

I FENOMENI DI AUTOMETAMORFISMO NELLE ROCCE PORFIRICHE DELL' ISOLA D' ELBA

Riassunto. — Vengono descritti alcuni campioni di porfidi granitici e di apliti porfiriche, nei quali sono evidenti estesi fenomeni di autometamorfismo. Viene stabilita la successione di detti fenomeni come segue:

- 1) Ambiente pneumatolitico con apporto di gas fluoborici.
- 2) Ambiente idrotermale alcalino di alta temperatura.
- 3) Ambiente idrotermale neutro o debolmente acido di media temperatura.
- 4) Ambiente idrotermale alcalino di bassa temperatura.
- 5) Alterazione superficiale.

Zusammenfassung. — Einige Granit-Porphyre und Aplit-Porphyre, aus dem Insel Elba, mit ersichtlichen Autometamorphose-Erscheinungen werden beschrieben. Die Folge von diesen Umwandlungen wird in dieser Art angenommen:

- 1) Pneumatolytische Phase mit Fluor-Bor-Zufuhr.
- 2) Alkalische hochhydrothermale Phase.
- 3) Schwachsaure oder neutrale mesothermale Phase.
- 4) Alkalische epithermale Phase.
- 5) Oberflächenverwitterung.

Tra i vari tipi litologici presenti all'Isola d'Elba, i porfidi sono quelli che per estensione di affioramenti superficiali detengono il secondo posto, dopo l'ammasso granitico del Monte Capanne.

Gli adunamenti maggiori compaiono nella parte centrale dell'isola, dove rappresentano il tipo litologico prevalente, ma non mancano piccoli affioramenti nella parte orientale e nella zona del Monte Capanne, frequentemente sotto forma di filoni, talvolta anche in ammassi di potenza considerevole. Le maggiori porzioni della formazione porfirica giacciono incassate nella serie sedimentaria, di età probabilmente eocenica o oligocenica, nota sotto il nome di "flysch". Questa formazione, costituita prevalentemente da straterelli e banchi di un'arenaria quarzoso-feldispatica abbondantemente micacea a cemento calcareo-argilloso, alternati talora con grosse bancate di un calcare marnoso grigio scuro e con letti argillosi; è stata, in epoca sicuramente successiva alla venuta delle rocce porfiriche, fortemente dislocata e rimossa dalla sua giacitura originaria. In conseguenza di questi movimenti, attualmente è difficilissimo ritrovare e riconoscere i contatti primitivi tra filoni e ammassi porfirici e le rocce sedimentarie. La macchia mediter-

ranea, che copre la maggior parte dell'isola, rende ancor più ardua la ricerca.

Le dislocazioni hanno altresì posto in diretto contatto i porfidi con molte rocce più antiche dell'Elba centro-orientale (scisti paleozoici, calcari giurassici, rocce ofiolitiche), ma la costante presenza di un piano milonitico tra queste formazioni indica chiaramente che si tratta sempre di contatti tettonici.

Diversa è la situazione nell'Elba occidentale. Filoni di porfido attraversano in alcune zone la massa granitica del Capanne; la cima stessa del monte è formata da porfido, i cui rapporti di giacitura con il granito non sono ben chiari. Filoni anche di spessore notevole attraversano le rocce metamorfiche dell'anello periferico, abbondanti in alcune zone, come nei dintorni di Chiessi e di Pomonte, scarsi o mancanti in altre. Nelle rocce metamorfiche della parte nord del Capanne appaiono poi, oltre a numerosi filoni, anche alcuni ammassi di porfido; il maggiore di questi si estende per alcuni chilometri quadrati dal Crino alle Serre fino al paese di Marciana Marina.

Molto si è parlato e discusso, nella seconda metà del secolo scorso, sull'origine di questi porfidi, specialmente interessando ai geologi i rapporti con il granito, considerato che dei porfidi si poteva con buona approssimazione stabilire l'età, mentre il granito, incassato tra rocce metamorfiche allora indecifrabili, era dai più ritenuto post-eocenico, ma da altri addirittura pre-paleozoico. Altra questione controversa era se tali rocce fossero effusive o filoniane, avendo ambedue queste ipotesi valenti sostenitori. Per la bibliografia di questo periodo rimando al lavoro di B. Lotti [1], tuttora fondamentale per la conoscenza geologica dell'isola.

Dopo un lavoro di scarsa importanza di W. R. Næssig [2], le prime ricerche petrografiche attendibili su tali rocce furono esposte in tre successive pubblicazioni da R. V. Matteucci dal 1895 al 1898 [3, 4, 5]. Detto autore risolve molte delle discusse questioni e stabilì inequivocabilmente la non effusività di tutta la formazione. Non prese per altro in esame tutti i diversi tipi di affioramenti, nè si curò di eseguire alcuna ricerca chimica, utilizzando nel suo lavoro analisi molto incomplete eseguite dal Damour nel 1851 [6], dal Næssig nel 1883 e dal Funaro nel 1866 [7]. Se a queste analisi ne aggiungiamo altre tre eseguite da P. Aloisi nel 1915 [8], abbiamo completato il quadro delle nostre conoscenze attuali chimiche e petrografiche di queste rocce. Da notare inoltre che di

tali analisi una sola, ed incompleta, del Nessig si riferisce al porfido granitico vero e proprio della parte centrale dell'isola.

Nei primi anni del nostro secolo le ardite teorie dei carreggiamenti, per l'Elba sostenute in particolare dal Termier, portarono a nuovi studi geologici, ma non portarono alcun contributo, salvo quello già citato dell'Aloisi, alla conoscenza delle rocce porfiriche. Arriviamo così al 1920, anno in cui, con la pubblicazione de «Il Monte Capanne» [9], P. Aloisi dava un'accurata descrizione dei tipi litologici dell'anello metamorfico e del massiccio centrale, descrivendo anche alcuni filoni ed ammassi di porfido, ma riportando di questi una sola analisi chimica. Tale opera lasciava inoltre del tutto insoluti molti problemi posti da tempo dei geologi.

