogici essenziali, assolutamente prevalenti, sono plagioclasio e quarzo, più scarsa la biotite. Anfibolo ed epidoto si trovano, talvolta, in una certa quantità. Elementi accessori, ora più ora meno frequenti, sono clorite, zoisite, apatite e ossidi di ferro. Molto raro, e neppur sempre presente, l'ortoclasio.

Il quarzo, sempre nettamente allotriomorfo, a margini estremamente addentellati, tende a raccogliersi in plaghe. L'estinzione è sempre chiaramente e irregolarmente ondulata.

Contrasta con lo xenomorfismo del quarzo il marcato idiomorfismo del plagioclasio, spesso zonato e quasi sempre geminato secondo le leggi albite, albite-periclino e albite - Carlsbad. La composizione presenta una notevole variabilità per l'esistenza della zonatura, ed è leggermente diversa nei due campioni esaminati, come risulta dallo specchio seguente:

tra Lago Gelato e Lago Serodoli di sopra | tra Lago Ritorto e passo q. 2190

Valori massimi dell'estinzione in zona simmetrica:

cristallo geminato albite semplice			cristallo geminato albite semplice				
poco zonato:	28°	53 % An	poco zonato:	28°	53 % An		
„ „ periferia:	19°	36 % An	„ „ periferia:	20°	37 % An		
„ „ centro:	31°	57 % An	„ „ centro:	35°	63 % An		
geminati albite - Carlsbad zonati:			geminati albite - Carlsbad zonati:				
	I	II		I	II		
estremo bordo:	5	6	25 % An	estremo bordo:	2	0	20 % An
periferia:	6	12	30 % An	periferia:	6	5	26 % An
centro:	12	27	50 % An	centro:	13	18	42 % An
estremo bordo:	0	2	20 % An	estremo bordo:	0	0	20 % An
periferia:	7	11	30 % An	periferia:	15	13	37 % An
centro:	18	28	55 % An	centro:	30	30	73 % An

Composizione media

andesina labradoritica con variazioni estreme fino ad oligoclasio.

labradorite bitownitica con termini estremi di oligoclasio alla periferia e di bitownite al centro.

La zonatura in genere è molto irregolare, distribuita a plaghe; in qualche caso invece si nota una regolare variazione delle miscele plagioclastiche dal centro, più ricco di calcio, alla periferia, più sodica. Raramente sono visibili, al bordo di cristalli di plagioclasio, delle vermicolazioni mirmechitiche.

La *biotite*, spesso in vistose lamelle, è generalmente cloritizzata alla periferia e presenta come inclusi, o come elementi associati al bordo, cristallini di apatite e granuli irregolari di epidoto. A questi talora si unisce anche la *zoisite*.

L'*anfibolo* è rappresentato da orneblenda verde in granuli irregolari o in cristalli subidiomorfi. Si presenta spesso in intime associazioni regolari con *biotite*. Ha netto pleocroismo con:

γ = verde scuro; β = verde; α = giallo; assorbimento $\gamma > \beta > \alpha$ e $c/\gamma = 18^\circ$ (1)

L'*epidoto* si trova, oltre che associato alla mica, anche sparso tra gli altri elementi; la mancanza di colore, il segno ottico negativo, l'angolo degli assi ottici molto grande e prossimo a 90° , la birifrangenza media e irregolare (come è tipico di questo minerale), denotano termini poco ferriferi della serie degli epidoti, prossimi al limite di transizione tra questi e le *clinozoisiti*. Spesso forma delle vene e vermicolazioni entro a fratture di altri minerali e palesa in tal modo la sua origine secondaria.

La *zoisite*, rara, si trova al centro di qualche granulo di plagioclasio o al bordo della *biotite*.

La *clorite*, oltre che come prodotto d'alterazione della *biotite*, al margine di questa, si presenta pure come elemento accessorio primario in lamelle irregolari o sotto forma di fini aggregati aciculari caratterizzati da sensibile pleocroismo:

γ = incolore; $\alpha = \beta$ = verde

Gli *ossidi di ferro* sono talora limonitizzati.

Si trovano pure talora (campione tra Lago Gelato e Lago Serodoli) tracce di *feldispato potassico* in piccole plaghe allotriomorfe, con indici di rifrazione nettamente inferiori a quelli del quarzo e del plagioclasio.

La roccia tra Lago Gelato e Lago Serodoli non rivela, nel complesso, di aver subito azioni dinamiche molto intense benchè l'esistenza di deformazioni di questo tipo sia provata dall'estinzione ondulata del quarzo, dall'irregolarità della zonatura nei plagioclasii e dalla leggera incurvatura di qualche lamella biotitica. Nel campione di Lago Ritorto ove, al valico di q. 2190, come risulta dagli appunti del prof. Gb. DAL PIAZ, si trova una zona di schiacciamento e di alterazione, le tracce di deformazione sono più accentuate: i plagioclasii mostrano spesso flessioni dei piani di geminazione, la *biotite* presenta pure molto comunemente flessioni dei piani di sfaldatura, e compaiono delle vere e proprie fratture.

(1) Misure effettuate sulla sezione di Lago Ritorto.

Le rocce descritte corrispondono alle tonaliti acide, biotitiche, prive o povere di orneblenda, dell'alta Val Nambrone, nella zona tra Malga Nambrone e Passo Nambrone contermina alla nostra (vedi carta geologica - petrografica al 25.000 nel lavoro citato di FENOGLIO (24)). In confronto la tonalite dell'alta Val Nambrone è, forse, solo leggermente più acida, data la natura essenzialmente andesinica (43 % An) del plagioclasio (l. c., p. 12).

2) **Tonaliti biotitico - anfiboliche normali a tessitura parallela.**

Macroscopicamente differiscono dalle tonaliti acide solo per un maggior contenuto in elementi femici e per un graduale prevalere dell'anfibolo sulla biotite. Il passaggio avviene però per gradi, quasi insensibilmente, ed ha pertanto un valore puramente schematico la suddivisione in alcuni sottogruppi principali che ho creduto poter stabilire basandomi sui rapporti quantitativi tra elementi incolore ed elementi colorati e tra biotite ed anfibolo, quali si possono valutare già ad un esame macroscopico.

Queste rocce rappresentano la prosecuzione della fascia di tonaliti a tessitura parallela che attraversa la bassa Val Nambrone (24, p. 17) con orientazione subparallela a quella della Val Rendena per piegare poi, più a N, in direzione E così da formare con la linea delle Giudicarie un angolo di circa 30°, portandosi infine nei pressi di Pra' da Lago quasi perpendicolarmente ad essa (57, p. 267). Come le tonaliti normali di Val Nambrone, anche queste sono da ritenersi differenziazioni abbastanza acide rispetto alle tonaliti a facies analoghe di altre zone dell'Adamello.

a) **tonaliti normali a tendenza acida.**

Tessitura parallela spesso evidentissima per la perfetta orientazione della biotite che è ancora l'elemento femico essenziale. Dei campioni avuti in esame, ho attribuito a questo tipo alcuni provenienti dalla zona presso Lago delle Malghette e Lago delle Malghette piccolo (in alto), dal massiccio di Monte Zeledria (questa si distingue per un contenuto in quarzo molto superiore al normale e per la biotite associata in pile, ciò che rende quasi nulla la tessitura parallela; l'anfibolo è scarso), da q. 2241 presso il Lago Serodoli di sotto, da q. 1957 presso Casine Serodoli (molto biotitica, quasi assolutamente priva di anfibolo), e dalla parete a N del Lago Ritorto.

b) **tonaliti normali di tipo medio.**

Colore più scuro. Gli elementi femici, ancora fundamentalmente rappresentati da biotite, formano circa un terzo della roccia. I campioni esaminati provenivano dal passo a q. 2097 ad W di M. Vigo, da una località a valle della cascata del Meledrio, da q. 2289 presso M. Genevria, dallo sprone tra Malga Valchestria e Pian de' Mughì a q. 1950 circa, dal vallone subito ad E di Claemp e dalla zona al contatto con le filladi sopra Mistrin (quest'ultimo ad alterazione avanzata). Un tipo perfettamente analogo si trova in Val di Genova come dimostra il confronto con campioni provenienti da S. Stefano di Carisolo (presso la chiesa).

Al microscopio è stata studiata dettagliatamente la tonalite di *passo q. 2097 a W del M. Vigo* (t. II, ff. 1, 2, 3).

Roccia a grana media; tessitura leggermente orientata. Elementi essenziali sono: plagioclasti, quarzo, biotite, anfibolo ed epidoto. Fra gli elementi secondari, più abbondanti sono: zoisite e magnetite, molto meno: clorite, titanite, apatite e zircone.

L'elemento più comune è il *plagioclasio*, assai spesso zonato, con zonatura talora ripetuta o anche con composizione irregolarmente distribuita a chiazze, specialmente nella parte interna degli individui zonati dove si osserva qualche nido di sericite. Frequenti le geminazioni secondo le leggi albite, albite - periclino e albite - Carlsbad; in qualche caso si nota, alla periferia, un orletto di accrescimento secondario. La composizione media è quella di una andesina labradoritica al 46 % An, quella dei cristalli a media zonatura varia tra il 40 % e il 60 % An, quella delle zonature estreme tra il 28 % e il 76 % An⁽¹⁾.

Caratteristica è la distribuzione, a plaghe limitate, del *quarzo* granulare e microgranulare con margini irregolarmente sinuosi ed estinzione ondulata; in qualche caso è possibile notare delle apofisi di quarzo entro a plagioclasti idiomorfi.

Segue, in ordine di abbondanza, la *biotite* in grosse lamine a cloritizzazione appena iniziata con compenetrazione a fiamme tra *clorite* e *biotite*. Il pleocroismo è molto accentuato:

γ = bruno nero; β = bruno; α = giallo più o meno chiaro.

Caratteristici sono il suo notevole smembramento in frammenti di lamelle, la irregolarità del contorno frequentemente sfrangiato, e la struttura cribrosa per la presenza di inclusi di plagioclasio. Al limite tra plagioclasio incluso e biotite includente si nota spesso una minuta granulazione di *magnetite* e, più frequentemente, di *zoisite* e di epidoto con più rari minuti elementi di *titanite*. Come inclusioni primarie la biotite contiene inoltre cristallini di *apatite* e *zircone* e, come prodotti di alterazione, granuli di *ossidi di ferro*.

La stessa struttura cribrosa, in modo più accentuato, presenta l'*orneblenda verde*, specialmente nei maggiori individui; il minerale ha i caratteri normali ed è abbastanza frequente. Gli inclusi sono: granuli di plagioclasio, lamine di biotite e clorite, qualche piccolo cristallo di epidoto, e granuli di magnetite. Questi elementi di orneblenda e biotite a struttura cribrosa assumono aspetto analogo a quello che spesso presentano i porfiroblasti cosparsi di granoblasti di rocce metamorfiche.

Relativamente abbondante è l'*epidoto*. I suoi caratteri sono: assenza di colore sensibile, segno positivo, angolo degli assi ottici prossimo a 90° come denota l'isogira quasi rettilinea in sezioni perpendicolari a un asse ottico; si tratta perciò di un termine intermedio tra la pistacite e la clinozoisite. I granuli si trovano sparsi un po' ovunque nella roccia, ma particolarmente associati agli elementi

(1) Ciò risulta dalle determinazioni seguenti dei valori massimi per l'estinzione in zona simmetrica: in geminati albite: 25°, in geminati albite zonati: da 12° a 33° e talora anche a 46°. In un geminato albite - Carlsbad molto zonato ho trovato: periferia: I = 5, II = 4; zona media: I = 24, II = 16; centro: I = 43, II = 20.

femici. In qualche caso, lungo le tracce di sfaldatura, si osservano dei granuli di ossidi di ferro. Alcuni degli elementi maggiori si fanno notare per un notevole idiomorfismo non solo nei riguardi dei plagioclasti, ma anche rispetto alla biotite nella quale in qualche punto troviamo inclusi, o parzialmente inclusi, cristalli di epidoto a margini netti e talora anche a contorno cristallografico distintamente idiomorfo.

c) tonaliti a tendenza basica.

Colore scuro. L'elemento femico prevalente è l'anfibolo che in certi tipi diventa quasi esclusivo; in altri casi vi è pure un abbondante contenuto in biotite (fino a una quantità pari all'anfibolo). Talora la biotite costituisce solo degli aggregati minutissimi tendenti a raccogliersi alla periferia degli individui di orneblenda. I campioni esaminati provenivano dal Lago delle Malghette piccolo e dalla Val Meledrio presso il Lago delle Malghette, da una località a mezza strada tra Lago Nambino e l'Albergo Zeledria (plagioclasti in parte rossi per probabile alterazione superficiale), e da q. 2100 circa nell'alta valle di Malga Valchestria. Per confronto ho esaminato anche dei campioni raccolti nella Val di Genova e presentanti uguali caratteri.

d) tonaliti basiche con tendenza a facies porfirico - pegmatitiche.

In certe zone, di superficie perlopiù limitata, si osservano delle facies in cui solo pochi individui di orneblenda raggiungono maggior sviluppo mentre gli altri minerali, e la maggioranza dei cristalli della stessa orneblenda, conservano la loro grana normale, oppure hanno una grana solo leggermente maggiore del normale. L'orneblenda è sempre tozza. Provenienza dei campioni: q. 2164 a E di Cima Artuic, Malga Malghetto, alta Valle Pangugolo subito sotto il valico di q. 2190 (in quest'ultima località l'orneblenda raggiunge le massime dimensioni: 1.5×0.8 cm.). L'esame microscopico di un campione raccolto presso il Lago delle Malghette ha rivelato un abbondante contenuto in apatite.

3) Miloniti tonalitiche.

Si è già accennato nella parte generale alla notevole importanza assunta in queste rocce dalla blastesi che accompagna sempre la clastesi. Macroscopicamente si distingue una orientazione a piani subparalleli alternativamente bianchi (il fel-dispato alterandosi cede il posto a dei prodotti terrosi bianco - candidi) e verde - scuri. Un esame più profondo rivela sempre, anche macroscopicamente, che la roccia ha subito notevolissime deformazioni meccaniche. Il colore è molto più scuro di quello delle tonaliti non deformate più basiche; esso può essere nerastro (quando i minerali femici non hanno subito che una cloritizzazione incipiente) o verdastro scuro (quando invece la cloritizzazione è molto avanzata). In quest'ultimo caso gli elementi chiari tendono a venir gradualmente permeati dalla clorite d'infiltrazione. I campioni esaminati provenivano da Val Rotiano, dal valloncetto a sinistra di Folgarida, dal primo valloncetto sulla destra di Val Meledrio, dal

fianco sinistro di Val Nambino presso il lago, ed anche da q. 1800 circa sul sentiero Baselga a metà strada tra il lago e Zeledria. Ho esaminato pure dei campioni di rocce identiche provenienti dalla zona tra il Torrente Nambrone e la Val di Genova e dalla Val di Genova tra Plagna e Diaga ("granodiorite tonalica a fitta tessitura parallela", (13, p. 34)).

Un tipo poco alterato e con pseudoscistosità non molto marcata è quello di q. 1800 circa lungo il sentiero Baselga, sul fianco sinistro di Val Nambino, di cui riporto i caratteri microscopici.

Tessitura pseudoscistosa caratterizzata dalla disposizione orientata in letti subparalleli degli elementi femici e delle zoisiti, mentre i plagioclasti occupano gli spazi intermedi cedendo qua e là il posto a plaghe quarzose. Gli elementi prevalenti sono i plagioclasti, il quarzo, la biotite e l'orneblenda. Gli accessori sono dati da clorite, zoisite, epidoto, magnetite, ilmenite, apatite e zircone.

Molto comuni le tracce di deformazioni dinamiche rappresentate da flessioni dei piani di geminazioni o di sfaldatura dei plagioclasti, delle miche e dell'anfibolo, e da fratture, spesso beanti e riempite da nuovo materiale, dei granuli di plagioclastio. Molto frequenti pure i fenomeni di microimplicazione cristallina reciproca tra miche e anfiboli da un lato e feldispatici dall'altro.

I *plagioclasti*, talora zonati con zonatura di solito ripetuta, spesso geminati secondo le leggi albite e albite - periclino, presentano un certo pseudoidiomorfismo; al centro si osserva, in qualche caso, una leggera alterazione cloritico - zoisitica. Quanto alla composizione, dalle misure si ricavano, come media, percentuali al 55 % - 57 % An⁽¹⁾; gli indici di rifrazione sono spesso nettamente superiori a quelli del quarzo e il segno ottico è positivo. Si tratta quindi di termini labradoritico - bitownitici. Relativamente frequenti sono le deformazioni dinamiche visibili specialmente lungo i piani di geminazione albite che si mostrano spesso flessi; in certi casi i cristalli sono addirittura frantumati e presentano scorrimenti.

Il *quarzo*, in quantità minore dei feldispatici, è microgranulare, a margini notevolmente ondulati, e si trova raccolto in plaghe.

La *biotite*, a disposizione chiaramente orientata, si presenta in lamelle sbrecciate, talora con cloritizzazione al margine. È intimamente associata a clorite secondaria, ad anfibolo, ossidi di ferro e zoisite. Contiene spesso, inclusi, elementi plagioclastici, granuli di magnetite e cristallini di apatite e zircone. Oltre alla sbrecciatura per stiramento è sempre più o meno contorta.

La *clorite* si presenta in lamine sfibrate e compenetranti i vari elementi ed ha minimo pleocroismo e bassi colori d'interferenza bruno-nerastri.

(1) In geminati albite semplice si sono misurati angoli massimi di estinzione in zona simmetrica di 30° e 32°. Su geminati albite zonati ho ottenuto:

periferia:	22°	40 % An	andesina
centro:	34°	62 % An	labradorite

In un geminato albite - Carlsbad:

	I	II		
periferia:	16	10	35 % An	andesina
centro:	40	29	85 % An	bitownite

mentre per qualche posizione del geminato pare si riesca a superare anche il limite dell'85 % in anortite giungendo fino a valori del 90-95 % An.

L'*anfibolo*, in quantità solo leggermente inferiore alla mica è, come questa, sbrecciato in frammenti minori irregolari e con piani di sfaldatura presentanti spesso delle flessioni. Caratteri del pleocroismo, colori d'interferenza e rilievo denotano trattarsi di *orneblenda verde*. In qualche elemento, con pleocroismo marcato, maggiore rilievo, e colori d'interferenza elevati ho ottenuto: $c/\gamma = 15^\circ$. Contiene gli stessi inclusi della biotite; è abbastanza frequente la geminazione (100), talora anche con lamelle polisintetiche.

Molto frequente, nei letti della biotite e dell'*anfibolo*, particolarmente al margine tra gli elementi femici e il plagioclasio, una minuta granulazione a *magnetite*, *ilmenite* e *zoisite* con disposizione nettamente fluidale. Rari granuli di *epidoto* perlopiù incolore, talora debolmente verde - giallognolo.

Questa roccia deriva da una tonalite a tessitura orientata e presenta effetti evidentissimi di azioni dinamiche e ricristallizzazione di quarzo microgranulare come negli scisti.

Ad un tipo già nettamente milonitico appartengono le due rocce seguenti di cui la prima ha un aspetto molto più fresco:

a) *fianco sinistro della parte alta del primo valloncetto sulla destra di Val Meledrio.*

Roccia olocristallina a grana medio - piccola e tessitura pseudoscistosa. Elementi prevalenti sono il quarzo e il plagioclasio seguiti poi, fra gli elementi femici, da clorite e *anfibolo*. Questi ultimi sembrano in quantità pressapoco uguali. Fra gli accessori sono abbondanti l'*epidoto* secondario, la *zoisite* e la *magnetite*, abbastanza frequenti titanite, zircone e apatite, scarsa la sericite.

Nel plagioclasio sono molto comuni le geminazioni albite, albite - periclino, albite - Carlsbad; si nota, in alcuni elementi, una certa zonatura. Gli indici di rifrazione sono sempre superiori tanto al collolite che al quarzo, il segno ottico è positivo, il valore massimo dell'angolo di estinzione nei geminati polisintetici è di circa 28° (53 % An). Dalla misura di un geminato albite - Carlsbad ho ottenuto, i seguenti valori, riferendomi alla parte centrale: I: 15° , II: 29° . Questo conferma che si tratta prevalentemente di un termine labradoritico con tenori fino al 53 % di anortite, benchè la zonatura attesti la presenza di termini meno ricchi di calcio nelle parti periferiche. Intense le deformazioni palesate da marcate flessioni dei piani di geminazione e da tutta una serie di fratture alcune delle quali, beanti, sono state ricementate dal quarzo. Caratteristico è l'aspetto di certi granuli che si presentano suddivisi in numerose zolle ad estinzione contemporanea ricementate, lungo originari sistemi di incrinature, dal plagioclasio stesso che ivi ha però una estinzione sfasata rispetto alla prima.

Il *quarzo*, microgranulare, è raccolto a zone, più comunemente lungo piani subparalleli, sì da avvicinarsi alla disposizione che gli è caratteristica per gli scisti; talora i vari granuli danno una tessitura a mosaico, più comunemente invece sono addentellati.

L'*anfibolo*, rappresentato da cristalli di dimensioni medie, è un'*orneblenda verde* con i seguenti caratteri: pleocroismo:

γ = verde azzurro torbido; β = verde bruno torbido; α = giallo chiaro, con assorbimento $\beta > \gamma > \alpha$, $c/\gamma = 17^\circ - 18^\circ$; $\gamma - \alpha = 0,022$; $\beta - \alpha = 0,013$ circa. Frequenti le tracce di fratturazioni e rinsaldamenti successivi. In qualche punto si trova associato all'epidoto che probabilmente, almeno in parte, ne deriva.

La *clorite* è localizzata a piani con andamento nettamente ondulato nei punti ove fascia gli elementi di plagioclasio. Lungo le sfaldature e al bordo è sempre accompagnata da fini granulazioni zoisitiche, da venature di materiali opachi, probabilmente ossidi di ferro, e da granuli un po' più sviluppati di titanite. Ha pleocroismo quasi inavvertibile tra un verde chiarissimo e un giallo verde quasi incolore, e colori d'interferenza azzurro - cupi o bruno - neri.

L'*epidoto* si trova particolarmente associato agli elementi femici. È in granuli irregolari, i suoi colori d'interferenza arrivano, come massimo, al giallo di primo ordine, manca ogni traccia di colorazione, per cui si può ritenere trattarsi di un termine molto prossimo alla clinzoisite. Accanto a questo, molto più raro, un epidoto nettamente più ferrifero in elementi maggiori che talora, verso il nucleo, presenta toni bruni e pleocroismo corrispondenti a quelli di termini ortitici.

Fra gli accessori di alterazione predomina la *zoisite*, seguita dalla *magnetite* (quest'ultima probabilmente prodotta per segregazione nel processo di cloritizzazione della biotite), nonché rara sericite proveniente da un principio di alterazione di qualche elemento plagioclasico in cui è inclusa.

Nel complesso, notevoli le tracce di deformazioni postcristalline (flessioni e fratture del plagioclasio e dell'anfibolo, flessioni e stiramenti della clorite). L'azione meccanica ha agito con una certa orientazione, probabilmente favorita dalla preesistente tessitura parallela e, grazie ai fenomeni pneumatolitico - idrotermali che la accompagnavano, ha determinato una completa ricristallizzazione del quarzo che si presenta qui con lo stesso aspetto che ha negli scisti. A questi stessi fenomeni è dovuta, verosimilmente, la completa cloritizzazione della biotite con segregazione di magnetite nonché la formazione di zoisite, clinzoisite e forse titanite la cui genesi, almeno in parte, si può far risalire al processo di cloritizzazione.

b) *valloncello sinistro di Folgarida - roccia sopra i calcari brecciati retici.*

Tessitura parallela pseudoscistosa. L'aspetto scistoso proviene dall'alternanza di allineamenti subparalleli di quarzo microgranulare e di elementi femici. In alcuni punti questa tessitura è accentuata dal fatto che i letti degli elementi femici lamellari fasciano a guaina alcuni maggiori individui orientati di plagioclasio. In ordine di frequenza si trovano: plagioclasio, quarzo, biotite, anfibolo; in quantità minori, ma sempre abbondanti: magnetite, ilmenite ed epidoto nonché i prodotti di alterazione: sericite e zoisite. Abbastanza frequente l'apatite, più rari zoisite, muscovite e sericite.

Il *quarzo* si presenta sempre nel caratteristico aggregato microgranulare addentellato e con i soliti caratteri dell'estinzione ondulata e della biassicità anomala.

Il *plagioclasio* è idiomorfo, spesso con una certa zonatura, sempre geminato a lamelle fitte secondo la legge albite o quella albite - periclino. In certe zone, e specialmente al centro dei cristalli maggiori, presenta una accentuata alterazione

sericitica mentre altrove è quasi completamente inalterato; notevoli le tracce di fratturazioni. La composizione prevalentemente corrispondente a termini labradoritici può raggiungere quella di miscele andesitiche solo alla periferia di certi individui (1).

Fra gli elementi maggiori della roccia si nota pure qualche raro granulo di *ortoclasio* che presenta una leggera sericitizzazione cui si accompagna una diffusa argillificazione.

La *biotite*, a seconda delle zone ora più ora meno sostituita da *clorite*, è sempre in lamelle contorte, stirate e ridotte a brandelli. Anche là ove è meno alterata si presenta in associazione con *clorite*, *zoisite*, *epidoto* e *magnetite*; come inclusi normali è molto frequente l'*apatite*, più raro lo *zirconio*. La *clorite* è un tipo di pennina cui si associano lungo i piani di sfaldatura ciuffetti di *zoisite*. Dei cristallini, che per il maggior valore della rifrazione, sembrano essere di *clinozoisite* si trovano invece quali prodotti d'alterazione entro a *plagioclasti*, ove questi sono a contatto con granuli di *magnetite*. Fra *clorite* e *plagioclasio*, o lungo i piani di sfaldatura della *clorite*, si trovano frequentemente dei granuli di dimensioni più o meno grandi di *epidoto* generalmente *clinozoisitico*; sono rappresentati anche dei termini a maggior tenore in ferro. Frequente la *magnetite* accompagnata da lamelle di *ilmenite*, la prima in nuclei maggiori ed anche sotto forma di cristalli idiomorfi. Venature d'alterazione limonitica più frequenti lungo i letti a *clorite*; molto rare le lamelle di *muscovite* primaria.

L'*orneblenda*, in frammenti di cristalli idiomorfi generalmente associati a quelli della *biotite* - *clorite*, ha i seguenti caratteri: pleocroismo:

γ = verde azzurro; β = verde scuro; α = giallo verdolino chiaro;

$c/\gamma = 14^\circ - 15^\circ$; birifrangenza bassa: $\gamma - \alpha = 0,014$. Dalla periferia di alcuni elementi che si trovano presso alle zone di ricristallizzazione del *quarzo* e del *plagioclasio* si vedono irradiarsi degli aciculi esilissimi di un *anfibolo* quasi incolore con scarso pleocroismo e caratteri di *attinoto*.

Come riempimento di alcune fratture beanti che attraversano tutta la roccia, si osserva un minerale con indici sempre nettamente inferiori al *collolite*, birifrangenza molto bassa, segno ottico positivo, carattere della zona negativo, angolo degli assi ottici piuttosto piccolo. I caratteri citati, uniti a quello dell'estinzione piuttosto irregolare fanno propendere per l'attribuzione di questo minerale a *heulandite*.

Quale esempio di un tipo estremo di milonizzazione credo opportuno riportare qui la descrizione microscopica della "milonite tonalitica con vene zeolitiche", sopra la carrozzabile presso Carisolo (t. II, f. 4), benchè non si trovi nella zona in esame. Questa roccia appartiene alla fascia di miloniti tonalitiche della bassa Val di Genova presentanti caratteri analoghi a quelle della nostra regione:

(1) Gli indici di rifrazione sono sempre nettamente superiori al *collolite* e leggermente superiori anche al *quarzo*, il segno ottico è positivo. Come valori massimi della estinzione simmetrica per i cristalli a composizione media ha ottenuto: $25^\circ - 26^\circ$ (46% An) mentre per quelli zonati si arriva a valori inferiori, di 18° (36% An) all'estremo orlo periferico, talora di accrescimento secondario, ed a valori superiori verso il centro ove si raggiungono e si superano i 30° (57% An).

Aspetto macroscopico: Roccia compatta scura a tessitura parallela per l'alternanza di letti biotitici ad altri feldispatico-quarzosi. In certe zone l'aspetto della roccia è più chiaro; si notano delle fratture, talora anche notevolmente sviluppate, ricementate da vene di un materiale bianco a durezza variabile da punto a punto che perlopiù si sgretola in una massa terrosa appena toccato.

Tessitura scistosa. Elementi prevalenti: plagioclasio, quarzo e biotite; elementi accessori: epidoto, zoisite, clorite, sericite, ossidi di ferro, apatite, zircone e muscovite.

Il *plagioclasio* conserva ancora l'abbondanza di geminazioni e l'orientamento che ha nelle tonaliti a tessitura parallela mentre in gran parte è stato cancellato il contorno idiomorfo per successivo arrotondamento. Trascurabile, e limitata solo a minime zone del nucleo, l'alterazione zoisitico-sericitica. È normale la geminazione secondo le leggi albite, albite-periclino o albite-Carlsbad; solo pochi cristalli ne sono privi. La composizione media è quella di un termine di passaggio tra l'andesina e la labradorite. (1) L'esistenza di una zonatura talora marcatissima induce però a ritenere presenti anche dei termini a composizione notevolmente diversa e in prevalenza più sodica. (2) Comunissime sono le deformazioni meccaniche rese particolarmente evidenti dalla presenza di geminazioni; i piani di geminazione si vedono spesso incurvati od anche complessamente contorti, spesso sono spostati l'uno rispetto all'altro lungo fratture le quali, in certi cristalli, riducono il minerale ad una serie di frammenti ricementati da quarzo di rigenerazione.

Il *quarzo*, fatta eccezione per pochi granuli di un certo sviluppo che sembrano aver conservato i caratteri originari, presenta ovunque l'aspetto che ha negli scisti, disposto com'è in aggregati microcristallini fusiformi ad estinzione ondulata allungati a formare, con le caratteristiche ondulazioni, dei letti subparalleli. È molto comune anche quale elemento rigeneratore di fratture specialmente entro ai plagioclasii.

La *biotite* presenta, essa pure, l'aspetto sfibrato e contorto e l'associazione in piani subparalleli che è tipica degli scisti. Molto marcato il suo pleocroismo:

γ = bruno scuro; α = bruno giallognolo quasi incoloro.

In linea di massima non vi si scorge traccia di alterazione ma una depigmentazione con leggera cloritizzazione si osserva spesso nelle estreme sfibrature periferiche. La *clorite* conserva l'interferenza caratteristica della biotite da cui deriva. Notevole il pleocroismo con:

γ = verde azzurrino chiaro; α = quasi incoloro.

Ai piani biotitici sono associati altri minerali e specialmente epidoto, zoisite e ossidi di ferro; i due ultimi in aggregati minutissimi. L'*epidoto* è in granuli di scarso sviluppo, generalmente aggregati; non vi si nota pleocroismo, ma i colori d'interferenza relativamente elevati caratterizzano un tipo abbastanza ricco in ferro.

(1) Segno ottico positivo, indici di rifrazione sempre superiori tanto al collolite quanto al quarzo, angolo di estinzione in zona simmetrica per i geminati albite di $25^\circ - 27^\circ = 45 - 50\%$ An. La misura effettuata su un geminato albite-Carlsbad (I = 13° , II = 20°) corrisponde ad una miscela al 45% An.

(2) In un geminato albite-Carlsbad ho ottenuto: I = 15° , II = 5° , valori che definiscono una miscela andesinica al $32-33\%$ An.

È da segnalare l'abbondanza di minutissime granulazioni opache di ossidi di ferro che accompagnano i letti biotitici.

La disposizione e i caratteri dei letti biotitici e quarzosi è quella tipica degli scisti; anche l'arrotondamento secondario degli individui plagioclasici denota l'avanzato stato di scistosità della roccia. La conservazione delle caratteristiche geminazioni e la notevole fratturazione dei plagioclasici prova al contrario, come l'azione metamorfosante non abbia raggiunto tutti i minerali, e non sia stata, quindi, una vera cristalloblastesi con rigenerazione completa della compagine cristallina.

