

CONRAD BURRI

(Zurigo)

LE PROVINCE PETROGRAFICHE POSTMESOZOICHE  
DELL'ITALIA

Contenuto

Summary - Zusammenfassung

- I. Introduzione
- II. Considerazioni generali sulla tettonica
- III. Plutonismo sinorogenetico
  - A. La provincia toscana terziaria
  - B. La provincia alpina giovane
  - C. Predazzo e Monzoni
- IV. Vulcanismo susseguente  
La provincia toscana quaternaria e la provincia eolica
- V. Vulcanismo finale dell'orlo interno dell'Appennino
  - A. La provincia romana
  - B. La provincia campana
- VI. Vulcanismo finale dell'avanterra appenninico
  - A. La provincia siciliana
  - B. La provincia pugliese
- VII. Vulcanismo finale dell'avanterra alpino  
La provincia sarda
- VIII. Problemi particolari
  - A. I basalti dei Monti Lessini e i Colli Euganei
  - B. Ustica
  - C. Il magma primario trachibasaltico della regione Tirrena
- IX. Riassunto

**Summary.** — For the study of the problem of igneous petrographic provinces viz. the interrelation of orogenic processes and contemporaneous magmatic activity, mountain systems belonging to the young orogenic cycles are especially well suited. Their tectonic structure are not obliterated by still younger tectonic processes, and the igneous rocks produced in connection with the orogenic revolution (with the sole exception of the ophiolites) are not in a metamorphic state.

Of all the regions subject to the world-wide late Mesozoic to Tertiary orogenic cycle, the Mediterranean zone extending from Gibraltar to Asia Minor and the Caucasus is of particular importance as being especially well known with regard to geological structure as well as general character and chemical composition of the igneous rocks related to the folding processes.

In this paper only the central section of the young Mediterranean mountain belt will be considered. It extends from the so-called «sardotunisian Scharung» where the alpine and dinaric branches of the orogene are supposed to be in close contact, south of Sardinia, and includes the so-called «Italien Virgation» in which the two branches are separated by the rigid «Zwischengebirge» of the «Tyrrhenian Mass» and which extends into Tuscany. From there the two branches continue in close association making up the so-called «Alpine Scharung» as far as the east end of the Alps in Stiria. There they separate again into the Carpathian Mountains and the Dinaric chains proper.

If the terminology proposed by H. Stille for the correlation of tectonic phase and contemporaneous magmatic activity during orogenic processes be made use of, the following petrographic provinces can be distinguished for the section of the Mediterranean mountain system considered here.

#### *I. Initial magmatic activity (late Mesozoic to Tertiary).*

Ophiolites (Greenstones) of the Alps and the Apennines. Not considered in detail in this paper. Origin of Magmas: primary basaltic, simatic.

#### *II. Synorogenic to late orogenic plutonic activity (Tertiary)*

Intrusion of acid magmas, mainly granodioritic to granitic in regions near the alpine-dinaric boundary or in the zone of alpine roots. Origin of magmas: by differential anatexis of downfolded sialic matter. In the present state of erosion shown by the young mountain systems considered, the region of the anatexis and granitization proper has not yet been reached (perhaps with exception of the deepest pennine units of the Alps) as is often the case in older mountain systems more deeply eroded and dissected. Only the upper parts are accessible to the observer, where the intrusion took place as homogeneous mobile melts for which the denomination «granitic magmas» is justified.

a) Tertiary Tuscan Province: The Tuscan Islands of Elba, Giglio and Montecristo, the granite of Gavorrano-Ravi and a small occurrence in the Campigliese on the mainland. Provincial character: pacific to weakly mediterranean.

b) Neoalpine Province: The massifs of Traversella and Biella in Piedmont, dykes of the Malcantone (Ticino), the massif of Bregaglia (Bergell) with the tonalite of Sondrio, the Alta Valtellina, dykes of the Bergamascan Alps and the Ortler region, Giudicaria, Mte. Croce and Mte. Ivigna near Merano, the granite of Bressanone, the diorite of Chiusa, Luson, tonalites and the dyke swarm of Val Pusteria, the massif of Vedrette di Ries, the intrusions of Eisenkappel-Schwarzenbach (Austria) and Pohorje (Slovenia). Situated somewhat more to the south are Predazzo and Monzoni (main intrusion with related dykes only). Provincial character pacific to weakly mediterranean. Two series can be distinguished: one of

tonalitic-granodioritic character with higher and another of syenitic character with lower content of normative anorthite.

### III. *Subsequent volcanic activity (Upper Pliocene to Quaternary)*

a) **Quaternary Tuscan Province:** Capraja, Campigliese, Mte. Amiata, Radicofani, Roccastrada, Montecatini and Orciatice, Tolfa, Manziana, Cerveteri, Civitavecchia.

b) **Aeolian Province:** Aeolian Islands and rhyolithes of Calabria.

e) **Ponza Islands:** rhyolitic rocks only, the undersaturated ones being attributed to the final Campanian province.

Although the Aeolian province taken as a whole is of somewhat lower silification than the Quaternary Tuscan one, a fact which accounts for the occurrence of some leucite on Vulcanello and Stromboli, the three subprovinces can be considered as belonging to one distinct petrographic province of pacific to weakly mediterranean character. The magmas are believed to be subsequent to the early Tertiary folding of the Apennines, but to have reached the surface only in late Pliocene (Aeolian Islands) or Quaternary times (Tuscany), following the breakdown and foundering of the Tyrrhenean mass. There is also a certain admixture of trachybasaltic to trachyandesitic melts as are believed to be present in the depths below the Tyrrhenian mass and which rose along the deep fractures produced by this breakdown.

### IV. *Final volcanic activity (Quaternary to recent, partly also Tertiary)*

1) Interior border of the Apennines (Quaternary to recent).

b) **Roman Province (Quaternary to recent).** Mti. Vulsinii, Mti. Cimini, Mti. Sabatini, Alban Hills, Colli Ernici. Provincial character: typically mediterranean. Origin of magmas: The trachybasaltic to trachyandesitic primary magma of the Tyrrhenian region was to a large part desilicated by carbonate syntexis whereby great amounts of leucite-bearing rocks were formed. Not desilicated trachybasaltic to trachyandesitic lavas are also present, especially in the northern part of the province. (Bolsena region).

b) **Campanian Province (Quaternary to recent):** Mti. Aurunci (Rocca Monfina), Phlegrean fields and islands, Ischia, Vesbian Volcano (Somma-Vesuvius), Ponza Islands (undersaturated rocks only). Provincial character: typically mediterranean. Origin of magmas: primary trachybasaltic to trachyandesitic magmas either normally differentiated or desilicated by carbonate syntexis to leucite-bearing rocks. In the vesbian subprovince the progressive desilication by carbonate syntexis from the time the volcano became active onwards is obvious. As the vesbian volcano during its whole history did not develop any secondary vents of importance, the stratigraphical succession of its products and their variation in time can easily be ascertained. It is therefore by this volcano that the key for also understanding the other occurrences of leucitic rocks in Italy is furnished.

In the Auruncian subprovince there is in addition to the leucitic rocks a final rise of not-desilicated trachyandesitic magma. In the phlegrean subprovince and on Ischia, as well as on the Ponza Islands there seems to have been only normal

differentiation towards trachytic members, on Ischia in the later stages also to phonolites with pneumatolytic enrichment of the alkalis.

c) *Ustica (Quaternary).*

Provincial character: atlantic. Origin of magmas: primary basaltic magma. Only to be understood under the assumption that the potash rich trachybasaltic magma which seems to be present below a large part of the Tyrrhenian mass tends towards the south to change into a normal basaltic one.

2) *Vorland of the Apennines*

a) *Sicilian province (Quaternary to recent): Aetna, Mti Iblei, Linosa, Pantelleria (Capo Passero in southern Sicily is identical but upper Cretaceous).* Provincial character: weakly atlantic, showing but little differentiation with the exception of Pantelleria where besides the basaltic lavas trachytic-pantelleritic ones are also present. Origin of Magmas: primary basaltic, on Pantelleria possibly with assimilation of sialic matter.

b) *Apulian Province: Mte Vulture (Pliocene) and Punta delle Pietre Nere (Mte Gargano).* Mte Vulture shows a series of basaltic to phonolitic rocks, partially modified to types of ijolitic and melteigitic composition by carbonate syntesis. On the Punta delle Pietre Nere occur pyroxenitic rocks which are heteromorphic to ankaratrites and show great similarity to certain cognate xenoliths as met with in lavas from Islands of the Atlantic. Origin of magmas: primary basaltic.

3) *Vorland of the Alpine branch*

*Sardinian Province (Oligocene to Miocene).*

Provincial character: complex pacific-atlantic-mediterranean (« sardinian »).

Origin of magmas: mixed, volcanic lavas subsequent to the folding (pacific series), differentiation products of the primary basaltic magma of the ibero-corsardian mass, in some parts modified by assimilation of sialic matter (atlantic series) and differentiation products of the primary trachybasaltic magma of the tyrrhenian region (mediterranean series).

4) *Alps*

a) *Predazzo and Monzoni (nepheline rocks only, upper Tertiary?)* In contrast to the main intrusion, the nepheline rocks with their related dykes are part of the final magmatic activity. Provincial character: atlantic. Origin of magmas: differentiation products of primary basaltic magma.

b) *Monti Lessini, Colli Berici (near Vicenza) and Euganean Hills (near Padova) (upper Cretaceous to Tertiary).*

Provincial character; older phase (upper Cretaceous to lower Miocene), mostly undifferentiated basalts with faint atlantic affinities.

Younger phase (upper Tertiary, generally believed to be connected with the breakdown of the lombard-venetian plain and the Adriatic, present only in the Euganean Hills): complex, weakly atlantic with strong pacific affinities. Origin of magmas: simatic-sialic mixed, differentiation products of primary basaltic magma and magmas subsequent to the folding of the Apennines.

**Zusammenfassung.** — Zum Studium der Beziehungen zwischen der Tektonik eines Erdrindenstückes und dem Provinzialcharakter der gleichzeitig geförderten Eruptivgesteine eignen sich in erster Linie die jungen Faltengebirge, da für diese die bestehenden Verhältniss nicht durch spätere Vorgänge verschleiert werden. Wegen seiner guten Erforschung hinsichtlich Verlauf und Bau der Gebirgsketten sowie der petrographischen Beschaffenheit und des Chemismus der im Zusammenhang mit der Gebirgsbildung geförderten Eruptivgesteine, nimmt das Mittelmeergebiet eine Sonderstellung ein. Wenn auch über den Verlauf der tektonischen Leitlinien im einzelnen noch Differenzen bestehen, so ist doch die Zweistämmigkeit des Orogens unbestritten. Ein nördlicher «alpider» Stamm und ein südlicher, «dinarider», kommen in ihrem Verlaufe mehrfach in sog. «Scharungen» in Kontakt miteinander und verlaufen zwischen diesen getrennt in sog. «Virgationen» um relativ starre Massen, sog. «Zwischengebirge».