Da tale epoca non è stato più eseguito alcuno studio chimico petrografico di queste rocce. Molti sono stati invece i lavori geologici, sempre basati però sui vecchi dati petrografici già citati. Per la bibliografia di questi lavori rimando al recente studio sulla tettonica dell'isola di L. Trevisan [10].

Per colmare queste lacune da tempo si sono iniziate in stretta collaborazione negli Istituti di Mineralogia delle Università di Firenze e di Pisa ricerche chimico-petrografiche di tutte le rocce magmatiche acide dell'isola d'Elba e delle vicine isole del Giglio e di Montecristo.

Questa nota sui porfidi fa parte perciò di tale serie di studi. Ho voluto per prima cosa prendere in esame i notevoli fenomeni di autometamorfismo che si sono verificati in queste rocce, fenomeni la cui conoscenza è indispensabile ai fini di poter stabilire le condizioni di formazione dei porfidi stessi ed i loro rapporti con le rocce intrusive. Seguirà a questa nota lo studio completo chimico e petrografico di tali tipi di rocce. Per l'argomento ora trattato ho scelto alcuni campioni di porfido molto diversi tra loro e nei quali maggiormente si sono verificati i già detti fenomeni.

Porfidi granitici normali.

Con tale denominazione intendo riferirmi alle rocce porfiriche più abbondanti nell'isola. Sono rocce di colore chiaro, da bianco-giallastro fino a grigio-cenere, marcatamente porfiriche. Presentano una massa fondamentale a tessitura variabile, generalmente microcristallina con qualche accenno a struttura fluidale, costituita da piccoli cristalli di quarzo, feldispati e poca mica nera. Immersi nella massa fondamentale si notano segregazioni porfiriche di quarzo

ortose, plagioclasti e biotite. Il quarzo, sempre bipiramidato e spesso con una piccola porzione di prisma, è più o meno riassorbito dal magma. Generalmente incolore, assume in alcuni campioni una leggera tinta ametistina. Questi fenocristalli sono di dimensioni variabili, spesso molto grandi, tali da superare i due cm. tra gli opposti vertici della bipiramide. L'ortose è bianco o leggermente giallognolo; si possono osservare molto bene due generazioni di fenocristalli di questo minerale. La prima è formata da individui non molto grandi (al massimo un cm. sull'asse di maggior lunghezza), talvolta con piccoli accenni di riassorbimento. L'altra generazione è formata da cristalli di dimensioni variabili ma sempre grandi e talora colossali (15 cm. sull'asse *c*), perfettamente euedrali e mancanti di tracce di riassorbimento. L'associazione di forme che prevale è la seguente:

$$\{110\}, \{201\}, \{010\}, \{001\}$$

con grande estensione del pinacoide normale a *y*. Sono quasi costantemente geminati secondo la legge di Karlsbad, raramente secondo Baveno. A. D'Achiardi [11], che studiò cristallograficamente tali cristalli, determinò anche le seguenti altre associazioni di forme che compaiono meno frequentemente:

$$\begin{aligned} &\{110\}, \{010\}, \{001\} \\ &\{110\}, \{101\}, \{010\}, \{001\} \\ &\{111\}, \{110\}, \{201\}, \{010\}, \{001\} \\ &\{110\}, \{101\}, \{201\}, \{010\}, \{001\} \\ &\{111\}, \{110\}, \{130\}, \{201\}, \{010\}, \{001\} \end{aligned}$$

Questi cristalli includono costantemente quarzo più o meno riassorbito, plagioclasio e mica nera, in maniera del tutto simile a quanto descrive l'Aloisi per l'ortose porfirico del granito del Monte Capanne. La disposizione di questi grossi cristalli nella roccia mostra talvolta delle orientazioni preferenziali.

I plagioclasti sono pure di due tipi, ma mai in cristalli molto grandi e sempre scarsamente o per nulla riassorbiti. Il tipo prevalente è costituito da oligoclasio-albite in cristalli piccoli costantemente geminati polisinteticamente; l'altro tipo è assai più basico, in cristalli più grandi e presenta geminati albite-Karlsbad e albite-periclino, oltre naturalmente alla sola geminazione albite. Nei campioni più freschi si nota in questi plagioclasti più basici una struttura zonata. Il Matteucci [3] cita anche il microclino, da me mai riscontrato.

La biotite è nella maggior parte dei campioni in cristalli esagonali, nettamente idiomorfi e non riassorbiti, molto più piccoli di quelli dei minerali precedenti (in media tre mm.) e sensibilmente tutti eguali in grandezza. Riporto qui la descrizione pétrografica di quattro campioni provenienti da diverse parti dell'isola.

Campione n. 1. Questo campione è stato raccolto sulla strada che da Procchio conduce a Marciana Marina, nei pressi di Punta dello Schioppo. Fa parte di un piccolo ammasso inglobato dai diabasi. E' molto più acido dei tipi normali di porfido e molto chiaro di colore. La grana è piuttosto fine e mancano o sono rare le grandi segregazioni di ortose e di quarzo.

Al microscopio la massa fondamentale microcristallina appare costituita da quarzo e da ortose microimplicati con lamelle tendenti all'idiomorfismo di un plagioclasio che va da termini albitici pressochè puri sino ad un oligoclasio-albite. Laminette e lacinie di sericite vi compaiono abbastanza abbondanti. I feldispatici della pasta sono abbastanza freschi e così pure i piccoli e molto frequenti fenocristalli di ortose ad orli sfrangiati.