Nelle parti più vicine alle vene biancastre la roccia passa gradualmente a cataclasite; la biotite scompare quasi interamente mentre clorite e limonite si diffondono come infiltrazioni nelle fratture, il plagioclasio, che qui presenta una fratturazione senza confronto maggiore, è sempre reso opaco da una diffusione di saussurite mentre addensamenti maggiori di quest'ultima si notano in certe zone. Il minerale di ricementazione è, di solito, il quarzo mentre le maggiori diaclasi sono rigenerate, ora da opale (completamente estinto a nicols incrociati), ora da calcedonio (che nelle stesse condizioni presenta i caratteri della petroselce), includenti minori frammenti della circostante cataclasite e diffusioni microcristalline di zoisite. Vene ancora maggiori sono costituite da una alternanza di strati silicei e di altri zeolitici; ai lati, ove il materiale è più compatto, prevalgono le concrezioni di opale e calcedonio mentre nella parte centrale, friabile, si trova della zeolite pura; esiste anche qualche straterello di un minerale a rifrazione elevata e bassa birifrangenza (grigio bianco di basso ordine), che non è stato possibile determinare. La zeolite è del tipo *laumontite*. Si distingue spesso il suo abito prismatico tabulare, benchè in prevalenza sia in granuli. Si è verificato il valore degli indici di rifrazione, la birifrangenza di circa 0,011 per sezioni perpendicolari alla normale ottica e alla bisettrice ottusa e 0,001 per sezioni perpendicolari alla bisettrice acuta, la biassicità con piccolo angolo degli assi ottici (circa 30°) e il segno ottico negativo, talora anche la presenza delle doppie tracce di sfaldatura ortogonali. Chimicamente è stata verificata la solubilità in HCl a caldo e la formazione di un precipitato di silice gelatinosa per successiva neutralizzazione con NH₃.

Vene di silice, opale e zeoliti, in genere però accertabili solo al microscopio, si trovano, non rare, anche in certe rocce fratturate dell'alta Val Rendena. Non è fuori luogo quindi la descrizione dei caratteri di questi minerali di riempimento che, nel caso esaminato, si prestavano in modo particolare allo studio, dato il notevole spessore delle vene stesse.

4) **Cataclasiti tonalitiche.**

Rocce di aspetto alterato, terroso, facilmente sgretolabili, con colore verde grigio più o meno scuro, generalmente però piuttosto chiaro. Nella massa verde grigiastra si distinguono chiazze bianche di feldspati trasformati in un prodotto di alterazione bianco terroso. In certi punti presentano ancora qualche traccia della primitiva orientazione.

Le cataclasiti si trovano sempre esclusivamente, per una zona di potenza limitatissima, lungo i piani di scorrimento. Ne ho visto dei campioni provenienti dal primo valloncetto sulla destra del Meledrio e da una località sopra Folgarida.

Un tipo di passaggio fra miloniti e cataclasiti rappresenta il campione del fianco sinistro del primo valloncetto di Val Meledrio, analizzato al microscopio.

Aspetto macroscopico: Roccia microcristallina verdastra a tessitura parallela data dall'alternarsi di letti cloritici e di letti ad elementi incolori (quarzo e plagioclasti, questi ultimi fortemente alterati).

Struttura cristalloclastica. Gli elementi di maggiori dimensioni sono sempre plagioclastici e si trovano immersi in una minuta massa di fondo, in gran parte d'alterazione e di ricristallizzazione che, per la sua disposizione prevalentemente a letti, determina una tessitura parallela. Gli elementi che la costituiscono sono: quarzo, clorite, anfibolo, zoisite, clinozoisite, magnetite. Come accessori, inclusi spesso negli altri minerali, apatite e zircone.

Il plagioclasio forma degli elementi granulari più sviluppati in dimensione. Tutti hanno subito un notevole arrotondamento per azioni cataclastiche e di alterazione, rappresentando come dei nuclei intatti entro zone più fortemente fratturate. I frequenti incurvamenti dei piani di geminazione denunciano le intense azioni deformanti subite dalla roccia; esse sono provate anche dalla abbondanza delle incrinature, segnate dal procedere della caolinizzazione che si manifesta con minute granulazioni ocracee biancastre a luce riflessa. Ove le fessure interessanti il plagioclasio sono rimaste aperte si notano sempre delle infiltrazioni di clorite. La composizione media è quella di un termine labradoritico al 63 % An⁽¹⁾, mentre verso il bordo appare una notevole zonatura con formazione di termini meno ricchi di calcio. Molto frequentemente i cristalli non zonati o poco zonati presentano una accentuatissima estinzione ondulata.

Il quarzo è sempre a grana minuta, con addentellati ed estinzione fortemente cataclastica. Aggregati microgranulari finissimi in vene si trovano a rinsaldare fratture.

Degli elementi femici, oltre alla magnetite, si trovano ancora conservati residui di anfiboli. Si tratta di un tipo non molto colorato di *orneblenda verde* con pleocroismo caratteristico:

γ = azzurro verdognolo; β = verde; α = giallo chiarissimo quasi incoloro;
con assorbimento: $\beta = \gamma > \alpha$.

La biotite, pure originariamente presente, è stata invece completamente sostituita da una clorite di tipo pennina che, quale minerale neoformato, si infiltra tra la massa d'alterazione e lungo le fessure maggiori dei plagioclasti.

Frequente, specialmente lungo le zone di maggior alterazione, la limonite. Clorite e zoisite si accompagnano talora al quarzo microgranulare nelle piccole vene di ricementazione delle fratture.

(1) Indici di rifrazione notevolmente maggiori rispetto al collolite e sempre spiccatamente superiori anche a quelli del quarzo, segno ottico positivo, valore massimo dell'estinzione in zona simmetrica, nei geminati polisintetici: 35°.

L'interesse maggiore della roccia è dato dalla struttura estremamente cataclastica e cristalloclastica che rivela una intensa fratturazione solo parzialmente risanata dalla generazione tardiva microgranulare che salda le maggiori fessure. Anche i resti ancora conservati del plagioclasio portano tracce evidentissime di azioni dinamiche essendo talora fratturati e ricementati dagli elementi di neoformazione. È singolare inoltre l'arrotondamento dei nuclei conservati di plagioclasio che, in mezzo ai minuti elementi di origine posteriore, accennano ad una pseudostruttura occhiadina di carattere però, essenzialmente porfiroclastico anziché porfiroblastico. Gli elementi femici sono profondamente trasformati dall'azione pneumatolitico-idrotermale, con formazione di clorite, zoisite e clinozoisite molto abbondanti.

Nettamente cataclastica è invece la tonalite del *vallone tra Mistrin e Claemp*, che presenta i seguenti caratteri:

Aspetto macroscopico: Roccia tonalitica a tessitura parallela, fortemente argillificata. L'argillificazione le dà una tinta e un aspetto bianco calce terroso, meno che nella parte costituita dagli elementi femici ove presenta invece una colorazione bruno-nera verdastra data dalla biotite semicloritizzata e dall'anfibolo.

Tessitura orientata e struttura cristalloclastica. Gli elementi essenziali sono: quarzo, plagioclasio e, in quantità minore, biotite. Fra gli accessori, oltre all'apatite, zircone, titanite e magnetite primari, zoisite, sericite, epidoto, caolino, clorite, quali prodotti secondari di alterazione generatisi in abbondanza data l'intensa cataclasi della roccia.

Il *plagioclasio* è rappresentato da individui di due generazioni. In primo luogo si osservano dei cristalli idiomorfi, di dimensioni variabili, quasi sempre geminati secondo la legge dell'albite, distintamente zonati, con indici nettamente superiori al collolite e al quarzo. Alla seconda generazione appartengono invece delle plaghe allotriomorfe di un plagioclasio ad indici nettamente inferiori al primo e subeguali a quelli del collolite per cui si può ritenere di composizione prossima all'albite. Il suo segno ottico è positivo; forma spesso dei cunei di ricementazione entro a fratture beanti del plagioclasio di prima generazione. Quanto a quest'ultimo, il segno ottico è prevalentemente positivo, le misure effettuate sui geminati polisintetici hanno dato un valore massimo per l'estinzione simmetrica di 21° - 22°, cui corrisponde una percentuale del 40% An; si tratta quindi di andesina. Data la zonatura si ha però una discreta variazione nella composizione, tra centro e periferia. Nel plagioclasio andesinico è talora distinguibile, al centro, una intensa alterazione saussuristica, che può essere associata a qualche piccolo elemento di epidoto clinozoisitico. Il plagioclasio albitico è invece assolutamente inalterato; scarsamente alterato è pure l'estremo orlo di accrescimento, più sodico, dei plagioclassi idiomorfi.

Il *quarzo* che si trova pure in individui di diverse dimensioni, è in uno stato di cataclasi estremamente spinto; addentellato fortemente ai margini, presenta una estinzione tipicamente ondulata. Molte fratture sono rinsaldate da una rigenerazione di quarzo, spesso in fine aggregato microgranulare.

Le deformazioni meccaniche hanno lasciato le loro tracce anche sulla *biotite*, che ne è uscita incurvata e frantumata. È sempre in via di cloritizzazione; il suo pleocroismo ha:

$$\gamma = \text{bruno scuro}; \alpha = \text{bruno chiaro.}$$

Lungo i margini che la separano dagli elementi di andesina è sempre circondata da un minutissimo *aggregato zoisitico*. Questo si trova anche in chiazze isolate lungo i piani di sfaldatura o di frattura della *biotite* come pure associato alla *clinozoisite* di grana più grossa, che sembra prevalere entro alle incrinature dei plagioclasii. Nelle breccie aperte dalle azioni dinamiche entro alle lamine di *biotite* si osservano anche dei granuli di plagioclasio evidentemente di ricristallizzazione. Della *clorite* (pennina) si notano infiltrazioni lungo piani di frattura.

L'*apatite*, in cristalli di medio sviluppo, si trova specialmente come incluso nella *biotite*; sono pure presenti rari cristallini di *zirconio*, alcuni, di dimensioni maggiori, con aureola policroica, inclusi nella *biotite*. Abbastanza frequente la *titanite* in granuli irregolari talora entro a fratture di elementi idiomorfi di plagioclasio, rara la *magnetite*, anch'essa sempre associata a letti biotitici. L'*epidoto* forma dei piccoli aggruppamenti granulari generalmente alla periferia della *biotite* o della *clorite* oppure al centro dei cristalli alterati di plagioclasio. È di tipo variabile; il pleocroismo più accentuato che ho potuto osservare è:

$$\gamma = \text{giallo brucicco}; \alpha = \text{quasi incolore,}$$

la birifrangenza: $\gamma - \alpha = 0,016$ (rosso di primo ordine) cui corrisponderebbe quindi una composizione al massimo del 15 % di *epidoto* ferrifero.

Nella roccia in via di cristallizzazione, mentre erano già formati i cristalli idiomorfi della *biotite* e del plagioclasio calcico, si andavano esercitando delle spinte che, in un primo tempo determinavano l'orientamento subparallelo dei minerali già formati e, in una seconda fase, mentre proseguiva la cristallizzazione, agivano con vere e proprie deformazioni posteristalline che fratturavano minutamente, incurvavano e stiravano gli elementi di mica, del plagioclasio e del quarzo. Quando questa fase di deformazione stava per cessare si ebbe una parziale ricristallizzazione della massa microcristallina ad opera del quarzo e del plagioclasio acido. Questi ultimi non sono sfuggiti però completamente alle azioni deformanti perché le fasi tardive di queste hanno impresso ad essi pure le caratteristiche estinzioni ondulate. Ad azioni posteriori, indipendenti dalla fase principale di disturbo, sono forse dovute le fratture che interessano tutta la roccia e sono rinsaldate da un aggregato microgranulare di quarzo cui si associa una fine diffusione di materiali ocracei amorfi; sono questi ultimi che determinano l'aspetto bianco terroso della roccia.

5) **Facies differenziate della tonalite.**

Si possono raggruppare nelle due categorie seguenti:

a) **concentrazioni di minerali femici.**

Si tratta di nuclei di forma e dimensioni variabili, o quasi esclusivamente biotitici, o quasi esclusivamente anfibolici, oppure formati dai due minerali uniti

assieme. Il colore varia dal nero al verde scuro. Gli elementi sialici formano solo delle chiazze chiare più o meno rare entro alla massa scura biotitico-anfibolica. Evidentemente la composizione di queste facies è più femica di quella della roccia indifferenziata.

Dei campioni esaminati, uno, prevalentemente anfibolico, con poca biotite, era costituito essenzialmente da una orneblenda verde (località: presso il Lago delle Malghette).

Lo studio di dettaglio è stato fatto sulla "concentrazione biotitico-anfibolica", della forcella a E del Lago Ritorto, lungo la Via Pangugolo, a q. 2170 circa, contenente un anfibolo che macroscopicamente presenta un colore nero piceo.

Aspetto macroscopico: Roccia olocristallina scura composta in prevalenza di orneblenda e biotite; la prima sembra prevalere sulla seconda. Si distinguono noduli di elementi sialici a contorno allungato; per questo fatto e per la tendenza a disposizione orientata dei minerali femici la roccia ha, nel campione, una leggera tessitura parallela.

Al microscopio si osserva una netta prevalenza degli elementi femici, orneblenda e biotite, che formano anche individui di notevole sviluppo. Sono idiomorfi e pure idiomorfo è il plagioclasio, più scarso, di cui non si osservano però mai cristalli con dimensioni paragonabili a quelle normali per i minerali femici. Il quarzo è in quantità suppergiù uguali al plagioclasio, ma sempre allotriomorfo e con margini addentellati. In minori quantità, epidoto, zoisite e pirite; come minerali accessori, apatite e zirconio.

L'orneblenda presenta comunemente inclusi idiomorfi di biotite e plagioclasio, ed altri di quarzo a margine irregolare. Si notano pure associazioni tra la mica e l'anfibolo, con prevalenza del secondo, ove i piani di sfaldatura di entrambi sono tra loro paralleli. È un'orneblenda verde con pleocroismo molto marcato e tipico in cui:

β = verde grigio scuro; γ = verde azzurro; α = giallo verde chiaro

e $\beta > \gamma \gg \alpha$; in sezioni col massimo di birifrangenza ho ottenuto un angolo di estinzione: $c/\gamma = 18^\circ$. Presenta talora delle fratturazioni o degli scostamenti in corrispondenza alle tracce di sfaldatura, e in tal caso i due frammenti sono ricementati da un cuneo di quarzo di ricristallizzazione.

Maggiori tracce di deformazione si osservano nella biotite ove sono rappresentate da frequenti, marcate flessioni delle sue lamine.

Il plagioclasio ha indici di rifrazione sempre ben superiori a quelli del quarzo e vi si misurano angoli di estinzione simmetrica di geminati polisintetici fino al valore massimo di 29° (labradorite al 55% An). I cristalli sono però generalmente zonati e tale massimo si raggiunge per il loro centro mentre alla periferia si misura un angolo di 15° (andesina al 33% An). È anch'esso deformato con flessioni e fratture ricementate dal plagioclasio stesso o, molto più spesso, dal quarzo.

Il quarzo, nella tipica associazione marcatamente addentellata, con estinzioni ondulate molto evidenti e notevole biassicità anomala, si presenta di solito in individui molto piccoli aggruppati a zone. Vi è però qualche individuo, pure con margini addentellati, che raggiunge dimensioni maggiori; quest'ultimi individui

cristallini sono attraversati talora da fratture lungo le quali si notano infiltrazioni di quarzo microgranulare.

Comune l'*epidoto*, di un tipo a composizione media tra la pistacite e il clinocloro, normalmente associato ai minerali femici e talora accompagnato da minuti cristallini di *zoisite*.

Non rara la *pirite* in aggregati microcristallini poco alterati a contorno irregolare; anche l'*apatite* e lo *zircono*, che compaiono come minerali accessori, inclusi nella biotite e nell'*orneblenda*, sono piuttosto comuni.

La roccia ha subito evidenti azioni dinamiche; ne sono prova anzitutto la diffusa ricristallizzazione del quarzo ed i caratteri che presentano anche i granuli ricristallizzati di questo minerale, le fratture e le deformazioni degli altri minerali. Ad un'azione mineralizzante pneumatolitico-idrotermale conseguente alla deformazione è dovuta probabilmente la formazione di epidoto, zoisite e pirite.

b) differenziazioni microgranulari.

Hanno una composizione mineralogica non molto diversa da quella del resto della roccia, da cui differiscono essenzialmente per avere una grana piccola. Il

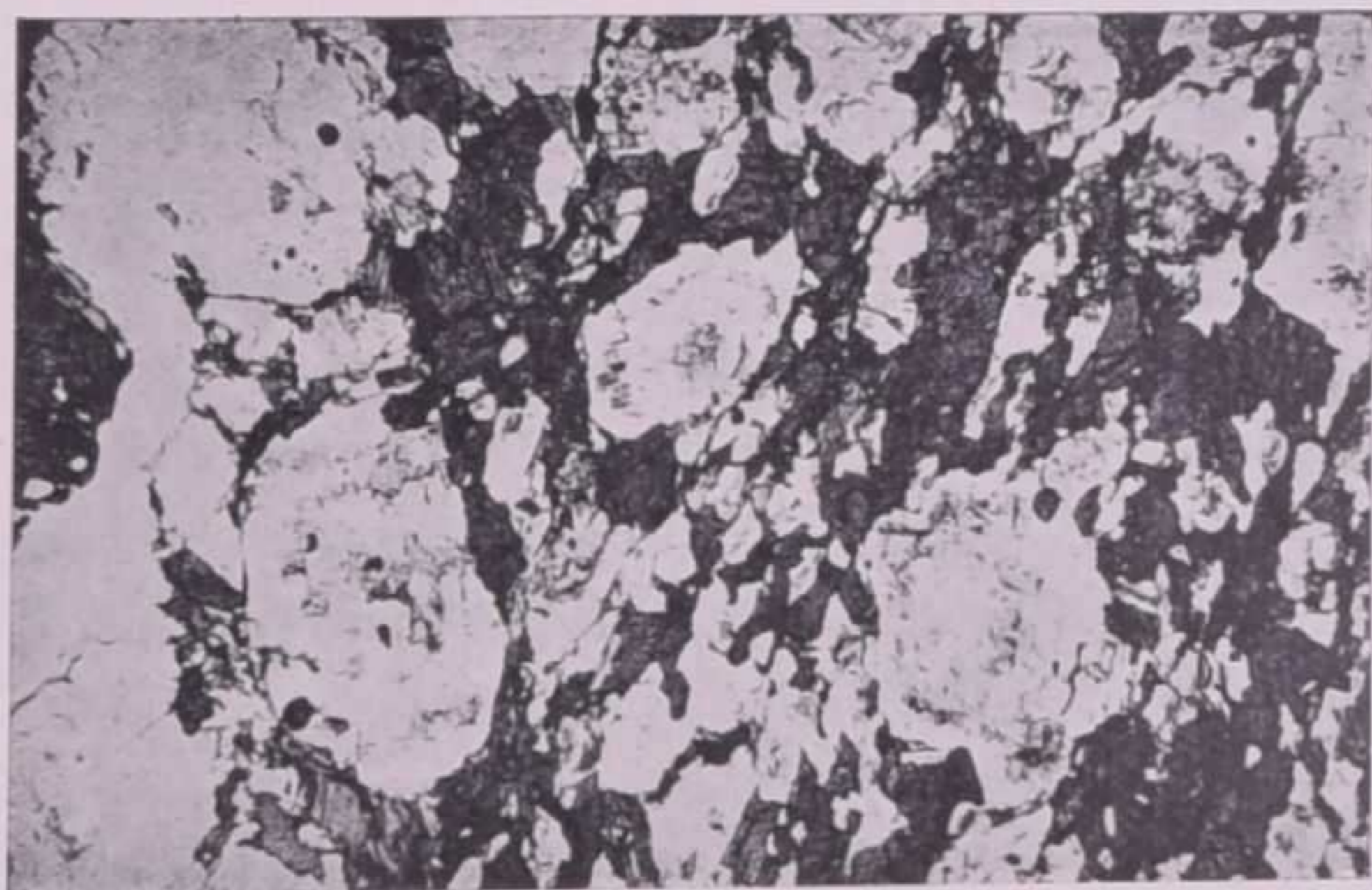


FIG. 5 - Differenziazione microgranulare nella tonalite milonitica a breve distanza dal Lago Nambino.

Zona di transizione tra la parte a grana grossa e quella a grana fine. Tendenza alla pseudoscistosità. Gli elementi chiari sono rappresentati quasi esclusivamente da plagioclasio; quelli di maggiori dimensioni manifestano un certo arrotondamento e sono frequentemente zonati (nella figura la zonatura è rivelata dalla diversa distribuzione dei minerali d'alterazione). Il quarzo microgranulare forma solo l'arco intorno al cristallo d'anfibolo all'estrema sinistra. Il minerale scuro prevalente è l'orneblenda; solo in basso a sinistra si può osservare un aggruppamento di biotite. L'epidoto, non raro, si confonde con i minerali scuri. (Nic.), ingr. 20 1/2).

colore oscuro grigio-nero che presentano deriva, più che da una maggior femicità, da una maggiore diffusione dei minerali scuri resa possibile dalla grana minore. Sono queste differenziazioni che formano perlopiù, i cosiddetti "Schlieren", inclusi

concordanti spesso, nella nostra zona, con l'orientazione della tonalite rispetto alla quale rappresentano evidentemente dei nuclei a cristallizzazione anticipata.

I campioni esaminati provenivano dalle località di M. Spolverin, del Lago delle Malghette, del Lago Nambino e della forcilla a E del Lago Ritorto. Al microscopio è stata studiata la differenziazione entro alla tonalite milonitica raccolta a breve distanza dal Lago Nambino, verso E (f. 5).

Roccia a grana medio-piccola molto variabile da punto a punto. Ha un aspetto pseudoscistoso che le deriva dall'orientazione in piani subparalleli del quarzo, dei plagioclasti e degli elementi femici. Componenti essenziali sono: il plagioclasio, seguito dal quarzo, tra gli incolori e l'anfibolo, seguito dalla biotite, tra i colorati. Questi ultimi sono presenti in quantità notevoli; pure diffuso l'epidoto. Come accessori si trovano: magnetite, ilmenite, ematite, zoisite, sericite ed apatite.

Il *plagioclasio* è in elementi spesso subidiomorfi; generalmente geminato, presenta spesso tracce di flessioni e fratture rinsaldate talora da quarzo e da plagioclasio più acido di ricristallizzazione; è sempre fortemente zonato. Si tratta di termini molto calcici, prevalentemente labradoritici, raggiungenti quali estremi, alla periferia l'oligoclasio ed al centro una labradorite bitownitica⁽¹⁾; l'alterazione sericitica è quasi trascurabile.

Il *quarzo*, microgranulare, presenta i soliti caratteri. L'*orneblenda*, in cristalli di dimensioni molto varie, spesso geminati, è l'elemento femico prevalente. Ha i caratteri d'*orneblenda* verde⁽²⁾. Anche l'anfibolo presenta delle flessioni nei piani di geminazione. Sono frequenti gli inclusi di plagioclasio, magnetite, ilmenite e biotite.

La *biotite*, sempre molto sfibrata e incurvata, assume, relativamente agli elementi contermini, anche per la presenza di inclusi, una struttura cribrosa con aspetto cristalloblastico che, in grado molto minore, si può rilevare anche in alcuni degli elementi più sviluppati di anfibolo. Il pleocroismo è molto intenso:

γ = bruno; α = giallognolo quasi incoloro.

Solo in qualche caso vi è un principio d'alterazione in clorite. Presso la biotite sono molto frequenti le lamelline di *ilmenite*, sia allineate lungo i piani di sfaldatura sia sciamanti lungo gli allineamenti di minerali femici. Ai margini tra biotite e plagioclasio, specialmente là ove più intima è l'associazione pseudocristalloblastica tra i due minerali, si nota sempre un orlo anche notevolmente esteso costituito, oltre che da ilmenite, da *zoisite*; quest'ultima è prevalente sulla prima. L'*epidoto* è rappresentato da un termine prossimo alla clinozoisite.

La tessitura leggermente parallela primaria si è conservata ed accentuata con le successive azioni meccaniche che, se hanno agito anche con effetto elastico (frammentazione di plagioclasti, incurvamento della mica e dell'*orneblenda*), hanno

(1) Segno ottico positivo, indici sempre nettamente superiori al collolite e al quarzo, valore medio dell'estinzione per geminati albite in zona simmetrica: 25° (46% An), nei cristalli fortemente zonati per la periferia: 9° (27% An), per il centro: 40° (69% An).

(2) Pleocroismo: γ = verde azzurro scuro (in elementi maggiori), azzurro verde scuro (in elementi minori); β = verde scuro; α = giallo chiaro, con assorbimento $\gamma = \beta > \alpha$ ed estinzione $c/\gamma = 14^\circ - 15^\circ$.

agito soprattutto determinando una parziale ricristallizzazione della roccia, specialmente visibile nel quarzo che ha assunto anch'esso una disposizione lineare ed è sempre microgranulare, e nelle implicazioni tra cristalli di anfibolo, biotite e plagioclasio. La contemporanea azione idrotermale, che deve aver favorito la ricristallizzazione parziale, e alla quale si deve pure la segregazione minuta di ilmenite, ha prodotto anche la zoisitizzazione e l'epidotizzazione, limitata però alle zone prossime a superfici di taglio della roccia.

IV) FILONI

Molto frequenti sono le rocce filoniane rappresentanti una grande varietà di tipi che si possono raggruppare fondamentalmente nelle categorie dei filoni poco differenziati, dei filoni aplitici, e di quelli lamprofirici. La potenza e l'orientamento sono molto variabili. La cataclasi è minore, generalmente, di quella delle granodioriti e delle tonaliti, e in qualche caso addirittura mancante; molto avanzata in compenso l'alterazione, specialmente in alcuni tipi di lamprofri.

I filoni compaiono un po' ovunque, tanto entro alla tonalite quanto entro al granito-granodiorite e agli scisti; una zona particolarmente ricca è quella del fianco destro della Val Rendena, nel tratto tra Paluaccio, Mistrin e Claemp, ove numerose valli torrentizie che scendono dal Monte Ritorto ne mettono a giorno frequenti affioramenti entro alla formazione scistoso-granodioritica.

1) Filoni poco differenziati.

Porfido granitico - negli scisti tra Casa Maturi e Rio del Colarin, lungo la Via del Panorama. (Madonna di Campiglio).

Macroscopicamente si presenta come una roccia compatta porfirica, con chiazze cloritiche allungate che impartiscono un certo aspetto scistoso all'insieme. I fenocristalli, visibili ad occhio nudo, sono di quarzo.

Individui porfirici a grana grossa immersi in una massa di fondo microgranulare. Nettamente prevalenti quarzo, feldispati e biotite, spesso sostituita da clorite; comune l'epidoto, scarsi apatite, zircone, zoisite e ilmenite.

Il quarzo forma nuclei porfirici di elementi addentellati, ad estinzione ondulata, e con leggera biassicità anomala; nella massa microgranulare di fondo occupa buona parte (almeno 1/3) del volume totale. In questa massa di fondo si nota una intima unione tra quarzo e ortoclasio, talora tra quarzo, ortoclasio e plagioclasio, il quale ultimo può formare anche delle plaghe a sè stanti. Individui di ortoclasio contenenti vermicolazioni di quarzo sono inclusi nei fenocristalli di quarzo; compenetrazioni tra ortoclasio e quarzo esistono pure alla periferia dei fenocristalli che presentano tracce più o meno evidenti di arrotondamento per corrosione.

La determinazione del *plagioclasio*, data la minutezza della grana, la rarità di geminazioni e l'avanzatissima alterazione (in saussurite e talora in sericite), non è sempre facile; in base al confronto degli indici di rifrazione e all'angolo

di estinzione dei geminati polisintetici, esso risulta un'albite oligoclasio. L'ortoclasio, uniformemente sparso nella massa microgranulare, è inalterato; la determinazione è basata unicamente sul confronto degli indici di rifrazione.

La *biotite* si osserva in piccole lamelle nella massa di fondo, in aggregati o in vene entro a fratture. È sempre più o meno cloritizzata e associata alla clorite che da essa deriva; pure in lamelle o in vene si presenta la clorite. L'*epidoto*, di composizione intermedia tra pistacite e clinozoisite, è comune in granulazioni associate a clorite e talora ai nuclei di plagioclasio saussurítico.

Elementi accessori: *apatite*, anche in grossi cristalli presentanti fratture, *zircono*, *zoisite* ed *ilmenite*, quest'ultima perlopiù associata alla clorite e alla *biotite* cloritizzata.

Scarse tracce di deformazione meccanica, costituite da minute fratturine e dall'estinzione ondulata e leggera biassicità del quarzo.

Porfido granodioritico - *filone entro le filladi cornubianitiche o le cornubianiti quarzose sopra la vecchia strada nel torrente che scende da Paluaccio* (t. III, f. 2).

L'aspetto macroscopico è facilmente confondibile con quello delle granodioriti a grana medio-piccola. Solo un esame minuzioso rivela la distribuzione molto più uniforme dei minerali componenti la massa, e la maggior abbondanza del quarzo.

Struttura porfirica. La massa microgranulare di fondo è data prevalentemente da granuli di quarzo, da abbondante ortoclasio e da plagioclasio, quest'ultimo scarso e generalmente in individui di dimensioni maggiori di quelle degli altri due minerali predominanti; abbastanza comuni lamelle e fibrille di *biotite* e *clorite*. Gli elementi porfirici sono dati dagli stessi minerali, tra i quali sembrano prevalenti i plagioclasii. Minerali accessori: *apatite*, *pirite*, *zircono*, *epidoto* e *zoisite*.

Il *plagioclasio* è un termine andesinico con passaggio, verso il margine, a termini oligoclasici, in alcuni cristalli raggiungendo anche, nell'orlo estremo, una composizione di oligoclasio albitico.⁽¹⁾ Avanzata è l'alterazione, spesso con formazione di minuti aggregati saussurítici, talora invece di plaghe di *zoisite* in mezzo a una massa microcristallina sericitica, e raramente di *epidoto*.

Il *quarzo* è uno dei costituenti essenziali della massa microgranulare di fondo; è invece poco comune tra gli elementi porfirici; alcuni di questi ultimi presentano un netto arrotondamento con lieve fenomeno di corrosione.

La *biotite* è di tipo spiccatamente ferrifero, con pleocroismo da bruno nero a giallo chiaro. È rappresentata soprattutto da individui porfirici presentanti una caratteristica sfibratura irregolare al margine, per corrosione magmatica secondaria. L'alterazione cloritica è particolarmente notevole in certe lamine e si presenta talora con compenetrazione a fiamme. Include, come elementi primari, *quarzo* ed *apatite*, e come elementi di probabile origine secondaria, *epidoto*, *zoisite* e *pirite*.

(1) Angolo massimo di estinzione simmetrica in geminati albite: 21° - 22° (40% An) con variazioni notevoli da massimi di 25° - 26° al centro fino a 0° al bordo e talora anche fino a piccoli valori di segno contrario a quello della parte centrale. Indici di rifrazione sempre nettamente superiori al collolite eccetto al margine ove si avvicinano notevolmente al valore di questo, segno ottico positivo in tutta la parte interna.

Fra l'impasto microgranulare quarzoso di fondo compaiono minori lamelline biotitiche perlopiù cloritizzate, assieme a *clorite* (pennina) di neoformazione in fibrille.

Azioni dinamiche non rilevanti e più che altro osservabili nelle lamine di biotite qua e là leggermente contorte e frantumate. Azioni pneumatolitico-idrotermali attestate dai fenomeni di alterazione e da quelli di corrosione, particolarmente evidenti nella biotite.

Tipi analoghi si trovano nell'Adamello meridionale (5, p. 11).

Microporfiriti biotitico - plagioclasiche.

Rocce microcristalline di media acidità, costituite da quarzo, plagioclasio e mica in parti pressochè uguali; fra questi, solo biotite e plagioclasio raggiungono, con qualche elemento, una grana un po' maggiore.

I campioni in esame provenivano dal versante settentrionale del cocuzzolo a N del Lago Nero a q. 2300 circa, dal valico subito a N dello sbocco del lago stesso (filone associato ad aplite) e dalla parte più alta della massa granodioritica del valloncetto di Ragada, verso il contatto con le filladi.

È stato effettuato lo studio chimico e microscopico sul campione del *valico a N dello sbocco del Lago Nero*, ove la roccia si presenta come filoniana entro alla tonalite.