Im hier allein betrachteten zentralen Sektor des jungmediterranen Orogens verläuft der alpine Stamm von der sog. sardo-tunesischen Scharung im S Sardinien längs der E-Küste dieser Insel und über die N-Spitze von Corsica in die Toskana, wo er sich wieder mit dem dinariden trifft, welcher seinen Weg über den N Siziliens und die Ketten des Apennins nimmt. Diese sog. italienische Virgation wird durch das Zwischengebirge der Tyrrhenischen Masse bedingt, welches bis zum Miozän Festlandscharakter hatte und heute zum weitaus grössten Teil vom Meere bedeckt wird. Von der Toskana bis in die Steiermark verlaufen Alpiden und Dinariden eng geschart in der sog. Alpen Scharung, um in der Folge als Karpathen und Dinariden i.e.S. wieder auseinander zu streben.

Wendet man für die mit der Gebirgsbildung verknüpfte magmatische Tätigkeit die Terminologie von H. Stille an, so lassen sich für die verschiedenen magmatischen Phasen folgende petrographische Provinzen unterscheiden:

### I. *Initialer Magmatismus*

Ophiolithe des Apennins, Corsicas und der W- und E-Alpen, von spätesozoischem bis tertiärem Alter, heute überwiegend metamorph. Diese Phase wird hier nicht näher betrachtet.

### II. *Synorogener Plutonismus* (jungtertiär, soweit feststellbar)

a) Tertiäre Toskanische Provinz: Elba, Giglio, Monte Cristo, Gavorrano-Ravi, Campigliese Es wurden vorwiegend granodioritische und granitische bis aplitgranitische Magmen gefördert. Provinzialcharakter pazifisch bis schwach mediterran. Die Intrusionen liegen im alpin-dinarischen Grenzgebiet und sind in Bezug auf die Faltung spät- bis unmittelbar postorogen.

b) Jungalpine Provinz: Alter vielfach auf Grund stratigraphischer Kriterien als posttriadisch, auf Grund tektonischer und morphologischer Kriterien als jungtertiär, im Falle des Bergeller Massivs durch absolute Altersbestimmung als Oligozän bestimmt.

Am westalpinen Innenrand (Traversella und Biella) und westlich der Tessiner Kulmination vom Bergeller Massiv über den Adamello und eine Reihe weiterer Massive bis zum Rieserferner (Vedrette di Ries) und Bacher (Pohorje) in Slowe-

nien liegen längs der alpin-dinarischen Grenze und in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft eine Serie von langgestreckten Intrusionen, welche, z. T. nur auf Grund von Analogien, zur Jungalpinen Provinz vereinigt werden können. Für diese lassen sich chemisch zwei Serien unterscheiden, eine tonalitisch-granodioritische mit hohem (al-alk) bei niedrigem alk, und eine syenitische mit niedrigerem (al-alk) bei höherem alk. Der letzteren gehören auch die Gesteine der Hauptintrusion des etwas weiter im S in den Dolomiten gelegenen Gebietes von Predazzo und Monzoni an.

Die Herkunft der Magmen, sowohl der Tertiären Toskanischen, wie auch der Jungalpinen Provinz, wird als sialisch, entstanden durch differenzielle Anatexis tiefgefalteter sialischer Massen angesehen.

### III. *Subsequenter Magmatismus* (spättertiär bis quartär-rezent)

a) **Quartäre Toskanische Provinz:** Capraja, Campigliese, Monte Amiata, Radicofani, Roccastrada, Montecatini-Orciatico, Tolfa, Manziana, Cerveteri-Civitavecchia.

b) **Aeolische Provinz:** Aeolische Inseln und calabresische Rhyolithe.

c) **Ponza-Inseln** (nur die an  $\text{SiO}_2$  übersättigten rhyolitischen Laven). Obwohl die Aeolische Provinz als Ganzes etwas niedriger silifiziert ist als die Quartäre Toskanische Provinz, weisen beide denselben schwachmediterranen Provinzialtypus auf (ähnlich Yellowstone Nationalpark). Die etwas niedrigere Silifizierung der Aeolischen Provinz bedingt für ihre basischen Endglieder (Vulcanello, Stromboli) geringe Leucitführung. Diese Leucitgesteine bilden jedoch keine besondere Serie, sondern sie liegen auf den stetig verlaufenden Variationskurven der Gesamtprovinz und ordnen sich dieser vollkommen ein. Für die rhyolitischen Laven der Ponza-Inseln wird angenommen, dass sie Verbindung zwischen der Quartären Toskanischen und der Aeolischen Provinz herstellen, so dass sich die subsequente Provinz längs des ganzen Apenninenrandes erstreckt. Die trachybasaltisch-trachyandesitischen Gesteine der Ponza-Inseln werden jedoch der finalen Campanischen Provinz zugerechnet.

Die Quartäre Toskanische Provinz ist quartär, die Aeolische spätmiozän-pliozän bis rezent. Für einen zur frühtertiären Apenninenfaltung subsequenten Vulkanismus wäre jedoch eigentlich etwa miozänes Alter zu erwarten. Rein chronologisch wäre somit für die betrachteten Provinzen eher eine Zuteilung zur finalen Phase in Betracht zu ziehen. Dies ist jedoch wegen der starken Differentiation und dem Auftreten liparitischer Laven nicht angängig. Es wird daher angenommen, dass es sich um subsequente Laven im allgemeinen Sinne handelt, dass diese jedoch erst im Quartär, im Zusammenhang mit dem Einbruch der Tyrrhenis, aufgedrückt wurden und ohne diesen Vorgang gar nicht zur Oberfläche aufgedrungen wären. Auf tiefer reichenden Brüchen müssen gleichzeitig auch Schmelzen trachybasaltischer bis trachyandesitischer Natur, wie sie die Tyrrhenis zu unterlagern scheinen, und wie sie für den finalen Magmatismus charakteristisch sind, emporgedrungen sein (Punta dello Zenobitò auf Capraja, Radicofani, Aeolische Inseln z.B.). Vielleicht bedingt überhaupt eine teilweise Vermischung der subsequenten Magmen mit diesen K-reicheren Schmelzen den leicht mediterranen Charakter der beiden Provinzen.

## IV Finaler Vulkanismus (quartär bis rezent, stellenweise tertiär)

## 1) Apenninischer Innenrand

a) Romanische Provinz (quartär): Monti Vulsinii, Monti Cimini, Monti Sabatini, Colli Albani (Vulcano Laziale), Colli Ernici. Provinzialcharakter mediterran. Trachybasaltisches Magma entweder zu Trachyandesiten-Trachyten differenziert oder unter Bildung von Leucitgesteinen durch Karbonatsyntexis desilifiziert.

b) Campanische Provinz (quartär): Monti Aurunci (Rocca Monfina), Phlegräische Felder und Inseln, Ischia, Vesbischer Vulkan (Somma-Vesuv), Ponza-Inseln (ohne die bereits erwähnten Rhyolithe). Provinzialcharakter mediterran. Trachybasaltisches Magma in der aurunkischen und vesbischen Subprovinz durch Karbonatsyntexis unter Bildung von Leucitgesteinen desilifiziert, in der ersteren mit spätem Nachschub von nicht desilifizierten, normal differenzierten trachyandesitischen Schmelzen. In der phlegräisch-ischitanischen Subprovinz und auf Ponza normale Differenzierung zu Trachyten und durch pneumatolytische Alkalianreicherung zu Phonolithen, ohne, oder nur mit ganz untergeordneten, lokalen Desilifizierungsprozessen.

c) Ustica (quartär). Provinzialcharakter atlantisch. Schwach differenziertes, primärbasaltisches Magma. Auf diese Weise nur zu deuten unter der Annahme, dass im südlichen tyrrhenischen Raume das sonst für diesen vorhandene trachybasaltischen Magma durch ein normal- bis alkalibasaltisches abgelöst wird.

## 2) Apenninisches Vorland.

a) Sizilianische Provinz. Quartär bis rezent: Aetna, Monti Iblei, Linosa, Pantelleria (petrographisch und chemisch analog, jedoch älter: Capo Passero). Provinzialcharakter schwach atlantisch, wenig differenziert, ausser auf Pantelleria, wo neben den basaltischen auch trachytisch-pantelleritische Laven auftreten. Herkunft der Magmen primärbasaltisch, eventuell mit Assimilation sialischen Materials (Pantellerite).

b) Apulische Provinz: Monte Vulture bei Melfi (pliozän). Basaltisch-phonolithische Gesteinsserie, teilweise durch Karbonatsyntexis zu ijolithisch-melteigischen Gliedern desilifiziert. Punta delle Pietre Nere (Gargano): Pyroxenitische Gesteine, heteromorph zu Ankaratriten, durch Gipsdiapir emporgeschleppt. Alter nicht bestimmbar, voraussichtlich jung. Herkunft der Magmen: primärbasaltisch.

## 3) Alpines Vorland

Sardische Provinz (oligozän und miozän). Provinzialcharakter: gemischt: Magmen des subsequenten Vulkanismus (pazifische Serie), Differentiate des primärbasaltischen Magmas, eventuell durch Assimilation modifiziert (atlantische Serie), Differentiationsprodukte des tyrrhenischen trachybasaltischen Magmas (mediterrane Serie).

## 4) Alpen

a) Predazzo (Nephelिंगesteine, ?jungtertiär). Im Gegensatz zur Hauptintrusion müssen die jüngeren Nephelिंगesteine mit ihrem Gangfolge zum finalen

Magmatismus gerechnet werden. Provinzialcharakter atlantisch, Herkunft der Magmen: Differentiate des primärbasaltischen Magmas.

b) Lessinische Alpen, Colli Berici, Euganeen (oberkretazisch bis tertiär). Provinzialcharakter: ältere Phase (oberkretazisch bis untermiozän) z. H. undifferenziertes basaltisches Magma, lokal mit atlantischer Tendenz. Jüngere Phase (jungtertiär, nur in den Euganeen vertreten) stark differenziert, Provinzialtypus gemischt, atlantisch mit deutlich pazifischer Tendenz. Herkunft der Magmen: gemischt. Während die ältere Phase sicherlich primärbasaltischen Ursprungs ist, lässt sich die jüngere, euganeische, nur schwer deuten. Es wird angenommen, dass die sauren Laven, sowie die deutlich pazifische Züge zeigenden Andesite, durch eine Vermischung mit subsequenten Magmen der Apenninenfaltung entstanden sind.

Herkunft des trachybasaltischen Magmas des Tyrrhenischen Raumes.

Zahlreiche Beobachtungen zeigen, dass die primäre Magmazone, welche die tyrrhenische Masse unterlagert, mit Ausnahme des Südens (Ustica, S-Sardinien) trachybasaltischer Natur sein muss (A. Rittmann). Diese Besonderheit ist nur sehr schwer zu erklären. Im Sinne einer Arbeitshypothese wird die Vermutung ausgesprochen, dass eine Vermischung von normal- bis alkalibasaltischem Magma mit anatektisch wieder aufgeschmolzenen lamprophyrischen Differentiaten des synorogenen Plutonismus stattgefunden hat. Grund zu dieser Annahme bietet der Umstand, dass der trachybasaltische Charakter sich immer dort nachweisen lässt, wo synorogener Plutonismus entweder konstatierbar ist, oder nach dem Verlauf der orogenen Zonen vermutet werden kann, sowie dass Lamprophyrgänge in den synorogenen Graniten kaum beobachtet werden, so dass angenommen werden darf, dass diese Bildungen aus tektonischen Gründen keine Aufstiegsmöglichkeiten fanden und daher in der Tiefe für differentielle Aufschmelzungen zur Verfügung standen.