Tra i fenocristalli il quarzo è il più abbondante; si presenta in cristalli limpidi di diversa grandezza, spesso fortemente riassorbiti. Pur non osservandosi estinzioni ondulate, si nota talvolta una leggera biassicità. Da notare il fatto che nei cristalli più grossi le inclusioni liquide, gassose e miste sono più grandi e più numerose che nei piccoli. Non si constata alcun ordinamento preferenziale nelle coroncine di tali bollicine. Il contatto tra il quarzo e la massa fondamentale è netto dove il quarzo presenta le facce cristalline, sfumato nei tratti riassorbiti. In questo caso attorno al cristallo si forma il noto alone in cui prevalgono nettamente i piccoli individui quarzosi su quelli feldispatici e micacei e che sovente segna il contorno originario del cristallo. Poco abbondanti le inclusioni di ortose e di piccoli zirconi in nitidi cristallini.

L'ortose nei cristalli piccoli si presenta fortemente caolinizzato e in sezione sottile risulta torbido ed opaco. Scarsa invece la sericite; talvolta alcune porzioni del minerale sono riempite da plaghe di calcite che seguono le tracce di sfaldatura. Questi piccoli cristalli di ortose sono abbastanza ben formati, ma se si trovano in contatto con plagioclasii, mica o quarzo, sono nettamente alotriomorfi rispetto ai due primi minerali e idiomorfi rispetto al terzo. L'ortose dei grossi cristalli presenta notevoli diversità;

è allotriomorfo anche rispetto al quarzo e raramente mostra tracce di riassorbimento. Molti dei grossi cristalli presentano concrescimenti micropegmatitici, sia con serie di bacchettine di quarzo isoorientate, sia con le caratteristiche lacinie della pegmatite grafica. Altri cristalli mostrano invece concrescimenti pertitici con un plagioclasio alquanto più basico di quello della pasta, un oligoclasio acido. I grossi cristalli sono costantemente caolinizzati e relativamente più ricchi in sericite di quelli piccoli; inoltre spesso includono gli altri elementi della roccia, specialmente la mica idiomorfa e granuli arrotondati di quarzo. La calcite occupa alcune porzioni di questi cristalli e talvolta evidentemente sostituisce interclusi plagioclasici. Non rari i geninati Karlsbad, rari quelli secondo la legge di Baveno. Incluso, frequentemente, qualche granulo di titanite.

I plagioclasii compaiono in quantità di poco inferiore all'ortose, sono nettamente idiomorfi e raramente riassorbiti. I cristalli più piccoli di forma allungata appartengono a termini albitici quasi puri, mentre i cristalli più grandi e più tozzi sono riferibili ad un oligoclasio basico. Questa suddivisione peraltro non è molto precisa perchè l'acidità del plagioclasio non è facilmente determinabile causa le trasformazioni subite. La più notevole di queste è la sostituzione pressochè completa con sericite e calcite. La sericite talvolta si orienta secondo le tracce di sfaldatura del plagioclasio, talvolta è in lacinie o raggruppamenti irregolari. La calcite occupa porzioni più o meno vaste del minerale, ma non si presenta mai in vene che possano far pensare ad un'origine esogena. Nei plagioclasii più acidi la parte non trasformata in sericite e calcite è generalmente fresca o appena caolinizzata, nei plagioclasii basici è invece sempre torbida e, a forte ingrandimento, appare costituita da minutissimi granuli incolori ad alto indice di rifrazione riferibili a zoisite, associati probabilmente con albite neogenica o con caolino. Nel complesso i plagioclasii spiccano nella roccia per il loro aspetto chiaro a nicol incrociati, a differenza dell'ortose, molto scuro per la trasformazione in minerali a bassissima birifrazione e pulverulenti.

Dell'originaria biotite rimangono tracce solo in rari cristalletti che, inclusi nei fenocristalli di quarzo, sono stati preservati dall'alterazione. Mostrano il tipico pleocroismo con

α = giallo rossiccio

$\beta = \gamma$ = rosso marrone scuro quasi opaco.

I fenocristalli liberi o inclusi nei feldispati sono invece totalmente trasformati in clorite e muscovite, talvolta debolmente pleocroica nel verde erba. Frequenti gli scheletri sagenitici e gli inclusi di titanite e di zirconio; attorno a questi ultimi è ancora talvolta visibile la caratteristica aureola policroica.

L'analisi chimica ha dato i seguenti risultati:

SiO ₂	72,65	CaO	1,42
P ₂ O ₅	tr	MgO	0,26
TiO ₂	0,08	K ₂ O	3,90
B ₂ O ₃	0,04	Na ₂ O	4,58
Al ₂ O ₃	14,67	H ₂ O—	0,10
Fe ₂ O ₃	0,13	H ₂ O+	0,74
FeO	0,91	CO ₂	0,31
MnO	0,01	S	0,01
			<hr/> 99,89

Campione n. 2. Questo campione proviene dal grande ammasso porfirico di Colle Pecorano, sopra al Golfo della Biodola. E' a grana molto grossa, di colore chiaro e la sua massa è fratturata e intersecata da vene di quarzo contenenti cristalli ben formati, di cui molto noti quelli a facce curve analoghi a quelli di Palombaia (quarzi gommoidi) e descritti da G. Roster. Il campione è stato preso sulla strada carrozzabile che da Portoferraio porta a Procchio, approfittando di recenti lavori stradali che hanno messo a nudo la roccia fresca.

Al microscopio la massa fondamentale, pur di aspetto simile a quella descritta per il campione precedente, appare però più fine, più feldispatica e più alterata. Indeterminabile il plagioclasio della pasta, peraltro sicuramente acido e piuttosto scarso. Tra i fenocristalli il quarzo si mostra quasi sempre in grandi individui fortemente riassorbiti; scarsi i cristalli piccoli. L'ortose è alteratissimo e poco abbondante in piccoli individui; abbondante è invece il plagioclasio, sia in grossi e tozzi cristalli fittamente geminati secondo la legge dell'albite e talora dell'albite-periclino, sia in cristalli più piccoli e allungati a geminazioni più rade. Questi ultimi sono riferibili all'oligoclasio basico, mentre i grossi risultano di labradorite. Per quel che riguarda l'alterazione, sia per l'ortose che per i plagioclasii vale quanto è stato detto per il campione precedente, solo che qui il fenomeno è più marcato.