L'analisi chimica ha dato:

Si O ₂	62.55	Mg O	1.73
Ti O ₂	0.47	Ca O	5.69
P ₂ O ₅	0.03	K ₂ O	2.12
Al ₂ O ₃	18.41	Na ₂ O	3.61
Fe ₂ O ₃	1.37	H ₂ O -	0.19
Fe O	3.58	H ₂ O +	0.77
Mn O	0.15		

Somma: 100.67

Formula NIGGLI

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>p</i>	<i>ti</i>	<i>c/fm</i>
219.4	38.04	23.59	21.37	17.00	0.28	0.38	0.42	1.12	0.91

La roccia si inquadra, per la sua composizione, fra i magmi granodioritici di NIGGLI. Tipi molto analoghi sono stati studiati dal punto di vista chimico da FENOGLIO (24, pp. 37-40) e COLBERTALDO (13, p. 25); essi provenivano dalla Val Nambrone e dalla Val Germenega, poco lontane dalla nostra zona.

	si	al	fm	c	alc	k	mg	qz
magma leucopelitico (magmi granodioritici) (NIGGLI)	200	38	21	24	17	0.2	0.4	+ 32
microporfirite biotitico - plagioclasica del Lago Nero	219	38	23.6	21.4	17	0.28	0.38	+ 51
magma leucotonalitico (magmi granodioritici) (NIGGLI)	220	39	24	21	16	0.5	0.4	+ 56
filoni poco differenziati a facies granodioritica (FENOGLIO)	234	41.1	17.6	24.2	17.1	0.31	0.34	+ 66
	240	41.5	16.4	25.7	16.4	0.25	0.32	+ 74
porfirite plagioclasica a biotite Val Germenega (COLBERTALDO)	246	36.7	23.8	18.7	20.7	0.25	0.45	+ 63

La composizione mineralogica (% in volume) determinata al tavolino integratore è la seguente:

plagioclasio (da andesite al 25 % An a bitownite al 75 % An)	60 %	quarzo	12 %
biotite	23 %	epidoto	4 %
		sericite, apatite, magnetite	1 %

Già macroscopicamente si osserva nella roccia, in sezione, una tessitura fluidale. L'osservazione microscopica rivela una tessitura nettamente orientata e una struttura microporfirica per la presenza di elementi maggiori di plagioclasio. Il resto dell'aggregato è costituito in prevalenza da una seconda generazione più minuta di plagioclasio e quarzo, e in quantità subordinata da biotite ed epidoto. Fra gli elementi accessori abbonda l'apatite; non mancano però granuli di ossidi di ferro, di zoisite, e lamelle di clorite.

Il *plagioclasio*, che è l'elemento prevalente, è anche quello meglio sviluppato come dimensioni e con maggior idiomorfismo. Presenta sempre una più o meno marcata zonatura ed è frequentemente geminato secondo le comuni leggi, albite, albite - periclino, Carlsbad, e specialmente albite - Carlsbad. Di solito è perfettamente inalterato, tranne qualche individuo porfirico che presenta tracce di sericitizzazione nell'interno. La zonatura, molto ampia, corrisponde a variazioni di composizione da termini oligoclasici a termini bitownitici. (1) Nei maggiori elementi

(1) Verificando il segno ottico e il valore della rifrazione nella maggior parte dei casi ho ottenuto segno positivo e indici superiori a quelli del quarzo, caratteri cioè di termini andesinico - bitownitici. Su zone simmetriche di geminati albite semplici ho misurato in un cristallo zonato:

estrema periferia:	10°	27 % An
zona media:	26°	47 % An
zona centrale:	39°	68 % An

ottenendo, come composizione per l'estremo margine periferico, 22 % An. In un cristallo poco zonato ho osservato un angolo di 18° (36 % An). Le migliori misure per cristalli geminati secondo la legge albite - Carlsbad sono:

	I	II	
periferia:	5	5	25 % An
zona intermedia:	11	15	35 % An
zona centrale:	36	26	75 % An

con massimi di estinzione, al centro, di 43° = 84 % An.

porfirici sono incluse, oltre alla sericite e alla zoisite (scarsa), anche lamelline di clorite e di biotite.

Il *quarzo* è abbondante ma esclusivamente allo stato microgranulare, con margini irregolari, e talora sotto forma di grosse vermicolazioni o inclusi entro cristalli di plagioclasio; ha sempre estinzione ondulata.

La *biotite* è rappresentata da numerose lamelline irregolari e frammentarie, diffuse con notevole uniformità nella massa, e presentanti un andamento fluidale che determina la tessitura orientata della roccia. Spesso si nota un incurvamento delle tracce di sfaldatura e una disposizione ondulata dei letti biotitici; talora si osserva, qua e là, l'inizio di una alterazione in *clorite*.

L'*epidoto* si trova diffuso, sotto forma di granulazioni irregolari; talvolta presenta un nucleo ortitico, di solito è solo leggermente colorato ed ha colori d'interferenza anomali, ma a tinte elevate.

Gli inclusi di apatite e clorite nei plagioclasii geminati sembra preferiscano una orientazione parallela o perpendicolare ai piani di geminazione albite (010); nei cristalli zonati la direzione di allungamento degli inclusi è invece parallela all'andamento della zonatura.

Notevoli tracce di azioni dinamiche postcristalline nell'estinzione ondulata del quarzo, nella sua struttura microgranulare a margini addentellati con penetrazione di elementi di plagioclasio, nell'incurvamento della mica. La tessitura orientata, verosimilmente accentuata dalle azioni dinamiche, deve però essere essenzialmente attribuita a carattere fluidale primario.

Porfirite plagioclasica a clorite - *filone entro gli scisti verdastri presso il contatto di questi col granito - quarto valloncetto di Val Meledrio.*

Aspetto macroscopico: Roccia compattissima di colore verde scuro. Si distinguono anche ad occhio nudo elementi quarzosi rotondeggianti di maggiori dimensioni e, nella massa di fondo, chiazze biancastre di minerali sialici e verdi di clorite.

Grana piccola con qualche individuo porfirico a grana media. Gli elementi componenti, in ordine di quantità, sono: plagioclasio, clorite, quarzo, pirite, apatite, zircone e sericite. Di gran lunga prevalenti sono il plagioclasio e la clorite, e di essi il primo è più abbondante.

Il *plagioclasio* talora costituisce degli elementi porfirici, ma la parte maggiore di esso si trova come costituente della massa di fondo. Tanto gli individui porfirici quanto quelli minori hanno tendenza idiomorfa e quelli minori sono disposti in modo da formare un aggregato intersertale. Frequenti i geminati secondo la legge dell'albite, perlopiù di forma stretta e allungata, rari quelli Carlsbad. Come composizione si tratta di miscele albitiche (angolo massimo misurato per l'estinzione in zona simmetrica: 14°, indici di rifrazione sempre nettamente inferiori a quelli del quarzo e del balsamo del Canada, segno ottico positivo). Comunissima è l'alterazione in *sericite*, però non troppo avanzata.

La *clorite* (clinocloro) si presenta in veli intergranulari, associata comunemente a noduli o lamelline di ilmenite completamente trasformata in leucoxeno. A giu-

dicare dall'aspetto non sembra che sia derivata come minerale secondario, per alterazione, da altri componenti femici della roccia, dei quali del resto non si scorge traccia; è nettamente allotriomorfa e si presenta anche intimamente associata ai maggiori elementi di plagioclasio che talora ne sono completamente permeati.

Il *quarzo* forma elementi porfirici nodulari e, nella massa di fondo, elementi a margini irregolari, la *pirite* grossi nuclei di aggregati microcristallini con orlo di alterazione in ematite.

La formazione della clorite, del leucoxeno e della pirite si deve ricondurre ad azioni pneumo - idatogene e forse, più probabilmente, idrotermali; scarse tracce di azioni meccaniche.

Porfirite feldspatico - biotitica - nelle filladi a N di Mistrin, presso S. Antonio di Marignola.

Aspetto macroscopico: Roccia molto compatta, grigiastra. Vi si distingue una massa fondamentale, uniformemente grigia, entro alla quale, qua e là, si notano elementi chiari e chiazze nerastre di estrema piccolezza, formate da aggregati di biotite.

Struttura porfirica. Gli elementi maggiori sono dati da plagioclasio idiomorfo; la massa di fondo è invece costituita essenzialmente da un aggregato di quarzo e ortoclasio microgranulari allotriomorfi, ai quali si associa pure il plagioclasio e la biotite. Come elementi accessori primari sono presenti l'apatite in cristalli di varia dimensione, e lo zirconio; molto frequenti i minerali accessori di origine secondaria: sericite, clorite, zoisite, epidoto clinozoisitico e, più scarsa, la pirite.

Nel *plagioclasio* sono abbastanza comuni i geminati; l'alterazione è molto avanzata. La composizione è essenzialmente quella di miscele andesiniche⁽¹⁾ ma, data la esistenza di una certa zonatura conservata anche nei cristalli alterati (nucleo prevalentemente zoisitico - epidotico, periferia esclusivamente sericitica), si deve ammettere una sensibile variabilità in modo da raggiungere miscele oligoclasiche al margine. Inoltre, fra la massa microgranulare di ricristallizzazione esistono dei piccoli cristalli di plagioclasio assolutamente inalterato, talora con geminazioni albite di poche lamelle ad estinzione quasi parallela, che sono forse da attribuirsi a termini notevolmente acidi, fino ad oligoclasici.

Quarzo e ortoclasio, si trovano in intimo aggregato micropegmatitico a costituire la massa di fondo. Vi si può associare anche un plagioclasio acido, sempre però idiomorfo rispetto ad essi. Talora nuclei formati da un complesso di cristalli di quarzo addentellato raggiungono anche dimensioni uguali a quelle dei maggiori individui di plagioclasio.

Caratteristica è la disposizione della *biotite*, concentrata in aggruppamenti di lamelline ad orientazioni fra loro discordanti. Le lamelle sono perlopiù a bordo

(1) Segno ottico positivo, indici sempre ben superiori al collolite e rispetto al quarzo, minori, uguali o maggiori. Nonostante lo stato di alterazione, ho potuto effettuare qualche misura di estinzioni simmetriche su geminati polisintetici ottenendo massimi di circa 17° (33% An).

indefinito e si diffondono, anche come sfumature, entro agli altri elementi microgranulari. Marcato il pleocroismo con:

$\gamma = \beta =$ bruno scuro; $\alpha =$ quasi incolore o giallo chiaro.

Questa roccia deriva evidentemente, con debole differenziazione, da un magma granitico o granodioritico. È, come tale, una delle porfirite più acide finora segnalate per la zona dell'Adamello e trova riscontro solo nelle porfirite quarzifero-biotitiche segnalate per l'alta Val Nambrone (24, p. 54), delle quali però è ancora notevolmente più acida. Merita un cenno particolare anche la notevole blastesi che si osserva specialmente nel quarzo, il quale ha quasi sempre contorno addentellato.

Porfirite anfibolico - plagioclasica con feldispato ghiandolare ⁽¹⁾ *entro le filladi del fianco destro di Val Rastel, sopra la nuova strada carrozzabile a q. 1200 circa.*

Aspetto macroscopico: Struttura porfirica molto evidente, con massa di fondo microcristallina verde grigia a chiazze più cupe e rari granuletti puntiformi di pirite. Elementi porfirici ghiandolari di feldispato e, più raramente, di quarzo.

Gli elementi maggiori sono dati da plagioclasio, anfibolo e pirite, sempre distintamente idiomorfi e, più raramente, dal quarzo. La massa microcristallina di fondo è costituita soprattutto da quarzo, plagioclasio e sericite. Molto abbondanti pure epidoto, zoisite e clorite. In quantità trascurabili: calcite, muscovite e limonite.

Il *plagioclasio*, talora geminato, è uno dei costituenti fondamentali della massa di fondo e forma anche individui porfirici idiomorfi. L'angolo di estinzione in zona simmetrica dei geminati albite, misurato al T. U., varia da massimi di 18°-20° alla periferia, a valori leggermente minori al centro degli individui porfirici. Gli indici di rifrazione sono sempre superiori a quelli del collolite, il segno ottico è negativo; per l'angolo degli assi ottici il T. U. ha dato: $2V = 85^\circ$. Si tratta dunque di andesina oligoclasica. L'alterazione è molto avanzata e i prodotti secondari d'alterazione, zoisite e sericite, sono sempre ben distinti; nella parte centrale degli individui porfirici prevale generalmente la sericite (orientata in piani determinati), mentre nella parte periferica è prevalente la zoisitizzazione. Questo fatto, associato alla leggera differenza nell'estinzione, rivela l'esistenza di una zonatura invertita, carattere che merita di essere segnalato in quanto costituisce una eccezione all'ordine di zonatura che normalmente si osserva in rocce eruttive mentre, com'è noto, si può trovare piuttosto entro a rocce metamorfiche.

Dell'originario *anfibolo* nulla resta, se non la traccia del primitivo contorno

(1) Numerose rocce di tipo analogo sono segnalate da COLBERTALDO per il Corno Alto (13). In questa zona affiorano masse filoniane porfiriche perlopiù di media basicità. Gli individui porfirici sono generalmente di plagioclasio ma, in certi tipi, a questo minerale si aggiunge l'anfibolo. La massa di fondo, generalmente chiara, non è sempre di colore e grana uniforme perchè spesso vi si distinguono, già ad occhio nudo, alcuni degli elementi componenti. Esistono però anche delle porfirite che molto di più si avvicinano a quella in esame, presentando una massa di fondo uniforme grigia fino a grigio-nera, nella quale si trovano immersi dei fenocristalli esclusivamente plagioclasici. Molte analogie esistono specialmente con la porfirite biotitico-plagioclasica ad epidoto, lungo il sentiero che da Caderzone va a q. 1210 (l. c., p. 26), e con la porfirite plagioclasica della valle a S di Diaga. Un tipo analogo, ma esclusivamente biotitico è quello della parete E di Valle Garmenega che, in base all'analisi chimica, l'A. classifica come diorite quarzifera normale. Anche la nostra porfirite può perciò essere definita come di tipo dioritico.

idiomorfo, mantenuta dai prodotti che lo hanno sostituito e cioè epidoto, clorite e calcite. Si presenta con individui di diversa grandezza e talora notevolmente sviluppati.

L'*epidoto* è abbondantissimo sia come minute granulazioni diffuse un po' ovunque, sia come frammenti cristallini di maggiori dimensioni riproducenti in parte la forma dell'anfibolo da cui derivano. La mancanza di pleocroismo, la birifrangenza media e spiccatamente anomala a colori di polarizzazione vari di primo ordine, denotano tipi di transizione fra la clinozoisite e gli epidoti, ciò che è confermato anche dal segno ottico, spesso negativo.

Il *quarzo* si trova quasi esclusivamente in individui allotriomorfi quale componente della massa microcristallina di fondo.

La *pirite*, nella maggior parte dei casi, è spiccatamente idiomorfa e in individui di notevoli dimensioni. Talora contiene incluso dell'*epidoto*; per contro, masse irregolari di piccole dimensioni di *pirite* si osservano incluse entro ad alcuni elementi idiomorfi di *epidoto*. Alla periferia di certi cristalli si nota un fine velo di alterazione limonitica; *limonite* in flocculi si trova anche, ma rara, sparsa tra gli elementi microgranulari.

La *clorite*, con debolissima colorazione verdastra, è diffusa un po' ovunque nella massa microcristallina di fondo; comuni sono le sue associazioni con *epidoto*. Ha carattere di minerale quasi uniassico positivo.

La *calcite*, dall'interno dei maggiori individui di anfibolo alterati ove si accompagna all'*epidoto*, si diffonde nella immediata periferia in plaghe allotriomorfe. Minute fratturine sono pure ricementate da questo minerale.

Profonda trasformazione per azione idrotermale provata dalla zoisitizzazione e sericitizzazione del plagioclasio, dall'alterazione in *epidoto* e *calcite* dell'anfibolo, nonchè dalla neoformazione di *pirite*.

2) Filoni aplitici.

Appartengono a questo gruppo numerose quarziti, apliti, nonchè una pegmatite.

Negli appunti di campagna dei proff. G. e Gb. DAL PIAZ sono citati i seguenti affioramenti: nel primo valloncetto di Val Meledrio esistono dei filoni di quarzite in gran parte sfarinata, entro alla massa alteratissima della granodiorite; filoni aplitici e quarzosi si osservano entro al granito di Ritorto (a S dell'Albergo Savoia e di fronte all'Albergo Brenta a Madonna di Campiglio); vene aplitiche di potenza limitata tagliano in discordanza la tonalite a tessitura parallela tra Malga Patascoss e Lago Nambino, e a q. 2200 presso il Passo della Falculetta; anche presso il piccolo valico che domina il Lago Nero si trovano delle apliti biotitiche. Nel valloncetto che scende da Frate, sulla destra della Val Rendena, a q. 1192 circa, affiorano potenti apliti granitiche solcate da sostanze ocracee e contenenti un lamprofiro (kersantite biotitica o minette). Un filone aplitico esiste pure sulla sinistra del torrente che scende a W di Mistrin, in basso.

Dalla studio dei campioni che ho avuto in esame risulta una certa variabilità anche nella composizione delle apliti, benchè il tipo di questa sia sempre nettamente sialico. Estremamente acida è la quarzite delle filladi sopra Mistrin,

cataclastica, di colore complessivamente bianco con minime tracce di cloritizzazione e chiazze limonitiche. Un tipo molto acido a colore chiaro, con leggerissima tendenza al verde o al verde grigio, è quello dell' "aplite granitica", nella fillade del valloncello tra Mistrin e Claemp, di cui si è effettuato lo studio di dettaglio.

Roccia olocristallina a grana medio-grossa. Sono elementi essenziali: quarzo, ortoclasio e plagioclasio in parti suppleggiù equivalenti; fra i minerali accessori l'unico abbondante è la sericite, prodotto d'alterazione dei plagioclasii. Molto rari sono: calcite, apatite, cristallini di pirite, granuli di magnetite e di ematite terrosa, e fiocchi di limonite.

Il quarzo, un po' terroso per minuta diffusione ocracea, è solcato in tutte le direzioni da fini fratturazioni. Ha sempre estinzione ondulata ed occupa plaghe allotriomorfe presentando talora accrescimenti secondari, a contorno più regolare, alla periferia. In qualche caso si notano, addirittura, entro gli elementi maggiori, altri minori, di neoformazione, nettamente idiomorfi. È spesso profondamente penetrato coi feldispati.

L'ortoclasio costituisce l'elemento fondamentale di aggregati di tipo pertitico. È alterato lungo linee di frattura e presenta infiltrazioni di sericite, calcite e quarzo di neoformazione.

Il plagioclasio è di tipo molto acido, come rivela il valore degli indici e il segno ottico positivo; l'angolo di estinzione massimo ottenuto, di 18°, corrisponde a termini albitici puri. I piani dei geminati polisintetici presentano spesso delle accentuate flessioni.

L'avanzata cataclasi, la reciproca implicazione dei diversi elementi della roccia, i fenomeni di ricristallizzazione particolarmente evidenti nella ricementazione di fratture, e la diffusa sericitizzazione dei plagioclasii indicano che la massa ha subito intense azioni dinamiche ed idrotermali.

Caratteri macroscopici simili presenta l' "aplite granitica", nelle filladi del valloncello che scende da Frate, subito sopra la vecchia strada carrozzabile.

• Grana medio-piccola variabile. Prevalgono quarzo e feldispati, questi ultimi costituiti da ortoclasio e plagioclasio. Interamente cloritizzata e poco abbondante la biotite, scarsa la clorite di neoformazione e l'andalusite. Fra i prodotti di alterazione si trovano sericite e muscovite; pure frequente la limonite.

Il quarzo presenta granuli di diverse dimensioni e contorno molto irregolare. Per quanto riguarda il plagioclasio l'angolo di estinzione massima di 15° nei geminati polisintetici, il carattere di minerale positivo, ed il confronto degli indici di rifrazione con quelli del quarzo e del collolite, caratterizzano un tipo albitico. Si tratta di individui cristallini di grandezza molto variabile, allotriomorfi, spesso geminati secondo la legge albite o albite-periclino. Sono parzialmente alterati e, fra la minutissima polvere di alterazione, si distinguono delle lamelle di sericite orientate in sistemi di letti paralleli formanti tra loro angoli determinati; uno di tali sistemi è quello parallelo ai piani di geminazione. Sono comuni le inclusioni di quarzo.

L'ortoclasio forma estese plaghe allotriomorfe. Si osservano sempre, all'interno, gli aggregati di tipo pertitico con albite. Lo caratterizzano gli indici di rifrazione

nettamente inferiori al quarzo ed inferiori pure all'albite e al collolite, e il carattere di minerale negativo. L'angolo degli assi ottici, misurato al T. U. è risultato:

$$2 V_a = 78^\circ - 80^\circ$$

Contiene, come incluso, del quarzo in granuli e vermicolazioni.

La *pennina* compare in frammenti lamellari di piccole dimensioni, spesso con neoformazione associata di limonite; talora è inclusa entro al quarzo o ai feldispati. Qualche lamella presenta la struttura cribrosa, con inclusione di frammenti di quarzo e muscovite, che è tipica delle rocce scistose. Il rilievo, il pleocroismo ed il contorno nettamente lamellare denotano, nella maggior parte dei casi, che la clorite si è formata per sostituzione di biotite e ciò è confermato dal fatto che si trova ancora qualche lamella di quest'ultimo minerale con una alterazione appena incipiente; esiste però anche della clorite di neoformazione, di genesi indipendente.

Rara la *muscovite*, in lamelle notevolmente frammentarie talora associate alla *pennina*. Entro alla muscovite sono abbastanza frequenti dei frammenti, che hanno intensamente subito la corrosione magmatica, di un minerale a notevole rilievo, colori di interferenza grigi, ed estinzione parallela, che è l'*andalusite*.

Granuli di *zircon*e sono inclusi nella *pennina* e nel quarzo. Scarsa e localizzata la *zoisite*.

Di particolare interesse, in questa roccia, la presenza dell'*andalusite* che è indice di metamorfismo con assorbimento di materiale estraneo. Tracce di alterazione idrotermale non molto progredita sono date dalla trasformazione dell'*andalusite* in muscovite, della biotite in clorite, del plagioclasio in sericite.

Un aspetto macroscopico simile, con colorazione bianco-giallastra e finissime sfumature verdastre, presenta l'*“aplite granitica”*, di un filone entro alle filladi, sopra Mistrin.

Differisce dalle precedenti per la grana più fine e perchè composta essenzialmente da *plagioclasio* (albite) e *quarzo* in parti quasi uguali, con notevoli microimplicazioni dovute a probabile ricristallizzazione per azioni dinamiche.

Deformazioni dinamiche notevoli si hanno nel quarzo in certe zone, perlopiù allungate a fascia, ove la grana diventa minutissima e in cui i piccoli granuli minerali sono immersi entro a una massa di fondo microcristallina che mal si risolve anche con i maggiori ingrandimenti. Anche il plagioclasio presenta non rare tracce di deformazioni plastiche e elastiche. In quantità minima, accanto al plagioclasio albitico, ne esiste anche uno più basico (oligoclasio o oligoclasio-andesina) in piccoli granuli; esso corrisponde alla composizione del nucleo di alcuni elementi zonati con composizione albitica al bordo.

Scarso l'*ortoclasio* micropegmatitico e la *sericite*, rari la *muscovite* e la *pirite* limonitizzata.

Tipi analoghi sono quelli del primo valloncetto sulla destra del Meledrio (cataclastico), e della parte periferica del lato N della granodiorite del valloncetto di Ragada (Madonna di Campiglio). Carattere particolare, per struttura e composizione mineralogica, presenta l'*“aplite micropegmatitica porfirica a granato”*, rac-

colta lungo i tornanti della nuova strada carrozzabile tra S. Antonio di Mari-
gnola e lo sbocco della Val Nambrone.

Aspetto macroscopico: Roccia compatta microcristallina di colore chiaro ten-
dente leggermente al bruno specialmente in certe zone ove, a più attenta osserva-
zione, si scorgono delle chiazze puntiformi dello stesso colore (granato).

Struttura porfirica; grana molto variabile da minuta a media. La composi-
zione è quella di un granito nettamente potassico. Gli elementi maggiori sono
rappresentati prevalentemente dal plagioclasio ed anche dal quarzo, ma si osservano
pure degli individui a maggior sviluppo, di ortoclasio, muscovite e biotite. La
massa minuta di fondo è rappresentata dai medesimi componenti con, in più,
granuli di magnetite limonitizzata. Qui però la parte essenziale spetta all'orto-
clasio e al quarzo; gli altri minerali sono molto meno abbondanti. Raro, in ele-
menti di medio sviluppo, il granato.

Il quarzo costituisce degli elementi porfirici a contorno irregolare, talora
arrotondato per evidente fenomeno di riassorbimento, includenti altri minerali
quali plagioclasio, biotite e sericite. Esso rappresenta però, soprattutto, una parte
notevole della massa microcristallina di fondo nella quale è intimamente associato
all'ortoclasio, molto spesso anche con vermicolazioni micropegmatitiche; come
elemento di ricristallizzazione risana alcune fratture.

L'ortoclasio è il minerale fondamentale della roccia. Se ne osservano degli
individui di notevole sviluppo, a margine molto irregolare per corrosione magma-
tica, e conseguenti frequentissime associazioni col quarzo nelle parti periferiche e
talora anche in quelle centrali degli individui porfirici; in alcuni casi si ha un
interessante fenomeno di assorbimento periferico dell'individuo feldispatico con
formazione di un accrescimento micropegmatitico in cui le parti feldispatiche
hanno la stessa orientazione del nucleo centrale. Negli individui porfirici il feldi-
spato potassico è sempre in associazione micropertitica con quelli sodico-calcici
che, in quantità molto subordinata rispetto ad esso, formano nel suo interno delle
chiazze spesso tendenti ad una forma allungata lineare. Si osservano anche dei
geminati Carlsbad. Ove però l'ortoclasio è assolutamente predominante è nella
massa di fondo in cui, come già osservato, è intimamente unito al quarzo.

Il plagioclasio non è abbondante; si presenta tanto in individui porfirici
quanto in individui minori, sempre però con una certa tendenza all'idiomorfismo.
Comunemente geminato secondo la legge albite o albite-periclino, è talora leg-
germente alterato in sericite che conserva la caratteristica disposizione in piani
corrispondenti a quelli di geminazione dell'albite e del periclino dell'ospite (1).
Molto raramente, verso il centro, si possono osservare cristallini di epidoto. Quanto
al tipo, si tratta di un'albite passante ad oligoclasio (7 - 8 % An) (1).

La biotite si presenta decolorata e con incipiente cloritizzazione; più che di
una cloritizzazione si deve parlare in genere di una biotite decolorata poichè,
mentre sono scomparse le caratteristiche del pleocroismo, è rimasta ancora una

(1) Segno ottico positivo, indici di rifrazione nettamente inferiori al quarzo e uguali, leggermente infe-
riori, od anche leggermente superiori al collolite, angolo di estinzione simmetrica nei geminati polisintetici: 15°.

birifrangenza molto maggiore di quella caratteristica per le cloriti. Altrove si ha più evidente cloritizzazione con formazione di *clinocloro*.

L'evidente struttura porfirica e il riassorbimento del quarzo e dell'ortoclasio con accrescimento micropegmatitico periferico, denotano il carattere tipicamente filoniano di questa roccia. Trascurabili sono nel complesso, le tracce di deformazioni meccaniche; una certa azione idrotermale sembrerebbe provata dalle trasformazioni della biotite, dal notevole arricchimento di ossidi di ferro disposti entro a fratture assieme al quarzo di rigenerazione, e dalla sericitizzazione del plagioclasio.

Per quanto riguarda il *granato* si può prospettare anche l'origine per endometamorfismo di contatto. Tuttavia questa interpretazione non è da ammettersi senz'altro perchè è nota la presenza del granato nelle facies pegmatitiche delle differenziazioni aplitiche. Anche nell'Adamello centrale A. BIANCHI e Gb. DAL PIAZ segnalano la presenza di granato nei filoni pegmatitici (materiale in istudio).

In altre apliti si giunge a distinguere anche le lamelle biotitiche che vi sono leggermente più abbondanti e, benchè molto minute, già visibili anche ad occhio nudo. È questo il carattere dell'aplite entro alle filladi lungo il Torrente Sarca di Nambino, tra il ponte della Via Elvira e quello di Casa Gasperi, come pure dell' "aplite dioritica", associata al filone basico della tonalite, a N del Lago Nero, di cui riporto i caratteri microscopici.

Roccia microcristallina, a grana medio-piccola variabile. Gli elementi essenziali sono il quarzo e il plagioclasio mentre, in quantità minore, è presente la biotite, l'epidoto e, fra gli accessori, sericite, zoisite nonchè, molto più rari, titanite, apatite e zircone.

Il *quarzo* forma elementi di dimensioni relativamente piccole, talora anche molto minuti, allotriomorfi, fortemente addentellati e compenetrati tra di loro. Ha una estinzione sempre ondulata al massimo grado e si trova preferenzialmente accentrato a zone.

Molto maggiori sono invece le dimensioni del *plagioclasio* di composizione andesinico-labradoritica⁽¹⁾. Esso è costantemente idiomorfo e presenta quasi sempre geminati polisintetici, talora geminati albite-periclino; molto comune la zonatura. Scarsa è la saussuritizzazione localizzata solo al centro di taluni cristalli; talora si distinguono, tra i prodotti di alterazione, sericite e zoisite. Granulazioni zoisitiche si trovano anche lungo i margini e i piani di sfaldatura della biotite o intorno ai maggiori elementi di epidoto. Il plagioclasio è talora frantumato e le fratture, spesso beanti, sono in tal caso ricementate da un plagioclasio di tipo nettamente più sodico.

La *biotite* è piuttosto rara, in lamelle contorte e smembrate e generalmente cloritizzata; talora vi è invece una compenetrazione a fiamme tra biotite e *clorite*

(1) Indici di rifrazione sempre nettamente superiori al collolite e superiori generalmente anche al quarzo, segno ottico positivo, valore dell'angolo di estinzione in zona simmetrica dei geminati secondo la legge dell'albite di 20° circa per i cristalli poco zonati; per quelli zonati si va da una estinzione parallela all'estremo orlo periferico, fino ad angoli di 30° al centro. In un geminato doppio albite-Carlsbad, già notevolmente zonato, ho osservato:

parte centrale: I: 15° II: 32°; 58% An
parte periferica: I: 6° II: 12°; 30% An

(pennina); fra le tracce di sfaldatura si osservano delle granulazioni di zoisite e di epidoto. La *muscovite* compare in lamelline sempre molto piccole, in quantità scarsa, e di solito associata, spesso anche in associazione parallela, con la biotite.

Abbondante è l'*epidoto* in granuli irregolari. Presenta sempre un orlo di zoisite microgranulare. Il valore della birifrangenza (all'incirca 0,008, nella parte interna, diminuente verso la periferia) e l'assenza di pleocroismo, denotano trattarsi di termini clinozoisitici zonati.

Le fratture della roccia sono ricementate da minerali di ricristallizzazione fra cui principalmente quarzo microcristallino e, in quantità subordinata, plagioclasio sodico; vi si accompagna la clinozoisite di formazione secondaria.

Il carattere saliente è quello di una intensa deformazione meccanica che interessa tutti gli elementi fondamentali, quarzo, plagioclasio e mica, determinando una tipica struttura cristalloclastica. La ricristallizzazione degli elementi che hanno ricementate le diaclasi con parziale risanamento dell'aggregato cristallino, l'incipiente saussuritizzazione dei plagioclasti e la cloritizzazione e zoisitizzazione della biotite, provano l'esistenza di azioni idrotermali; per quel che riguarda la formazione dell'*epidoto*, invece, come già in altre rocce dell'Adamello, si può porre il problema di un'eventuale formazione primaria, tanto più che, in questo caso, il plagioclasio è ancora quasi del tutto inalterato.

Molto caratteristica è la "pegmatite andalusitica a fluorite e tormalina,, (t. III, f. 1) che si trova entro alle cornubianiti quarzose sopra la vecchia carrozzabile a sinistra del torrentello che scende da Paluaccio.

Aspetto macroscopico: Roccia olocristallina a grana grossa; la parte fondamentale è costituita da feldispati bianchi, quarzo e muscovite in pile di lamelle spesso notevolmente sviluppate. Qua e là sono distinguibili delle chiazze verdi chiare di fluorite e, in zone ancora più localizzate, delle masserelle e dei lunghi cristalli neri di tormalina. Molto diffusa l'alterazione limonitica.

Struttura pegmatitica tipica con grana molto variabile e reciproca implicazione dei vari minerali; composizione diversa da punto a punto. Elementi prevalenti quarzo e plagioclasio; in alcune zone uno dei due è nettamente predominante sull'altro. Meno frequente la muscovite. Fra gli accessori, abbondanti, ma localizzate a plaghe, andalusite, tormalina, fluorite, cui seguono, diffuse un po' ovunque, sericite e limonite di origine secondaria.