## I. - Introduzione.

Una realtà fenomenologica fondamentale della petrografia delle rocce eruttive è che non tutte le possibili combinazioni di minerali e di rocce che si possono immaginare trovino la loro realizzazione concreta in natura. Al contrario tutta una serie di principi restrittivi determina una limitazione del numero dei minerali che possono coesistere nelle rocce eruttive. Altrettanto le rocce stesse formano spesso associazioni analoghe e ben definite che vengono riscontrate non solo nelle diverse regioni della terra ma anche nei diversi periodi della storia geologica. Questo ripetersi della combinazione di determinate rocce ci dimostra che la genesi delle associazioni litologiche deve essere sottoposta a leggi chimico-fisiche di carattere universale. Inoltre: le associazioni litologiche non sono distribuite statisticamente secondo il caso, ma la loro presenza e la loro distribuzione sono intimamente connesse ai feno-

meni geologici. Ne deriva logicamente la conclusione che la presenza e il tipo di associazione litologica si trovano in intimo legame causale con il fenomeno tettonico che ha avuto luogo contemporaneamente. La scoperta di questo concatenamento causale tra processo tettonico e genesi di particolari associazioni litologiche ha condotto, come si sa, al concetto di « provincia petrografica ». Per quanto interessante, non possiamo entrare nei particolari dell'evoluzione storica del concetto. Ci basti riassumere la definizione formulata da P. NIGGLI. « Le rocce, che appartengono durante la loro genesi a una unità geologica, costituiscono una provincia petrografica. Ogni provincia petrografica forma nello stesso tempo una unità regionale ». Per unità geologica si deve quindi intendere una parte di crosta terrestre entro la quale vigono condizioni geologiche uniformi, così ad esempio: una geosinclinale, una zona di corrugamento, un avanterra o retroterra di comportamento rigido, un cratone ecc. Il concetto può naturalmente essere interpretato o in senso più lato, o in senso più ristretto, ottenendo così province di ordine superiore o rispettivamente inferiore. La definizione data da P. NIGGLI è concepita in modo così vasto, che oltre alle province eruttive, essa può essere applicata anche alle province sedimentarie e metamorfiche. Vogliamo qui limitarci al problema delle province eruttive.

Essenziali nello studio delle province petrografiche è trovare le correlazioni che intercorrono fra il processo geologico-tettonico e il tipo dell'associazione litologica ad esso geneticamente legato nel tempo e nello spazio. Evidentemente non tutte le regioni della terra si prestano in ugual modo per questa analisi: è anzi desiderabile, affinché l'analisi possa condurre a risultati tangibili, che i fenomeni messi in correlazione siano ben individuabili e non occultati da processi geologici più recenti. E' nel contempo indispensabile che la regione presa in esame sia studiata scrupolosamente di modo che siano da considerarsi chiariti i fenomeni geologico-tettonici da un lato e i fenomeni petrografici e chimici dall'altro. Tenendo conto dell'opportunità di queste promesse, consegue che particolarmente adatte per una tale analisi sono le formazioni orogenetiche più recenti: tra queste, una posizione tutta particolare spetta a quella mediterranea. Infatti essa rappresenta la zona meglio studiata del grande orogene di corrugamento terziario, che si sviluppa da Gibilterra fino all'Asia minore e poi, attraverso le montagne dell'Iran e del Belucistan, all'Imalaia e, attraverso la Birmania, verso

l'Arcipelago della Sonda. Il settore mediterraneo offre inoltre un abbondante magmatismo, di natura intrusiva ed effusiva, strettamente legato ai processi orogenetici e bene studiato anch'esso.

E nell'ambito della zona mediterranea una posizione tutta particolare assume il settore italiano, non solo per l'abbondanza e la varietà dei fenomeni tettonici e magmatici interessantissimi che vi si riscontrano, ma anche per l'estrema cura con la quale essi sono stati studiati. E dunque nel settore italiano che troviamo realizzate quelle premesse già menzionate che sono indispensabili affinché l'analisi delle correlazioni tra i fenomeni geologico-tettonici e quelli magmatici possa sfociare in risultati positivi.

## II. - Considerazioni generali sulla tettonica.

Pur partendo da teorie tettoniche anche contrastanti, si può ritenere come acquisito che l'orogene mediterraneo risulta di due tronchi: uno settentrionale detto alpino e uno meridionale, detto dinarico. Considerati nella loro globalità, essi si sviluppano parallelamente toccandosi nei punti di convergenza, le cosiddette « Scharungen » e allontanandosi nelle divergenze, le cosiddette « Virgazioni », circondano zone dette « Zwischengebirge » che si sono comportate in modo più o meno rigido pur essendo state coinvolte nell'orogenesi. Le convergenze possono avere uno sviluppo ristretto o allungarsi su distanze notevoli, come nel caso di quella alpina, che va dalla Toscana fino alla Stiria. Vogliamo qui considerare in modo più dettagliato solo l'intervallo che va dalla convergenza sardo-tunisina, localizzata fra la Sardegna e la Tunisia, sino alla fine della convergenza alpina, dove i due tronchi alpino e dinarico dell'orogene tornano ad allontanarsi di nuovo per allungarsi nei Carpazi, rispettivamente nelle Dinaridi (Fig. 1). Fra la convergenza sardo-tunisina e l'inizio di quella alpina nella Toscana, è situata la cosiddetta virgazione italiana che include la massa rigida del Tirreno con carattere di « Zwischengebirge ». In questo settore, il ramo alpino si sviluppa sotto il mare lungo la costa orientale della Sardegna e, attraverso Elba e la punta nord della Corsica, arriva nella Toscana dove converge con il ramo dinarico formante l'Appennino.

Nostro compito è ora cercare di ordinare le abbondanti manifestazioni magmatiche di carattere intrusivo ed effusivo e di età terziaria e quaternaria nel quadro della tettonica: inoltre cercare quali sono le



(A) Collegamento sardo-tunisino tra Sardegna e Tunisia

(B) Collegamento alpino dalla Toscana alla Stiria

— Zona orogenetica centrale (eugeosinclinale) }  
 — Zona orogenetica laterale (miogeosinclinale) } Tronco alpino

— Zona orogenetica centrale (eugeosinclinale) }  
 — Zona orogenetica laterale (miogeosinclinale) } Tronco dinarico

Fig. 1. — Schizzo tettonico della penisola appenninica secondo R. Staub (1933).

relazioni fra i processi magmatici distribuiti nell'intervallo di tempo relativamente lungo che va dal terziario antico all'attuale e le diverse fasi del fenomeno orogenetico.

È ben noto che i processi magmatici durante una orogenesi, subiscono una regolare e tipica variazione. La correlazione normale che intercorre tra le fasi dell'orogenesi e il carattere del magmatismo corrispondente è data dal seguente schema dovuto allo STILLE:

<i>Fase tettonica</i>	<i>Fase magmatica</i>
geosinchinale	magmatismo iniziale (ofiolitico)
orogenetica	plutonismo sinorogenetico (in prevalenza granodioritico-granitico)
quasicratonica	vulcanismo susseguente (in prevalenza andesitico-dacitico, anche liparitico)
eratonica	vulcanismo finale (in prevalenza basaltico alcalino) sconfinante anche sul retroterra e sull'avanterra.

Questa correlazione schematica trova la sua concretizzazione completa in parecchi orogeni, per esempio nelle Cordigliere nord e sudamericane. In altri casi essa è sviluppata solo parzialmente. Non uniforme è la situazione nella regione mediterranea: nei Pirenei, per esempio, si ha solo la fase iniziale; mentre nelle Alpi, manca quasi totalmente il plutonismo sinorogenetico manifestandosi solo nella fase tardiva e manca anche il vulcanismo susseguente. Nei Carpazi sono invece ben rappresentati il plutonismo sinorogenetico e il vulcanismo susseguente e finale.

Per ragioni di tempo e di spazio dobbiamo tralasciare la trattazione del magmatismo ofiolitico iniziale per quanto esso sia abbondantemente sviluppato nelle Alpi (in modo particolare nel penninico delle Alpi Occidentali e della Corsica) e nell'Appennino, e dedicarci all'esame degli altri fenomeni magmatici legati all'orogenesi.

### III. - Plutonismo sinorogenetico.

#### A. *La provincia toscana terziaria.*

Nel settore considerato il plutonismo sinorogenetico legato al corrugamento è rappresentato solo sporadicamente e in una misura abbastanza modesta. Nell'Appennino settentrionale e nella Calabria il cor-

rugamento principale ebbe luogo dal terziario antico fino al miocene inferiore, mentre nell'Appennino centrale e meridionale, nel terziario più recente. Il plutonismo sinorogenetico geneticamente legato ai corrugamenti citati è noto solo nell'area toscana, nel settore dove convergono gli orogeni alpino ed appenninico, e in particolare nelle isole Elba, Giglio e Montecristo e sul continente presso Gavorrano-Ravi e nel Campigliese. Il granito del Monte Capanne ad Elba deve cadere nel priabo-

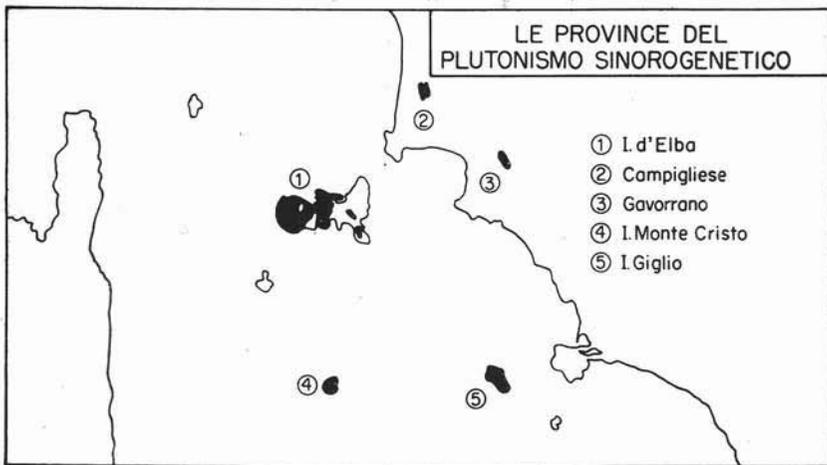


Fig. 2.

niano medio e le rocce filoniane dell'Elba centrale, nell'oligocene antico. Il granito di Gavorrano-Ravi dovrebbe essere leggermente più giovane di quello di Monte Capanne e il granito di Campiglia leggermente più giovane ancora. In rapporto alle fasi principali del corrugamento, essi rappresentano così intrusioni tardive o addirittura postorogenetiche. Non è sicuro che i graniti intrusivi negli Schistes lustrés penninidici della Corsica siano veramente sinorogenetici, perchè i due soli campioni analizzati chimicamente vengono classificati per granito albitico e si allontanano notevolmente dalle rocce della Toscana aventi una composizione che varia da granodioritica a granitica e a aplito-granitica.