Dei grossi cristalli euedrali di ortose ho già parlato nella

descrizione generale di queste rocce; in sezione sottile appaiono assai più freschi degli altri feldispati della roccia e non presentano mai concrescimenti pertitici o pegmatitici; includono inoltre tutti gli altri elementi porfirici della roccia e, più raramente, anche la massa fondamentale. Non mostrano mai tracce di riassorbimento.

Tra i fenocristalli compare qui un minerale assente nel campione precedente, l'apatite; si trova talvolta in tozzi prismi esagonali nella pasta, talvolta inclusa nei cristalli di mica e di ortose. Un'altra caratteristica distinzione dal campione precedente è data dalla presenza della tormalina. Questo minerale compare sia in prismi spezzati qua e là nella massa fondamentale, sia associata ad un mosaico di minuti granuli di quarzo a sostituire piccoli fenocristalli di ortose. Quando è fresca presenta il seguente pleocronismo:

ε = da incolore a blu chiaro
 ω = blu scuro tendente al verde.

L'alterazione porta il pleocroismo a vari toni del marrone. Dall'esame di molte sezioni sottili mi sembra di poter escludere che l'aggregato di quarzo e tormalina sostituisca anche i cristalli di plagioclasio. Spesso la tormalina è alterata in sericite e idrossidi di ferro; talora compaiono cubetti di pirite che si rinvengono pure, associati a idrossidi di ferro e clorite, nei residui dei fenocristalli di biotite. La calcite è abbondantissima ovunque, ma mai in vene. Accessorio frequente la titanite, raro lo zirconio.

L'analisi chimica ha dato i seguenti risultati:

SiO ₂	66,39	MgO	0,80
P ₂ O ₅	0,13	K ₂ O	2,90
TiO ₂	0,32	Na ₂ O	3,41
B ₂ O ₃	0,56	H ₂ O—	0,21
Al ₂ O ₃	17,60	H ₂ O+	1,29
Fe ₂ O ₃	0,83	CO ₂	0,88
FeO	1,80	S	0,80
MnO	0,06		100,38
CaO	2,40	—O = S	0,20
			100,18

Campione n. 3. Roccia grigio-chiara con grossi quarzi bipiramidati violacei e fenocristalli di ortose bianchi delle dimensioni di molti centimetri. Il campione è stato preso nel grande affioramento del Monte San Martino, sulla strada militare che passa a nord

della cima, circa a quota 300. Per ottenere dei dati attendibili dall'analisi chimica, data la grana della roccia, è stato frantumato un campione di molti chilogrammi con un mulino a palle di acciaio; naturalmente si ottiene così un piccolo aumento del tenore in ferro, che però, come da prove eseguite, non ha grande importanza.

Al microscopio la roccia appare molto simile a quella del campione precedentemente descritto, dalla quale peraltro si differenzia per la maggiore alterazione. Tutti i fenocristalli dei feldispati (salvo i grossi ortosi abbastanza freschi) sono trasformati in calcite e sericite ed anche quelli della massa fondamentale sono molto alterati, per lo più in caolino. I plagioclasti sono anche qui di due generazioni; quella dei cristalli piccoli e allungati è un poco più basica dei corrispondenti cristalli del campione precedente. La tormalina è abbondante e diffusa ovunque. Presenta, oltre alla varietà già ricordata, che è prevalente, anche quella con pleocroismo:

ε = rosa

ω = blu violaceo scuro quasi opaco.

Anche in questo campione sostituisce assieme al quarzo plaghe feldispatiche non identificabili data l'avanzata alterazione.

L'apatite è molto meno abbondante che non nel campione precedente, e non forma mai cristalli isolati nella pasta; si trova solamente inclusa nell'ortose e specialmente nei fenocristalli di biotite alterata. In quest'ultimo minerale è anche abbondante la titanite, che ha qui tutta l'apparenza di minerale neogenico. La pirite è sempre alterata con formazione di aloni di idrossidi di ferro attorno ai cristalletti cubici.

L'analisi chimica ha dato i seguenti risultati:

SiO ₂	66,79	MgO	0,92
P ₂ O ₅	0,06	K ₂ O	4,74
TiO ₂	0,25	Na ₂ O	2,72
B ₂ O ₃	1,00	H ₂ O—	0,25
Al ₂ O ₃	14,96	H ₂ O+	1,46
Fe ₂ O ₃	0,34	CO ₂	0,52
FeO	2,51	S	0,12
MnO	0,08		<hr/> 100,56
CaO	3,84	—0 = S	0,03
			<hr/> 100,53

Campione n. 4. Questo campione è stato raccolto lungo la strada militare che dal Golfo di Lacona porta a La Pila, sul versante ovest del Fosso Tombino, sempre nel grande ammasso del Monte San Martino. E' una roccia a grana molto minuta, grigia, molto micacea, nella quale spiccano i pochi fenocristalli di ortose di grandi dimensioni. Ha un aspetto notevolmente diverso dagli altri campioni di porfido ed assomiglia piuttosto al granito del Monte Capanne, il quale è spesso porfirico nelle vicinanze dei contatti.

Anche al microscopio la roccia appare molto diversa da quella dei campioni precedenti. La massa fondamentale è poco abbondante e quasi criptocristallina. Il quarzo in fenocristalli è scarso e molto riassorbito; i feldispati sono alterati solo parzialmente in calcite e poca sericite, mentre l'alterazione caolinica è debolissima e si manifesta solo attorno alle tracce di sfaldatura, dimostrando così di essere di origine esogena. Alcune plaghe di plagioclasio ancora fresco mostrano un'evidente zonatura che porta da termini andesinici nella parte centrale ad albite pura nel bordo esterno, che è sempre la parte meno alterata. La perfetta limpidezza di alcune porzioni dei cristalli di ortose, la zonatura del plagioclasio e l'aspetto della biotite, qui del tutto inalterata, richiama alla mente i minerali del granito di Monte Capanne e di alcuni particolarissimi filoni porfirici che lo attraversano.