Il *quarzo* è raggruppato specialmente a plaghe, con elementi di varie dimensioni separati tra di loro da margini estremamente sinuosi e spesso compenetrati l'un l'altro con vermicolazioni; presenta una minuta infiltrazione ocracea che segue, evidentemente, delle incrinature di origine dinamica.

Il *plagioclasio*, presente con elementi di diversi ordini di dimensioni, è prevalentemente geminato secondo la legge albite, talora albite-periclino e leggermente, uniformemente, alterato in sericite. I geminati polisintetici sono di norma, negli individui maggiori, costituiti da molte lamelle, negli individui minori, da poche lamelle. Nei cristalli geminati le lamelle sericitiche sono disposte in piani paralleli

a quelli di geminazione. Il tipo è nettamente albitico⁽¹⁾. I piani di geminazione albite presentano spesso flessioni, altre volte il cristallo è ripetutamente fratturato. In qualche elemento l'esistenza di una leggera zonatura è provata dall'alterazione localizzata solo entro la zona centrale.

Oltre che nella fine varietà sericitica la *muscovite* compare anche in lamelle notevolmente sviluppate; presenta i normali caratteri di estinzione parallela, segno della zona positivo, notevole rilievo su α , colori d'interferenza elevati in sezioni con tracce di sfaldatura. Le azioni meccaniche hanno determinato la flessione dei piani di sfaldatura; in qualche caso si nota una separazione delle lamelle, lungo detti piani, mentre lo spazio intermedio viene ricementato da quarzo. Talora, lungo gli stessi piani, compaiono delle fini infiltrazioni di altri minerali, perlopiù opachi.

L'*andalusite* è abbondante in plaghe allotriomorfe, di solito notevolmente estese; include, in qualche caso, cristalli idiomorfi di quarzo, e di plagioclasio in via di sericitizzazione. È minutamente e profondamente fratturata e le fratture sono riempite dal fine aggregato sericitico che forma inoltre un bordo d'alterazione, spesso molto esteso, attorno ad ogni plaga; talora, in una stessa zona, i vari frammenti granulari presentano estinzioni sfasate l'uno rispetto all'altro.

La *fluorite* ricementa alcune fratturine della roccia, si spinge negli spazi intergranulari e, in qualche caso, anche entro ai granuli di altri minerali. Presenta tracce di sfaldatura ottaedrica, indici di rifrazione più bassi di tutti gli altri elementi circostanti, colorazione leggerissima roseo-violacea.

La *tormalina* si trova in associazioni granulari tra le quali compare qualche cristallo pseudoidiomorfo. Il segno ottico è negativo, il pleocroismo intenso:

ω = bruno resina con chiazze olivacee; ϵ = incolore;

i colori d'interferenza, in sezioni parallele all'allungamento, sono elevati, del secondo ordine.

La fluorite e la tormalina sono tipici minerali di origine pneumatolitica (assai rari nelle rocce eruttive dell'Adamello); è caratteristica la loro associazione con l'andalusite la cui presenza è invece da attribuire a fenomeni endometamorfici di contatto.

Flocculi di *limonite* sono sparsi qua e là entro alla roccia; quando è inclusa entro al plagioclasio, anche la limonite è allineata lungo i piani di geminazione albite.

Tracce di deformazioni dinamiche e di azioni idrotermali sono date dalla flessione dei piani di geminazione dell'albite e di quelli di sfaldatura della muscovite, dalle fratture dei vari elementi di plagioclasio, quarzo, andalusite, dallo smembramento della muscovite, dalla biassicità e dalle incrinature del quarzo, dai fenomeni di ricristallizzazione, ed infine, dall'alterazione sericitica dei plagioclasii e soprattutto dell'andalusite.

(1) Angolo massimo di estinzione in zona simmetrica (010) dei geminati albitici al T. U.: 16°, indici di rifrazione da maggiori a minori di quelli del collolite e distintamente inferiori a quelli del quarzo, carattere del minerale positivo.

3) Filoni lamprofirici.

Sono rappresentati da kersantiti, spessartiti e microporfiriti. Il loro grado di alterazione per fenomeni pneumatolitico-idrotermali è in genere avanzatissimo, ciò che ne rende difficile e malsicuro lo studio⁽¹⁾.

A quanto risulta dalle osservazioni di campagna del prof. Gb. DAL PIAZ, filoni basici si trovano nel primo, secondo e terzo valloncetto sulla destra di Val Meledrio. La zona più ricca è però quella del fianco destro di Val Rendena nel tratto sottostante ai villaggi di Paluaccio e Claemp.

Macroscopicamente queste rocce hanno, di regola, una tessitura compatta a grana uniforme tanto minuta che non se ne distingue neppure la natura cristallina. Anche il colore è del tutto unito e precisamente verde scuro più o meno grigiastro o grigio-nerastro. La kersantite biotitica (o minette?) del valloncetto che scende da Frate, ha invece una struttura microcristallina evidente.

Microporfirite anfibolica — filoni associati alla granodiorite nel primo valloncetto del fianco destro di Val Meledrio.

Macroscopicamente la roccia ha tessitura compatta; nella massa grigio-verdastra scura si distinguono cristallini di pirite e lamelle di biotite.

Grana minuta, struttura porfirica. Gli elementi porfirici più abbondanti sono gli *anfibioli* idiomorfi. Raro qualche granulo quarzoso o qualche lembo irregolare di *calcite* intimamente associata a *clinozoisite* e *clorite* a costituire un aggregato secondario che ha sostituito elementi porfirici dell'anfibolo. Come gli elementi più grossi di quest'ultimo, quasi completamente alterati, così pure la massa di fondo è cosparsa di prodotti secondari di alterazione. Qua e là si distinguono minuti granuli di *plagioclasio* e *quarzo*, ma molto più abbondanti sono *clorite* (pennina), *zoisite*, *epidoto clinozoisitico* e *calcite*. Risulta impossibile una determinazione del *plagioclasio*, che pare leggermente zonato e con indici superiori a quelli del *cololite*. Diffusi gli elementi opachi (pirite e magnetite). Numerose le fratture ricementate da *calcite* e *quarzo* microgranulare. Intorno agli elementi porfirici di *quarzo* si notano delle aureole di *clorite*; fra i prodotti di alterazione degli *anfibioli*, spesso, *calcite*, *clorite* ed *epidoto* prevalgono al centro mentre la *zoisite* si localizza alla periferia.

Microporfirite kersantitica — filone nella granodiorite del primo valloncetto di Val Meledrio.

Aspetto macroscopico: Roccia compatta di colore verde molto scuro.

Grado di alterazione molto avanzato; grana piccola con individui e nuclei porfirici a grana media. Componenti essenziali originari: *biotite*, *plagioclasio*, *anfibiolo*; attualmente prevalgono: *sericite*, *zoisite*, *clorite*, *calcite*. Abbondantissima la *pirite*, raro il *quarzo*.

(1) Esso ha permesso tuttavia di identificare dei tipi analoghi a quelli, molto più freschi, segnalati per l'Adamello meridionale (kersantiti, spessartiti, filoni anfibolici, porfiriti anfiboliche, porfirite plagioclasico-anfibolica ad *augite* (6, p. 39; 11, pp. 29-37) e per la zona del Corno Alto (filoni anfibolici (13, pp. 22-28)).

La roccia si presenta come un impasto di minerali di origine secondaria associati agli elementi primari fra i quali sono ancora riconoscibili nettamente la biotite e, qua e là, alcuni elementi conservati di plagioclasio; degli individui porfirici di *anfibolo* non resta che il contorno cristallino; l'*anfibolo* costituisce anche cristalli di dimensioni medie e fa, soprattutto, parte della minuta massa di fondo.

Il *plagioclasio* prende parte alla costituzione della massa di fondo, ma forma anche nuclei porfirici; la composizione è quella di un'albite o di un'albite-oligoclasio (segno di birifrazione positivo, piccolo angolo d'estinzione in zona simmetrica dei geminati albite, indici di rifrazione di poco inferiori al balsamo del Canada).

Abbondanti sono i fascetti lamellari di *biotite* dalla cui alterazione, già progredita, han tratto origine *clorite* ed *ossidi di ferro*. La *clorite* (pennina) si osserva pure in aggregati lamellari raggiati.

La roccia ha subito una intensa azione pneumatolitico-idrotermale cui si deve attribuire la parziale alterazione della biotite e la più profonda trasformazione degli anfiboli e dei plagioclasti in aggregati di *zoisite*, *calcite*, *sericite* e *clorite*, e forse, in fase tardiva data la freschezza del minerale, la piritizzazione. Ad azioni tettoniche è dovuta la fratturazione in seguito alla quale si sono formate le vene di *calcite*.

Microporfirite spessartitica - filone nella granodiorite del valloncello anonimo di Ragada, a W di Madonna di Campiglio.

Aspetto macroscopico: Roccia compatta di colore verde grigio molto scuro.

Struttura porfirica. I rari individui porfirici sono rappresentati dal quarzo, arrotondato, e dal plagioclasio, interamente alterato. La massa di fondo ha grana minutissima, gli individui porfirici hanno dimensioni piccole. I fenocristalli sono talmente alterati che non è possibile una determinazione completa di essi; l'alterazione è molto minore nella massa di fondo ove è nettamente prevalente l'*anfibolo* in cristallini allungati. Ha i caratteri di *orneblenda verde* (pleocroismo poco marcato tra un giallo verdognolo e un verde chiaro o verde brucicco, c/γ , in sezioni con massimo di birifrazione, 18° - 20°).

Lo spazio tra i cristalli di *orneblenda* è occupato generalmente da feldspati (si riesce a determinare talora qualche cristallo di *plagioclasio* che per i suoi indici di rifrazione inferiori o al più uguali a quello del balsamo di Canada indica una composizione oligoclasica o albitico-oligoclasica); presenta invece, in certe zone, un fine aggregato di *sericite*, *zoisite* e *calcite* di origine secondaria. Si osserva anche qualche granulo di *epidoto*; diffusa, qua e là, la *clorite*.

Non rari i minerali di ferro in piccoli granuli (*magnetite*) o in cristallini (*pirite*); da alterazione di quest'ultima deriva l'*ematite* che si presenta in aggregati terrosi.

Caratteristica in alcune plaghe, attorno a nidi di fenocristalli completamente alterati, che dalla natura dei prodotti d'alterazione e dal contorno originario possono forse far pensare a dei pirosseni, la struttura microcristallina finissima che assume l'aggregato anfibolico-plagioclasico di fondo, con netta prevalenza dell'*anfibolo*, così da costituire dei piccoli nuclei di concentrazioni femiche.

Le intense alterazioni e la piritizzazione, nonché la trasformazione della pirite in ematite, sono attribuibili ad azioni pneumatolitico-idrotermali; queste seguirono probabilmente nel tempo le deformazioni meccaniche di cui è rimasta traccia nella estinzione ondulata e nella biassicità del quarzo.

Kersantite biotitica (o minette) — subito sopra la vecchia strada carrozzabile nelle apliti granitiche del valloncetto che scende da Frate.

Dagli appunti del prof. Gb. DAL PIAZ risulta che il filoncetto ha scarsa potenza (pochi centimetri, al più 20 cm.) e si trova immerso entro a materiale ocraceo che, a sua volta, forma delle vene entro a potenti masse di aplitite.

Aspetto macroscopico: Roccia microcristallina grigio-nera. Molto ben visibili e comuni le lamelline biotitiche; sono pure distinguibili le chiazze più chiare dei minerali incolori. Finissime fratture ricementate da materiale biancastro.

La roccia è ora più ora meno, sempre notevolmente, alterata. Talora si presenta in uno stato di trasformazione così avanzato che la natura degli elementi originari e le loro proporzioni non si possono determinare con sicurezza. La calcite è il minerale più abbondante, in certi punti prevale in modo così assoluto da costituire da sola i tre quarti della massa di fondo. Tale calcite, per la sua abbondanza, per la grossezza dei suoi elementi, la mancanza di rapporti con frammenti di plagioclasio in via d'alterazione, ma soprattutto la quasi assoluta assenza di sericite ad essa associata, fa propendere per l'ipotesi che si tratti di minerale derivato per apporto, da azioni idrotermali. Presenta, molto spesso, una ben distinta geminazione polisintetica. Fra la calcite si distinguono qua e là, delle plaghe di un minerale ad indici, ora subeguali a quelli del collolite, ora nettamente inferiori; mentre nella maggior parte dei casi si tratta probabilmente di un plagioclasio molto acido, intimamente associato a granuli di ortoclasio, il particolare aspetto dell'estinzione a nicols incrociati e il contorno spesso di tipo sferulitico, può far pensare talora anche alla presenza di termini della famiglia delle zeoliti.

In altri punti, un po' meno alterati, la natura dei minerali associati alla calcite si può determinare con più esattezza. Essi sembrano rappresentati prevalentemente da quarzo, sempre di tipo mirmechitico e spesso con una struttura sferulitica, e dal plagioclasio. In quest'ultimo mancano del tutto i geminati; dal segno ottico positivo e dal valore degli indici minori-uguali al collolite, si deduce una composizione tra l'albite e l'albite oligoclasio. Quarzo e plagioclasio, di solito, non si trovano come elementi distinti, ma come aggregato, talora molto intimo e persino petroselcioso, nel quale si osserva anche un minerale che, per la bassa birifrangenza e i bassi indici di rifrazione sempre inferiori al collolite, sembra essere ortoclasio. In molti punti esiste una intima associazione tra la calcite e la mirmechite che in essa forma delle infiltrazioni intorno alle quali la calcite presenta un bordo corrosivo e una struttura granulare; una tale associazione potrebbe portare a concludere che l'azione ricristallizzante del quarzo si sia esplicata successivamente alla formazione della calcite.

La biotite si presenta in lamelle perlopiù distintamente idiomorfe e spesso

deformate per azioni dinamiche; la debole colorazione⁽¹⁾ ed il rilievo un po' inferiore al normale caratterizzano un tipo a scarso contenuto in ferro. Ciò è dovuto probabilmente al fatto che quest'ultimo è stato segregato per azione idrotermale; infatti gli ossidi di ferro sono spesso accumulati attorno alle lamelle o tra lamella e lamella, lungo i piani di sfaldatura e allora il minerale è del tutto o in parte trasformato in una *clorite* quasi senza colorazione⁽²⁾, del tipo pennina. La cloritizzazione della biotite sembra essere localizzata, ciò che proverebbe una maggiore attività dell'alterazione in certe zone, probabilmente perchè più intensamente colpite da fratturazioni.

I minerali opachi sono rappresentati da *magnetite*, spesso intimamente associata all'*ematite* con la quale può essere facilmente confusa, e da *pirite* talora idiomorfa. Lamelle di *ematite* si trovano pure, indipendentemente dalla *magnetite*, entro alla biotite, altre volte, associate a *pirite*. Diffusa l'alterazione ocracea (che si è estesa alle salbande del filone, entro alle apliti incassanti) sotto forma di flocculazioni giallastre o rossastre ricoprenti i granuli di *magnetite*.

Come minerale accessorio va pure ricordata l'*apatite* in minuti cristallini raccolti a zone. Piccole fratture sono ricementate da quarzo e calcite fra loro spesso minutamente compenstrate per sottili infiltrazioni di un elemento nell'altro.

L'esame microscopico rivela in questa roccia tracce di azioni dinamiche manifestate soprattutto dalla presenza delle fratture e delle geminazioni polisintetiche nella calcite. La ricristallizzazione della calcite e del quarzo testimoniano invece successive o contemporanee azioni idrotermali. Quando a queste non si debba imputare pure la completa trasformazione in calcite di un originario plagioclasio calcico, bisogna ammettere inoltre che l'enorme arricchimento in calcite della roccia sia pure dovuto a fenomeni di apporto idrotermale. Per quanto si può giudicare dopo la completa trasformazione subita, è da ritenersi probabile che la roccia, per l'abbondanza della biotite e la probabile presenza di ortoclasio, appartenga ai tipi delle "minettes", o delle kersantiti meno basiche. Tipi analoghi, per quanto rari nell'Adamello, sono segnalati da FENOGLIO (25 e 24, p. 61), da COLBERTALDO (14, p. 28), e da A. BIANCHI e Gb. DAL PIAZ (6).

Kersantite biotitico - anfibolico - augitica - filone nelle filladi del fianco sinistro di Val Rastel, subito sopra il ponte della nuova strada carrozzabile.

Aspetto macroscopico: Roccia compatta a grana minutissima di colore grigio-nerastro.

Struttura microcristallina intersertale; intense azioni metasomatiche in seguito alle quali la composizione originaria risulta notevolmente mutata. Oltre al plagioclasio alterato, che supera in quantità il quarzo, sono frequenti, tra gli elementi femici, il pirosseno, l'anfibolo e la biotite. Molto abbondante la clorite, e l'ilmenite, in quantità minori, calcite, *pirite* e *magnetite*; fra i prodotti d'alterazione del plagioclasio, sericite e zoisite.

(1) Pleocroismo: γ = bruno chiaro; α = giallognolo quasi incolore.

(2) Pleocroismo: $\alpha = \beta$ verde azzurrino tenue, γ = incolore; Ch_x ora positivo ora negativo, bassi colori d'interferenza.

Per quanto riguarda il *quarzo* la poca nettezza del contorno fa ritenere che esso sia ricristallizzato o, per lo meno, cristallizzato più tardivamente degli altri minerali; presenta come inclusi, biotite e anfibolo.

Il *plagioclasio* è rappresentato da plaghe, ove è in buona parte trasformato in un aggregato di sericite, zoisite e calcite. I caratteri osservabili e cioè il segno ottico positivo, gli indici di rifrazione superiori al collolite e sempre superiori anche al quarzo, permettono di definire un tipo abbastanza ricco di calcio ed almeno labradoritico.

L'*anfibolo* presenta un pleocroismo:

γ = verde giallognolo (o verde azzurrino negli elementi in via di cloritizzazione); β = bruno verde chiaro; α = giallognolo quasi incolore, con assorbimento $\beta \geq \gamma > \alpha$. I colori d'interferenza molto bassi (giallo di primo ordine) e il valore di c/γ , solo approssimativamente determinabile, sembrano caratterizzare un tipo di transizione tra orneblenda bruna e orneblenda verde; è solo in parte conservato inalterato, avendo dato luogo a clorite e zoisite. Una seconda generazione di anfibolo, non alterato, si trova nel quarzo e vi sono rappresentati, sia elementi meno sviluppati del tipo bruniccio già ricordato, sia aciculi incolore o quasi, di attinoto.

La *biotite* si presenta in minute lamelle con intenso pleocroismo:

$\gamma = \beta =$ bruno nero; $\alpha =$ giallognolo chiaro.

L'*augite* forma individui generalmente ben sviluppati od anche aggregati di individui costituenti interclusi di prima generazione entro la massa di fondo a carattere intersertale. Presentano un margine di accrescimento secondario di anfibolo con caratteri generalmente di orneblenda verdognola, la quale a sua volta è parzialmente alterata in clorite; lungo le sfaldature del pirosseno ed al margine tra questo e il feldispato e tra l'anfibolo e il feldispato, si osserva poi una genesi di minuta zoisite come prodotto secondario associato alla clorite.

Presso al pirosseno si trovano spesso anche delle plaghe di *calcite* derivanti, con ogni probabilità, da processo d'alterazione. La *clorite* si presenta allo stato diffuso entro a tutta la roccia; i suoi colori d'interferenza di basso ordine sono quelli caratteristici del tipo pennina.

Le varie trasformazioni suaccennate provano che intense azioni di natura idrotermale, forse anche in fasi successive, hanno agito sulla roccia.

Spessartite anfibolico-plagioclasica - filone entro il granito del terzo valloncetto sul fianco destro di Val Meledrio.

Aspetto macroscopico: Roccia compatta di colore uniformemente grigio-scuro, un po' tendente al verde.

Struttura a tendenza intersertale. Roccia microcristallina costituita essenzialmente da un aggregato di anfibolo e plagioclasio; altri elementi sono: quarzo, biotite, epidoto, calcite, magnetite, ematite, apatite, zoisite.

Il *plagioclasio* si trova in cristalli allungati secondo l'asse z , ad orientazioni intrecciantisi, senza lamelle di geminazione oppure a geminati di scarse lamelle con estinzioni simmetriche quasi parallele al piano di geminazione o inclinate su questo piano di pochissimi gradi, fino a massimi di $8^\circ - 10^\circ$. Vi si osserva una

distinta zonatura e valori degli indici di rifrazione uguali o maggiori a quelli del collolite e inferiori al quarzo. Si tratta quindi di termini oligoclasici con passaggio, verso la periferia, ad albiti oligoclasiche.

Il *quarzo* forma scarsi elementi maggiori, non però di rilevanti dimensioni, ed entra nella composizione della massa microgranulare. Gli elementi di maggior sviluppo sono sempre circondati da un bordo di calcite verso la quale il loro margine non è netto ma va sfumando per evidenti fenomeni di riassorbimento ad opera di soluzioni residuali del magma che probabilmente hanno depositato, in seguito, la calcite stessa.

Gli elementi femici erano rappresentati, in origine, prevalentemente da un anfibolo e, in quantità minore, dalla biotite. L'intensa trasformazione di questi minerali non permette però di far determinazioni precise. L'*anfibolo* è generalmente in cristalli molto allungati e quasi completamente cloritizzato con segregazione di granuli di magnetite, *epidoto* e calcite; anche la *biotite* è intensamente cloritizzata. Alla *magnetite* si accompagna, in qualche punto, dell'*ematite* terrosa probabilmente da essa derivata. Qua e là si notano, al limite tra plagioclasti e anfiboli, nidi di minutissimi *aggregati zoisitici*. L'*epidoto*, di tipo clinozoisitico, è abbastanza frequente; esistono però anche termini abbastanza ricchi di ferro.

Ovunque si infila la *calcite* che forma, in certi punti, delle zonule maggiori nelle quali sono racchiusi talora elementi di quarzo corroso. Le numerose fratture sono state pure rigenerate da calcite.

La completa trasformazione dell'anfibolo e della biotite, e la formazione di epidoto sono testimoni di una intensa azione idrotermale; l'arricchimento in calcite, di massima pure dovuto a un processo di trasformazione di qualche minerale calcico, deve forse attribuirsi in parte anche ad apporto. Scarse le tracce di cataclasi, che si riducono alle sole fratture solcanti tutto l'insieme della roccia.

Spessartite anfibolica a biotite - filone nelle filladi del fianco sinistro di Val Rastel, poco sopra il ponte della nuova strada carrozzabile.

Questo filone affiora poco al di sopra di quello kersantitico già descritto a p. 88. Ha macroscopicamente aspetto di roccia compatta grigio nera.

Grana minuta costituita in prevalenza assoluta dagli elementi femici tra cui predomina l'anfibolo accompagnato da minori quantità di clorite, biotite e magnetite; molto abbondante la zoisite d'alterazione, comune il quarzo.

L'*anfibolo* è del tipo attinoto (colori d'interferenza del secondo ordine, pleocroismo notevole con una colorazione verde molto chiaro su γ e quasi incolore su a , c/γ di circa 14°). Forma un fitto feltro di cristallini fra i quali sono compresi gli altri elementi. Là dove il quarzo si presenta in granuli ben sviluppati, l'attinoto che in esso è incluso acquista un aspetto aciculare irradiandosi dal margine verso il centro della geode. Talora è incurvato per azioni meccaniche subite.

Clorite (pennina) e *magnetite* sono pure molto diffuse; per quanto riguarda la clorite, essa è probabilmente un prodotto d'alterazione della biotite. Tracce di *biotite* conservante ancora l'originario pleocroismo e rilievo si trovano, abbastanza

frequentemente, e specialmente come incluso nel quarzo delle geodi, ove però, quasi certamente essa è di origine posteriore per mineralizzazione idrotermale.

Il *quarzo*, sempre allotriomorfo, occupa gli scarsi vuoti lasciati dagli elementi femici, quando non si presenta con elementi meglio sviluppati di ricristallizzazione, talora allineati lungo piani di frattura. In esso si notano, allora, come inclusi, oltre ai cristalli aciculari di anfibolo, apatite e masserelle globulari di biotite.

L'originaria presenza del *plagioclasio* è attestata dalla relativa abbondanza della zoisite nei caratteristici aggregati microgranulari; di esso però restano ben poche tracce e tali da non permettere alcuna precisa determinazione.

La roccia ha subito intense azioni di natura idrotermale che hanno dato luogo a fenomeni di alterazione (zoisitizzazione, cloritizzazione) e di ricristallizzazione (neoformazione di quarzo, anfibolo, biotite).

Spessartite anfibolico-cloritica: *entro le cornubianiti quarzose sopra la vecchia strada carrozzabile, nel valloncetto che scende da Paluaccio.*

Aspetto macroscopico: Roccia compatta con principio di struttura microcristallina e colore grigio-nerastro.

Al microscopio la struttura si rivela per quella di una roccia microcristallina costituita prevalentemente da anfibolo; pure diffusi: plagioclasio, clorite, magnetite. Accessori: epidoto, zoisite, sericite ed apatite.

L'*anfibolo* è presente in cristalli idiomorfi di varie dimensioni, sempre però notevolmente allungati secondo l'asse delle z . I bassi colori d'interferenza (giallo-arancione di primo ordine), il valore di $c/\gamma = 17^\circ - 18^\circ$, e del pleocroismo: $\gamma =$ verde azzurrino chiaro; $\beta =$ verde giallognolo; $\alpha =$ giallognolo quasi incolore, con assorbimento $\beta \geq \gamma > \alpha$, definiscono un tipo di orneblenda verde poco colorato. Normalmente si presenta quasi corroso e compenetrato dagli elementi incolore della massa di fondo.

Caratteristica la distribuzione della *clorite* (pennina) sempre accentrata in zone ove ha, perlopiù, una disposizione raggiata, staccandosi le lamelle, con orientazione varia, da un nucleo centrale occupato da grosse ed abbondanti granulazioni di magnetite. Non è facile dire se questa clorite derivi per trasformazione secondaria della biotite, ma il suo aspetto generale e il caratteristico accentramento fanno propendere per questa ipotesi. Lungo i piani di sfaldatura, che presentano qualche volta ondulazioni per azioni dinamiche, si sono localizzati talora ciuffi di *zoisite* microgranulare derivata probabilmente, sia dal plagioclasio, sia dalla clorite stessa.

L'elemento incolore è un *plagioclasio* sempre microgranulare, allotriomorfo e profondamente alterato, con accenno di zonatura sfumata; solo eccezionalmente si osservano geminazioni polisintetiche sulle quali ho potuto misurare un angolo di estinzione massimo in zona simmetrica di circa 24° . Questo carattere, associato a quello del segno ottico positivo e degli indici di rifrazione sempre nettamente maggiori di quelli del collolite, permette di determinarlo come andesina labradoritica. L'alterazione, oltre che ad una leggera patina ocracea ha dato origine ad un aggregato saussurítico nel quale, fra la *sericite*, più uniformemente sparsa, spiccano

qua e là ciuffi di zoisite, prevalentemente nelle zone di contatto tra plagioclasio ed elementi femici.

Abbastanza diffuso l'*epidoto*, sparso tra gli altri elementi della roccia e più abbondantemente localizzato entro ai nidi cloritici. È rappresentato da tipi variabili fra una clinozoisite senza tracce di pleocroismo e con bassi colori d'interferenza grigio - bianchi, e miscele nettamente pistacitiche con pleocroismo fino a verde smeraldo e colori d'interferenza elevati; quest'ultimo tipo è però meno comune.

La roccia ha subito delle azioni a carattere idrotermale come denota la saussuritizzazione del plagioclasio, la formazione dell'*epidoto*, e la probabile cloritizzazione integrale della biotite.

V) NOTIZIE RELATIVE AD ALCUNE FORMAZIONI PARTICOLARI DI INTERESSE GEOLOGICO.

Credo opportuno concludere lo studio petrografico delle rocce accennando ad alcune formazioni particolari che pur non avendo che trascurabile importanza, data la loro minima estensione, sono tuttavia di notevole interesse per la interpretazione geologica. Si tratta del calcare silicizzato di Val Meledrio di cui già si occuparono altri geologi e di alcuni particolari materiali (argille, rocce tettoniche miste) che si incontrano in determinate aree ove è affiorante la zona di contatto tettonico. Tali materiali sono stati raccolti lungo la traccia di profili particolarmente importanti che verranno riprodotti dal prof. Gb. DAL PIAZ nel lavoro geologico.

a) *Calcare silicizzato incluso nella granodiorite - terzo valloncetto a destra di Val Meledrio.*

Secondo gli appunti di campagna del prof. G. DAL PIAZ, nella granodiorite del terzo valloncetto del fianco destro del Meledrio "si osservano zonature quarzose, raramente apliche, inclusi di scisti in piccoli pezzi e blocchi di calcare metamorfosato in marmo bianco silicizzato...". Un campione di tale marmo esiste anche nella collezione studiata e si presenta macroscopicamente come una roccia compatta, formata da un'alternanza e compenetrazione irregolare di zone di candido calcare saccaroide e di quarzo. Tutto l'insieme è minutamente fratturato e la fratturazione produce, sulle zone quarzose sporgenti, là ove la roccia ha subito l'azione erosiva atmosferica, una superficie aspramente irregolare che contrasta con quella liscia delle parti calcitiche.

Già il SALOMON fa cenno a materiali del genere. A p. 151 della sua monografia (39) si legge infatti: "*In Meledrio, fand ich beim Übergänge von den Casine Fagogne zur Malghetta ein etwa kubikdezimetergrosses Stück von schnee-weissem, ganz grobkörnigem Marmor mit Silikaten. Sein Ursprung ist mir unklar. Vielleicht stammt es aus der Moräne und ist vom Sulzberg herübertransportiert*". WIEBOLS (57, p. 267), dopo aver parlato del valloncetto ove affiora il contatto tettonico tonalite - granodiorite, dice di aver trovato nel torrente ad E di questo, quindi verosimilmente nel secondo procedendo da monte verso valle, "*viele Stücke von stark zertrümmerten, dioritischen und quarzitischen Gesteinen, verkittet mit*

schneeweissem Kalzit „, e, dopo aver aggiunto che si tratta di un probabile riempimento di fratture, prosegue osservando che la roccia segnalata dal SALOMON è verosimilmente la stessa.

Anche il campione da me esaminato sembra piuttosto un prodotto di riempimento di grosse fratture entro a rocce quarzose che non una vera e propria roccia. Oltre a ciò le stesse condizioni di giacitura, benchè non completamente chiarite, permettono di omologarla al materiale di cui parla WIEBOLS.

b) *Argilla - Fogaiard* (il materiale raggiunge in taluni punti la potenza di 20 cm.)

Aspetto macroscopico: Materiale pulverulento che diventa plastico per idratazione, di colore grigio più o meno scuro. Nella parte superiore, presso al contatto con la milonite granodioritica, ha anche una leggera tendenza al verdastro e comprende piccoli elementi granulari, evidentemente provenienti dalla milonite stessa. Nella parte inferiore, benchè vi si notino ugualmente dei noduletti quarzosi, ha una grana minutissima.

Al microscopio si osserva una massa minutamente pulverulenta; vi si distinguono quarzo e soprattutto granuli di feldispati sempre più o meno intensamente rivestiti da alterazione pulverulenta di sostanze argillose. Gli indici sono fortemente superiori ad 1,53, ma nettamente inferiori a quelli caratteristici per il caolino. Completamente distrutti sono stati gli elementi femici.

c) *Calcari e calcari marnosi - Fogaiard.*

Aspetto macroscopico: Il calcare è grigiastro, presenta delle intercalazioni marnose, ed ha l'aspetto di un marmo leggermente ricristallizzato; il calcare marnoso è formato dagli stessi elementi di marmo saccaroide inclusi tra letti di calcare più argilloso. Nel complesso si tratta di calcari scuri, più o meno marnosi, che nelle vicinanze del contatto (fino a 7 - 8 m.) hanno subito una laminazione in calcescisti nodulari a letti di calcare microcristallino, alternati ad altri, marnosi, spesso lucidi e nerastri perchè lungo di essi si sono avuti degli scorrimenti. Nella zona più prossima al contatto si nota, a zone, una parziale cloritizzazione e, lungo le zone cloritiche, una abbondante mineralizzazione a pirite in minutissimi cristallini.

Ho preso in considerazione due sezioni di queste rocce eoceniche. Una corrisponde a marmo saccaroide, l'altra a calcare marnoso.