Non si conosce un plutonismo sinorogenetico per la Calabria: si potrebbe però confrontare la Toscana anche con le Isole Galite situate sul litorale della Tunisia, in posizione tettonica uguale.

Le giovani rocce intrusive della Toscana e delle isole toscane, che rappresentano il plutonismo sinorogenetico e orogenetico tardivo nella zona di confine tra Appennino ed Alpi, si lasciano raggruppare in una provincia petrografica ben definita (Fig. 2). Questa « Provincia toscana terziaria » è caratterizzata da rocce plutoniche e filoniane di composizione variante da granodioritica ad aplitogranitica, contrassegnata dalla presenza di abbondante tormalina.

#### B. *La provincia alpina giovane.*

Anche nell'ambito della convergenza alpina, le rocce intrusive sinorogenetiche o tardive sono rappresentate solo sporadicamente, soprattutto se confrontate con quelle delle cordigliere nord- e sud- americane. E perciò permesso ammettere che un corrugamento molto intenso del tipo di quello delle Alpi, che ha condotto al carreggiamento delle falde alpine, non è favorevole per la migrazione in alto di grandi masse magmatiche sinorogenetiche. A conferma di questa tesi troviamo che le rocce magmatiche sono effettivamente concentrate nella cosiddetta regione di radice a giacitura verticale e in modo particolare in vicinanza alla linea di confine alpino-dinarico. Nell'area delle falde, esse mancano o la loro esistenza è molto discussa come nel caso della zona del Monte Rosa e degli Alti Tauri. Ma che in queste regioni alpine siano veramente stati mobilizzati magmi alpini giovani ce lo dimostrano i filoni di quarzo aurifero di natura idrotermale, che vengono generalmente interpretati come fenomeni connessi a magmi acidi. Significativi in questo senso sono pure i prodotti di una mobilizzazione anatectica, aventi però carattere di roccia eruttiva, trovati nella regione dei ricoprimenti pennidici più profondi in occasione dello scavo di gallerie di impianti idroelettrici del Cantone Ticino. La massa del Cocco affiorante fra le valli Maggia e Verzasca, la cui posizione non è ancora chiarita, potrebbe eventualmente rientrare in questo ordine di fenomeni magmatici.

Di sicura natura intrusiva alpina giovane sono i massicci di Traversella-Brosso e di Biella nel Piemonte, all'orlo interno delle Alpi Occidentali. Più a ovest si riscontra una serie di filoni di età non esattamente determinabile, ma che con tutta probabilità rientra nello stesso intervallo di tempo. Filoni dello stesso tipo sono meglio noti dal Malcantone nel Canton Ticino. I noti graniti fra la Sesia e il Lago Mag-

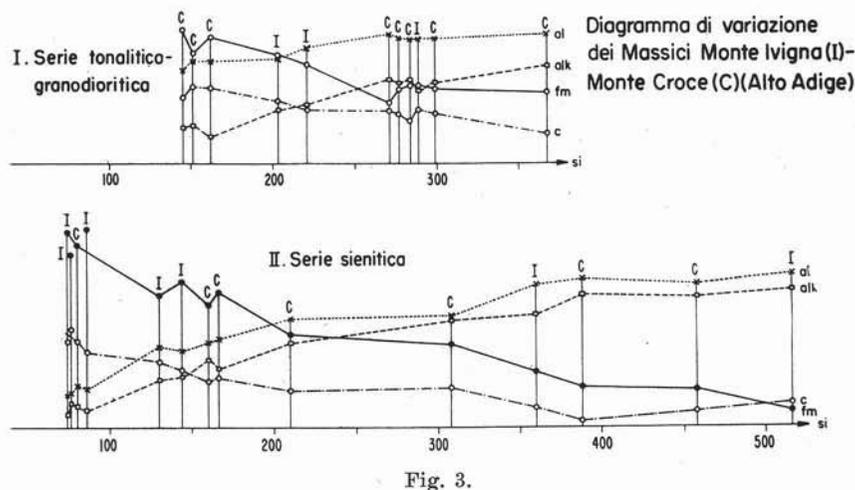
giore, a cui appartengono anche Baveno e Montorfano, furono spesso ritenuti per alpini giovani, ma in base a una recente determinazione assoluta d'età eseguita col metodo K/Ar risultarono di età ercinica, confermando le conclusioni di S. FRANCHI. Ad oriente della culminazione ticinese segue il massiccio della Bregaglia, che dirama apofisi tonalitiche fin nella regione di Bellinzona, e a cui appartiene anche la tonalite di Sondrio in Valtellina. Il massiccio della Bregaglia risulta di una parte tonalitica leggermente più antica a meridione e una parte granodioritica passante a quarzo-scienitica a settentrione. Ancora più giovane è il granito a due miche di Novate - S. Fedelino. L'età del massiccio di Bregaglia si lascia determinare con sicurezza in base alle relazioni stratigrafiche per postliassica: per ragioni tettoniche e morfologiche deve essere terziaria. Questa conclusione trova oggi la sua conferma in una determinazione assoluta d'età secondo il metodo U/Pb che ha dato una età oligocenica. Una zona di pegmatiti giovani con una composizione mineralogica caratteristica, che si sviluppa nella zona di radice dall'Alta Valtellina attraverso il Lario superiore - Bellinzona - Locarno - Brissago fino alla Val d'Ossola e la Val Antrona, dimostra che magmi alpini giovani erano attivi in una vasta area della zona di radice. Rocce più basiche nell'Alta Valtellina e altri affioramenti nel settore del Passo Mortirolo, per quanto insufficientemente studiati, sembrano formare il ponte verso l'Adamello. Secondo il loro carattere petrografico i giovani filoni nelle Alpi Bergamasche devono pure essere inclusi in questo ciclo di fenomeni magmatici giovani. Seguono numerose piccole intrusioni nella regione dell'Ortles e una serie di otto piccole intrusioni tonalitiche lungo la linea della Giudicaria che ci conduce ai massicci di Monte Croce e di Monte Ivigna presso di Merano. Segue poi il più grande dei massicci alpini giovani, il granito di Bressanone, che affiora da Riobianco sulla Talvera fino a Brunico. Un poco al lato sono invece il massiccio dioritico di Chiusa e le intrusioni basiche di Luson, che probabilmente sono pure formazioni alpine giovani. In Val Pusteria si rincontra nuovamente una serie di tonaliti, che in parte rivelano fenomeni di contatto con i sedimenti mesozoici inglobanti; in più, numerosi filoni. A nord della Val Pusteria giace il grande massiccio di Vedrette di Ries con la Cima di Vila. La zona si allunga ancora ulteriormente verso est in Austria passando alle intrusioni granito-tonalitiche di Eisenkappel - Schwarzenbach nelle Caravanche e alle tonaliti di Pohorje.

Tutte queste intrusioni dal Piemonte fino alla Slovenia rappresentano, secondo l'interpretazione moderna, i prodotti del magmatismo sinorogenetico o tardivo del corrugamento alpino e possono essere raggruppate in una provincia alpina giovane, che può essere divisa a sua volta in sottoprovince ciascuna con particolarità proprie. La causa per cui questa interpretazione si è potuta affermare solo da poco tempo è da ricercare nel fatto che solo poche di queste rocce magmatiche giacciono in posizione stratigrafica favorevole per una sicura interpretazione dell'età; inoltre i criteri tettonici e morfologici vi sono solo difficilmente applicabili: sarebbe perciò oltremodo desiderabile tutta una serie di determinazioni dell'età assoluta. Per intanto, come si è già detto, fin ad ora, ne esista una sola per il massiccio della Bregaglia. Si deve inoltre osservare che la maggior parte dei massicci citati è stata sollecitata dalle ultime fasi tettoniche dell'orogenesi, sì che le rocce magmatiche tardive non sono così esenti da effetti meccanici come si era pensato in un primo tempo, ritenendo che il processo orogenetico avesse una durata molto più ridotta e rappresentasse un fenomeno molto più uniforme.

Un ostacolo non indifferente all'interpretazione generale e al riconoscere la coappartenenza di questi massicci fu per lungo tempo il diverso grado raggiunto dalla ricerca nei diversi massicci, in particolare per ciò che riguarda la composizione chimica. Negli ultimi anni però sono stati conseguiti grandi progressi; oggi dovrebbe esistere chiarezza sul fenomeno magmatico considerato nelle sue grandi linee. Ma si dovranno ancora fare molti sforzi, se si vuole che la conoscenza su tutti i massicci alpini giovani arrivi al grado raggiunto per il massiccio dell'Adamello, grazie soprattutto alle numerose e coscienziose ricerche eseguite dalla scuola di Padova.

Il risultato principale di una analisi comparativa dei massicci alpini giovani è che in tutta la provincia sono riconoscibili due tendenze principali nella differenziazione (Fig. 3). L'una, caratterizzata da un  $alk$  relativamente basso accanto a un (al- $alk$ ) alto può essere definita come serie tonalitico-granodioritica. L'altra rivela con ugual sì un  $alk$  sempre più alto e un (al- $alk$ ) più basso, che corrisponde a un contenuto più basso di anortite normativa. Con un  $k$  costantemente alto, risultano rocce sienitiche in senso lato, di modo che la seconda tendenza può essere definita come sienitica. Mentre la tendenza tonalitico-granodioritica assume carattere nettamente pacifico, quella sienitica mostra un

carattere leggermente mediterraneo. Entrambe le tendenze della differenziazione sono ben riconoscibili per esempio nei massicci della Bregaglia, dell'Adamello, del Monte Ivigna e Monte Croce, dove in qualche caso risulta che la tendenza tonalitica è la più antica. Nel massiccio di Vedrette di Ries nettamente dominante è la tendenza tonalitica: analoga sembra essere la situazione nella regione di Pohorje. All'estremo occidentale della provincia dominano condizioni contrarie: a Traversella domina la tendenza sienitica, altrettanto a Biella, dove anzi raggiunge uno sviluppo estremo.



In contrasto con la provincia toscana terziaria, il campo di variazione della provincia alpina giovane è notevolmente più vasto. Nella Toscana sono rappresentati solo le varianti più acide, ma che, soprattutto con le granodioriti, rivelano stretti relazioni con la provincia alpina giovane, relazioni che non devono meravigliare, se si considera l'analogia nella loro posizione tettonica rispetto al confine alpino-dinarico.

### C. Predazzo e Monzoni.

Nelle Dinaridi, nelle Dolomiti di Val di Fassa e di Val di Fiemme, è situata la famosa regione magmatica di Predazzo e Monzoni, di età oggi ritenuta alpina. L'intrusione principale risulta di rocce monzoni-

tico-sienitiche accompagnate da una ricca serie di filoni. A Predazzo abbiamo le monzoniti tipiche per questa specie petrografica, mentre al Monzoni il loro chimismo è più ricco di Na, di modo che queste ultime vengono a cadere soltanto al margine del campo spettante alle monzoniti. Più giovane dell'intrusione principale è un granito che vien interpretato come porfido quarzifero palingenetico, ma che non è stato esaminato chimicamente. Segue, a Predazzo, una sienite nefelinica e una essexite accompagnate da una successione filoniana di porfidi sienitico-nefelinitici, monciquiti, tinguaiti e camptoniti. Le formazioni corrispondenti mancano invece al Monzoni.