Tra gli accessori, comune l'apatite, in prismetti allungati, e lo zirconio; rara la tormalina e assente la titanite. Riferisco dubitosamente a cordierite alterata un aggregato cloritico contenente plaghe microcristalline di un carbonato che, commisto a idrossidi di ferro, forma delle plaghe verdi a contorno esagonale o rettangolare, talvolta visibili anche ad occhio nudo.

L'analisi chimica ha dato i seguenti risultati:

SiO ₂	66,09	CaO	3,16
P ₂ O ₅	0,08	MgO	1,19
TiO ₂	0,38	K ₂ O	4,37
B ₂ O ₃	0,06	Na ₂ O	3,33
Al ₂ O ₃	15,84	H ₂ O—	0,16
Fe ₂ O ₃	1,08	H ₂ O+	1,95
FeO	2,06	CO ₂	0,57
MnO	0,11	S	0,02
			<hr/> 100,45

Apliti porfiriche.

Queste rocce sono ben note nella letteratura geologica dell'isola d'Elba con l'ambiguo nome di "euriti". Si trovano un po' dovunque associate alla formazione porfirica e sono state generalmente considerate come differenziazioni acide filoniane dei porfidi stessi e quindi a questi successive. Nessuna prova è stata però mai portata a sostegno di questa supposta posteriorità, dato che la maggior parte dei contatti tra queste rocce ed i porfidi sono di natura tettonica.

Ho compiute diverse escursioni nelle zone di affioramento di queste apliti, specialmente nei grandi ammassi sulla costa nord dell'isola ad ovest di Portoferraio, e ne ho tratto conclusioni del tutto opposte. Le apliti porfiriche sono attraversate da filoni di porfido normale e quindi preesistevano a tale roccia. Non ho mai peraltro rinvenuto contatti chiari con le rocce sedimentarie incassanti nè effetti in queste ultime di metamorfismo termico.

L'aplite porfirica fresca è una roccia di colore bianco tendente lievemente al grigio azzurrognolo, a grana finissima e di aspetto simile ad un marmo saccaroide. Quando è alterata appare bianchissima e porcellanacea. Su superfici di frattura fresche si possono osservare ad occhio nudo i piccoli e sporadici cristalletti porfirici di quarzo, feldispati, mica bianca; raramente questi fenocristalli superano i tre millimetri. A differenza dei porfidi normali, quasi sempre molto compatti, queste apliti presentano una intensa fratturazione in grande, talvolta a pilastri prismatici abbastanza regolari. Sulle superfici di frattura compaiono sovente bellissime dendriti di ossidi di manganese.

Nelle due uniche zone in cui tali rocce si ritrovano in uno stato di relativa freschezza, esse presentano caratteristiche molto diverse. Al Crino di Serra, sotto il Castello di Marciana, la roccia è bianca, compatta, a grana fine e cosparsa di minutissime punteggiature scure dovute alla tormalina ed ai suoi prodotti di alterazione. Nella zona di Portoferraio invece la roccia è a grana finissima ed è cosparsa di chiazze sferoidali di colore blu inchiostro. Questi noccioli, costituiti da quarzo e tormalina, sono normalmente della grossezza di un pisello, ma arrivano talvolta al diametro di dieci centimetri ed oltre. Spesso queste chiazze sono adunate in strisce parallele e congiunte tra loro da più minuti aggruppamenti della

stessa composizione, tali da dare all'aplite l'aspetto di roccia stratificata.

In questa zona compare anche una breccia endogena formata da elementi aplitici a spigoli vivi cementati da una pasta bluastra composta esclusivamente di quarzo e tormalina, ossia da una pasta della medesima composizione dei nuclei già ricordati.

Ad est della grande depressione tra il Golfo di Portoferraio e il Golfo della Stella compaiono una diecina di piccoli affioramenti di queste apeliti. In tutti questi ammassi la roccia ha subito un profondo processo di caolinizzazione, tanto che ho ritenuto inutile studiarla e analizzarla, dato inoltre che già esistevano le analisi dell'Aloisi [8] e molte altre analisi tecniche. Infatti la roccia è attivamente estratta per usi industriali poichè, essendo esente da ferro e costituita di caolino, quarzo e feldispati, ben si presta alla fabbricazione delle ceramiche.

Campione n. 1. Non ho ritenuto utile studiare e analizzare più di un campione della roccia presa al Crino di Serra in una cava posta sulla strada che dal Castello di Marciana porta a S. Andrea, perchè l'ammasso è del tutto omogeneo.

Al microscopio la roccia appare costituita da un gran numero di laminette tendenti all'idiomorfismo di un plagioclasio acidissimo associato a quarzo e ad ortose in struttura panallotriomorfa e con qualche laminetta e lacinia di sericite. In questa pasta è riconoscibile, ma non evidente, una struttura fluidale determinata dall'orientamento delle laminette di plagioclasio. Sia l'ortose che l'albite della pasta sono parzialmente sericitizzati e caolinizzati e così pure avviene per i piccoli e rari fenocristalli di questi due minerali, che peraltro mostrano un marcato idiomorfismo e limiti ben netti. I fenocristalli di quarzo sono anch'essi scarsi, quasi sempre riassorbiti ed un poco più grossi di quelli feldispatici. Le tavolette di muscovite sono rare e ben idiomorfe. La tormalina, poco abbondante, compare in cristallotti prismatici spezzati ed in granuli, spesso alterata. Raro lo zirconio, assenti la titanite e l'apatite. Un debolissimo pleocroismo sul marrone può far pensare ad una derivazione dalla biotite di parte della mica bianca, ma la mancanza di altri elementi probativi lascia insoluta la questione.