I. *Marmo saccaroide.*

È costituito quasi esclusivamente da calcite che si presenta a grana variabile da zona a zona. Sottili vene di quarzo microgranulare contengono delle dispersioni di calcite; dalle vene si dipartono delle apofisi irregolari che vanno ad impregnare tutta la roccia disperdendosi in nidi tra i granuli di calcite. I piani di sfaldatura della calcite, spesso irregolarmente incurvati, la frequenza delle caratteristiche lamelle di geminazione polisintetica secondaria, e i fenomeni di scorrimento nei piani di sfaldatura, testimoniano le intense azioni dinamiche posteristalline subite dalla roccia, ovunque solcata da fratture rigenerate da calcite secondaria. La massa calcitica presenta aspetto leggermente argilloso - ocraceo.

II. Calcare marnoso.

È costituito quasi esclusivamente da calcite a grana ora più ora meno grossa, in prevalenza però microcristallina, disposta in modo così irregolare da simulare una roccia brecciata, e con diffusi veli argilloso-ocracei. Si notano inoltre minute diffusioni di granuli di quarzo. Alcuni elementi di calcite presentano delle flessure o degli scorrimenti dei piani di sfaldatura.

Questi calcari e calcari marnosi hanno una facies nettamente cristallina; colpisce soprattutto, nella loro struttura, la frequenza dei fenomeni di cataclasi e la brecciatura, che denotano il notevole disturbo tettonico subito.

d) *Breccia granodioritica a calcite - nell'apofisi entro alla dolomia al contatto tettonico di Val Rotiano - M. Spolverin.*

Aspetto macroscopico: Roccia compatta verdastra nella quale non è possibile distinguere alcun elemento cristallino. La roccia presenta numerose fratture a decorso irregolare, ricementate da calcite.

Breccia tettonica di roccia eruttiva acida; è formata da un impasto di frammenti e prodotti d'alterazione di un aggregato di fondo con aspetto vetroso o petroselcioso. Unici elementi a raggiungere un certo sviluppo sono dei noduli di quarzo, ognuno costituito da un aggregato di piccoli elementi del minerale fra loro intimamente addentellati e compenetrati, a marcatissima estinzione ondulata. In questi noduli possono essere talora inclusi, benchè scarsi, anche altri elementi, specialmente plagioclasio e suoi prodotti d'alterazione. Aggregati quarzosi di tipo scistoso a grana variabile si trovano un po' ovunque, ed è probabilmente da quarzo microgranulare e petroselcioso che è formata la massa fondamentale di rigenerazione della roccia. Una seconda ricementazione è dovuta alla calcite, abundantissima sia come materiale d'impregnazione e di compenetrazione, in plaghe ramificantesi, sia come riempimento di vere e proprie fratture, anche di notevole spessore; vi si osservano delle geminazioni polisintetiche. Degli altri minerali ben poco si riesce a distinguere. Il plagioclasio ha lasciato solo qua e là qualche granulo non ancora interamente distrutto dall'alterazione; il valore degli indici inferiori o uguali al collolite e inferiori al quarzo, il segno ottico positivo, il piccolo angolo di estinzione nei rari geminati polisintetici, nonchè soprattutto il tipo dell'alterazione, fanno pensare ad una miscela nettamente acida, forse albitica. Dalla sua trasformazione si è originata quasi esclusivamente sericite alla quale spetta una parte essenziale nella composizione della massa microgranulare di fondo. Oltre a questa, ma rari, si distinguono pure, fra i prodotti di trasformazione, zoisite e scarso epidoto. Frequente la clorite, sotto forma di minerale di formazione tardiva a debole colorazione, in fini veli impregnanti tutta la massa di fondo. Comuni sono granulazioni opache di un minerale ferrifero, probabilmente ilmenite, che a luce riflessa presenta un aspetto terroso bianco, da leucoxeno; vi sono pure granulazioni che non presentano invece questa trasformazione e possono quindi attribuirsi a magnetite. Fra gli accessori è frequente anche l'apatite mentre piuttosto raro è lo zirconio.

e) **Roccia al contatto tra dolomia e milonite granodioritica - Val Rotiano - M. Spolverin.**

Aspetto macroscopico: Contatto tra una roccia biancastra, a zone giallo-brunstra, ed una breccia di roccia eruttiva, ad elementi minuti e colore generalmente verdastro.

La roccia chiara è composta esclusivamente da calcite e dolomite perlopiù a grana minutissima, ma talora a grana maggiore. Alcune fratture sono ricementate da calcite di seconda generazione; lungo di esse si infila qualche venatura di limonite originatasi dall'alterazione dei minerali di ferro della contigua breccia milonitica; quest'ultima deriva da una milonite granodioritica i cui frammenti sono dispersi in mezzo all'abbondante calcite della massa di fondo che li compenetra anche lungo le numerose fratture. Si osservano pure tracce di epidoto.

f) **Materiali terrosi bianchi o colorati - lungo la linea di contatto tettonico tra roccia eruttiva e dolomia - Val Rotiano - M. Spolverin.**

I. Materiali terrosi bianchi.

Macroscopicamente aspetto terroso e colore bianco candido simili a quelli della "craie". Frequentissimi gli specchi di faglia leggermente giallastri.

Componenti quasi esclusivi sono la calcite e la dolomite, a grana variabile, fratturate al massimo grado, con aspetto leggermente ocraceo; molte fratture sono invece rigenerate dagli stessi minerali, ma più puri. Masserelle e granulazioni di ossidi di ferro, specialmente abbondanti lungo le fratture e in gran parte limonitizzate.

Dopo trattamento con HCl, la roccia non lascia che un residuo argilloso in quantità trascurabile.

II) Materiali terrosi gialli e bruni.

Aspetto macroscopico: materiali più o meno compatti, più o meno terrosi al tatto, con colorazione variabile dal giallo mattone al bruno, bruno rossastro e bruno nerastro. Qualche frattura ricementata in gran parte da quarzo.

1) *Terra gialla.* Componenti essenziali sono la calcite e la dolomite microgranulare, generalmente giallastre per impregnazione limonitica. Limonite in maggiori concentrazioni si osserva poi lungo le fratture; deriva, evidentemente, da granulazioni di ossidi di ferro che ancora si osservano in qualche punto; qualche frattura è ricementata da calcite microgranulare di maggior purezza. Abbastanza frequenti le infiltrazioni di quarzo microgranulare e di calcedonio lungo fratturine nelle quali formano degli aggregati lineari e delle piccole amigdale.

2) *Terra bruna.* Analoga alla precedente, ma con maggiore abbondanza di ossidi ed idrossidi di ferro. Abbastanza frequenti, granuli e talora cristallini idiomorfi di ossidi di ferro; più minute granulazioni degli stessi minerali formano venature entro a fratture risanate da calcedonio. Molto spesso, in particolar modo per le vene di magnetite, si osserva una alterazione in limonite terrosa giallo-rossastra. Lungo certe fratture si è avuta anche una rigenerazione di calcite distinguibile da quella primaria per la grana minore e la maggior limpidezza.

I materiali terrosi giallo-bruni lasciano, dopo trattamento con HCl, notevole residuo composto in gran parte di argilla, poi da quarzo o da silice calcedoniosa e, in qualche caso, anche da un minerale biassico con indici di rifrazione 1,51 e bassi colori d'interferenza, forse attribuibile alla famiglia delle zeoliti.

RIASSUNTO CONCLUSIVO

1) RIEPILOGO DEI TIPI PETROGRAFICI FONDAMENTALI.

a) *Scisti cristallini*: Le facies scistose originarie erano probabilmente analoghe a quelle che affiorano largamente più a Sud (13); nella zona sono rappresentati soltanto dei tipi di parascisti di tipo micaceo o filladico (plagioclasio in quantità trascurabile, componenti essenziali miche e clorite) che hanno già però una, se pur leggera, facies di contatto (cf. fillade talcoso-sericitica di Val Meledrio, p. 13). Il metamorfismo di contatto ha agito in due modi diversi: ora, e sembra che ciò avvenga nelle zone più vicine al contatto magmatico, con un arricchimento in feldspati e quarzo (vedi p. 19), ora con la comparsa di abbondanti minerali di contatto (vedi p. 14). Fra questi l'elemento più tipico è l'andalusite cui si associa spesso della biotite minutamente diffusa; anche granato e tormalina, benchè non attribuibili con altrettanta sicurezza ad azioni di contatto in quanto potrebbero essere elementi degli scisti filladici originari, sono spesso da considerare come dovuti a neomineralizzazione per azione magmatica.

b) *Granodiorite a tendenza granitica*: Nonostante da molti Autori si sia in precedenza affermato trattarsi di "diorite", è invece una granodiorite a tendenza granitica passante talora a tipi di vero e proprio granito. Ciò è provato dallo studio microscopico e dalle analisi chimiche. I nuclei granodioritici sono una dipendenza della maggiore massa del M. Sabion. Per quanto riguarda la composizione, i minerali più abbondanti sono il quarzo, l'ortoclasio e i plagioclasii; ora prevale l'uno, ora l'altro. Il plagioclasio varia dall'andesina (40% An) all'oligoclasio e più raramente all'albite; molto frequente è la struttura zonata. In quantità variabile, ma sempre inferiore a quella dei tre minerali nominati, è presente la biotite, generalmente trasformata in clorite. Numerosi i prodotti accessori fra i quali, talora abbondantissimi, quelli secondari. Solo nella cataclasite granodioritica di Val Rotiano (M. Spolverin) si è constatata la presenza del microclino e solo nella cataclasite granodioritica del terzo valloncetto sulla destra di Val Meledrio si è osservata dell'orneblenda in tracce. La facies petrografica è abbastanza variabile; oltre alle granodioriti a grana media, più comuni, in Val Meledrio compaiono delle granodioriti e dei graniti a tendenza pegmatitica, questi ultimi con abbondante ortoclasio roseo (p. 31). In campioni provenienti dai dintorni di Madonna di Campiglio si è accertata la presenza di una tessitura a tendenza porfirica, distinguibile però solo al microscopio (p. 34).

c) *Tonalite a tessitura parallela*: È rappresentata da facies acide prevalentemente biotitiche, e da facies normali, entrambe con composizione variabile spesso da punto a punto. È sempre presente, benchè più o meno accentuata, una certa

tessitura parallela. I minerali componenti essenziali sono, in ordine di frequenza, il plagioclasio (normalmente labradoritico, in qualche caso con tendenza verso l'andésina o la bitownite), il quarzo, la biotite e l'anfibolo. Il feldispato potassico è stato trovato solo in campioni provenienti da Folgarida. Abbastanza comuni sono le concentrazioni di minerali femici e le differenziazioni microgranulari scure (con orientazione concordante rispetto a quella della tessitura parallela, in modo da formare "Schlieren", nastriformi).

d) *Filoni*: Perlopiù le rocce incassanti sono quelle della formazione scistoso-granodioritica, solo talora, la tonalite. Presentano una grande varietà di tipi che si possono raggruppare in:

1) filoni poco differenziati: comprendono dei *porfidi di composizione granitica o granodioritica*, delle *microporfirite biotitico-plagioclastiche*, e delle *porfirite*. Merita un cenno particolare la porfirite anfibolico-plagioclasica di Val Rastel con fenocristalli di feldispato e quarzo di notevoli dimensioni (p. 77).

2) filoni aplitici: la presenza di *quarziti*, segnalata dall'osservazione di campagna, non è stata confermata dallo studio microscopico. Numerose sono invece le *aplitiche granitiche* di cui una, quella tra S. Antonio di Marignola e lo sbocco della Val Nambrone, particolarmente interessante per la struttura micropegmatitica e per la presenza del granato (p. 80), e quella del valloncetto che scende da Frate per la presenza dell'andalusite (p. 79). Nella tonalite a N del Lago Nero esiste pure un filone di *aplite dioritica*. Altra roccia filoniana di notevole interesse è la *pegmatite andalusitica a fluorite e tormalina*, sulla carrozzabile a sinistra del torrentello che scende da Paluaccio. La presenza di andalusite, granato, tormalina in alcuni di questi filoni va attribuita ad azioni endometamorfiche di contatto.

3) filoni lamprofirici: le rocce hanno perlopiù grana uniforme (almeno macroscopicamente), molto minuta. Al microscopio sono state distinte delle *microporfirite anfiboliche*, altre *microporfirite kersantitiche e spessartitiche*, una *kersantite biotitica* (forse anche "minette"; lo stato di alterazione avanzata in cui si trova non permette una classificazione sicura), una *kersantite biotitico-anfibolica* e diverse *spessartiti* di varia composizione. In tutti questi filoni merita di essere segnalato l'avanzato stato di alterazione per azione idrotermale e la mancanza quasi assoluta di deformazioni meccaniche.

e) *Materiali particolari*: sotto questa denominazione sono stati descritti dei materiali (marmo silicizzato, argille, rocce tettoniche miste, rocce sedimentarie presso il contatto tettonico) che hanno importanza quasi esclusivamente dal punto di vista geologico. Per maggiori notizie in proposito si rinvia al cap. V del testo.

II) FENOMENI METAMORFICI.

1) **Esometamorfismo.**

Gli scisti cristallini della zona in esame sono tutti, come ho già accennato, essenzialmente polimetamorfici. Oltre al più antico metamorfismo di dislocazione, che trasformò le originarie rocce argillose in parascisti e filladi probabilmente di vario aspetto, ma perlopiù ricchi di miche, essi subirono una azione metamorfo-

sante di contatto. Questa mineralizzazione di contatto si può distinguere in tre fasi: quella dovuta all'azione magmatica diretta, quella successiva ad opera degli agenti pneumatolitici, ed infine quella tardiva di natura idrotermale; le due ultime hanno interessato non solo gli scisti cristallini, ma anche le stesse rocce eruttive.

Metamorfismo per prevalente azione magmatica diretta: L'azione magmatica diretta è riconoscibile nei soli scisti cristallini ed è quasi certamente dovuta in massima parte alla granodiorite. Quest'ultima infatti ha permeato intimamente la formazione scistosa con le sue apofisi e le sue differenziazioni granitiche ed aplitiche. Presso al contatto è evidente, anche macroscopicamente, la feldispatizzazione e la silicizzazione degli scisti trasformati in compatte cornubianiti (p. 19). La genesi di andalusite⁽¹⁾ e di biotite⁽²⁾ (la tipica "biotite goccioliforme", con elevato pleocroismo, che talora è inclusa nell'andalusite), è invece molto più diffusa essendosi riscontrata in quasi tutti gli scisti studiati; solo quelli più cornubianitici sembrano far eccezione per quanto riguarda l'andalusite. Il fatto che tale mineralizzazione si verifichi con intensità approssimativamente uguale ovunque, e non già più marcatamente in prossimità al contatto con la tonalite e meno marcatamente a distanza, fa pensare che anche questa azione sia dovuta al granito che, come si è visto, forma entro agli scisti numerose apofisi quasi dappertutto. È probabile che alla stessa causa risalga l'origine del granato⁽³⁾ che si trova associato all'andalusite, nelle filladi lungo la vecchia strada carrozzabile a S di Fae e a W di Ghirola (p. 14). È invece probabilmente dovuta alla tonalite la mineralizzazione a quarzo, biotite, cordierite del paragneiss cornubianitico di Liberdon, appartenente alla serie degli "scisti del Tonale", (p. 25).

Metamorfismo per prevalente azione pneumatolitica: Strettamente associata all'andalusite (talora inclusa nell'andalusite stessa) è la tormalina, in piccoli cristalli. Il fatto che essa si trovi non in tutti gli scisti, ma solo in quelli ad andalusite, di media compattezza, fa pensare che anche la tormalina⁽³⁾ sia un minerale di contatto e non un elemento dell'originaria roccia metamorfica. È noto che in tal caso la tormalina viene considerata come minerale pneumatolitico; data la contemporaneità della sua genesi con quella della andalusite bisognerebbe pensare che anche la formazione di quest'ultima si sia protratta fino alla fase pneumatolitica del metamorfismo di contatto. Nella stessa fase pneumatolitica si può ammettere pure un aumento della feldispatizzazione e della biotitizzazione già iniziatasi

(1) In tutti gli scisti della Val di Campiglio e della Val Meledrio si trova sempre andalusite al posto di sillimanite; quest'ultima è invece comune negli scisti della serie del Tonale e in quelli della zona del Corno Alto. Nonostante si sia ammessa da qualche autore (STAUB) la possibile formazione dell'andalusite per metamorfismo regionale (15, pp. 14-18), questo minerale si trova ovunque in condizioni di giacitura tali che la sua origine si può far risalire sempre al metamorfismo di contatto quando si tenga presente, come osserva il CORNELIUS, che esso si forma anche a notevole distanza dalla zona di contatto immediato. Il medesimo autore fa notare come, in condizioni di temperatura più elevate, si formi, non andalusite, ma sillimanite.

(2) Azioni metamorfiche di contatto, con formazione di sillimanite, andalusite e granato, sono segnalate anche nelle filladi e nei paragneiss che fasciano la massa granodioritica del Corno Alto (COLBERTALDO (13, pp. 10 e 11), SALOMON (39, pp. 170-171)).

(3) Con ciò non si vuole escludere, come già si è detto nel testo, che il granato e così pure la tormalina possano essere, almeno in parte, anche elementi originari delle filladi. L'associazione intima ad andalusite fa però propendere in molti casi in favore di una origine per contatto.

in precedenza. Contemporaneamente avveniva un arricchimento di minerali di ferro in certi scisti cristallini; soprattutto caratteristica ed abbondante l'ilmenite presentante spesso le sue lamelle con una caratteristica disposizione orientata, che ricorda quella dei minerali delle rocce a struttura fluidale, e con un maggior addensamento in zone determinate ove, probabilmente a causa di piccole fratture, più intensamente poteva operare l'agente pneumatolitico mineralizzante.

Deve inoltre considerarsi pneumatolitica la grafitizzazione e l'arricchimento in sostanza carboniosa che appare, più o meno evidente, nelle miloniti. Quest'ultima mineralizzazione si è essenzialmente osservata nelle miloniti derivate dalla granodiorite; è quindi da considerare senz'altro posteriore al consolidamento del magma granodioritico e contemporanea alla tettonizzazione postcristallina della zona. Le altre mineralizzazioni già accennate dovrebbero essere avvenute in un periodo precedente alla tettonizzazione stessa. Se in questi minerali, fatta eccezione del quarzo, non si notano in genere deformazioni posteristalline, ciò si può attribuire, come si è già rilevato, ad un comportamento molto più plastico degli scisti cristallini in confronto a quello delle rocce eruttive.

Metamorfismo per prevalente azione idrotermale: È quello che ha avuto estensione più generale interessando non solo gli scisti cristallini, ma anche le masse eruttive in essi comprese e la stessa tonalite nelle zone periferiche, più milonitiche, della massa. Questa azione deve perciò considerarsi posteriore a tutte le altre, ed ha accompagnato forse l'intrusione delle masse tonalitiche e la tettonizzazione posteristallina di tutte le rocce della zona, proseguendo certamente anche dopo la fine dei movimenti che causarono la deformazione postcristallina in parola.

La mineralizzazione idrotermale più comunemente e abbondantemente diffusa è l'effetto di una idratazione che ha dato luogo alla formazione di clorite, sericite, saussurite, caolino, epidoto, zeoliti, leucoxeno e limonite a spese dei minerali preesistenti. Soprattutto comune è la cloritizzazione della biotite, la trasformazione in leucoxeno dell'ilmenite e la saussuritizzazione e sericitizzazione dei feldspati. Ad agenti idrotermali si deve pure attribuire la formazione della pirite, specialmente abbondante in quelle rocce che presentano maggiori deformazioni clastiche. Una rimineralizzazione idrotermale che si manifesta esclusivamente in certi scisti cristallini è la cloritizzazione con sagenitizzazione della biotite per cui, entro alla clorite lamellare, si formano i caratteristici aggregati di cristalli aciculari di rutilo. La carbonatizzazione si è pure manifestata nelle rocce più fratturate con la formazione di vene o noduli, di dimensioni molto varie, di calcite. Anche tipici minerali formati nella prima fase del metamorfismo di contatto magmatico hanno subito per opera delle soluzioni, una retrocessione metamorfica che ha trasformato parzialmente l'andalusite ed il granato in sericite.

Per necessità di chiarezza ho descritto i tre tipi di metamorfismo successivamente ed ho cercato di distinguere gli effetti prevalenti, ma in realtà, come è logico, non si può ritenere che i processi si siano svolti esattamente nell'ordine seguito, in quanto fra le varie fasi si sono probabilmente verificate ripetizioni alternanti, e talora vi è stata anche contemporaneità di varie azioni. Ho già fatto

notare, per esempio, come la formazione dell'andalusite sia in parte da attribuire ad azione magmatica diretta, in parte ad azione pneumatolitica; aggiungerò che la biotite di origine pneumatolitica, la quale si presenta generalmente inalterata, dovrebbe essere almeno in parte posteriore alla fase di più intensa azione idrotermale in quanto, altrimenti, non si spiegherebbe come la cloritizzazione non abbia colpito essa pure. Viceversa l'ilmenite che, senza eccezione, è stata, sempre per azione idrotermale, trasformata in aggregato di leucoxeno, dovrebbe essersi formata precedentemente a quest'ultima fase.

Fra le varie manifestazioni di mineralizzazione e rimineralizzazione, quella che ha lasciato impronte più evidenti e generali è proprio l'azione idrotermale, cosicchè si può ben ritenere come uno dei motivi petrografici caratteristici della nostra zona l'intensa deformazione postcristallina, ed il metamorfismo di natura idrotermale. Quest'ultimo è un fenomeno strettamente collegato a quello della tettonizzazione clastica che evidentemente lo ha favorito e reso possibile su larga estensione.

2) **Endometamorfismo.**

In alcune rocce filoniane acide l'esistenza di fenomeni di *endometamorfismo* è stata dimostrata dalla presenza di minerali caratteristici. L'andalusite è presente nella aplite granitica del valloncello che scende da Frate (p. 79) e, in notevole quantità, nella pegmatite sopra la carrozzabile, a sinistra del torrentello che scende da Paluaccio (p. 83). In quest'ultima roccia essa è associata a tipici minerali di origine pneumatolitica e precisamente a fluorite e a tormalina. Anche per il granato dell'aplite micropegmatitica porfirica lungo i tornanti della nuova strada carrozzabile tra S. Antonio di Marignola e lo sbocco della Val Nambrone (p. 80), si può pensare ad una origine per azioni di endometamorfismo, senza peraltro che ciò possa essere affermato con sicurezza in quanto forse è più probabile, data la natura della roccia, una origine magmatica diretta.

3) **Epimetamorfismo ed Autometamorfismo.**

La tonalite a tessitura parallela di tipo fluidale primario presenta ovunque, nella zona da me presa in esame, una leggera tendenza a facies epimetamorfiche (1). Normalmente questo è rivelato solo dal quarzo che ricorda sempre, un po', per le addentellature ai margini e per l'estinzione ondulata, l'aspetto di quello degli scisti cristallini. In campioni provenienti da alcune località particolari, e soprattutto nella tonalite di passo a q. 2097 a W del Monte Vigo (p. 57), l'*epimetamorfismo* è tipicamente accentuato ed è caratterizzato da una certa blastesi, non solo del quarzo, ma anche, e specialmente, della biotite e dell'anfibolo fra di loro e rispetto al plagioclasio.

Un cenno a parte merita l'epidoto che si presenta in tutte le tonaliti studiate, benchè acquisti rango di elemento essenziale solo in quelle di passo q. 2097 a W

(1) Il termine "epimetamorfismo" non va inteso in questo caso nel senso strettamente rigoroso di una azione ricristallizzante che abbia agito su una roccia ormai consolidata. Il magma tonalitico, dopo la sua messa in posto, si trovava probabilmente ancora in uno stato plastico, anche nelle sue parti periferiche, quando i movimenti tettonici hanno determinato un ritorno parziale allo stato fuso di quei minerali che avevano già iniziata la loro cristallizzazione; quest'ultima è ripresa poi in condizioni d'ambiente tali da determinarsi contemporaneamente per tutti i componenti mineralogici (blastesi).

del Monte Vigo. L'epidoto si osserva talora sotto forma di cristalli idiomorfi sì da far sospettare che si tratti di un minerale primario. In realtà la possibilità della presenza di epidoto primario nelle rocce eruttive è stata presa in considerazione da diversi autori, ma si è giunti alla conclusione che non si possa decidere in favore di una tale origine se non quando non esista nella roccia alcun indizio di processi più tardivi sia di natura autometamorfica, sia di natura epimetamorfica, che possano aver dato luogo alla formazione di questo minerale (47, p. 36). Così riesce perlopiù impossibile stabilire se l'epidoto dei graniti alpini sia di natura primaria, mentre ciò si può affermare quasi con sicurezza per certe rocce acide della Finlandia (helsinkiite, etc.), della Transbaicalia, del Banato e della Dobrugia. Per analogia con queste è citato come sicuramente primario (l. c. p. 35) l'epidoto del granito d'Albula e della tonalite del Disgrazia descritti dal CORNELIUS. Si ammette che l'origine primaria di questo minerale debba essere attribuita a cristallizzazione con una temperatura relativamente bassa da magmi ricchi di acqua (ESKOLA e LAITAKARI) (l. c.), condizioni che si verificano per piccole masse intrusive o alla periferia di masse maggiori, come sarebbe nel nostro caso. Dato il carattere parzialmente sintettonico della tonalite dell'Adamello⁽¹⁾, e in particolare la tendenza epimetamorfica nella tonalite della zona da me studiata, credo che, perlomeno la parte maggiore del minerale sia qui da riportarsi ad un'origine secondaria in parte per azioni autometamorfiche, in parte anche per azioni epimetamorfiche di dislocazione. Il fatto stesso che esso è più abbondante nella tonalite di Monte Vigo, che è quella più tipicamente epimetamorfica, sembra confermare questa interpretazione.

III) TETTONICIZZAZIONE POSTCRISTALLINA DETERMINATA DALLE FASI TARDOINSUBRICHE DELL'OROGENESI ALPINA.

Nella parte descrittiva si è visto quanto comuni siano, nelle rocce della zona studiata, le deformazioni e le trasformazioni dovute a cause meccaniche. La grande frattura, o meglio quell'insieme di fratture lungo le quali si sono verificati notevoli spostamenti relativi, che va sotto il nome di linea delle Giudicarie, è accompagnata lungo tutto il suo decorso da una fascia di rocce che portano, nella loro struttura, più o meno evidente traccia delle deformazioni subite. Si tratta di rocce fratturate, laminate, con cloritizzazione e spesso anche limonizzazione e pigmentazione diffusa già distinguibile a distanza, oppure soltanto di rocce che, pur presentando una accentuata cataclasi, richiedono, perchè essa sia notata, un più attento e ravvicinato esame, oppure infine di rocce che presentano macroscopicamente un aspetto normale, ma rivelano, se vengono studiate al microscopio, segni di deformazione non trascurabili.

L'intensità della cataclasi dipende, com'è ovvio, dalla maggiore o minore vicinanza alla superficie lungo la quale è avvenuto il movimento e dalla intensità del movimento stesso ma dipende anche, e in modo essenziale, dal carattere delle rocce

(1) Rispetto a qualche fase tardiva dell'orogenesi alpina (21, p. 491).

che tale azione hanno subito. Questo fatto, riconosciuto già dai primi autori che si occuparono del problema petrografico della deformazione meccanica, è ben evidente nel nostro caso.

La linea di disturbo tettonico, come già accennato nella introduzione geografico-geologica, corrisponde essenzialmente alla linea di separazione fra la formazione scisti cristallini-granodiorite da una parte, e la tonalite dall'altra. Ma, oltre al piano principale di movimento, altri ve ne sono che da esso si staccano o ad esso hanno decorso approssimativamente parallelo. Così, per esempio, si possono osservare fascie isolate di maggiore cataclasi nella tonalite a tessitura parallela della zona tra il Lago Nero e Capanne Serodoli. Astraendo da queste zone in cui la deformazione raggiunge il suo massimo e prendendo in esame tutta l'area di cui ci occupiamo nel suo complesso, anche ad un primo esame risulta che la roccia che più di ogni altra ha subito l'azione tettonica postcristallina è la granodiorite, nella quale non riesce difficile, già ad occhio nudo, distinguere sempre una intensa fratturazione ed una non meno intensa alterazione. Anche la tonalite si presenta spesso deformata; si tratta però di un tipo di deformazione molto diverso e in ogni caso molto meno intenso di quello delle granodioriti. Macroscopicamente, quando non si sia nella immediata vicinanza della zona di dislocazione (nel qual caso si nota una leggera cloritizzazione dei minerali femici e una incipiente caolinizzazione di quelli feldispatici, oltre alla deformazione della struttura), ad un esame superficiale non si osserva una grande differenza dalla roccia normale se non nel colore alquanto più scuro, colore che non è dovuto ad una maggiore femicità, ma probabilmente ad una più minuta diffusione dei minerali scuri ed a un principio di alterazione degli stessi. Anche all'infuori di questi tipi però, anche nelle tonaliti che presentano in campagna un aspetto normale, sono sempre visibili all'esame microscopico delle tracce di deformazione, perlopiù accompagnata da fatti di blastesi che, come detto nella descrizione fisiografica, acquista qui una notevole importanza. Molto minori, quasi trascurabili rispetto a quelle della granodiorite e tonalite, sono le deformazioni meccaniche delle rocce filoniane e degli scisti. Esse sono addirittura minime nei lamprofiri e nelle porfiriti e sono molto scarse negli scisti, salvo rare eccezioni come per la fillade andalusitica a granato raccolta lungo la vecchia strada carrozzabile a S di Fae e ad W di Ghirola (p. 14), per il paragneiss micaceo ad andalusite e tormalina ed il gneiss cornubianitico a tormalina con infiltrazioni ocracee, raccolti lungo i tornanti della nuova strada carrozzabile fra S. Antonio di Marignola e lo sbocco della Val Nambrone (p. 10 e 11); questi scisti con cataclasi accentuata devono trovarsi evidentemente molto prossimi alla linea tettonica dato che i loro affioramenti non sono lontani da quelli della tonalite.

La differenza nel grado di deformazione, questa selettività dell'azione meccanica per cui alcune rocce ne soffrono di più ed altre meno, è dovuta certamente alle diverse proprietà delle rocce stesse. Così risulta evidente, dall'esame e dal confronto dei vari tipi, una maggiore cataclasi nelle rocce più quarzose. I graniti e la granodiorite sono stati fratturati più della tonalite, i filoni aplitici più delle porfiriti, dei lamprofiri e degli scisti cristallini nei quali l'abbondanza di minerali lamellari e di plagioclasti ha aumentato l'elasticità della massa.

Le rocce con struttura prevalentemente clastica da me studiate in questo lavoro possono riunirsi nelle tre categorie:

- a) Granodioriti, tonaliti... cataclastiche (1)
- b) Cataclasiti
- c) Miloniti

(1) Lo studio di rocce che abbiano subito intense deformazioni postcristalline presenta, fra le altre difficoltà, quella della loro classificazione sistematica. Non sempre infatti è possibile stabilire in campagna, e spesso neanche in laboratorio, con l'aiuto di analisi chimiche e di sezioni sottili, la loro composizione originaria e d'altronde, anche se ciò fosse possibile, l'aspetto di questi prodotti di metamorfismo tettonico è talmente diverso che è cosa logica ed utile tenerli distinti dalle rocce indeformate originarie con delle denominazioni nuove, anche se esse abbiano scarso significato genetico-sistematico e non ne abbiano affatto dal punto di vista stratigrafico. Sulla necessità di questa distinzione tutti gli AA. sono ormai d'accordo, non così invece sulla suddivisione delle rocce a cataclasi, che presentano una complessa varietà di tipi più o meno nettamente definiti.

Da uno studio comparativo dei vari lavori in cui si affronta il problema della sistematica delle rocce cataclastiche sono stato portato a considerare come più accettabile la nomenclatura e le definizioni che qui riporto schematicamente e alle quali mi sono attenuto per la classificazione delle rocce cataclastiche descritte nel presente lavoro.

I. Rocce in cui la clastesi prevale sulla blastesi.

granito, tonalite, etc... *cataclastico*: macroscopicamente si scorgono fratturazioni e alterazioni, spesso anche accentuate, ma la struttura è ancora fondamentalmente quella delle rocce originarie.

cataclasite: macroscopicamente la natura della roccia originaria non è più riconoscibile, spesso vi è un notevole aumento di compattezza ed un colore scuro generalmente verdastro; al microscopio si nota una intensa fratturazione che interessa anche i singoli granuli minerali, non vi è invece alcuna traccia di laminazione.

milonite: la roccia presenta, già macroscopicamente, una evidente laminazione per cui ha aspetto pseudoscistoso; in conseguenza di ciò si rompe facilmente a scaglie a meno che, per l'abbondante ricristallizzazione, non abbia riacquisito compattezza. Al microscopio si osservano abbondanti porfiroclasti fasciati da una massa di fondo formata da polvere di minerali (se si tratta di tipo nettamente clastico) oppure da aggregato microcristallino a tessitura blastica (se si tratta di un tipo in parte ricristallizzato). La ricristallizzazione non acquista però mai importanza prevalente ed è limitata in genere al solo quarzo.

ultramilonite: rappresenta il termine estremo della cataclasi con laminazione, quando i residui porfiroclastici raggiungono al massimo 0,02 mm. di diametro.