Le rocce dell'intrusione principale e dei filoni connessi formano un'associazione che corrisponde in modo soddisfacente alla tendenza sienitica della provincia alpina giovane: ne consegue che esse possono essere considerate come una propaggine meridionale di questa provincia, in cui si è manifestata soltanto la tendenza sienitica. Il complesso foiaitico invece non entra nella tendenza sienitica e perciò sinorogenetico, ma dovrebbe piuttosto rappresentare i prodotti di differenziazione dello strato basaltico primario e corrispondere ai magmi che salgono per fessurazioni profonde nelle regioni tettonicamente consolidate. Nel caso di Predazzo sembra che sia stata la stessa zona di sollecitazione tettonica a convogliare sia i magmi orogenetici tardivi della provincia alpina giovane, sia le rocce nefelinitiche finali. Interessante è inoltre notare che le rocce a nefelina sono presenti solo nella regione di Predazzo dove l'intrusione principale è stata più ricca di K che non al Monzoni, dove prevale il Na. Si potrebbe perciò pensare che a Predazzo, l'intrusione dei magmi foiaitici sia avvenuta solo quando le rocce alpine giovani di carattere sienitico-monzonitico erano già consolidate, mentre a Monzoni si abbia avuto, fino a un certo grado, un rimiscolamento che abbia causato una modificazione del rapporto degli alcalini (con un arricchimento di Na) nell'intrusione principale.

#### IV. - Vulcanismo susseguente.

Le fasi effusive, che seguono al plutonismo sinorogenetico e tardivo, assumono notoriamente un ruolo molto importante nella penisola appenninica e sulle diverse isole; sono di contro molto subordinate nella zona della convergenza alpina. La loro posizione non è senz'altro chiara. R. B. BEHRMANN della scuola di STILLÈ interpreta tutte le formazioni

vulcaniche del continente e delle isole — con l'unica eccezione della liparite di Campiglia, giudicata susseguente — come appartenenti al vulcanismo finale. Ma se si tiene conto che i magmi finali sono generalmente basici e poco differenziati, di modo che vi mancano i termini sovrassaturati di  $\text{SiO}_2$ , risulta che l'interpretazione citata non può essere corretta, anche se dal punto di vista cronologico essa potrebbe sembrare motivata.

Se si considerano corrugamenti con abbondante magmatismo, così ad esempio le Cordigliere sud- e nordamericane, le Isole della Sonda, o del Giappone, i Carpazi, l'orlo interno della Catena betica, si vede che il vulcanismo susseguente assume generalmente carattere andesitico-dacitico e subordinatamente anche liparitico. All'orlo degli orogeni i magmi possono manifestare anzi un leggero arricchimento di K, come nel Yellowstone National Park e anche altrove. Si può spesso osservare come anche nell'avanterra orogenetica vicino si arriva alla formazione di province ricche di K con carattere prettamente mediterraneo. Esempi di questo genere si trovano nello stato di Montana negli USA, nelle province di Murcia ed Albacete in Spagna, a Soembava, Bawéan e nel Celebes meridionale all'interno dell'arco della Sonda, all'interno dell'arco giapponese ecc.

#### *La provincia toscana quaternaria e la provincia eolica.*

In Italia si trovano lave andesitiche leggermente ricche di K a Capraia e lave trachandesitiche-trachibasaltiche più ricche di K legate a trachiti granodioritiche (toscaniti) e a lipariti sulla terraferma della Toscana. È significativo che i noti affioramenti di Capraia, Monte Amiata, Radicofani, Roccastrada e Campiglia si trovino proprio dove l'andamento dell'Appennino cambia da NO-SE a NS. Per ragioni petrografiche vi si debbano includere anche le rocce di Tolfa-Cerveteri-Manziana (per esempio Mte. Calvario, Mte. San Vito) e Civitavecchia benchè poste più a sud. Tutti questi complessi possono essere riuniti in una provincia quaternaria toscana, quaternaria per differenziarla da quella terziaria citata più addietro. Il carattere della provincia può essere definito da pacifico a debolmente mediterraneo. Per quanto corrisponda molto bene con quella del Yellowstone Park, un esame più attento dimostra che nella Toscana il grado di silicizzazione è leggermente più basso: ma con uno spostamento di sole 20 unità-si possono

portare a ricoprimento i diagrammi di variazione delle due province. Una posizione particolare occupano le note selagiti di Montecatini e Orciatice. La loro facies lamprofirica con abbondante biotite dipende con tutta probabilità dall'intrusione laccolitica avvenuta in marne plioceniche ricche di acqua, in quanto durante la consolidazione in profondità l'acqua assorbita non potè essere nuovamente ceduta come sarebbe stato il caso se la consolidazione fosse avvenuta in superficie.

Una provincia molto vicina alla precedente è quella delle Isole Eolie: essa rivela però un grado di silicizzazione ancora un po' più basso di modo che il carattere mediterraneo si manifesta più chiaramente. Se si spostano di 20 unità *si* i diagrammi di variazione della provincia toscana quaternaria verso un *si* minore, le curve di al e alk vengono a ricoprirsi con quelle della provincia eolica. Con questo grado di silicizzazione, i termini basici della provincia arrivano al limite del campo della leucite: ciò spiega la presenza (in parte solo subordinata) di leucite nelle lave povere di  $\text{SiO}_2$  di Vulcanello e probabilmente di Stromboli. Ma si deve notare che le rocce leucitiche non formano corpi differenziati nella provincia eolica in quanto Vulcano e Vulcanello formano una unità petrochimica con una graduale variazione del chimismo.

Nella discussione sulle condizioni petrologiche delle Isole Eolie si deve però sempre tener presente che, nonostante i nuovi contributi di R. JAKOB, le conoscenze sono ancora molto incomplete. Infatti si ha una sola analisi chimica di Panarea e una di Alicudi e nessuna di Salina, che è la più grande delle isole. Perciò non sono da escludere sorprese: per esempio le sole tre analisi, che esistono di Filicudi, sembrano dimostrare che in questa isola il carattere pacifico sia notevolmente più pronunciato che non nelle altre.

Tra la provincia toscana quaternaria e quella eolica si inserisce una lacuna contenente le Isole Pontine che rivelano una associazione di rocce trachibasaltico-trachitiche sottosature di  $\text{SiO}_2$  e di rocce liparitiche intensamente soprassature. Le prime formazioni devono essere attribuite, come si vedrà in seguito, alla provincia Campana, ma siccome in questa provincia mancano completamente i termini soprassaturi, si è costretti ad ammettere che questi ultimi devono essere attribuiti al vulcanismo susseguente formando il ponte fra la provincia quaternaria della Toscana e quella delle Eolie (Fig. 4). Si deve nel contempo ammettere che questi magmi per la loro eruzione abbiano ap-

profittato delle stesse fessure seguite poi dalle lave finali della provincia Campana.

Considerando la loro composizione chimica, le rocce della provincia quaternaria della Toscana e quelle delle Eolie, assieme alle lipa-

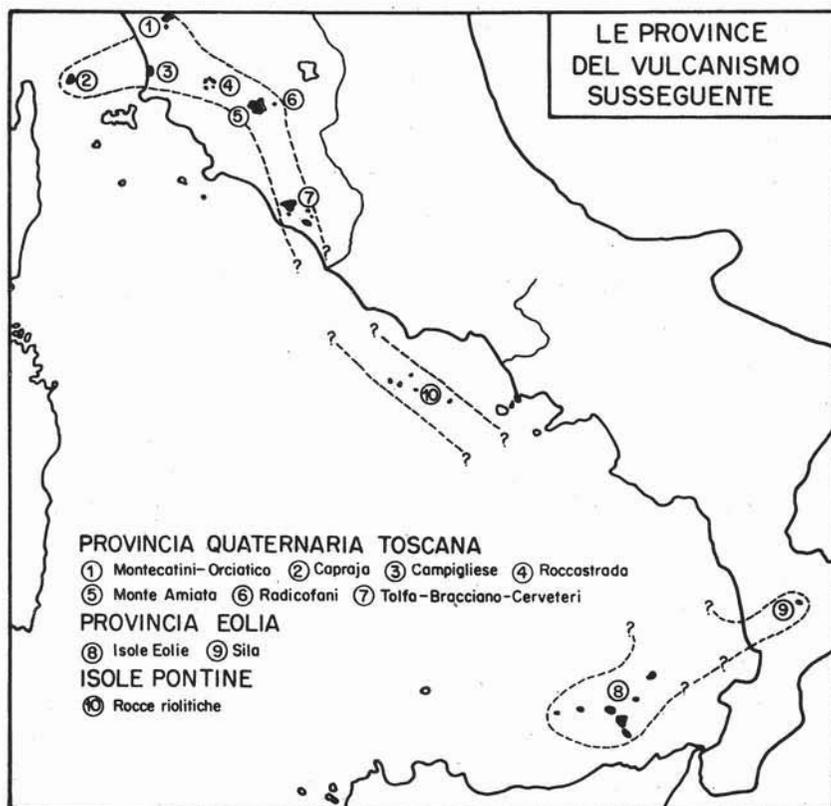


Fig. 4.

riti di Ponza, possono essere attribuite al vulcanismo susseguente legato al corrugamento principale dell'Appennino avvenuto nel terziario antico. Questa tesi è confortata dalla loro posizione che cade nel settore in cui il corrugamento fu particolarmente intenso e dalla presenza di piccoli giacimenti minerali nella regione di Tolfa, poichè il vulcanismo finale, a differenza di quello susseguente, risulta generalmente sterile.

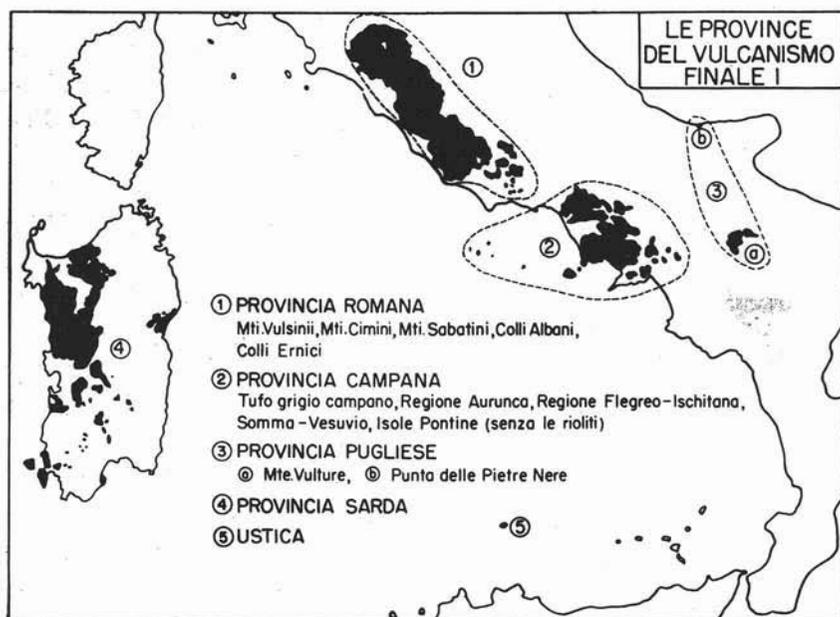
In contrasto con questa tesi sta che il vulcanismo nella Toscana ha avuto il suo inizio soltanto nel quaternario o nel tardo miocene-pliocene come nelle Isole Eolie, e non globalmente nel miocene come sarebbe logico aspettare per un vulcanismo susseguente a un corrugamento avvenuto nel terziario antico. Riguardo alla Toscana, si deve notare che l'età postpliocenica delle formazioni vulcaniche è dimostrata in modo indubbio solo sul continente e non a Capraia, dove il carattere pacifico risulta anzi un poco più manifesto. Ma non si deve dimenticare che il corrugamento dell'Appennino cominciò nel terziario antico e durò fino al pliocene compreso e che in entrambe le province l'effusione dei magmi si trova in legame causale allo sprofondamento della massa tirrenica dal miocene in poi. Diventa così probabile la conclusione che i magmi delle due province si sono formati in profondità, in periodo susseguente rispetto all'orogenesi, ma che non sarebbero mai arrivati in superficie, se non fossero stati spremuti verso l'alto dalla massa tirrenica in fase di sprofondamento. Questa ammissione spiegherebbe infine perchè i magmi hanno iniziato la migrazione già nettamente differenziati, e che la loro massa sia piuttosto ristretta.