L'analisi chimica ha dato i seguenti risultati:

SiO ₂	73,22	MgO	0,24
P ₂ O ₅	0,15	K ₂ O	4,32
TiO ₂	ass.	Na ₂ O	3,54
B ₂ O ₃	0,04	H ₂ O—	0,12
Al ₂ O ₃	15,35	H ₂ O+	0,57
Fe ₂ O ₃	0,12	CO ₂	0,31
FeO	0,68	S	0,02
MnO	0,02		<hr/>
CaO	1,13		99,83

Campione n. 2. Ho eseguito un gran numero di sezioni sottili di campioni raccolti in diversi punti del grande ammasso di Monte Bello, ad ovest di Portoferraio, dato che presentavano maggior interesse a causa degli adunamenti di quarzo e tormalina.

La roccia al microscopio appare costituita da una massa fondamentale simile a quella del campione precedentemente descritto, ma più fine e con marcatissima struttura fluidale. I rari fenocristalli di quarzo sono sempre riassorbiti con formazione del caratteristico alone. Per i feldispati si può osservare, come nei porfidi normali, che l'alterazione è prevalentemente caolinica nell'ortose, sericitico-calcitica nei plagioclasti. Di quest'ultimo minerale, le lamine della pasta sono di un termine albitico, i fenocristalli sono invece di oligoclasio.

Le concentrazioni nere sono formate, se fresche, da aggregati di prismetti di tormalina disposti radialmente, interrotti e circondati da un mosaico di granuli di quarzo. La tormalina ha sempre pleocroismo:

ε = incolore o azzurro chiaro

ω = blu scuro.

Buona parte di questi aggregati sostituiscono fenocristalli di ortose, altri compaiono nella pasta, ma si può supporre che anche questi si siano formati prevalentemente a spese del feldispato potassico. Quando i noduli sono alterati, la tormalina risulta sostituita parzialmente o totalmente da sericite con poca clorite e da cubetti di pirite che, a loro volta limonitizzati, impartiscono una colorazione giallastra a tutta la plaga.

Ho ritenuto opportuno eseguire l'analisi chimica sia di un campione di roccia con piccoli noduli di tormalina, sia di un grosso nodulo isolato e freschissimo.

Aplite porfirica n. 2.		Concentrazione quarzo-tormalina	
SiO ₂	72,72	SiO ₂	67,91
P ₂ O ₅	0,01	P ₂ O ₅	ass
TiO ₂	tr	TiO ₂	tr
B ₂ O ₃	0,12	B ₂ O ₃	4,92 ⁽¹⁾
Al ₂ O ₃	16,50	Al ₂ O ₃	16,56
Fe ₂ O ₃	0,25	Fe ₂ O ₃	0,34
FeO	0,40	FeO	6,38
MnO	0,01	MnO	0,34
CaO	0,90	CaO	0,56
MgO	0,40	MgO	0,42
K ₂ O	4,48	K ₂ O	0,20
Na ₂ O	3,39	Na ₂ O	0,68
H ₂ O—	0,22	H ₂ O—	0,32
H ₂ O+	0,84	H ₂ O+	1,11
CO ₂	0,12	CO ₂	ass
S	0,05	S	ass
F	tr	F	0,45
	<hr/>		<hr/>
	100,41		100,19
—O = S	0,02	—O = F	0,19
	<hr/>		<hr/>
	100,39		100,00

⁽¹⁾ Ottenuto per differenza.

Conclusioni.

Per poter formulare qualche ipotesi sulle cause delle trasformazioni subite dalle rocce in esame, ritengo opportuno riassumere brevemente le caratteristiche dei vari minerali interessati da tali trasformazioni.

Ortose. In questo minerale è sempre predominante l'alterazione caolinica. L'alterazione in sericite o non compare affatto, o si manifesta solo nei cristalli più grandi dei campioni maggiormente alterati. Molti cristalli di ortose, grandi e piccoli, contengono della calcite, sia minutamente granulare, sia in grosse plaghe cristalline. In questo caso evidentemente è avvenuta la distruzione completa del reticolo feldispatico con totale asportazione dei prodotti di trasformazione. I grandi cristalli euedrali, nei campioni in cui sono presenti, non mostrano di essere interessati da queste trasforma-

zioni. Infatti sono per la maggior parte freschi o solo parzialmente caolinizzati lungo le tracce di sfaldatura. Sulla trasformazione dell'ortose in un aggregato di quarzo e tormalina parlerò in seguito.

Plagioclasti. L'alterazione caolinica è sempre presente nei plagioclasti acidi della massa fondamentale e nei piccoli cristalli, anche questi acidi. Più diffusa e generale è la trasformazione in sericite. Tale minerale è però sempre più abbondante nei cristalli più grandi e più basici. La calcite è abbondante ovunque, ma naturalmente è più copiosa nei plagioclasti basici, nei quali inoltre compare, ma non è comune, l'alterazione saussurritica. Rara la presenza di tormalina nei plagioclasti.

Biotite. Lo stato di alterazione della biotite non è eguale nei vari campioni. La trasformazione più comune è in clorite e mica bianco-verdina, oppure in clorite, sericite e idrossidi di ferro; comuni sempre i prodotti titaniferi: titanite, rutilo e leucoxeno. Talora dell'originario fenocristallo non rimane che un orlo di clorite circondante un aggregato di calcite e pirite.

Pirite. Si trova in alcuni dei campioni in esame, a volte fresca, a volte alterata, solamente come sostituzione di minerali ferri-feri preesistenti (biotite o tormalina). La formazione di questo minerale è dovuta perciò all'apporto di solo acido solfidrico.

Tormalina. Si trova raramente in singoli cristalletti nella pasta; più comunemente in aggregati fibroso-raggiati associati a quarzo a sostituire parzialmente o totalmente cristalli di ortose. Non sempre questa sostituzione è però evidente. Alcune osservazioni si possono fare sui caratteri ottici e sulla composizione chimica di queste tormaline.