II. Rocce clastiche particolari della Lapponia.

cachirite: roccia brecciata in grande; frantumazione, ricristallizzazione e rimineralizzazione si sono avute solo lungo i piani di frattura mentre i frammenti tra essi compresi sono quasi completamente privi di fenomeni di clastesi e inalterati.

Hartschiefer: rocce compatte con struttura zonare evidentissima anche macroscopicamente, dovuta a fascie rettilinee parallele di composizione mineralogica diversa. La struttura cristalloblastica è generalmente prevalente sulla cataclastica.

III. Rocce in cui la blastesi prevale sulla clastesi.

Milonitgneiss: la ricristallizzazione è molto avanzata e rimane, di clastico, solo la struttura degli scarsi porfiroclasti.

blastomilonite: della clastesi restano tracce minime mentre, non solo tutta la massa di fondo, ma anche i porfiroclasti sono perlopiù ricristallizzati.

IV. Tettoniti pseudoeruttive.

gangmilonite: materiali che si presentano con giacitura pseudofiloniana nettamente separati dalle rocce circostanti, con carattere di masse compatte, scure, macroscopicamente afanitiche, al microscopio in gran parte pseudovetrose o opache per la diffusione di minerali di ferro o di sostanze carboniose.

V. Rocce tettoniche miste.

Derivano dal miscuglio di materiali litologici diversi che si può verificare lungo i grandi piani di scorrimento.

Chi desiderasse maggiori notizie sull'argomento le troverà in altra mia pubblicazione (32) cui rinvio anche per le indicazioni bibliografiche relative.

Non è verificata invece la presenza di vere e proprie ultramiloniti perchè le dimensioni dei maggiori relitti porfiroclastici, anche nelle miloniti più laminate, (milonite tonalitica sopra Carisolo, t. II, f. 4, milonite granodioritica carboniosa del primo valloncetto di Val Meledrio, t. I, f. 4) non scende mai al di sotto del millimetro.

La granodiorite, nella zona studiata, presenta sempre più o meno i caratteri della cataclasi, anche macroscopicamente. Le vere granodioriti cataclastiche sono verdastre, con i maggiori giunti di frattura limonitizzati, ed aspetto generale di roccia molto alterata. Presso le maggiori linee di frattura si passa alle cataclasiti (cataclasiti del primo valloncetto di Val Meledrio, p. 42, di Val Rotiano - M. Spolverin, p. 44) con aspetto macroscopico di aplite verdastra o di masse lamprofiriche; queste sono apparentemente compatte, salvo a frantumarsi facilmente, lungo piani di frattura latenti, al minimo colpo di martello. Più presso al contatto tettonico, e con potenza scarsa, si presenta talora la vera e propria milonite granodioritica (primo valloncetto di Val Meledrio, p. 46, M. Spolverin - Val Rotiano, p. 48), sfogliettata, con aspetto di fillade (pseudofillade) che si sbriciola con estrema facilità in frammentini minori. Microscopicamente in queste rocce si scorge una netta dominanza della cataclasi che si accentua vieppiù passando dalle granodioriti normali alle miloniti; nelle cataclasiti la roccia è fratturatissima e alteratissima, il quarzo e, subito dopo di esso, l'ortoclasio presentano abbondanti deformazioni clastiche (talvolta però l'ortoclasio presenta piuttosto deformazioni di tipo elastico), il plagioclasio invece, più plastico, è più comunemente incurvato e si trasforma con facilità in un impasto saussurítico-sericitico che tende ad invadere tutta la massa di fondo ove si presenta associato alla clorite; quest'ultima s'è formata, per sostituzione, dalla biotite, contorta e ridotta a piccole sfrangiature, e si diffonde anch'essa a permeare tutta la roccia. Nelle miloniti il movimento differenziale riduce sempre di più la grana dei porfiroclasti, in genere quarzosi, che vengono arrotondati e fasciati da una massa pulverulenta difficilmente risolvibile cui può associarsi pure del pigmento carbonioso, come nella milonite carboniosa del primo valloncetto di Val Meledrio (p. 49).

L'aspetto macroscopico delle tonaliti deformate varia relativamente molto meno. Col progredire della cataclasi si nota che la roccia si fa sempre più scura. Le miloniti tonalitiche sono molto scure e presentano una evidente tessitura orientata, però molto più irregolare di quella delle tonaliti a tessitura parallela primaria fluidale e molto più vicina a quella degli gneiss poichè i minerali chiari ed oscuri, in luogo di formare delle fascie più o meno continue, formano dei sottili occhi lenticolari (cf. milonite presso Carisolo, p. 62, t. II, f. 4, milonite del valloncetto di Folgarida, p. 61). Al microscopio tutte le tonaliti della zona rivelano nel quarzo una tendenza al tipo ricristallizzato addentellato più spiccata di quella che lo stesso minerale ha nelle parti centrali del massiccio; la tonalite di certe zone, tipica in proposito è quella di Monte Vigo (passo q. 2097 ad W della vetta),

presenta, non solo nel quarzo, ma anche nell'orneblenda e nella biotite, una tipica tessitura epimetamorfica (p. 57, t. II, ff. 1, 2, 3). Nelle miloniti tonalitiche infine il quarzo ha già il carattere tipico degli scisti, mentre gli altri minerali presentano accentuatissima la cataclasi. È caratteristico il fatto che la pseudoscistosità che ne risulta non è qui, come nelle granodioriti, dovuta essenzialmente alla clastesi, ma alla blastesi cui si deve la distribuzione del quarzo in fascie microgranulari. Appunto per l'importanza che vi assume la blastesi, nonchè forse per una certa predisposizione alla formazione di miloniti dovuta alla tessitura parallela primaria, sono rare, nelle tonaliti, delle vere e proprie cataclasiti; queste si osservano solo nelle zone vicine al contatto tettonico.

Le altre rocce della zona studiata, gli scisti cristallini e quelle filoniane, non presentano, anche quando macroscopicamente sono notevolmente fratturate, dei caratteri di cataclasi particolarmente degni di nota. Per quanto riguarda gli scisti ciò è dovuto probabilmente al loro comportamento plastico rispetto alle azioni meccaniche. Il fatto che le rocce filoniane siano sfuggite alle deformazioni è invece forse dovuto all'esiguità della loro mole in confronto a quella delle masse granodioritiche e tonalitiche e alla circostanza che i filoni sono perlopiù imballati entro a materiali relativamente plastici (scisti cristallini), i quali dovettero funzionare da "cuscinetto", ammortizzatore delle spinte tettoniche.

IV) RAPPORTI TRA FENOMENI METAMORFICI E TETTONICIZZAZIONE.

Il metamorfismo di tipo idrotermale è, come già si è osservato (vedi p. 99), un fenomeno generale nella nostra zona. Quasi tutte le rocce ne portano, più o meno, l'impronta e, in talune di esse, l'alterazione idrotermale è avanzata fino al punto da render difficile la ricostruzione della composizione mineralogica originaria. Evidentemente l'azione delle acque termali per aver potuto agire così energicamente e su una zona così estesa deve aver trovato qui delle condizioni particolarmente favorevoli. Non è difficile riconoscere tra queste l'intensa tettonicizzazione che ha aperto alle acque mineralizzanti innumerevoli vie di penetrazione entro alla massa delle rocce, talora minutamente e intimamente fratturate. Che la deformazione clastica abbia favorito di molto l'azione idrotermale è dimostrato dal fatto che molto spesso le rocce più deformate sono anche quelle che maggiormente presentano la rimineralizzazione di origine idrotermale; le rocce più fratturate sono generalmente anche le più alterate. Ne è tipico esempio il granito-granodiorite, che presenta i due fenomeni associati ed accentuati al massimo. Le facies più milonitizzate (cataclasiti e miloniti) di questa roccia come, in modo meno accentuato, quelle della tonalite, si rivelano spesso macroscopicamente, già in distanza, per un colore più scuro dovuto alla generale cloritizzazione dei minerali femici che sempre si accompagna alla cataclasi.

Se generalmente si osserva questa interdipendenza tra i due fenomeni si deve però notare che in qualche caso ci troviamo di fronte a dei dati che sembrano contraddire questa ipotesi. Si è visto nella parte descrittiva che i filoni basici sono quelli che, fra tutte le rocce della zona, hanno più accentuati i caratteri di un metamorfismo di natura idrotermale. In questo caso ci troviamo in presenza di rocce nelle quali non si osservano, o si osservano solo minimamente, tracce di deformazione, pur essendo l'alterazione idrotermale fortemente avanzata. Il fatto non trova facile spiegazione a meno di volerlo attribuire unicamente alla minor resistenza di queste rocce all'azione delle soluzioni termali, data la loro composizione mineralogica più femica.

In generale però tettonicizzazione e mineralizzazione idrotermale sono due fenomeni strettamente collegati i cui effetti si sono ripetuti alternativamente e successivamente in varie fasi come dimostrano le fratture ricementate da vene di clorite, di feldispato, di quarzo, di epidoto, di calcite e di zeoliti, talora esse pure tagliate da più recenti fratture con minerale di riempimento uguale o diverso. Le mineralizzazioni più tardive sembrano essere state quelle a calcite e a zeolite.

Padova, luglio 1947.

*Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università e
Centro Studi di Petrografia e Geologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche.*

BIBLIOGRAFIA

1. ANDREATTA C. - *La disposizione di microliti micacei in plagioclasti di rocce intrusive (Analisi strutturale di rocce, IV)*. Period. d. Min., v. 5, 1934, pp. 217-235, tt. 8 e 9.
2. — *Studio petrografico del complesso eruttivo di Monte Croce in Alto Adige*. Period. d. Min., v. 8, 1937, pp. 311-432, tt. 18-24.
3. — *Sulle rocce eruttive del gruppo Ortles-Cevedale*. Reale Accademia d'Italia - Rendiconti d. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., Ser. 7, v. 3, 1941, pp. 289-304.
4. BIANCHI A. - *Studi petrografici sull'Alto Adige orientale e regioni limitrofe*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 10, 1934, 243 pp., 17 tt., 53 ff. n. t.
5. BIANCHI A. e DAL PIAZ Gb. - *Atlante geologico-petrografico dell'Adamello meridionale, regione fra lo Stabio ed il Caffaro*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 12, 1937, 16 pp., 15 tt., 1 carta geol.-petr. al 12.500.
6. — *Il settore meridionale del massiccio dell'Adamello. Relazione sul rilevamento e studi preliminari della zona compresa fra la valle di Stabio e l'alta valle del Caffaro*. Boll. R. Uff. geol. d'Italia, v. 62, 1937, 86 pp., 5 tt., 7 ff. n. t.
7. — *Guida alle escursioni della 50^a Riunione estiva della Società Geologica Italiana (Padova, Adamello, Trentino, Alto Adige, 1-8 Settembre 1937)*. Padova, 1937.
8. — *La monografia geologico-petrografica sull'Alto Adige orientale e regioni limitrofe. Relazione dei risultati e aggiornamento critico dei problemi*. Period. d. Min., v. 10, 1939, pp. 119-189, tt. 11-15.
9. — *Il settore nord-occidentale del massiccio dell'Adamello. Relazione preliminare sul rilevamento e sugli studi geologico-petrografici compiuti durante l'anno 1939 nell'alta Val Camonica*. Boll. R. Uff. geol. d'It., v. 65, 1940, 20 pp., 4 ff. n. t.
10. BLAAS J. - *Geologisches Führer durch die tiroler und vorarlberger Alpen*, con carta geol. al 500.000. Verlag d. Wagnerschen Universitätsbuchhandlung. Innsbruck, 1902.
11. COLBERTALDO D. - *Petrografia del Monte Blumone (Adamello meridionale)*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 14, 1940, 50 pp., 3 tt.
12. — *Relazione preliminare sul rilevamento geologico del settore orientale dell'Adamello compreso tra la Val di Genova e l'alta Valle di Breguzzo. Campagna 1939-40. Studi geologico-petrografici sul massiccio dell'Adamello*, Padova, 1940, 16 pp.
13. — *Ricerche geologico-petrografiche sul settore orientale dell'Adamello fra Val di Genova e Val di Breguzzo*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 14, 1942, 44 pp., 3 tt., 1 panorama, 5 ff. n. t.
14. — *Ricerche geologico-petrografiche sulla Valle di Breguzzo (Adamello sud-orientale)*. Campagna 1941. Nota preliminare. Studi Trentini di Sc. Nat., v. 24, 1943, pp. 15-32, tt. 1-6.
15. CORNELIUS H. P. - *Über einige Gesteine der "Fedozserie", aus dem Disgraziagebiet (Rhätische Alpen)*. Neues Jahrbuch f. Min. etc., Beilage-Band 52, Abteil. A, 1923, pp. 1-50, 2 ff. n. t.

16. CORNELIUS H. P. - *Zur Altersbestimmung der Adamello und Bergeller Intrusion*. Sitzber. Ak. d. Wiss. Math. Nat. Kl., v. 137, 1928, pp. 541-562, 2 ff. n. t.
17. DAL PIAZ Gb. - *Studi geologici sull'Alto Adige orientale e regioni limitrofe*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 10, 1934, 242 pp., 13 tt., 1 panorama, 37 ff. n. t.
18. — *Antichi depositi morenici presso Madonna di Campiglio nel Trentino occidentale*. Boll. Com. Glac. Ital., n. 15, 1935, pp. 57-60.
19. — *Scoperta di nuovi affioramenti di Verrucano e di Trias inferiore nell'alta Valle Camonica*. Mem. R. Acc. Sc. Lett. ed Arti, v. 56, Padova, 1940, pp. 1-6.
20. — *Geologia della bassa valle d'Ultimo e del massiccio granitico di Monte Croce con considerazioni sull'età e la giacitura delle masse periadriatiche e sulla tettonica del bacino dell'Adige*. Mem. Mus. St. Nat. Venezia Tridentina, anno 10, v. 5, 1942, pp. 177-357, 6 tt. f. t., 9 ff. n. t., 1 carta geol. al 50.000.
21. — *La genesi delle Alpi*. Atti R. Ist. Ven. Sc. Lett. ed Arti, Anno acc. 1944-45, v. 104, pp. 467-498, tt. 1 e 2.
22. — *Ricerche geologiche nella regione dell'Adamello compiute durante i mesi di agosto e settembre 1946 dal personale dell'Istituto di Geologia dell'Università di Padova*. Ricerca scientifica e Ricostruzione, v. 17, n. 4, aprile 1947.
23. DAL PIAZ G. - *Il confine alpino-dinarico dall'Adamello al massiccio di Monte Croce nell'Alto Adige*. Atti Acc. Sc. Ven.-Trent.-Istr., v. 17, Ser. 3, Padova, 1926, pp. 3-7.
24. FENOGLIO M. - *Studi geologico-petrografici sulla Val Nambrone (Massiccio dell'Adamello)*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 13, 1938, pp. 93, 1 carta geol.-petr. al 25.000, 6 ff. n. t., 1 t.
25. — *Sopra due "minettes" della Val Nambrone*. Atti R. Acc. Naz. Lincei, Ser. 6, v. 28, 1938, pp. 100-106.
26. GRUBENMANN-NIGGLI - *Die Gesteinsmetamorphose*. I. Allgemeiner Teil. Berlin, Borntraeger, 1924.
27. von KLEBELSBERG R. - *Geologie von Tirol*. Berlin, Borntraeger, 1935, pp. 1-872, 1 carta geol. al 500.000 e 11 altre tavole.
28. KÜNZLI E. - *Die Contactzone um die Ulten-Iffingermasse bei Meran*. Tschermak's Min. u. Petr. Mitt., v. 18, 1899, pp. 412-443.
29. LEITMEIER H. - *Aus Predazzo*. Tschermak's Min. u. Petr. Mitt., v. 52, 1940, pp. 155-266.
30. LEPSIUS R. - *Das westliche Süd-Tirol*, con carta geol. al 144.000, W. Hertz, Berlin 1878.
31. LORENTZ P. G. - *Exkursionen um den Ortles- und Adamello-Stock*. Petermanns geogr. Mitt., 1865, pp. 1-14 e 56-70, tt. 1 e 2.
32. MALARODA R. - *Revisione e aggiornamento della sistematica delle tettoniti a deformazione post-cristallina (Miloniti l. s. Auct.)*. Rend. Soc. Min. It., anno 3, Pavia, 1946, pp. 150-171.
33. MORGANTE S. - *La differenziazione chimica del massiccio intrusivo delle Vedrette di Ries (Alto Adige)*. Atti R. Ist. Ven. Sc. Lett. ed Arti, v. 93, 1933, pp. 215-246, con 6 quadri.
34. — *Il giacimento di Corvara in Val Sarentino (Alto Adige). Studio geo-petrografico, mineralogico e minerario*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 14, 1940, 66 pp., 5 tt., 1 carta geol. al 12.500, 10 ff. n. t.
35. PAYER J. - *Die Adamello-Presanella-Alpen*. Petermanns Geogr. Mitt. Ergänzungsband IV, 1865, n. 17, pp. 1-36, 1 carta, 1 t., 6 profili n. t.
36. SALOMON W. - *Ueber Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitischkörnigen Massen*. Tschermak's Min. u. Petr. Mitt., v. 17, 1897, pp. 1-176.

37. SALOMON W. - *Über neue geologische Aufnahmen in der östlichen Hälfte der Adamellogruppe.* Sitzber. d. Kön. preuss. Akad. d. Wiss., v. 31, Berlin 1901, pp. 729-747.
38. — *Über Alter and Lagerungsform des Adamellotonalits.* Sitzber. d. Akad. d. Wiss., 1903.
39. — *Die Adamello-Gruppe.* Abhandl. d. geol. Reichsan., Wien, v. 21, 1908 e v. 22, 1910, con carta geol. al 75.000.
40. SANDER B. - *Geologische Beschreibung der Brixner Granits.* Jahrb. geol. Reichsan., v. 56, Wien, 1906, pp. 707-744, t. 21, 19 ff. n. t.
41. SCHWINNER R. - *Der M.te Spinale bei Campiglio und andere Bergstürze in den Südalpen.* Mitt. d. geol. Ges. in Wien, 1912, pp. 128-197, t. 3, 1 f. n. t.
42. — *Vorläufige Mitteilungen über die geologischen Verhältnisse des Nambinotales.* Verh. geol. Reichsan., Wien, 1917, pp. 145-164.
43. VON SONKLAR K. - *Die Val Rendena und Val Genova in Südtirol.* Mitt. Oesterr. Alpenverein, 1864, pp. 263-319.
44. SPITZ A. - *Zur Altersbestimmung der Adamellointrusion.* Mitt. d. geol. Gesell. in Wien, v. 8, 1915, pp. 227-245, 2 ff. n. t.
45. VON SRBIK R. R. - *Geologische Bibliographie der Ostalpen von Graubünden bis Kärnten.* vv. I e II, München u. Berlin, 1935, Fortsetzung I, Innsbruck, 1937.
46. STACHE G. - *Aus den Rand-Gebieten des Adamello-Gebirges.* Verh. d. k. k. geol. Reichsan., Wien, 1880, pp. 252-255.
47. STRECKEISEN A. - *Junge Eruptivgesteine im östlichen Banat mit besonderer Berücksichtigung ihrer Feldspäte.* Bul. Soc. Rom. Geol. I. 1932, pp. 17-56, tt. I-III.
48. TELLER F. - *Über porphyritische Eruptivgesteine aus den Tiroler Central-Alpen.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsan., v. 36, Wien, 1886, pp. 715-746.
49. TRENER G.B. - *Geologische Aufnahme im nördlichen Abhang der Presanella-gruppe.* Jahrb. d. Geol. Reichsan., v. 56, Wien, 1906, pp. 407-496, tt. 11 e 12, 1 f., 1 schizzo geol. e 7 profili n. t.
50. — *Über das Alter der Adamello Eruptivmasse.* Verh. d. k. k. geol. Reichsan., Wien, 1910, pp. 91-115, 4 ff. n. t.
51. — *Die Lagerungsverhältnisse und das Alter des Corno Alto Eruptivmasse in der Adamellogruppe.* Verh. d. k. k. geol. Reichsan., Wien, 1910, pp. 373-382, 1 f. n. t.
52. — *Die sechsfache Eruptionsfolge des Adamello. Das postrhätische Alter der Tonalitzwillingsmasse.* Verh. d. k. k. geol. Reichsan., Wien, 1912, pp. 98-112, 5 ff. n. t.
53. TREVISAN L. - *Il fascio di fratture tra l'Adige e la "linea delle Giudicarie", e i suoi rapporti col massiccio intrusivo dell'Adamello.* Studi Trentini di Sc. Nat., v. 19, 1938, pp. 177-187, 3 ff. n. t.
54. — *Il gruppo di Brenta (Trentino occidentale).* Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 13, 1939, 128 pp., 6 tt., 1 carta geol. al 50.000 e 36 ff. n. t.
55. — *A proposito di una recente monografia e carta geologica sul gruppo di Brenta di J. Wiebols.* Studi Trentini di Sc. Nat., v. 20, Trento, 1939, pp. 1-8.
56. VACEK M. - *Über die geologischen Verhältnisse des südlichen Teiles der Brentagruppe.* Verh. d. k. k. geol. Reichsan., Wien, 1898, pp. 200-215.
57. WIEBOLS J. - *Geologie der Brentagruppe.* Jahrb. d. Geol. Bundesan., v. 88, Wien, 1938, pp. 261-350, 1 carta geol. al 25.000, 9 tt. e 5 ff. n. t.

CARTE GEOLOGICHE

(oltre a quelle comprese nei lavori di R. LEPSIUS (1878), J. BLAAS (1902), W. SALOMON (1908), J. WIEBOLS e L. von HOUTEN (1938).

58. W. HAMMER e G.B. TRENER - *Geol. Spezialkarte d. österreichisch - ungarischen Monarchie.*
1: 75.000, *Blatt Bormio und Passo del Tonale, con Erläuterungen*, 1908.
59. VETTERS H. - *Geologische Karte der Republik Österreich und der Nachbargebiete.*
1: 500.000, edita dalla Geologische Bundesanstalt, 1933.

STUDI E RILEVAMENTI INEDITI

60. DAL PIAZ Gb. - *Appunti vari e rilevamenti inediti compiuti negli anni 1931, 1934, 1938 e 1940.*
61. DAL PIAZ G. - *Appunti vari e rilevamenti inediti eseguiti negli anni 1922-23.*

INDICE

PREFAZIONE	Pag.	3
LAVORI GEOLOGICI PRECEDENTI	"	4
CENNI GEOGRAFICI E GEOLOGICI	"	5
FISIOGRAFIA DELLE ROCCE		
I) Scisti cristallini	"	6
1) <i>Serie progressiva metamorfica di contatto presso un filoncello di aplitite</i>	"	10
2) <i>Scisti e filladi con leggero metamorfismo di contatto</i>	"	13
3) <i>Scisti filladici a minerali di contatto</i>	"	14
4) <i>Scisti cornubianitici con aplitizzazione di contatto</i>	"	19
5) <i>Anfibolite biotitico-plagioclasica</i>	"	23
6) <i>Scisti della serie del Tonale</i>	"	25
II) Graniti, granodioriti a tendenza granitica e loro facies	"	26
1) <i>Granodiorite a grana media</i>	"	28
2) <i>Graniti e granodioriti a grana grossa</i>	"	31
3) <i>Granodioriti-graniti porfirici</i>	"	34
4) <i>Granodioriti cataclastiche</i>	"	37
5) <i>Cataclasiti granodioritiche</i>	"	41
6) <i>Miloniti granodioritiche</i>	"	46
III) Tonalite e sue facies	"	50
1) <i>Tonaliti acide, biotitiche, povere di orneblenda</i>	"	53
2) <i>Tonaliti biotitico-anfiboliche normali a tessitura parallela</i>	"	56
3) <i>Miloniti tonalitiche</i>	"	58
4) <i>Cataclasiti tonalitiche</i>	"	64
5) <i>Facies differenziate della tonalite</i>	"	67
IV) Filoni	"	71
1) <i>Filoni poco differenziati</i>	"	71
2) <i>Filoni aplitici</i>	"	78
3) <i>Filoni lamprofirici</i>	"	85
V) Notizie relative ad alcune formazioni particolari di interesse geologico	"	92
RIASSUNTO CONCLUSIVO		
I) Riepilogo dei tipi petrografici fondamentali	"	96
II) Fenomeni metamorfici	"	97
1) <i>Esometamorfismo</i>	"	97
2) <i>Endometamorfismo</i>	"	100
3) <i>Epimetamorfismo ed autometamorfismo</i>	"	100
III) Tettonicizzazione postcristallina	"	101
IV) Rapporti tra fenomeni metamorfici e tettonicizzazione	"	105
BIBLIOGRAFIA	"	107

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA I.

FIG. 1. - *Cataclasite granodioritica, Fogaiard.* — Struttura cataclastica. La roccia è ridotta a singoli individui quarzosi, e talora cloritici, estremamente deformati, inclusi in un impasto sericitico d'alterazione. È ben visibile nel grosso granulo di quarzo centrale, l'estinzione ondulata a fasce, simulante una pseudogeminazione a lamelle polisintetiche. Tutti gli individui di quarzo sono solcati da fratturine riempite dalla sericite secondaria. (Nic. +, ingr. 21).

FIG. 2. - *Cataclasite granodioritica, primo valloncetto a W sulla destra di Val Meledrio.* — Struttura cataclastica. Gli elementi chiari sono formati principalmente da quarzo intensamente fratturato e, in quantità un po' subordinata, da plagioclasio sericitizzato. Le vene sono date da calcite (a destra), sericite e clorite. La massa di fondo scura è costituita essenzialmente da sericite e clorite cui si associano granuli di pirite (in basso e a sinistra). (Nic. ||, ingr. 24).

FIG. 3. - *Milonite granodioritica, primo valloncetto a W sulla destra di Val Meledrio.* — Gli elementi chiari sono di quarzo e plagioclasio sericitizzato. La massa di fondo è costituita da zoisite, limonite, clorite, sericite e sostanze carboniose. (Nic. ||, ingr. 22).

FIG. 4. - *Milonite granodioritica carboniosa, primo valloncetto a W sulla destra di Val Meledrio.* — Tessitura pseudoscistosa. Letti di sostanza carboniosa fra i quali sono compresi elementi spesso ghiandolari, di dimensioni molto variabili, quarzosi e forse in parte quarzoso-feldispatici. (Nic. ||, ingr. 29).