Condizioni analoghe possono essere ammesse *mutatis mutandis* per l'arco delle Cieladi, per cui si può conciliare l'età molto giovane con il carattere di vulcanismo susseguente contrassegnato dalla composizione andesitico-dacitico-liparitico delle sue rocce, ammettendo il legame causale della loro messa in posto con lo sprofondamento della massa delle Cieladi.

E infine molto probabile che con lo sprofondamento della massa tirrenica non siano stati spremuti dalle profondità solo magmi susseguenti notevolmente differenziati, ma anche lungo le fratture più profonde, masse fuse di composizione trachibasaltica e trachiandesitica, come nel caso della Punta dello Zenobitò a Capraia, e di Radicofani, o che gli stessi materiali si trovino in forma di inclusioni nelle lave acide, come nel caso del Mte. Amiata. Rocce analoghe non mancano sulle Isole Eolie: anzi tutto il carattere chimico della provincia eolica, con un grado di silicizzazione più basso rispetto alla provincia toscana quaternaria, si lascia forse spiegare ammettendo un rimescolamento più intenso dei magmi susseguenti con le masse trachibasaltiche che abbondavano nelle profondità dell'area del Tirreno.

### V. - Vulcanismo finale dell'orlo interno dell'Appennino.

Interessante è la constatazione che nell'Appennino centrale mancano formazioni vulcaniche del tipo della provincia toscana quaternaria ed eolica, se si fa astrazione dei fenomeni isolati dei Monti di Tolfa e presso Bracciano-Manziana e Cerveteri, che possono essere considerati come propaggini della provincia toscana quaternaria. In questa lacuna



Fi. 5.

dell'interno dell'arco appenninico, durante il quaternario si nota invece una mobilitazione di grandi masse magmatiche che sta in relazione causale con lo sprofondamento della massa tirrena. Questi magmi diedero origine al vulcanismo finale e formarono le due province che vogliamo denominare romana e campana (Fig. 5). In contrasto con le province del vulcanismo susseguente, vi mancano completamente le rocce soprassature di  $\text{SiO}_2$ . I tipi litologici, che vi si riscontrano, si lasciano dedurre da una normale differenziazione per cristallizzazione del magma trachibasaltico, già più volte costatato per la regione del Tir-

reno, dopo un assimilazione sintetica di carbonati, che ha determinato una forte desilicizzazione e ha condotto alla formazione locale di abbondante leucite.

#### A. *La provincia romana*

Questa provincia abbraccia le numerose formazioni vulcaniche che vanno senza interruzione dai Monti Vulsini ai Colli Ernici nella Valle del Sacco. Essa si suddivide in una serie di sottoprovince: quella vulsinia attorno al Lago di Bolsena; quella cimina attorno al Lago di Vico; la sabatina attorno al Lago di Bracciano, l'albana o quella del Vulcano Laziale e infine la ernica. La disposizione coincide con la linea di confine fra l'Appennino calcareo e la massa tirrenica. Queste linee di confine fra un corrugamento giovane e una massa antica rigida sono generalmente zone particolarmente instabili e predestinate alla fessurazione, e, di conseguenza, alla migrazione dei magmi verso l'alto, e ciò in modo particolarmente pronunciato se la massa rigida antica, di carattere cratonico, subisce uno sprofondamento, come nel caso della massa tirrenica.

Nella provincia romana prevalgono rocce leucitiche — come trachiti e fonoliti leucitiche, vicoiti, tefriti leucitiche e leucititi — accanto a tipi trachandesitici e trachibasaltici, come vulsiniti e ciminiti. Digni di particolare attenzione sono inoltre i numerosi massi olocristallini di composizione chimica analoga, che si trovano inclusi, in forma di blocchi, nei tufi vulcanici: essi derivano da piccole intrusioni e da filoni subvulcanici che poterono subire una cristallizzazione totale, nonostante la loro posizione poco profonda, grazie al lento raffreddamento causato da un continuo apporto di calore. Questi massi contengono in parte anche leucite, così ad esempio le missouriti nel Peperino del Vulcano Laziale.

Le rocce della provincia romana formano un'associazione tipicamente mediterranea con una prevalenza di termini a basso grado di silicizzazione. La chiave per l'interpretazione di queste condizioni litologiche ci è fornita dalle note ricerche di RITTMANN sul Monte Somma e sul Vesuvio, le cui conclusioni possono essere applicate alla provincia romana: anche per questi si deve ammettere una desilicizzazione dei magmi originariamente più ricchi di silice per effetto di una assimilazione di rocce carbonatiche e una susseguente differenziazione del

magma sintetico. Questa conclusione non vien solo confortata dalla corrispondenza di molti tipi litologici, ma anche dalla presenza di abbondanti massi proiettati di origine esogena, che rivelano ricristallizzazioni calcifiriche. Anche le potenti formazioni di travertino e le molette sono indizi per una tale origine, favorita inoltre dalle condizioni tettoniche in quanto la superficie di contatto tra l'Appennino calcareo

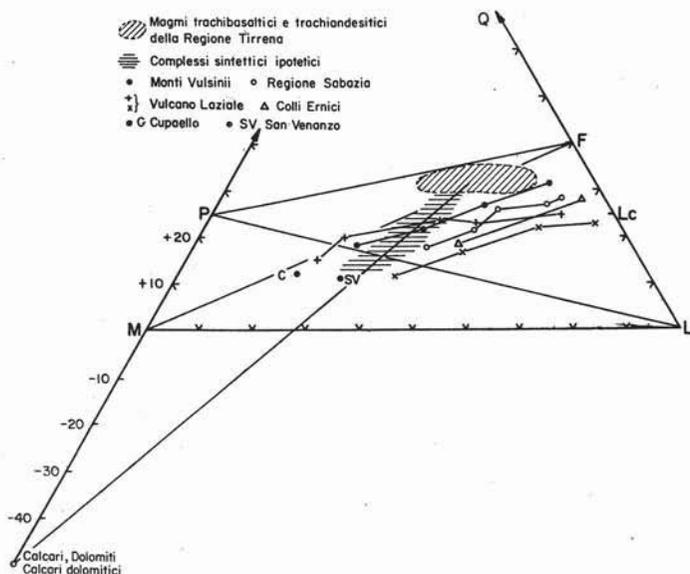


Fig. 6. — Alcune serie di bassa silicizzazione della provincia romana nelle loro relazioni con i magmi trachibasaltici e trachiandesitici della regione tirrena.

e la massa tirrenica risulta predestinata a permettere reazioni in grande scala fra magmi springentisi verso l'alto e rocce calcaree. Ciò è in netto contrasto con le condizioni della provincia toscana quaternaria, dove le inclusioni esogene non sono mai di calcare, ma esclusivamente di scisti cristallini come nel caso del Monte Amiata e che derivano evidentemente dallo zoccolo tirrenico che in profondità si allunga verso nord.

I processi di desilicizzazione agirono con una intensità variabile, di modo che le rocce delle diverse subprovince possono essere distinti appunto secondo il grado di desilicizzazione, che subisce una variazione

molto più grande nella provincia romana che non nel vulcano di Somma-Vesuvio. Esempi per magmi estremamente desilicizzati sono le lave a melilite dei due piccoli vulcani di S. Venanzo e Cupaello, situati in posizione eccentrica nell'Umbria (Fig. 6).

Le rocce prive di leucite associate alle rocce leucitiche, come le vulsiniti e le ciminiti, devono essere considerate quali derivati diretti del magma originario non o poco differenziato e non desilicizzato. Esse sono, almeno in parte, nettamente più antiche delle rocce leucitiche: così ad esempio nelle sottoprovince vulsinia e cimina. Sono invece sconosciute più a meridione, nelle sottoprovince albana ed ernica: si ha perciò l'impressione che il processo di desilicizzazione del magma trachibasaltico aumenti da nord verso sud. Il magma trachibasaltico stesso rappresenta evidentemente il medesimo magma primario già più volte constatato per la massa tirrenica.

#### B. *La provincia campana*

Nel sud-est della provincia romana, il vulcanismo finale raggiunge nuovamente un massimo nella provincia campana, ovvero nella regione del Golfo di Gaeta e di Napoli. Anche questa si lascia suddividere in una serie di sottoprovince: la aurunca con la Rocca Monfina, la flegreo-ischitana (Campi Flegrei, Isole Flegree, Ischia) e la vesbica (Somma-Vesuvio). La sottoprovincia aurunca si ricollega a quella romana in quanto caratterizzata dall'associazione di rocce leucitiche a basso grado di silicizzazione con rocce più siliciche del tipo trachibasaltico-trachiandesitico (Fig. 7). A differenza però della provincia romana, in cui le rocce più siliciche sembrano essere le più antiche, nella provincia aurunca sono nettamente più giovani delle rocce leucitiche (Mte. Santa Croce): deve trattarsi di un tardivo apporto di magma non desilicizzato. Malauguratamente i Monti Aurunci rappresentano una delle regioni vulcaniche più neglette della penisola italiana soprattutto riguardo allo studio del chimismo, di modo che sarebbe azzardato tentare ulteriori deduzioni.