Se prendiamo in esame tutti i tipi di tormalina che compaiono nei filoni aplitici del Monte Capanne, per le quali esistono numerose analisi chimiche dovute al Rammelsberg [12] ed al Manasse [13] e le determinazioni ottiche e cristallografiche di G. D'Achiardi [14, 15], si può facilmente osservare che le numerosissime varietà presentate da questo minerale si possono raggruppare, sulla base delle loro proprietà ottiche e della composizione chimica, in tre tipi.

1) Tormalina ferro-magnesiaca con pleocroismo dominante nei vari toni del verde e del marrone. Tale è quasi sempre la varietà che sostituisce la biotite quale minerale femico nei filoni

aplitici e granitici, dei quali è minerale primario. Rappresenta perciò la varietà di più alta temperatura, compare però anche nelle geodi.

2) Tormalina ferrifera con manganese e pochissimo magnesio; pleocroismo su vari toni dell'azzurro e talvolta ε = rosa ω = azzurro cupo. Tipica della fase pneumatolitica, si trova solo nelle geodi e nei filoni di quarzo e tormalina sia del Monte Capanne che della parte orientale dell'isola d'Elba.

3) Tormalina alcalina, quasi priva sia di ferro che di magnesio, ma generalmente manganesifera. Il suo colore è chiaro con pleocroismo in varie tinte, ma sempre debole e con ε incolore. E' la varietà di più bassa temperatura e si trova quasi esclusivamente nelle geodi che contengono, oltre ai minerali pneumatolitici, anche quelli idrotermali.

Naturalmente esistono tra i vari tipi termini di passaggio che portano alla ben nota variabilità delle tormaline elbane.

La tormalina che si trova nei porfidi e nelle apliti porfiriche appartiene al secondo tipo e ben lo dimostrano sia il pleocroismo, sia i dati dell'analisi chimica. Ho potuto eseguire l'analisi solo su di un nodulo estratto da un'aplite porfirica, poichè non mi è stato possibile isolare la tormalina dei porfidi. Ritengo però di poter egualmente asserire che la tormalina del porfido ha composizione chimica analoga, data l'identità di pleocroismo e di associazione. L'analisi eseguita ha rivelato naturalmente un forte eccesso di silice riportabile all'associazione della tormalina con il quarzo. Va notato a questo proposito che il rapporto $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ nel nodulo è abbastanza vicino a quello dell'ortose. Da tutti i fatti suesposti ritengo per certo che la tormalina non sia minerale di prima consolidazione nei porfidi, come non lo è evidentemente nelle apliti (vedi per queste ultime la breccia cementata della solita associazione quarzo-tormalina).

Poichè non tutti i campioni presi in esame contengono tormalina, ma presentano senza eccezioni in varia misura gli estesi fenomeni di autometamorfismo già descritti, ho ritenuto opportuno eseguire la determinazione spettrografica quantitativa del contenuto in B_2O_3 dei campioni (¹). I valori delle singole determinazioni sono

(¹) Il lavoro è stato eseguito con lo spettrografo nell'ultravioletto «Qu 24 Zeiss» con il dispositivo per l'arco strappato ed elettrodi di rame. Ringrazio

riportati assieme agli altri dati analitici. Si osserva subito che i campioni i quali al microscopio appaiono privi di tormalina, contengono quantità di boro notevolmente inferiori rispetto agli altri, ma eguali rispetto all'aplite porfirica n. 1 che contiene poca tormalina alterata. Possiamo quindi supporre che nei suddetti campioni la tormalina fosse presente in piccola quantità e si sia successivamente alterata, oppure sia tuttora presente nella massa fondamentale in cristalli tanto piccoli da sfuggire alla ricerca ottica. Rimane ad ogni modo la certezza che l'azione dei gas fluoborici si è manifestata anche nei campioni non contenenti tormalina, specialmente se si considera che determinazioni spettrografiche eseguite su vari campioni di granito del Monte Capanne, roccia notoriamente freschissima e priva di tormalina, hanno dato costantemente valori in B_2O_3 da 20 a 50 volte inferiori a quelli dei porfidi considerati.

Sulla base delle considerazioni suesposte, prospetto la serie delle trasformazioni che a mio avviso si sono succedute dopo la messa in posto delle apliti porfiriche e dei porfidi granitici.

1) Fase pneumatolitica con apporto di gas fluoborici e conseguente attacco dei feldspati con prevalenza dell'ortose. Che in questo caso il feldspato più attaccabile sia l'ortose è già noto per i giacimenti primari stanniferi, originati anche questi dall'azione di gas dello stesso tipo. Per le rocce in esame deve esservi stato anche un piccolo apporto di sali di ferro, giacchè la tormalina ferrifera originata da questa trasformazione non ha certamente preso tale metallo dalla mica, unico minerale che contiene ferro in queste rocce. I cristalli di ortose sostituiti dall'aggregato di quarzo e tormalina sono solamente quelli piccoli. La ragione di questa preferenza può ricercarsi nel fatto che i grossissimi cristalli eudrali di ortose si sono formati con tutta probabilità nelle fasi finali del consolidamento del magma e sono quindi più stabili perchè privi di smescolamenti.

2) L'abbassamento della temperatura ed il conseguente fissaggio dei gas acidi porta ad un ambiente idrotermale con circolazione di soluzioni debolmente alcaline costituite principalmente

vivamente il prof. Guido Carobbi, Direttore dell'Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università di Firenze, che mi ha permesso di usare le apparecchiature spettrografiche ivi esistenti, come pure il dott. Franco Tonani, che ha eseguito le determinazioni con un nuovo metodo da lui messo a punto.

da bicarbonati e solfuri di sodio e di potassio, con forte prevalenza del potassio, messo in libertà dalla distruzione del reticolo dell'ortose, con formazione di un minerale, la tormalina, contenente pochi alcali ed in prevalenza sodio. Dal lavoro di W. Noll [16] è noto che questo ambiente è favorevole alla formazione della sericite, che infatti ritroviamo a sostituire abbondantemente i plagioclasti basici più facilmente attaccabili, meno abbondantemente i plagioclasti più acidi e scarsamente l'ortose. Contemporaneamente avviene anche la trasformazione in clorite della mica nera.