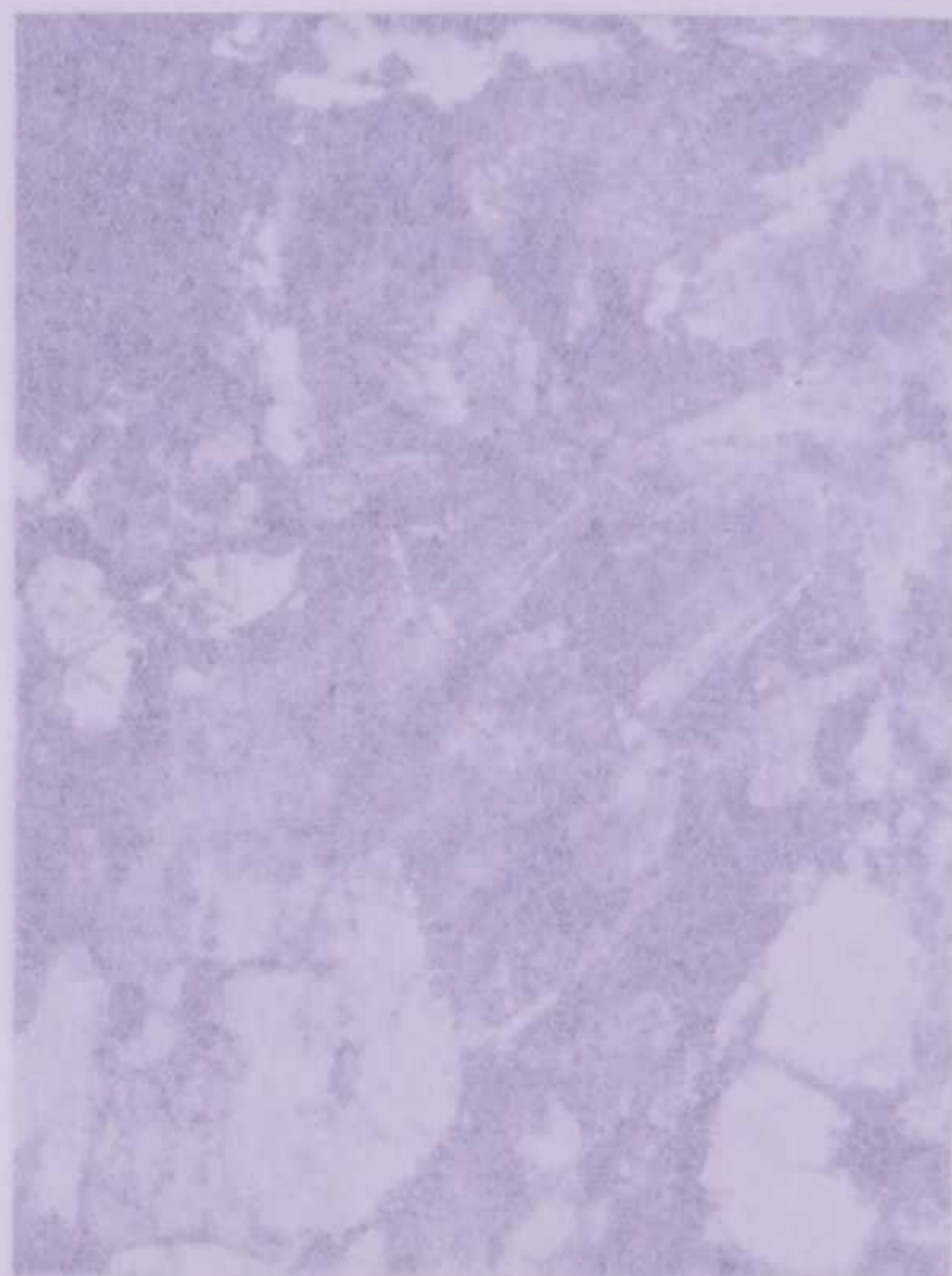


FIG. 1

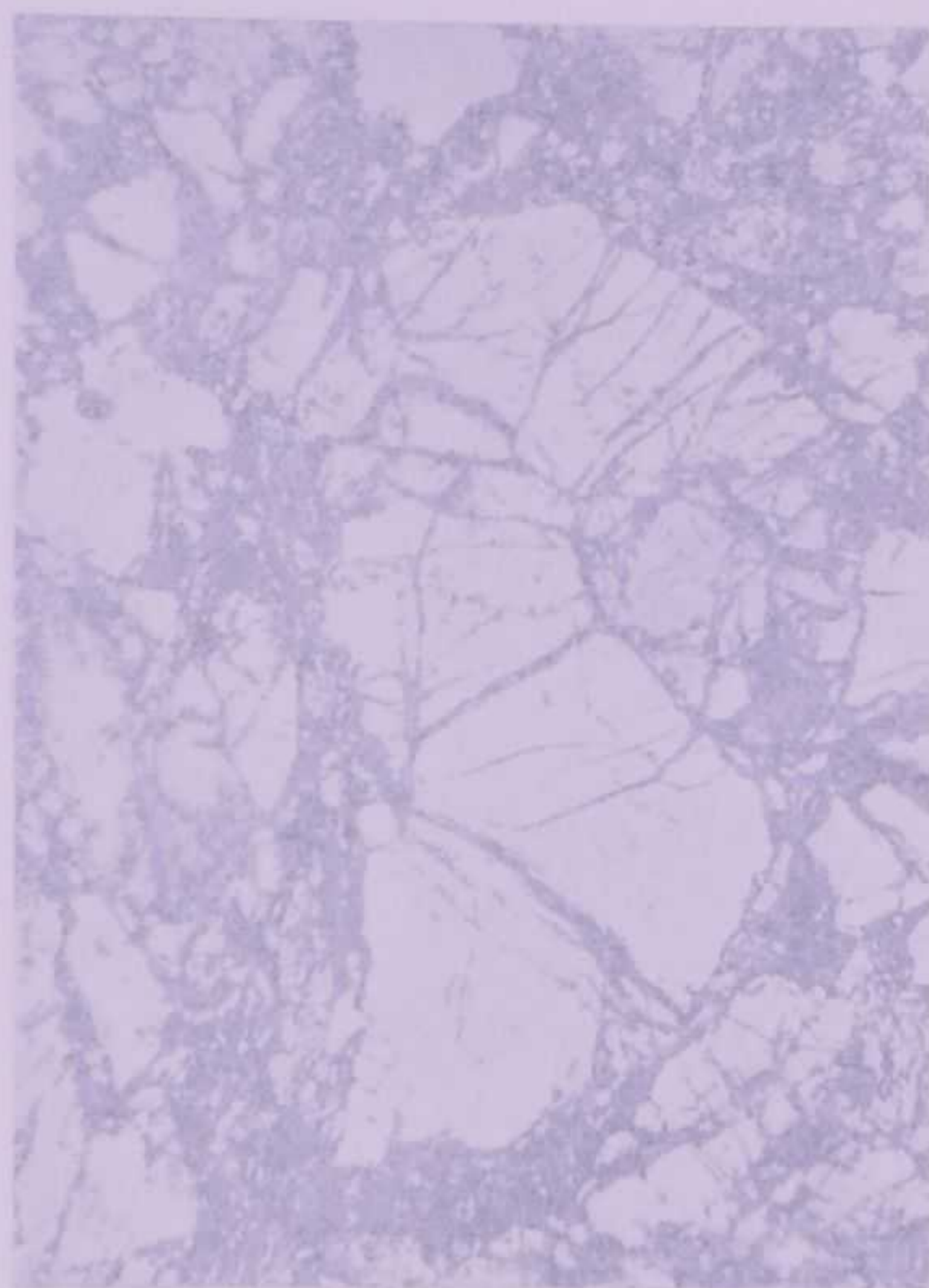


FIG. 2

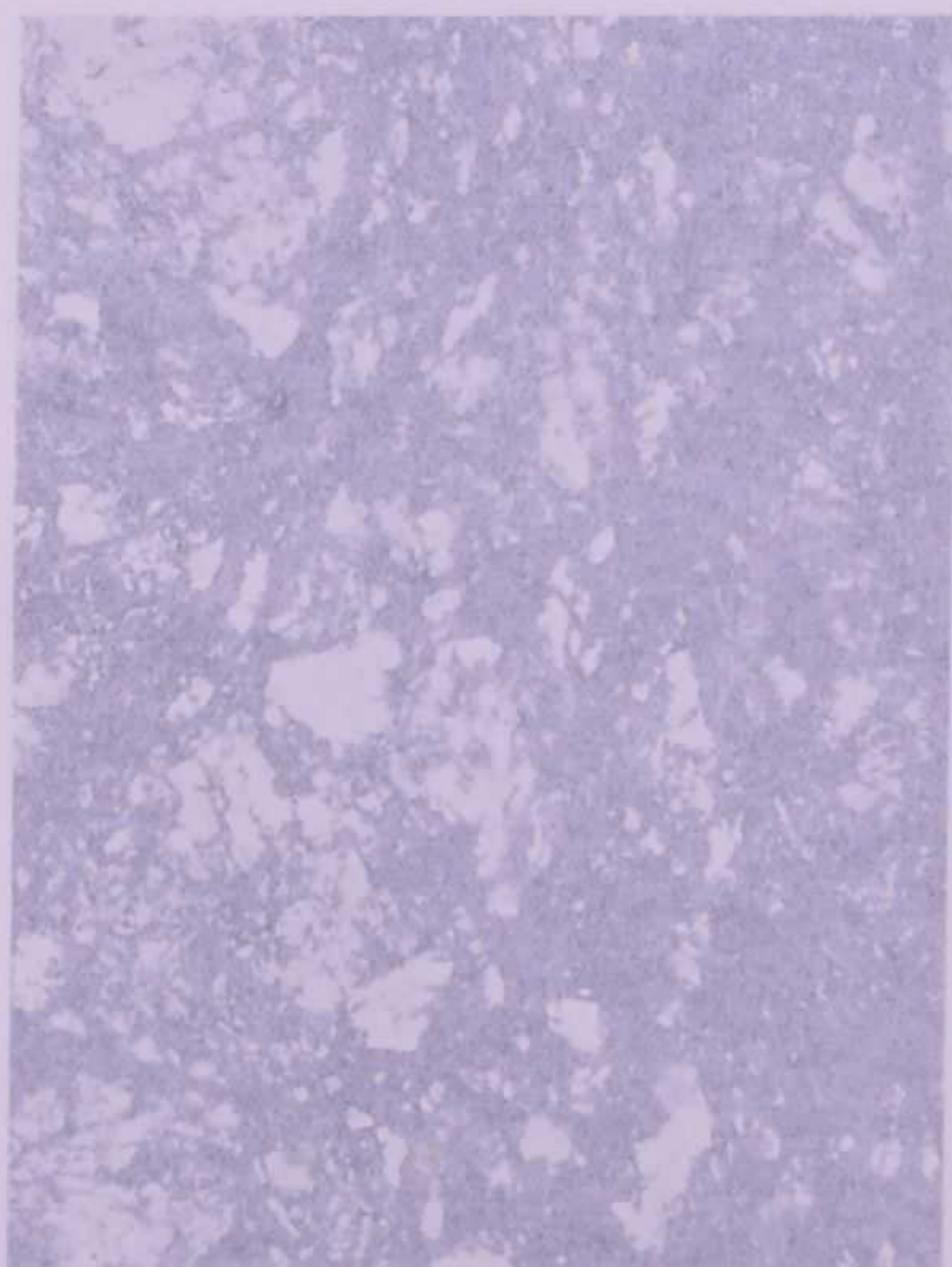


FIG. 3

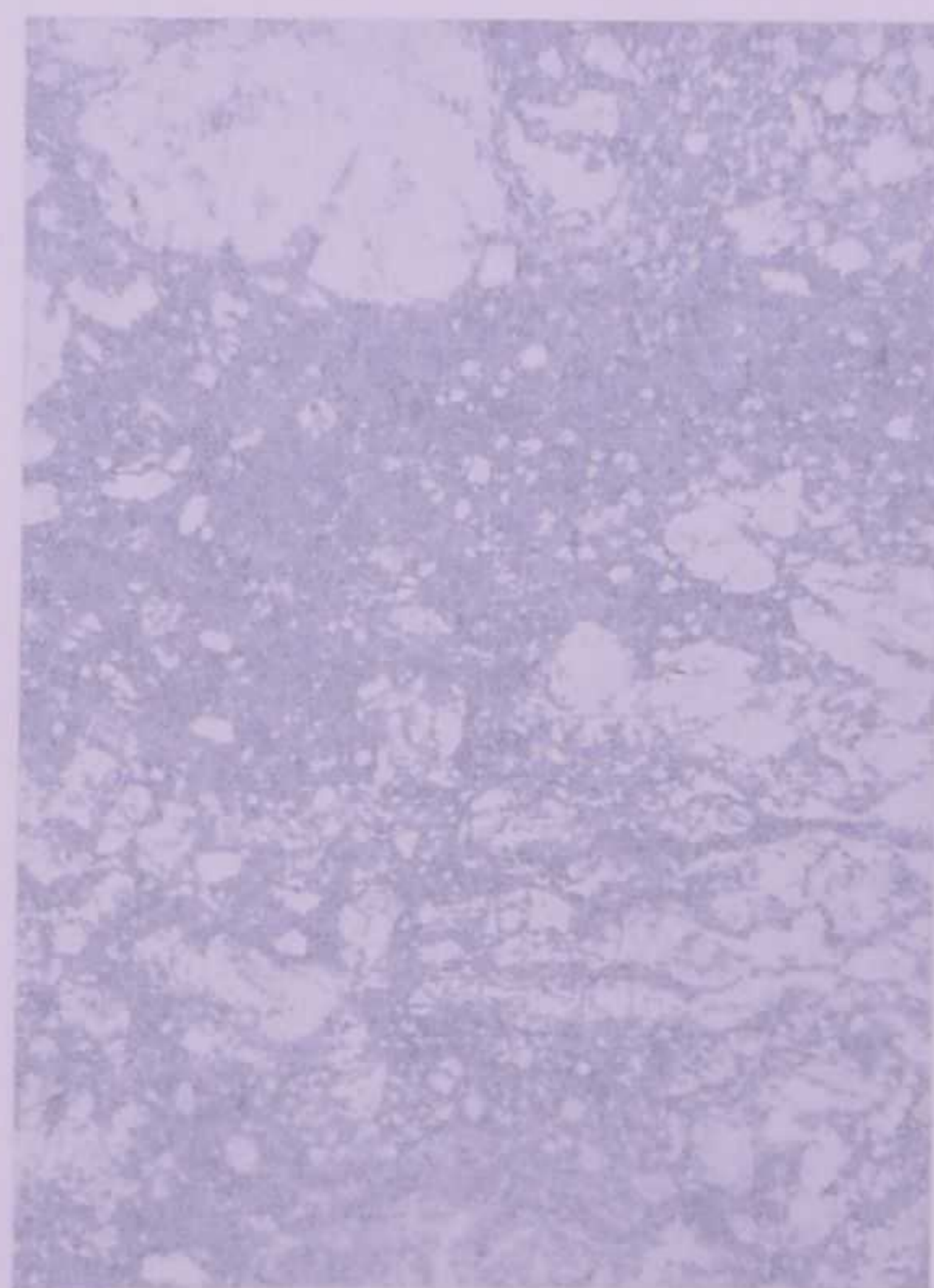


FIG. 4

DESCRIZIONE DELLA TAVOLA I.

Fig. 1 - *Massa granitica, prima vallata a W sulla destra di Val Meledrio.* — La roccia è ridotta a piccoli frammenti irregolari e sfaccettati, contenenti cristalli deformati, inclusi in un impasto di quarzo centrale, l'estinzione è variabile, si osservano lamelle polisintetiche. Tutti i cristalli di quarzo sono ricoperti da sericite secondaria. (Nic.], ingr. 22).

Fig. 2 - *Massa granitica, prima vallata a W sulla destra di Val Meledrio.* — La roccia è ridotta a piccoli frammenti irregolari e sfaccettati, contenenti cristalli deformati, inclusi in un impasto di quarzo centrale, l'estinzione è variabile, si osservano lamelle polisintetiche. Tutti i cristalli di quarzo sono ricoperti da sericite secondaria. (Nic.], ingr. 22).

Fig. 3 - *Massa granitica, prima vallata a W sulla destra di Val Meledrio.* — La roccia è ridotta a piccoli frammenti irregolari e sfaccettati, contenenti cristalli deformati, inclusi in un impasto di quarzo centrale, l'estinzione è variabile, si osservano lamelle polisintetiche. Tutti i cristalli di quarzo sono ricoperti da sericite secondaria. (Nic.], ingr. 22).

Fig. 4 - *Massa granitica, prima vallata a W sulla destra di Val Meledrio.* — La roccia è ridotta a piccoli frammenti irregolari e sfaccettati, contenenti cristalli deformati, inclusi in un impasto di quarzo centrale, l'estinzione è variabile, si osservano lamelle polisintetiche. Tutti i cristalli di quarzo sono ricoperti da sericite secondaria. (Nic.], ingr. 22).

R. MALARODA - *Studi petrografici nell'Adamello nord-orientale.*

TAV. I.



FIG. 1



FIG. 2

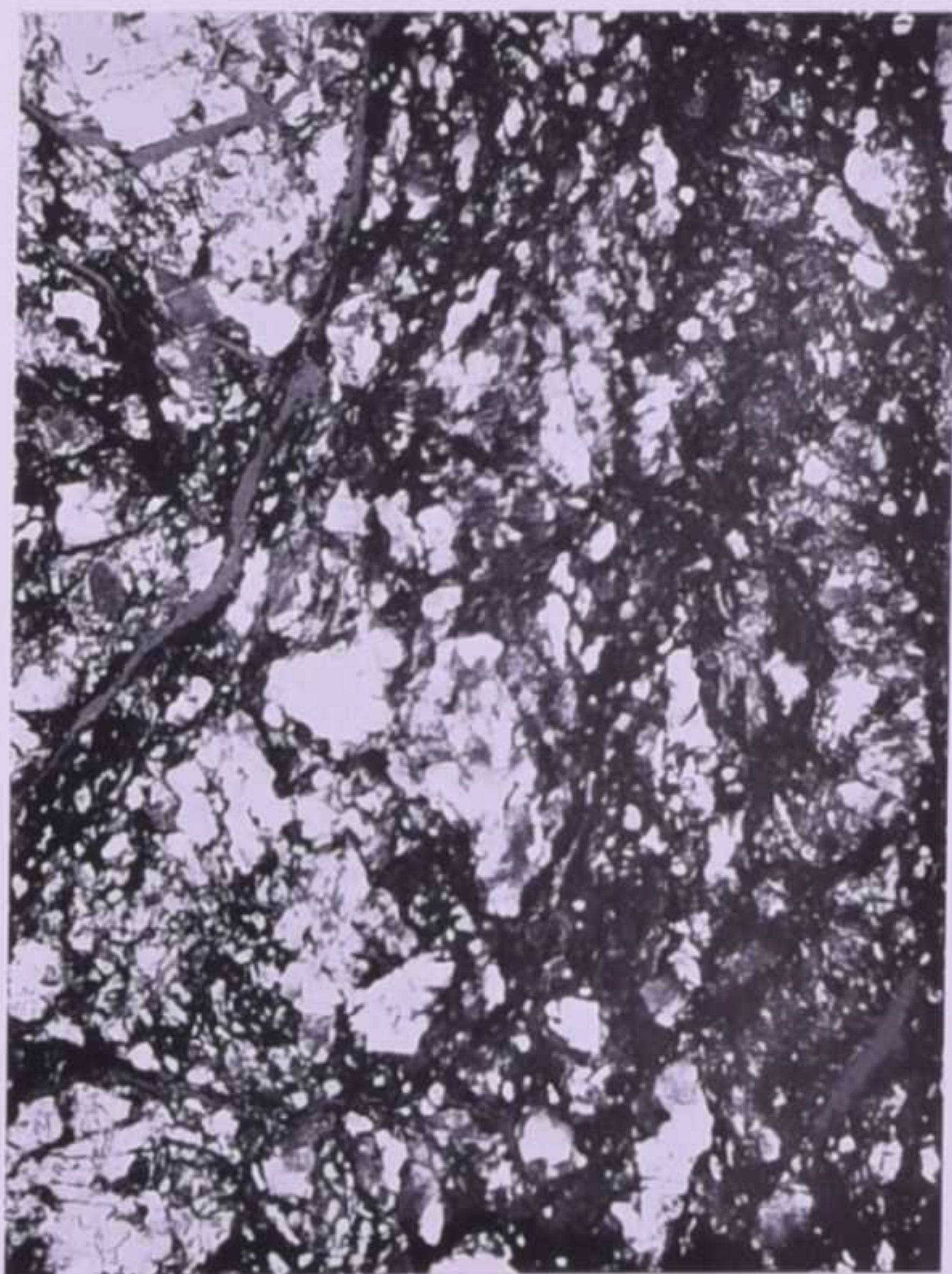


FIG. 3

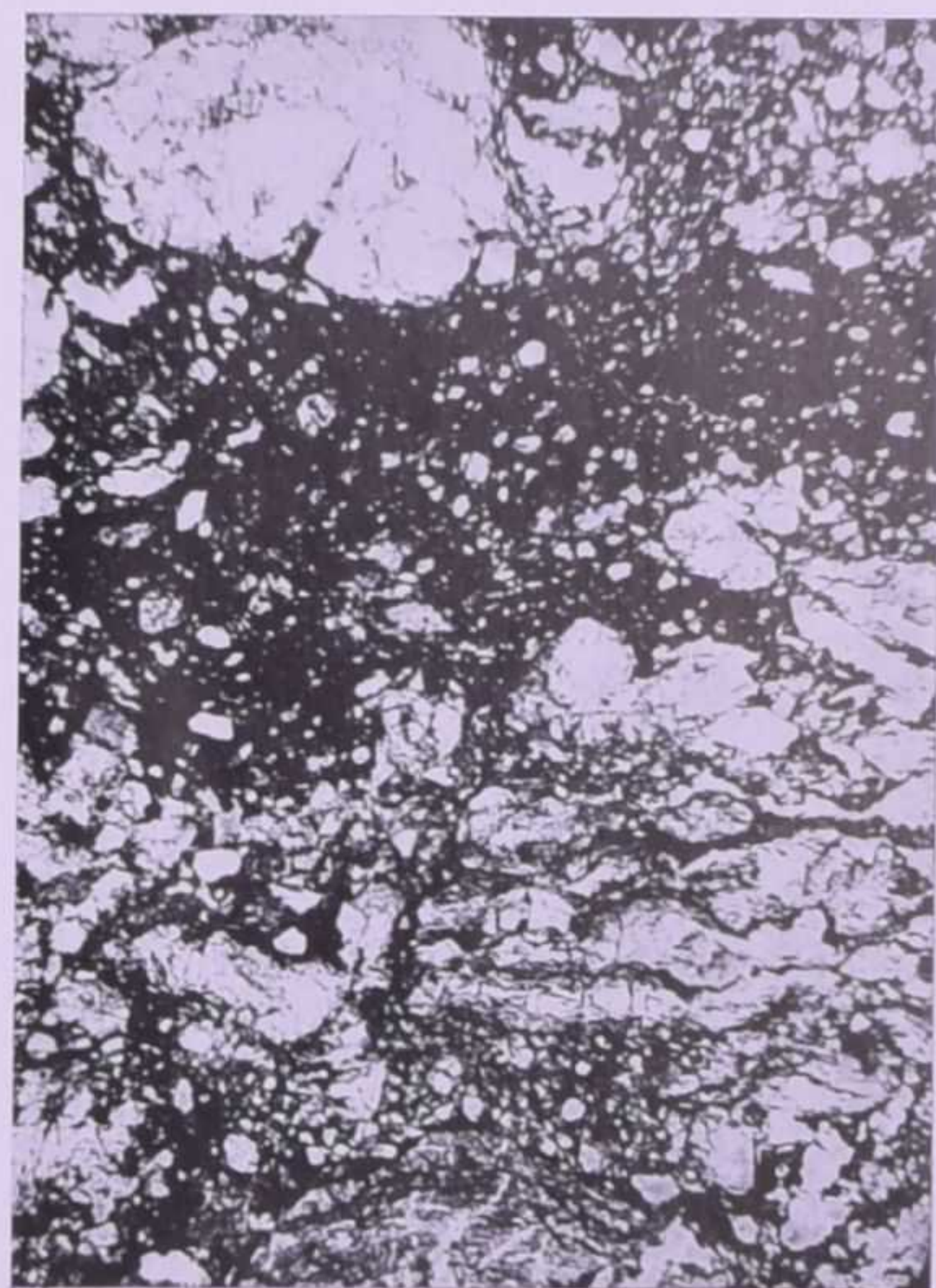


FIG. 4

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA II.

FIG. 1. - *Tonalite a tessitura parallela, passo q. 2097 a W di Monte Vigo.* — Principio di cristalloblastesi: cristallo di orneblenda con abbondanti inclusi subidiomorfi di plagioclasio ed idiomorfi di biotite; pure inclusi alcuni cristalli di magnetite. Ai margini, qua e là, epidoto in granuli irregolari. (Nic. ||, ingr. 28).

FIG. 2. - *Tonalite a tessitura parallela, passo q. 2097 a W di Monte Vigo.* — Incurvamento e sfibramento di una lamina di biotite. Al margine, nei punti a contatto col plagioclasio, che forma anche delle sporgenze entro la biotite (accenno a struttura cristalloblastica) le tipiche granulazioni di minerali secondari (zoisite, epidoto, magnetite, titanite). (Nic. ||, ingr. 22).

FIG. 3. - *Tonalite a tessitura parallela, passo q. 2097 a W di Monte Vigo.* — Principio di cristalloblastesi: lamina di biotite includente elementi di plagioclasio (al centro) e di epidoto subidiomorfo (in alto a sinistra). Uno degli elementi di plagioclasio inclusi (più verso l'alto) è in via di alterazione, un altro (al centro) è circondato da granuli di ossidi di ferro. La biotite presenta ai bordi, specialmente verso l'alto, compenetrazione a fiamma con clorite. La grossa plaga oscura a contatto con la biotite a sinistra in basso è composta essenzialmente di epidoto, ma comprende anche frammenti di orneblenda e di biotite (Nic. ||, ingr. 26).

FIG. 4. - *Milonite tonalitica, sopra Carisolo.* — Tessitura marcatamente pseudoscistosa. Gli elementi arrotondati sono di plagioclasio, le fascie chiare sono costituite da quarzo a grana molto fine, di tipo scistoso. I letti scuri sono formati da biotite frammentaria, sfibrata e contorta, e da minutissimi aggregati di epidoto, zoisite ed ossidi di ferro. (Nic. ||, ingr. 24).

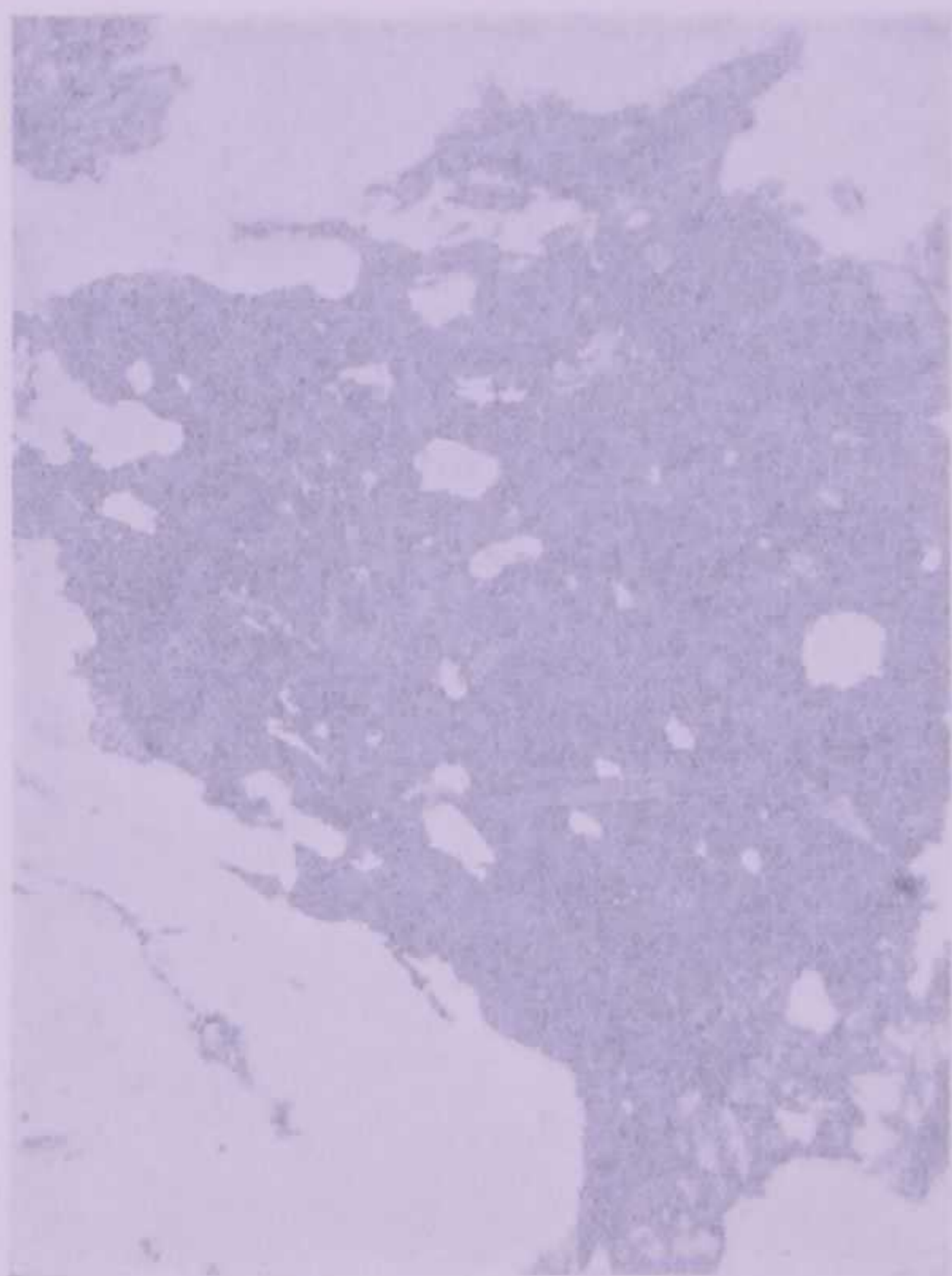


FIG. 1

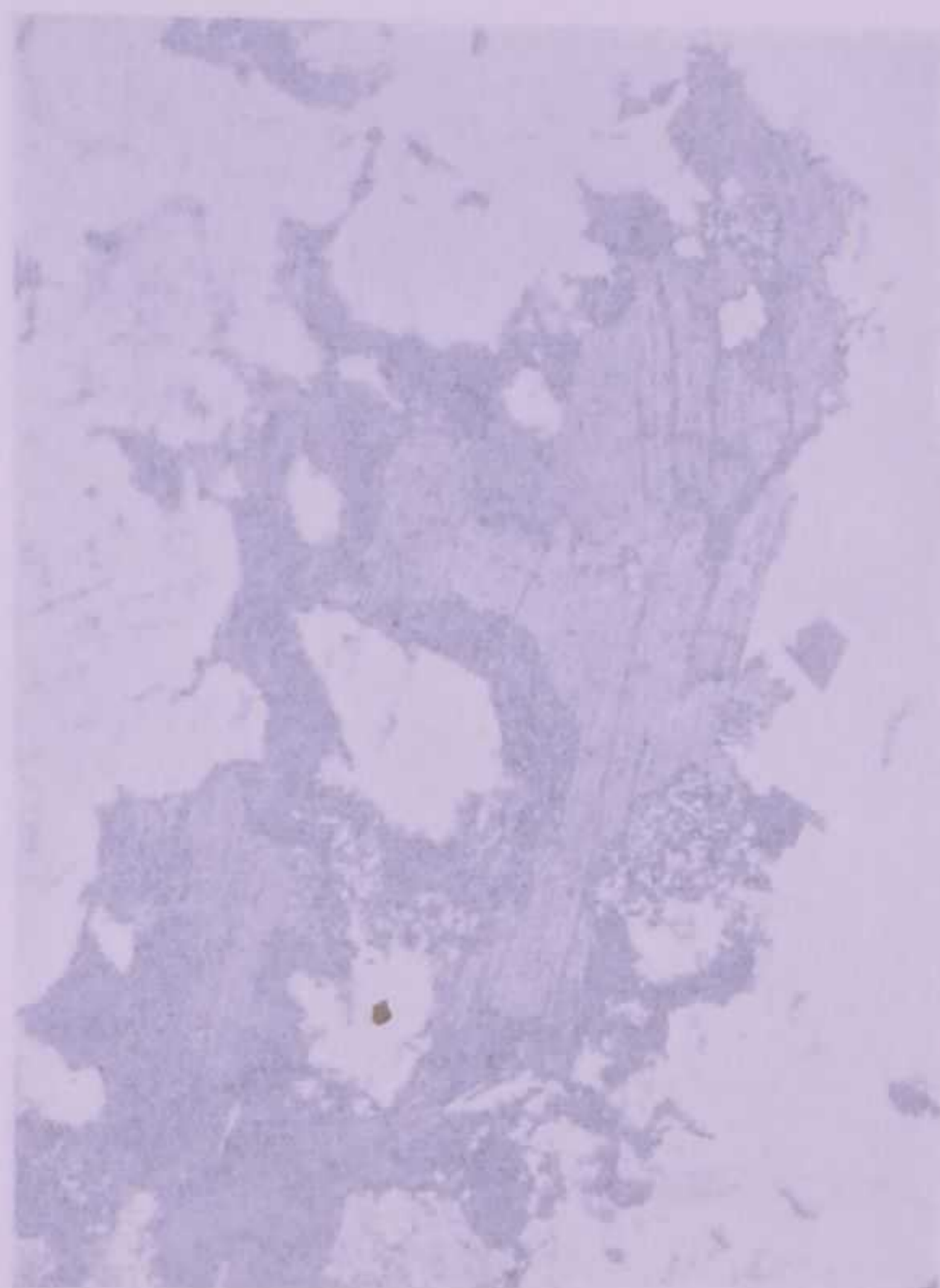


FIG. 2

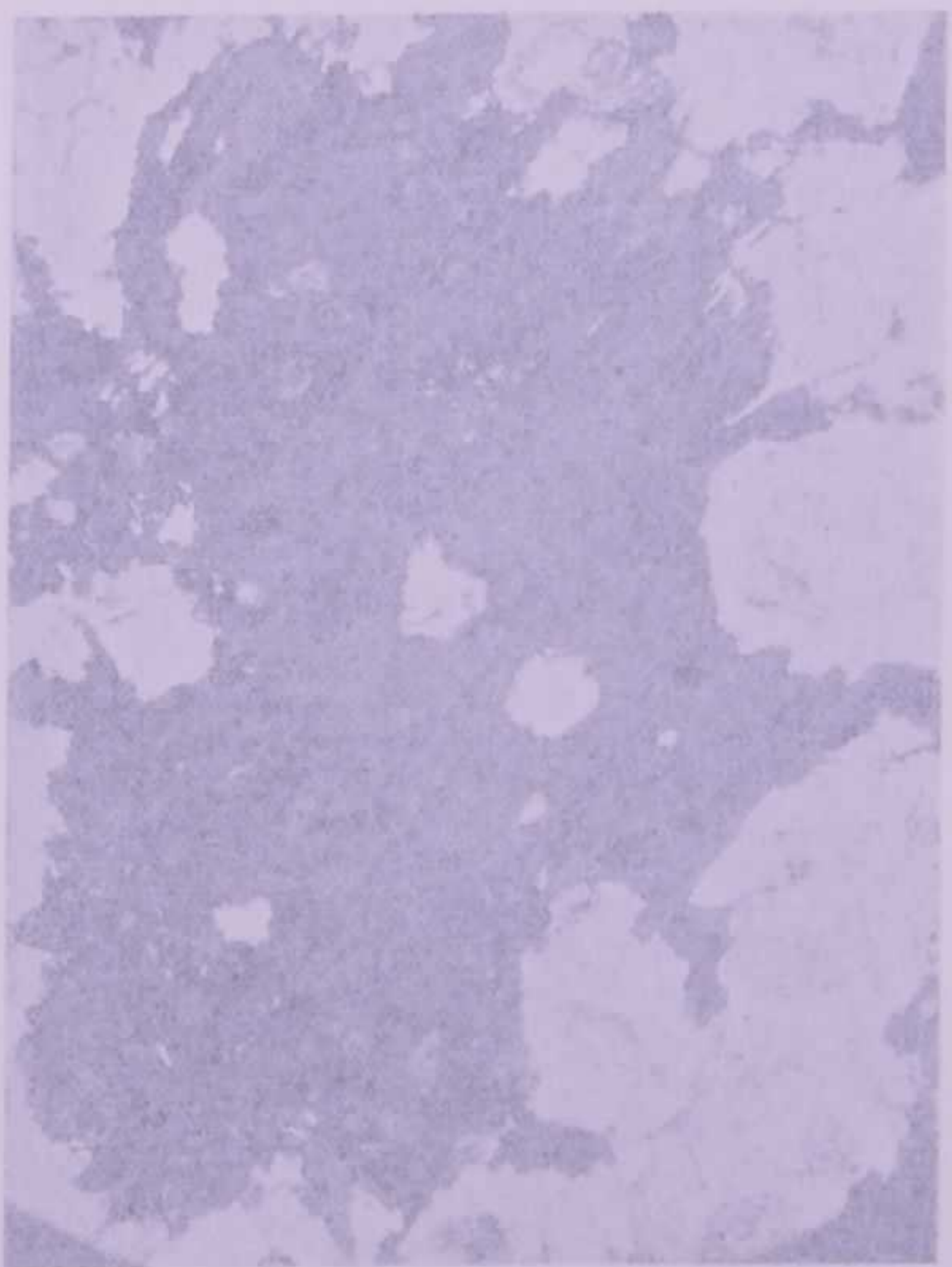


FIG. 3

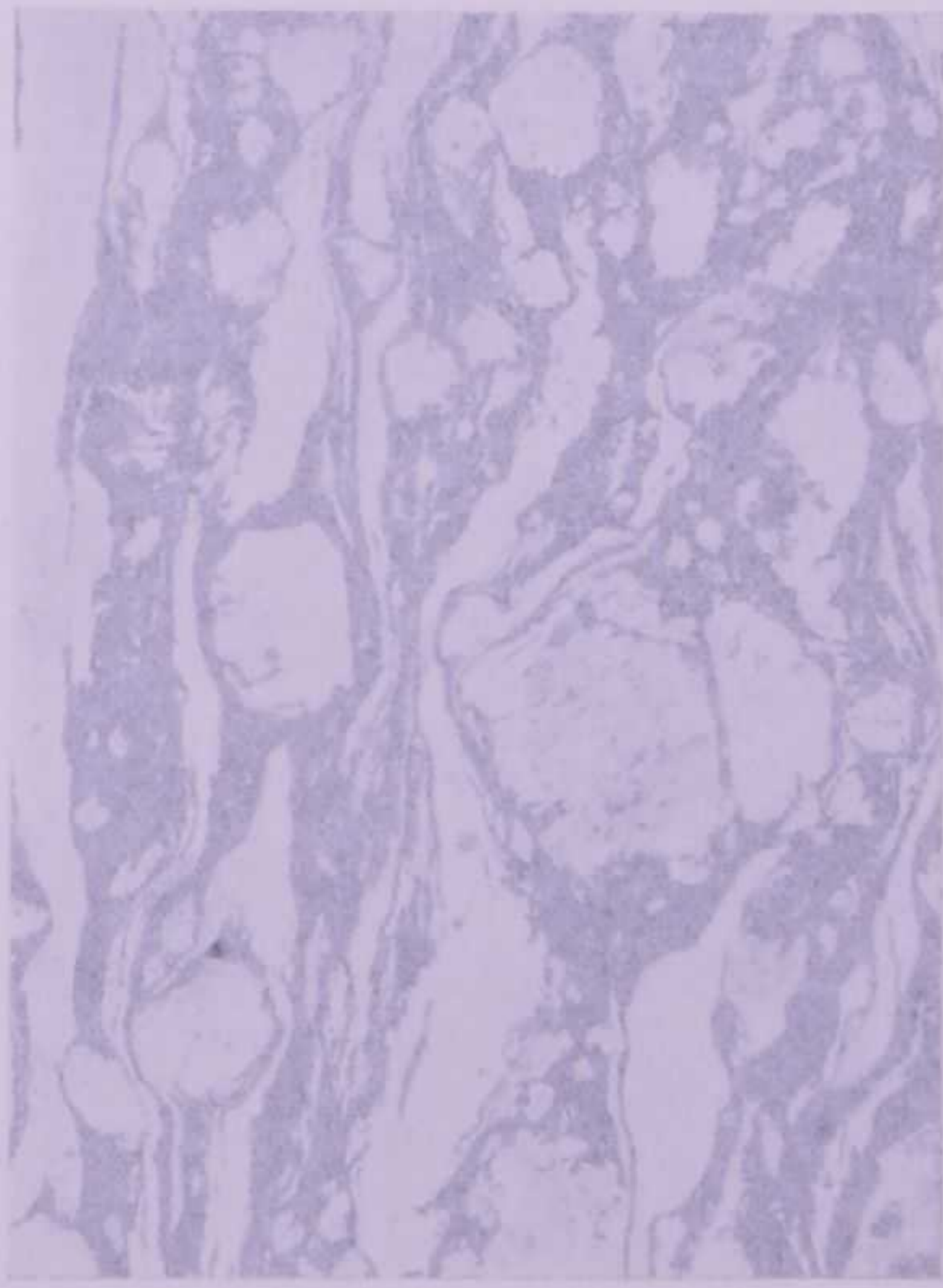


FIG. 4

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA II

FIG. 1. - *Tonalite a tessitura parallela, passo q. 2097 a W di Monte Vigo.* — Principio di cristalloblastesi: cristallo di ortoclasia con abbondanti inclusi subordinati di plagioclasio ed idiomorfi di biotite; pure inclusi alcuni cristalli di magnetite. Ai margini, qua e là, epidoto in granuli irregolari. (N. 1, ingr. 26).