La sottoprovincia più estesa è quella flegreo-ischitana. Per la parte continentale (Campi Flegrei) classica è diventata l'interpretazione di G. de LORENZO, più tardi leggermente modificata da A. RITTMANN, a cui dobbiamo anche una interpretazione della geologia di Ischia. Anche in questo caso l'attività vulcanica è legata allo sprofondamento della massa tirrenica, che ha condotto alla formazione di due sistemi prin-

cipali di fessurazione: l'uno, appenninico, parallelo all'andamento del sistema montuoso omonimo; l'altro, tirrenico, con una deviazione ortogonale al primo. Probabilmente verso la fine del pliocene magmi trachibasaltici salirono lungo le discontinuità nei piani superiori della Crosta terrestre, dando origine a focolari vulcanici secondari che subirono poi una differenziazione a magmi parziali di carattere trachian-

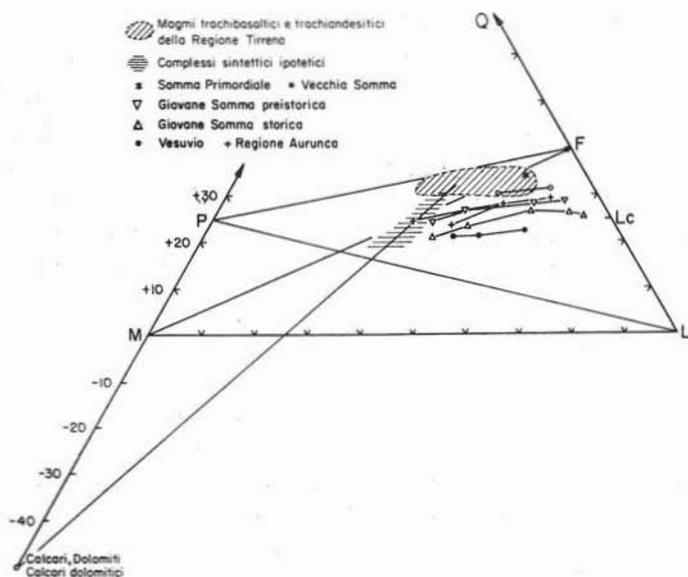


Fig. 7. — Alcune serie di bassa silicizzazione della provincia campana nelle loro relazioni con i magmi trachibasaltici e trachandesitici della regione tirrena.

desitico e trachitico. Di questi focolari secondari i più importanti sono quelli dei Campi Flegrei, di Ischia e del Vulcano Vesuvio (Somma-Vesuvio). Essi subirono evoluzioni diverse. Ad Ischia, secondo RITTMANN, si formò una laccolite sotto la coltre pliocenica di trachibasalto. Nel caso del Vulcano Vesuvio, il focolare magmatico raggiunse, in progressione di tempo, un tetto costituito di mesozoico calcare e dolomitico, che ha determinato a sua volta una successione di magmi sempre più desilicizzati.

Nei Campi Flegrei, la situazione non deve essere stata sostanzialmente diversa che a Ischia in quanto le rocce leucitiche non vi ap-

paiono che sporadicamente. Il focolare magmatico dei Campi Flegrei deve avere avuto piuttosto forma di massiccio, altrimenti tornerebbe incomprensibile l'enorme massa trachitica derivata dalla sua differenziazione. Secondo RITTMANN, la prima manifestazione magmatica fu un vulcano o un complesso di vulcani delle dimensioni di Vulcano Vespico, chiamato Vulcano Arciflegreo: con tutta probabilità uno stratotulcano di tipo misto e di natura prevalentemente trachitica. Una fase esplosiva particolarmente intensa ha prodotto i tufi grigi della Campania e ha determinato la formazione di una enorme caldera. Il seguente ciclo flegreo antico, che corrisponde al primo ciclo di De LORENZO, è caratterizzato dalla deiezione di lave trachitiche. Nelle fasi successive dell'evoluzione vulcanica, i fenomeni diventarono sempre più intensamente esplosivi e condussero infine alla formazione dei tufi gialli della regione di Napoli. Crolli di grandi dimensioni furono la conseguenza di queste esplosioni. Da ultimo abbiamo il ciclo flegreo attuale, corrispondente al terzo periodo flegreo di De LORENZO, che perdura ancora oggi.

La sottoprovincia flegreo-ischitana, a cui si possono aggiungere le rocce non soprassature di  $\text{SiO}_2$  delle Isole Pontine, forma una serie mediterranea, che rappresenta l'evoluzione normale di un magma trachibasaltico sottoposto durante la cristallizzazione a una differenziazione gravitativa. In contrasto con le sottoprovince aurunca e vesbica, processi di desilicizzazione dovuta a sintesi carbonatica ebbero un ruolo assolutamente trascurabile. Rocce intensamente foidiche sono rappresentate solo sporadicamente e possono essere spiegate in base a un arricchimento alcalino dovuto a processi pneumatolitici come nel caso dei tardivi apporti fonolitici di Ischia. Interessante è ancora il fatto che in tutta la provincia mancano rocce soprassature di  $\text{SiO}_2$ , se si fa eccezione delle Isole Pontine con le lipariti pontine, che in un primo tempo vennero attribuite ai magmi susseguenti al corrugamento appenninico e non al vulcanismo finale della provincia campana. Secondo questa interpretazione, esse rappresenterebbero il ponte con la provincia toscana quarternaria e la provincia eolica.

#### VI. - Vulcanismo finale dell'avanterra appenninico.

Le formazioni appartenenti a questo complesso sono situate nel Canale di Tunisi, in Sicilia, nel Monte Vulture in Basilicata e nella Punta delle Pietre Nere presso il Monte Gargano. Le prime due si

lasciano riunire in una provincia siciliana e le due ultime in una pugliese.

A. *La provincia siciliana.*

In Sicilia abbiamo le regioni vulcaniche quaternarie dell'Etna e dei Mti. Iblei, le cui lave rivelano un carattere da debolmente sodio-

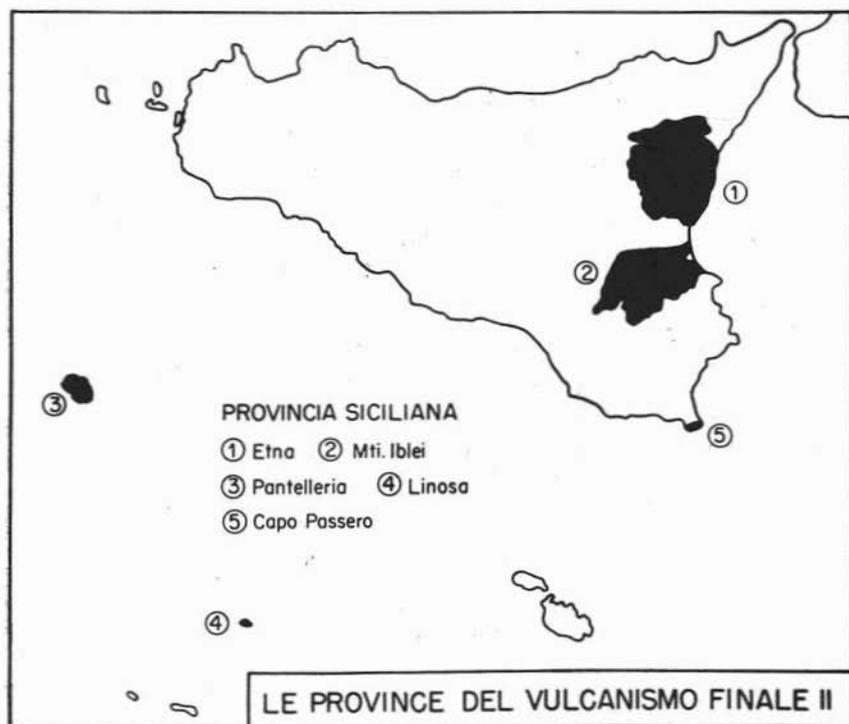


Fig. 8.

gabbrico a essexitico. Non molto dissimili sono le isole Linosa e Pantelleria del Canale di Tunisi: in quest'ultima si aggiungono lave trachitiche e pantelleritiche rivelanti un arricchimento di silicati alcalini di ferro. Questi complessi possono essere riuniti in una provincia siciliana di carattere atlantico (Fig. 8).

Chimicamente coincidenti con queste lave basiche sono quelle del Capo Passero all'estremo meridionale della Sicilia, che sono però notevolmente più antiche in quanto appartenenti al cretaceo superiore.

Esse rappresentano evidentemente differenziati analoghi del magma basaltico primario, che per particolari condizioni erano riuscite a salire in superficie già durante il cretaceo.

#### *B. La provincia pugliese.*

Il vulcano isolato di Mte Vulture presso Melfi rivela una serie basaltico-fonolitica, che venne parzialmente modificata, per effetto di una sintesi carbonatica, verso termini molto debolmente silicizzati di chimismo ijolitico e melteigitico.

Le caratteristiche rocce della Punta delle Pietre Nere del Mte. Gargano rientrano chimicamente nel campo di variazione della serie del Vulture, di modo che è giustificata la riunione dei due complessi, che hanno inoltre comune la posizione tettonica periferica rispetto all'Appennino, in un'unica provincia. Le rocce della Punta delle Pietre Nere vennero descritte a suo tempo come appartenenti a filoni di kersantite: si tratta invece di rocce pirossenitiche con feldispato alcalino, biotite, orneblenda, e in parte con olivina, portate nella loro posizione attuale da fenomeni diapirici. Riguardo alla loro composizione chimica esse sono eteromorfiche ad ankaratriti. Riguardo alla loro composizione mineralogica, rivelano invece forti analogie con certi inclusi endogeni o bombe nelle isole vulcaniche dell'Atlantico. Per quanto l'età non sia determinabile direttamente, la mancanza di fenomeni di alterazione e di metamorfismo e la correlazione nell'ambito della provincia rendono probabile un'età giovane (Fig. 5).

### **VII. - Vulcanismo finale dell'avanterra alpino.**

#### *La provincia sarda.*

Nel settore del Tirreno, l'avanterra del ramo alpino dell'orogene, in massima parte coperta dal mare, risulta formato dal blocco ibero-corso-sardo, che nella regione orientale affiora soltanto nelle isole di Corsica e Sardegna. In Sardegna sono intensamente sviluppate formazioni vulcaniche dell'oligocene e del miocene; invece strano è che mancano completamente in Corsica. Dal lato puramente chimico, in Sardegna si possono distinguere tre serie che si sviluppano su un notevole intervallo di  $\text{SiO}_2$ : in particolare una serie nettamente pacifica, una atlantica e una debolmente mediterranea. La serie atlantica rivela uno sviluppo comenditico-pantelleritico nel sud, sulle isole di S. Pietro e

S. Antioco. Tipi con minerali foidici sono rari. Oltre ad alcune fonoliti sono da citare soltanto le note rocce ad analcime del tipo scanoite. Tipi soprassaturati in  $\text{SiO}_2$  sono comuni a tutte le tre serie.

Il tentativo di ordinare questi fenomeni vulcanici nella loro successione cronologica, per quanto desiderabile e di grande interesse, soprattutto riguardo alla loro complessità, incontra purtroppo difficoltà tanto grandi che si è quasi tentati a credere che il problema non possa essere risolto che parzialmente. Una delle difficoltà maggiori è determinata da tutta una fitta serie di faglie che dissolvono l'isola in blocchi così spostati gli uni rispetto agli altri (talvolta con dislocazioni di notevole portata), che è estremamente difficile stabilire i rapporti di età che intercorrono fra le diverse formazioni. Però, in base ai risultati ottenuti finora nell'analisi geologica, si può ammettere che fra l'età e il tipo chimico delle lave non intercorre una relazione semplice. Sembra anzi che le lave delle tre serie si siano prodotte in alternanza, talvolta contemporaneamente, così che non è riconoscibile una linea uniforme nell'evoluzione dei magmi. La Sardegna offre così l'esempio convincente di una provincia mista e si può capire perchè a suo tempo venne proposto il termine di « sardo » per caratterizzare province di questa natura. La mancata ulteriore applicazione del concetto è dovuta al fatto che il tipo di « provincia sarda » è estremamente raro sulla terra.