3) L'alterazione dei plagioclasti porta nuovamente ad una variazione del pH. Con la formazione della sericite avviene infatti il fissaggio del potassio e la messa in movimento del calcio sotto forma di bicarbonato. Le soluzioni sono perciò a questo punto neutre o debolmente acide e gli alcali scarseggiano. Sempre dal lavoro del Noll sappiamo che queste sono le condizioni di ambiente adatte alla formazione del caolino dall'alterazione dei feldspati.

4) La caolinizzazione dei feldspati e la messa in soluzione delle basi alcaline in queste contenute, riportano il pH a valori elevati, con conseguente formazione di bicarbonati alcalini, precipitazione del carbonato di calcio e fissaggio degli ioni solfidrici sotto forma di pirite a spese dei sali di ferro originatisi dall'alterazione della biotite e talvolta della tormalina. In questo ambiente le porzioni di mica non cloritizzate si decolorano quasi completamente. Avviene anche la saussuritizzazione di quelle porzioni di plagioclasti basici che non erano state interessate dalle trasformazioni già descritte.

5) Caolinizzazione molto avanzata e completa asportazione dei sali di ferro con forte impoverimento in alcali. Questo fenomeno, provocato da una intensa circolazione di acque calde ricche di CO_2 , si osserva, come ho già accennato, solo nei piccoli ammassi di apliti porfiriche che affiorano tra Portoferraio ed il Golfo della Stella e che fanno parte di un esteso piano milonitico. A mio avviso questa ultima trasformazione non è in relazione con i fenomeni di autometamorfismo sopra descritti.

6) Alterazione superficiale. Nulla di particolare vi è da dire; nei campioni da me esaminati, presi tutti in zone in cui lavori recenti avevano messo a nudo la roccia fresca, le azioni di superficie sono poco marcate. Naturalmente le intense trasformazioni dovute all'autometamorfismo rendono i porfidi granitici facile preda

degli agenti superficiali. A questo proposito basta osservare il grande contrasto che presenta la morfologia della parte centrale dell'Elba, dove prevalgono i porfidi, dolce e con fitta vegetazione, rispetto a quella del vicino ammasso granitico del Monte Capanne che, pur essendo costituito da una roccia più antica, è brullo e scoscioso.

Pisa, Istituto di Mineralogia dell'Università, Agosto 1953.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - LOTTI B., *Descrizione geologica dell'isola d'Elba*. Mem. descr. della Carta Geol. d'Italia, Vol. II. Roma, 1886.
- 2 - NESSIG W. R., *Die jüngeren Eruptivgesteine des mittleren Elba*. Zeits. d. d. geolog. Gesell., Vol. XXXV. Berlin, 1883.
- 3 - MATTEUCCI R. V., *Le rocce porfiriche dell'isola d'Elba. Porfido granitico*. Atti Soc. Tosc. Sc. Naturali, Mem., Vol. XIV. Pisa, 1895.
- 4 - MATTEUCCI R. V., *Le rocce porfiriche dell'isola d'Elba. Differenziazioni, modificazioni, ecc.* Boll. Soc. Geol. Ital., Vol. XVI, fasc. I. Roma, 1897.
- 5 - MATTEUCCI R. V., *Le rocce porfiriche dell'isola d'Elba. Apliti porfirica*. Atti Soc. Tosc. Sc. Naturali, Mem., Vol. XVI. Pisa, 1898.
- 6 - DAMOUR R., *Examen chimique de deux roches feldspathiques de l'île d'Elbe*. Ann. Soc. Agr. de Lyon. Lyon, 1851.
- 7 - FUNARO A., *Sulla composizione chimica di alcune rocce feldspatiche dell'isola d'Elba*. Boll. R. Com. Geol. d'Italia, Vol. VII n. 9-10. Roma, 1886.
- 8 - ALOISI P., *Nuove osservazioni sulle così dette miloniti elbane*. Atti Soc. Tosc. Sc. Naturali, Proc. Verb. Vol. XXIV. Pisa, 1915.
- 9 - ALOISI P., *Il Monte Capanne*. Nistri, Pisa, 1920.
- 10 - TREVISAN L., *L'Elba orientale e la sua tettonica di scivolamento per gravità*. Mem. Ist. Geol. dell'Univ. di Padova, Vol. XVI. Padova, 1950.
- 11 - D'ACHIARDI A., *Sui feldspati della Toscana*. Boll. R. Comit. Geol. d'Italia, Vol. II. Roma, 1871.
- 12 - RAMMELSBERG C., *Ueber die chemische Natur der Turmaline*. Sitzungber. k. preuss. Akad. der Wissenschaften, Vol. XXIX. Berlino, 1890.
- 13 - MANASSE E., *Ricerche petrografiche e mineralogiche sul Monte Arco*. Atti Soc. Tosc. Sc. Naturali, Mem., Vol. XXVIII. Pisa, 1912.
- 14 - D'ACHIARDI G., *Le tormaline del granito elbano*. Parte Prima. Ibidem, Vol. XIII. Pisa, 1893.
- 15 - D'ACHIARDI G., *Le tormaline del granito elbano*. Parte Seconda. Ibidem, Vol. XV. Pisa, 1896.
- 16 - NOLL W., *Ueber die Bildungsbedingungen von Kaolin, Montmorillonit, Sericit, ecc.* Min. Petr. Mitteilungen, Band 48. Leipzig, 1936.