FIG. 2. - *Tonalite a tessitura parallela, passo q. 2097 a W di Monte Vigo.* — Incurvamento e sfilamento di una lamina di biotite. Al margine, nei punti a contatto col plagioclasio, che forma anche delle sporgenze entro la biotite (secondo a struttura cristalloblastica) le tipiche granulazioni di minerali secondari (saisite, epidoto, magnetite, titanite). (N. 1, ingr. 22).

FIG. 3. - *Tonalite a tessitura parallela, passo q. 2097 a W di Monte Vigo.* — Principio di cristalloblastesi: lamina di biotite includente elementi di plagioclasio (al centro) e di epidoto subordinato (a lato e sinistra). Uno degli elementi di plagioclasio inclusi (più verso l'alto) è in via di alterazione, un altro (al centro) è circondato da granuli di ossidi di ferro. La biotite presenta ai bordi, specialmente verso l'alto, compenetrazione a fusione con clorite. La grossa plaga oscura e costata con la biotite a sinistra in basso è composta essenzialmente di epidoto, ma comprende anche frammenti di ortoclasia e di biotite. (N. 1, ingr. 26).

FIG. 4. - *Milonite tonalitica, sopra Cerveto.* — Tessitura micromassiva pseudoscistosa. Gli elementi stratificati sono di plagioclasio, le fasce chiare sono costituite da quarzo e granulo molto fine, di tipo scistoso. I letti scuri sono formati da biotite frammentaria, allineata e costata, e da minutissimi aggregati di epidoto, talora ad ossidi di ferro. (N. 1, ingr. 24).

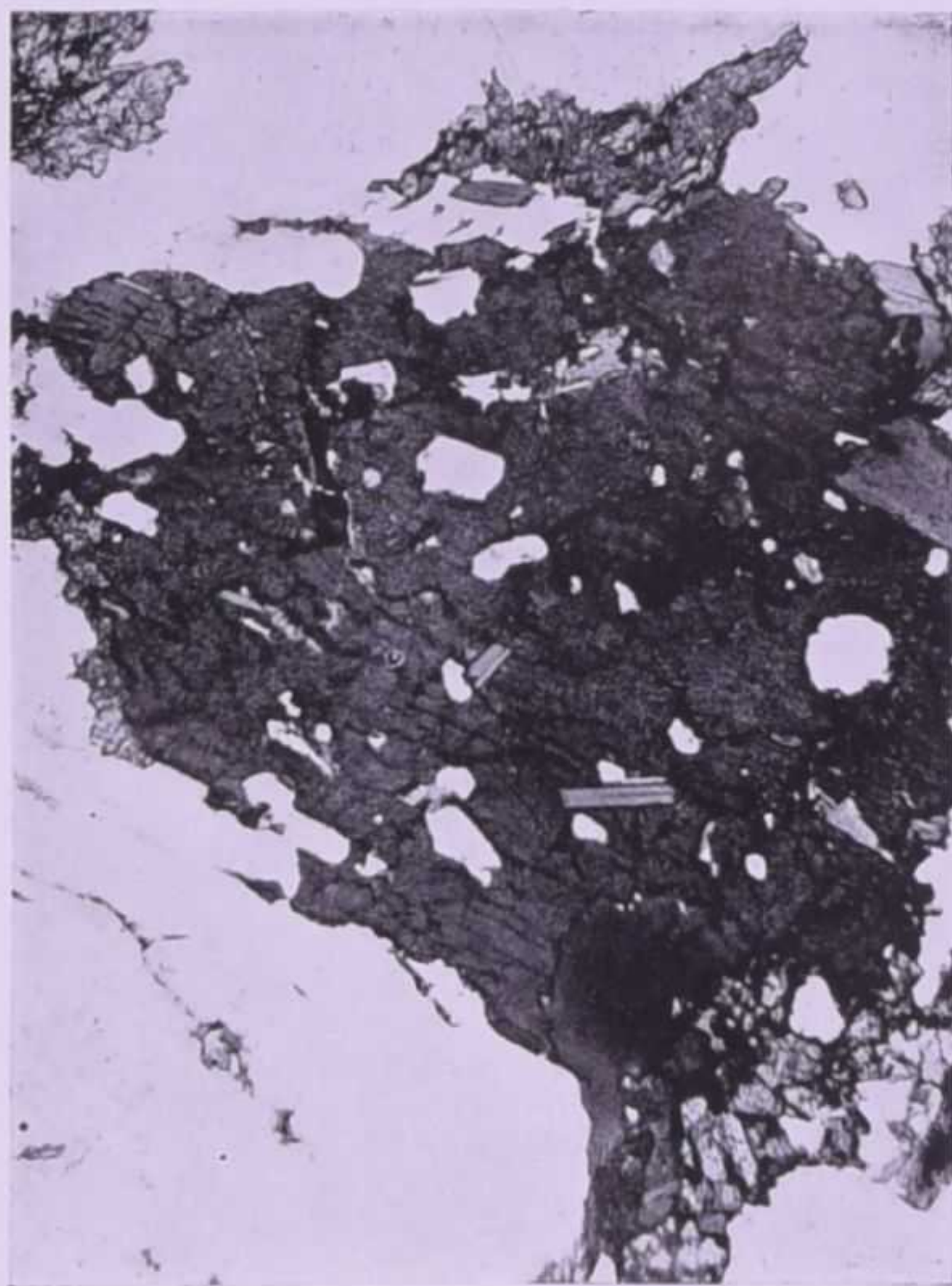


FIG. 1



FIG. 2

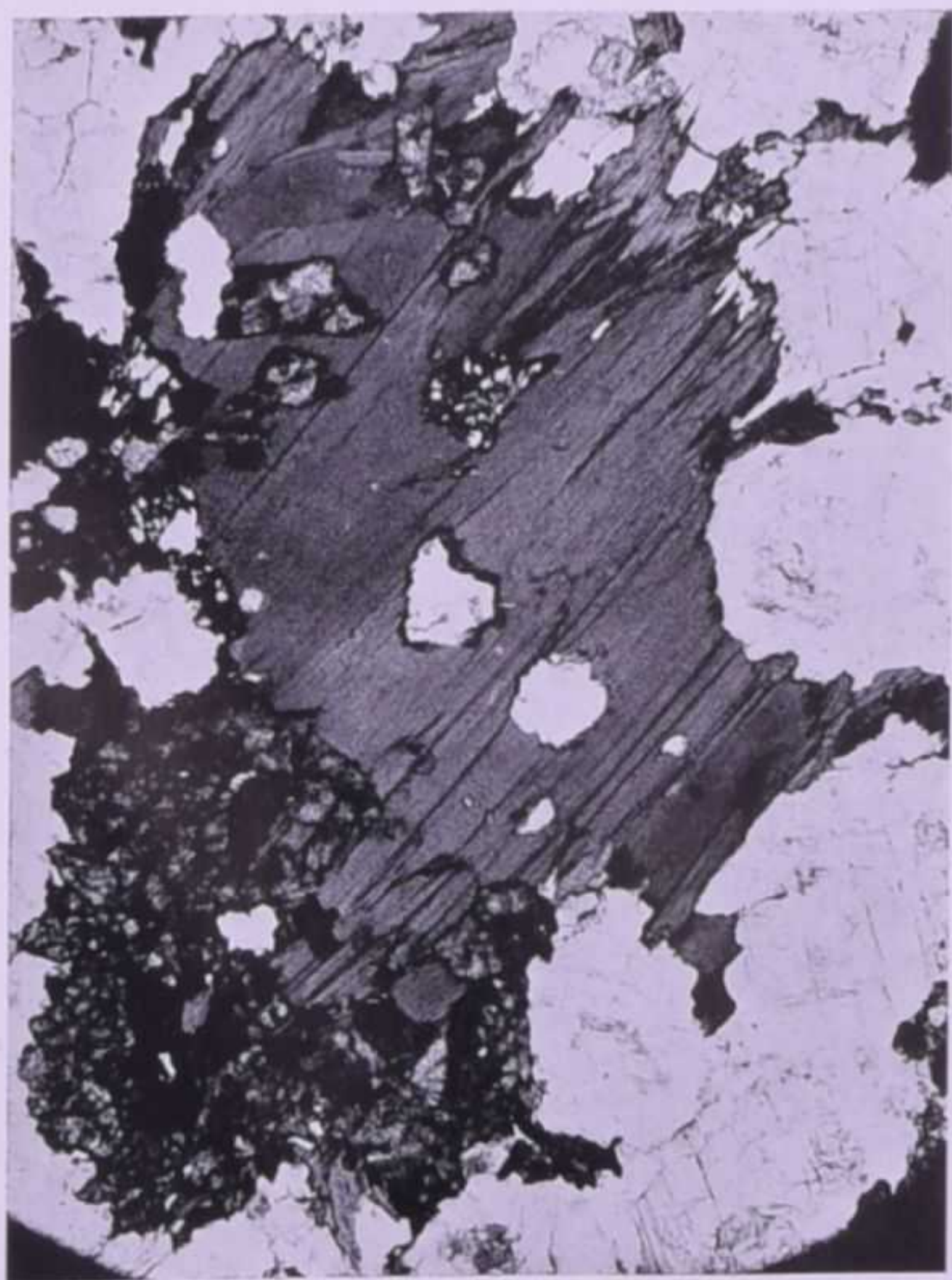


FIG. 3



FIG. 4

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA III.

FIG. 1. - *Filoni acidi: Pegmatite andalusitica e fluorite e tormalina, sopra la vecchia strada carrozzabile a sinistra del torrentello che scende da Paluaccio.* — Al centro, in alto, e a sinistra, plaga andalusitica con sericitizzazione incipiente alla periferia e lungo le fratture. Il grande individuo chiaro a destra e i due minori estinti, al centro, sono di quarzo. In basso gruppi di cristalli plagioclasici quasi del tutto indeformati e inalterati. Nell'angolo in alto a destra, lamina di muscovite. (Nic. +, ingr. 22).

FIG. 2 - *Filoni poco differenziati: Porfido granodioritico, sopra la vecchia strada, lungo il torrente che scende da Paluaccio.* — Struttura porfirica. La massa microgranulare di fondo è formata da quarzo, ortoclasio, biotite, clorite, plagioclasio. In basso, parte di un individuo porfirico di plagioclasio saussuritizzato, più in alto, cristalli di quarzo arrotondati per corrosione, ancora più in alto, grosse lamelle biotitiche. (Nic. +, ingr. 22).

FIG. 3. - *Anfibolite biotitico-plagioclasica, valletta del torrente che scende da Paluaccio, subito sopra la vecchia strada.* — Porfiroblasti di anfibolo accanto ad altri individui anfibolici di dimensioni normali. Gli elementi chiari sono di plagioclasio profondamente sericitizzato. Le macchie più scure corrispondono ad ossidi di ferro. (Nic. ||, ingr. 35).

FIG. 4. - *Scisti andalusitico-ilmenitico a tormalina, lungo la vecchia strada carrozzabile fra il torrente di Rastel e il rio che scende da Frate.* — Andalusite in gran parte sericitizzata alla periferia per retrocessione metamorfica. Le grosse lamelle in parte cribrose sono di leucoxeno, formatosi per trasformazione di ilmenite. In alto, a sinistra, presso agli individui di leucoxeno, alcuni superstiti frammenti di clorite. (Nic. ||, ingr. 32).



FIG. 1



FIG. 2

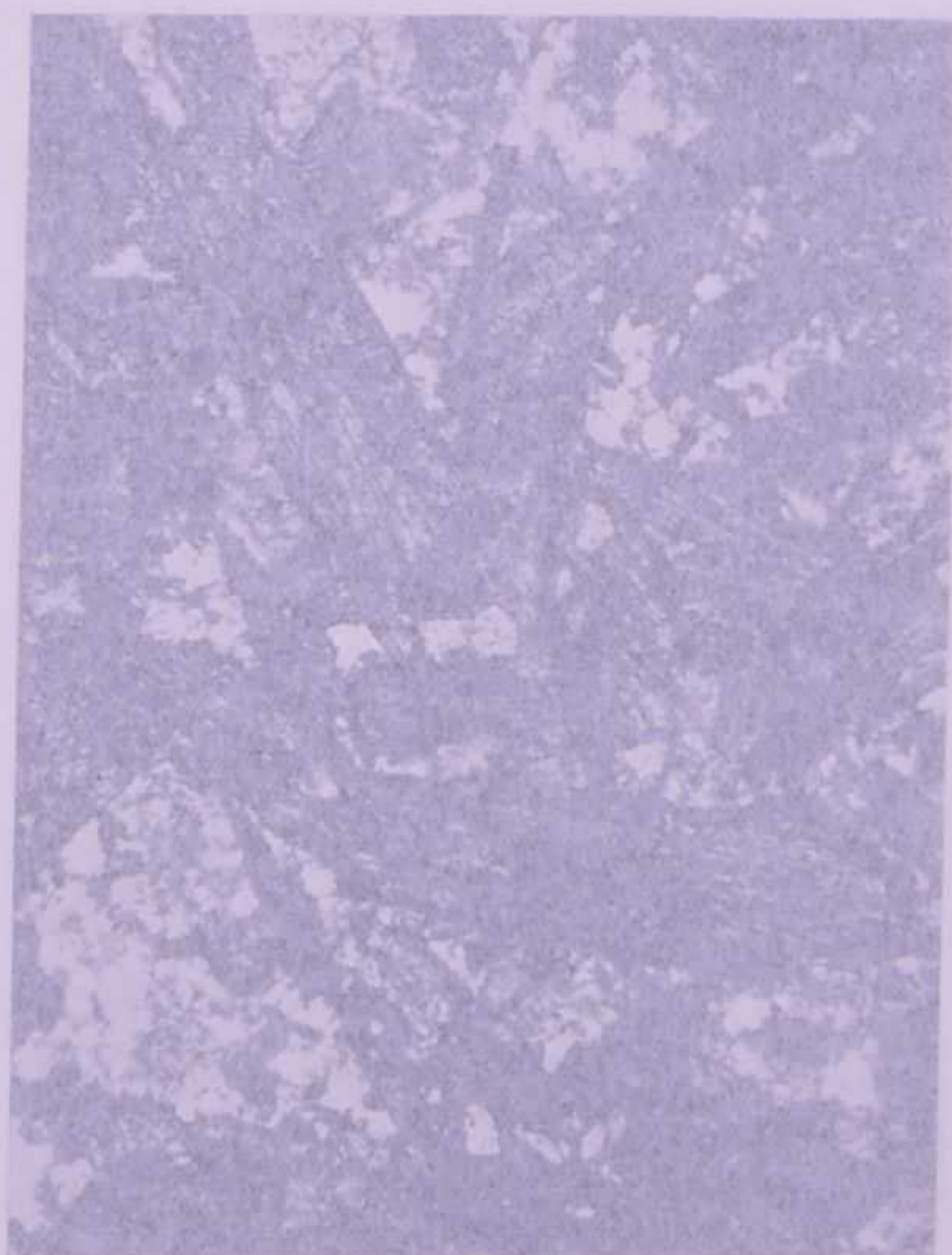


FIG. 3



FIG. 4

SPERIMENTAZIONE DELLA TAVOLA III.

Fig. 1. - *Andalusite* e *quarzo* in un punto della *vecchia strada* carrozzabile a *Paluaccio*. - Al centro, in alto, e a sinistra, *quarzo* e *andalusite* con *microclino* e *plagioclasio* alla periferia e lungo le fratture. Il *quarzo* è in parte *sericitizzato* e in parte è in *forme* cristalline, al centro, sono di *forma* di *quarzo* e *andalusite* *sericitizzati* quasi del tutto *indeformati* e *inalterati*. (Nic. I, ingr. 22).

Fig. 2. - *Andalusite* e *quarzo* in un punto della *vecchia strada*, lungo il *sentiero* che porta al *bosco*. - *Andalusite* e *quarzo* in *forme* *sericitizzate* di *forma* *sericitizzata* e *quarzo* *sericitizzato*, in basso, parte di un *quarzo* *sericitizzato* e *quarzo* *sericitizzato*, in alto, cristalli di *quarzo* *sericitizzato* e *quarzo* *sericitizzato* (Nic. I, ingr. 22).

Fig. 3. - *Andalusite* e *quarzo* in un punto della *vecchia strada* carrozzabile che scende da *Paluaccio*, in alto, in *forme* *sericitizzate*. - *Andalusite* e *quarzo* *sericitizzato* ad altri individui *sericitizzati* e *quarzo* *sericitizzato* e *quarzo* *sericitizzato* sono di *plagioclasio* profondamente *sericitizzato*. In basso, *quarzo* *sericitizzato* e *quarzo* *sericitizzato* ad cristalli di *ferro*. (Nic. I, ingr. 35).

Fig. 4. - *Andalusite* e *quarzo* in un punto della *vecchia strada* carrozzabile fra il *bosco* di *Paluaccio* e il *bosco* che scende da *Paluaccio*. - *Andalusite* in gran parte *sericitizzata* e *quarzo* *sericitizzato* per *sericitizzazione* *sericitizzata*. Le grosse lamelle in parte *cribrose* sono di *quarzo* *sericitizzato*, in parte per *sericitizzazione* di *quarzo*. In alto, a sinistra, presso agli *andalusite* e *quarzo* *sericitizzato* alcuni *sericitizzati* *sericitizzati* di *quarzo*. (Nic. I, ingr. 32).

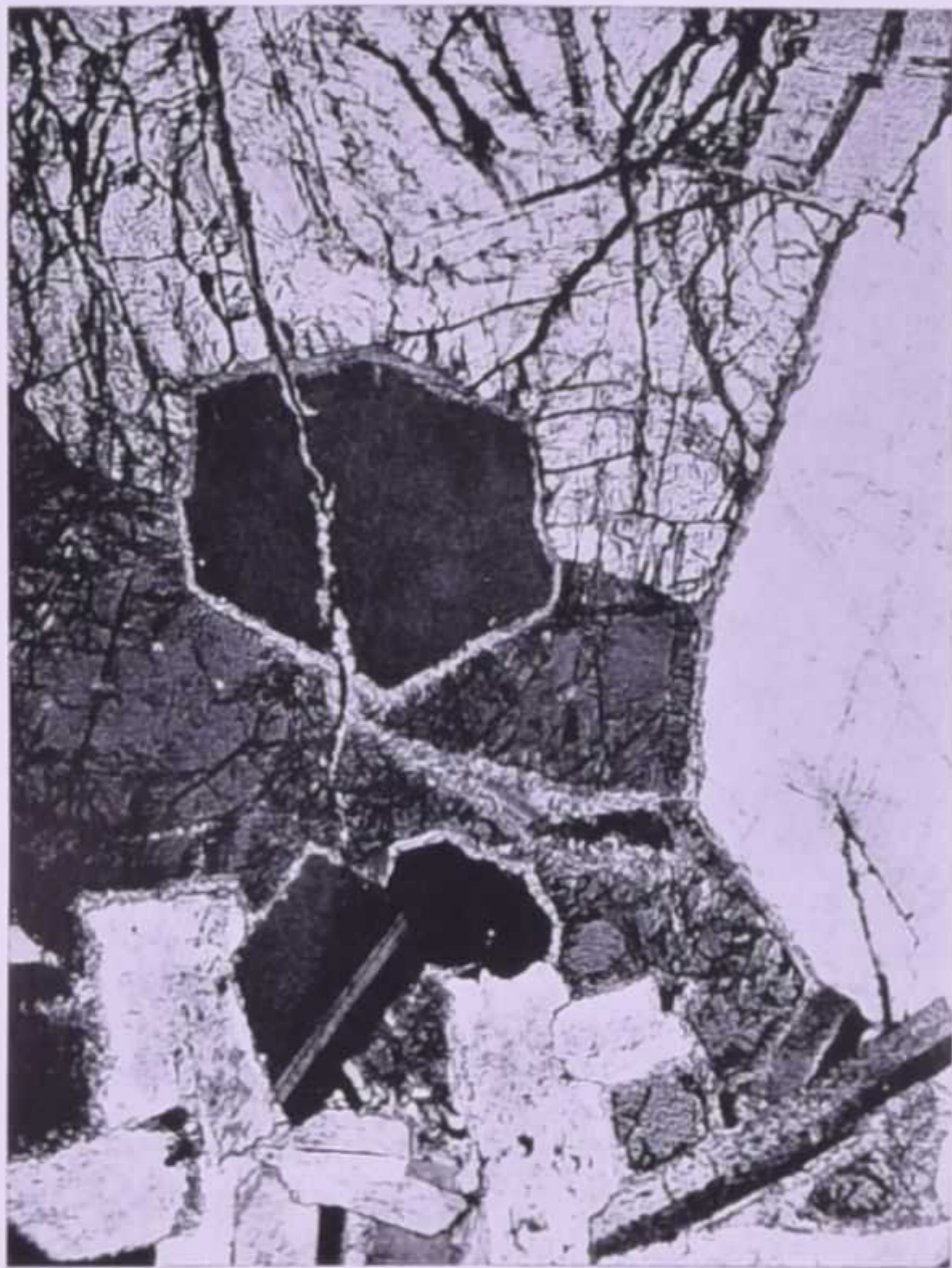


FIG. 1

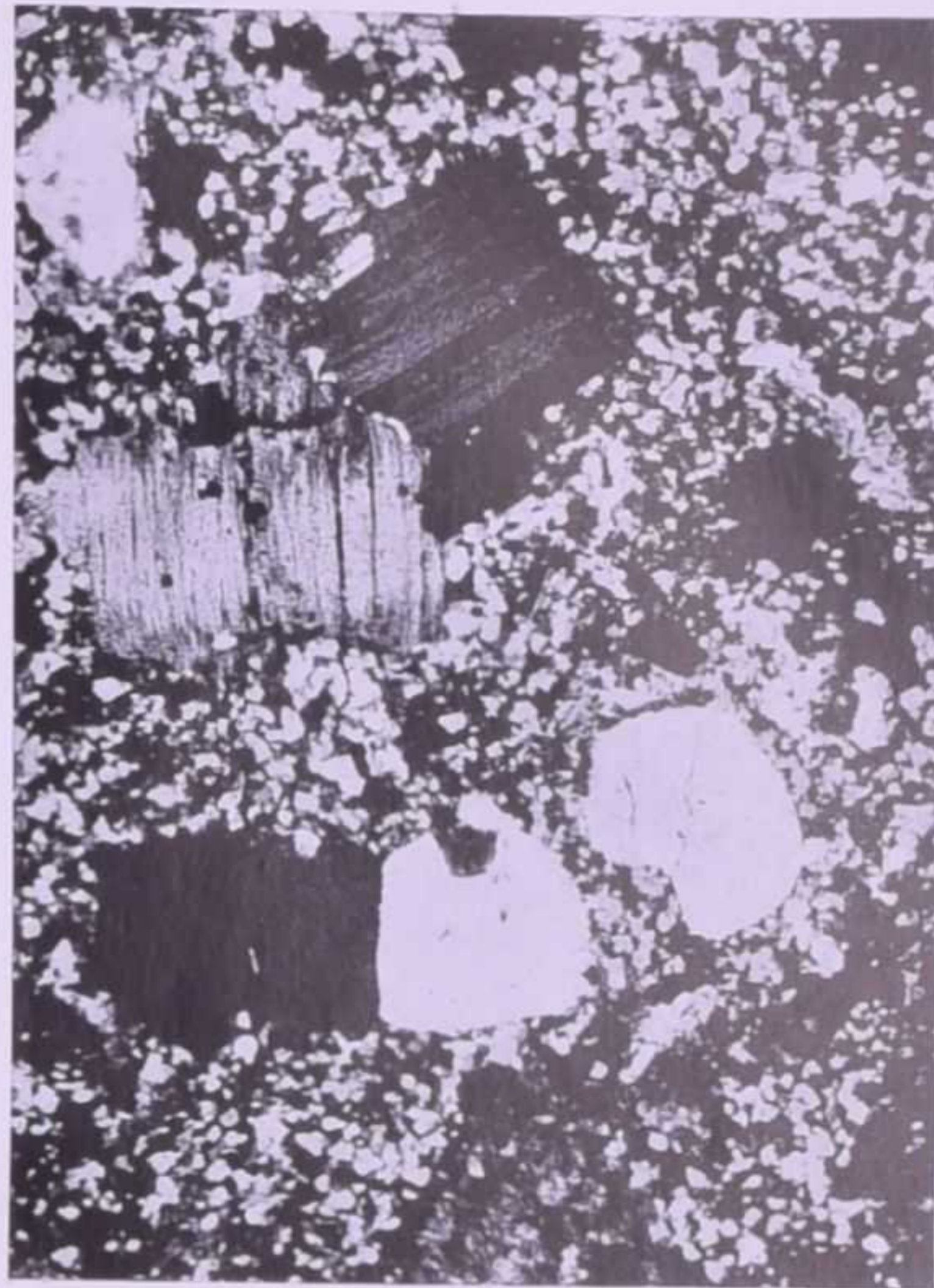


FIG. 2



FIG. 3

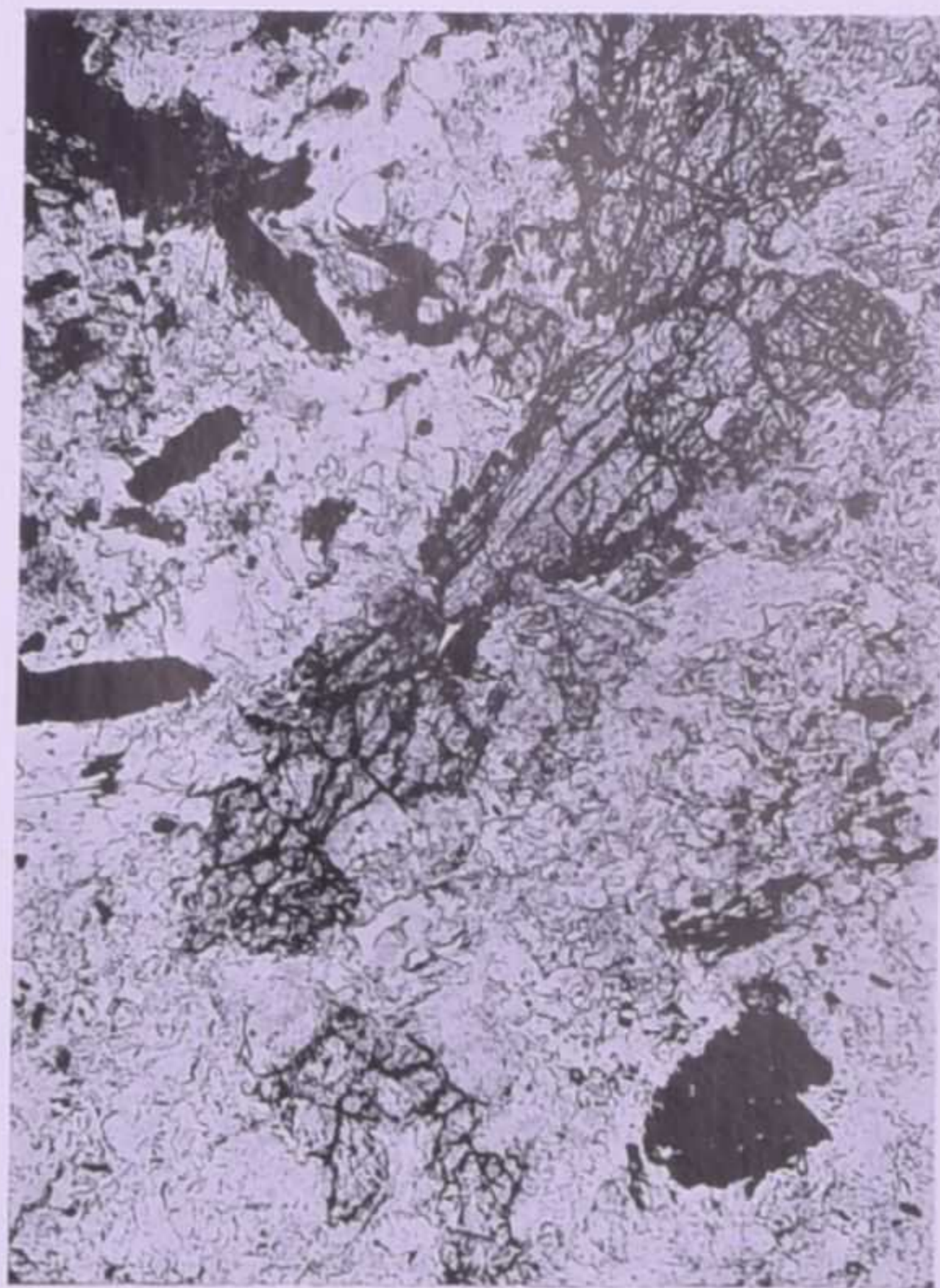


FIG. 4