Il carattere misto della provincia sarda diventa comprensibile se si esamina la posizione geologico-tettonica della Sardegna nell'ambito dell'orogene mediterraneo. Il ramo alpino dell'orogene si sviluppa dalla penisola di Bastia nel nord della Corsica lungo la costa orientale della Sardegna, dove gli effetti del corrugamento sono ben riconoscibili nell'isola stessa. I tipi pacifici tra i vulcaniti sardi si lasciano perciò interpretare quali esponenti del vulcanismo susseguente al corrugamento alpino. D'altra parte la Sardegna rappresenta la propaggine sud-orientale del blocco iberocorso-sardo appartenendo a un orogene intermedio, ovvero a un « *Zwischengebirge* »: essa risulta così essere l'immediato avanterra del corrugamento alpino. Tenendo ora conto che in Spagna e in Portogallo il vulcanismo giovane di tutto il blocco tra la Cordigliera betica e i Pirenei assume carattere atlantico, diventa spiegabile l'esistenza di una serie atlantica anche in Sardegna, entro la quale, le lave comenditico-pantelleritiche di S. Pietro e S. Antioco nel sud dell'isola rivelano una stretta parentela con quelle dell'Isola di Pantelleria situata dall'altra parte dell'orogene. Infine la presenza di una serie mediterranea diventa pure comprensibile, se si pensa

all'ampia distribuzione che godono tali rocce nell'area del Mar Tirreno e poi allo strato basaltico primario della regione, che deve avere, come si è già più volte ricordato, carattere trachibasaltico.

### VIII. - Problemi particolari.

Per le province petrografiche considerate finora si sono potute individuare correlazioni plausibili fra il chimismo dei magmi e la posizione tettonica, correlazioni rette da leggi di validità generale: esiste pertanto un piccolo numero di casi che rappresentano presumibilmente delle eccezioni e devono di conseguenza essere considerati separatamente. Si tratta della regione basaltica dei Mti. Lessini compresi i Colli Berici ed i Colli Euganei e infine la piccola Isola di Ustica nel meridione del Mar Tirreno.

#### *A. I basalti dei Monti Lessini e i Colli Euganei*

La vasta regione basaltica dei Monti Lessini, con uno sviluppo massimo tra Verona e il Golfo di Schio, che si estende verso ovest fino al Mte. Baldo e verso sudest fino ai Colli Berici, potrebbe essere interpretata come manifestazione del vulcanismo finale della fase austriaca del corrugamento alpino. Le effusioni ebbero inizio nel cretaceo superiore e durarono fino nell'oligocene. Si tratta in primo luogo di basalti olivini normali, in parte con inclusioni ultrabasiche. Rocce filoniane più giovani (però non esaminate chimicamente), sembrano essere, almeno nella regione dei Sette Comuni, più ricche di sodio.

All'attività dei Monti Lessini è da attribuire anche la prima fase del vulcanismo dei Colli Euganei presso Padova, le cui eruzioni cominciarono dopo la sedimentazione del cretaceo superiore e sono coetanee con le marne del miocene inferiore. Una seconda fase, del vulcanismo euganeo, molto più ricca in tipi diversi della prima, vien messa in correlazione con lo sprofondamento della Pianura Padana e dell'Adriatico, avvenuto nell'oligocene e nel pontiano: i suoi prodotti sono andesitici, trachandesitici, trachitici, trachiliparitici e liparitici. Nella zona centrale di Cingolina e Galzignano vi si aggiungono rocce olocristalline subvulcaniche, probabilmente dovute ad apporti tardivi. Non sono esaminate chimicamente. Le trachandesiti e le trachiti rappresentano con tutta probabilità derivati del magma basaltico, della provincia lessinica, nel frattempo differenziato. Maggiori difficoltà presenta la de-

rivazione dei tipi leucoquarzodioritici, K-nordmarchitici e alcaligranitici passanti a alcaligranito-aplitici. La situazione si complica ulteriormente per la presenza di rocce andesitiche molto simili alle andesiti normali delle province pacifiche, che avvicinano tutta la provincia euganea al tipo pacifico. L'associazione che ne risulta torna quanto mai eccezionale soprattutto se la si vuole derivare dalla differenziazione gravitativa per cristallizzazione di un unico magma primario di carattere basaltico come quello dei Mti. Lessini. Ci si può perciò domandare se non sarebbe opportuno limitare la derivazione per differenziazione da un magma basaltico olivinitico solo alle rocce sottosature e leggermente soprassature di  $\text{SiO}_2$  e cercare un'altra interpretazione per i termini acidi del tipo delle trachilipariti e lipariti. Questa tesi sembra ancora più motivata dal fatto che nella provincia lessina mancano completamente accenni per la formazione di rocce soprassature di  $\text{SiO}_2$  e che le rocce filoniane dei Sette Comuni rivelano inoltre tendenze completamente diverse.

Per i Colli Euganei, dato che si trovano non lontani dell'orlo esterno dell'Appennino, dove il corrugamento perdurò fino al terziario recente, torna logico pensare che le rocce acide derivano dai magmi del vulcanismo susseguente al corrugamento appenninico, ma che solo lo sprofondamento della Pianura Padana abbia mobilizzato i magmi spremendoli verso l'alto lungo discontinuità già esistenti. La messa in posto di questi magmi, eventualmente con l'intervento di un rimescolamento con i differenziati trachandesitici-trachitici dei basalti lessinici, potrebbe infine spiegare il carattere calco-alcalino molto pronunciato di parecchie rocce e di tutta la provincia euganea.

### B. *Ustica*

La piccola isola di Ustica giace nel meridione del Mare Tirreno. Il carattere delle sue lave varia da Na-gabbriico a Na-trachitico. Vi troviamo quindi un'associazione atlantica poco differenziata, che non è tanto facile da spiegare in rapporto alla sua posizione. Per quanto Ustica giaccia a breve distanza dalle Isole Eolie, in particolare sulla continuazione diretta della linea est-ovest delle isole Salina, Filicudi e Alicudi, non mostra, almeno secondo le conoscenze attuali, alcuna relazione chimica e petrografica con loro. Tettonicamente, Ustica è situata nel retroterra appenninico nell'ambito della massa tirrenica e dovrebbe rappresentare una manifestazione del vulcanismo finale. Il carattere

atlantico delle sue lave tornerebbe senz'altro comprensibile, se non esistessero numerosi fenomeni — già più volte citati — che ci costringono ad ammettere che sotto al blocco tirrenico lo strato di magma primario deve aver avuto una composizione K-trachiandesitica. Siccome le lave di Ustica non si lasciano derivare da un simile magma primario, si è costretti a concludere che questo non si estenda sotto tutta la massa tirrenica e che nel meridione il magma trachibasaltico sia sostituito da magmi basaltici normali o leggermente sodici. Con essi potrebbero infine avere una relazione le abbondanti rocce sodiche delle isole S. Pietro e S. Antioeo nel meridione della Sardegna.

### C. *Il magma primario trachibasaltico della zona del Tirreno.*

Carattere particolare assume l'area del Tirreno con il suo magma primario formante il substrato della massa tirrenica, che rivela un chimismo non comune: esso non è basaltico a olivina, ma corrisponde, come l'ha indicato per la prima volta A. RITTMANN, a una trachiandesite olivinica ricca di potassio. Questa conclusione è confortata dall'esistenza delle corrispondenti rocce ad Ischia o in forma di inclusioni nei tufi verdi dell'Epomeo o in forma di vere deiezioni come sulle Isole Ponza. Trachibasalti analoghi o trachiandesiti strettamente imparentate ai primi in quanto generate dalla loro differenziazione sono presenti in forma di apporti pro parte anche tardivi nelle province toscana quaternaria, eolica, romana e campana assieme a tipi estremamente differenziati o a tipi desilicizzati. Tutto ciò sta a dimostrare la grande estensione di detto magma. Sorge ora logicamente la domanda, se esiste una spiegazione accettabile per questa particolarità della regione tirrenica. Siamo a priori convinti che questa spiegazione non può esulare dalla pura e semplice speculazione scientifica, ma essa può servirci come ipotesi di lavoro che dovrà ulteriormente essere verificata alla luce dei nuovi ritrovamenti della ricerca.

Dalla distribuzione già citata delle formazioni trachibasaltiche e dei loro differenziati si può dedurre con certezza che il magma primario trachibasaltico doveva esistere lungo il lato orientale della massa tirrenica, da Capraia sino alle Isole Eolie. Dalla presenza della serie mediterranea in Sardegna segue che il magma doveva esistere anche lungo il lato occidentale. Ma dalla presenza di lave atlantiche ad Ustica e di lave comenditico-pantelleritiche a S. Pietro e S. Antioeo si può concludere che la situazione primaria non ha valore per il lato sud e

forse anche per la parte centrale della massa tirrenica. Se questa conclusione doveste dimostrarsi corretta, i magmi trachibasaltici si concentrerebbero sostanzialmente solo nelle zone marginali dove fu attiva la giovane orogenesi. In più dovrebbe esistere un legame causale tra i due fenomeni. Nell'area tirrenica, il magmatismo sinorogenetico è purtroppo solo rappresentato, e in modo assai limitato, nella provincia toscana terziaria. Ma se si tiene conto della presenza di rocce analoghe nelle Isole Galite, è probabilmente permesso ammettere che magmi analoghi siano stati mobilizzati anche in altre regioni della massa tirrenica vicine alle zone di corrugamento e geneticamente legati ad esso, ma non accessibili all'osservazione. D'altra parte ogni magma granitico è in grado di segregare la biotite in una prima fase della cristallizzazione e di conseguenza di dar origine, per mezzo della differenziazione gravitativa, a magmi parziali di carattere lamprofirico ricchi di potassio, che possono poi essere, in una fase tardiva del consolidamento, spremuti in fessure formando i filoni lamprofirici, o, se le premesse non sono favorevoli, cristallizzarsi in profondità dando origine a masse di segregazioni lamprofiriche, rimanendo così inaccessibili all'osservazione. Nelle fasi susseguente e finale con l'apporto di nuove masse magmatiche, tali differenziati lamprofirici potrebbero liquefarsi per anatessi differenziale e mescolarsi con i nuovi magmi modificandoli nel senso di un arricchimento di potassio. In questo modo magmi basaltici normali potrebbero trasformarsi in magmi trachibasaltici.

#### IX. - Riassunto.

Nel settore, che si estende dalla convergenza sardo-tunisina fino alla Stiria, la giovane attività magmatica, che si trova in legame causale con il corrugamento alpino, può essere riassuntivamente caratterizzata nel modo seguente:

##### I. *Magmatismo iniziale* (tardomesozoico-terziario):

Ofioliti delle Alpi e dell'Appennino. Numerosi giacimenti non trattati nel dettaglio. Origine dei magmi: basaltica primaria (sismatica).

##### II. *Plutonismo da sinorogenetico a orogenetico tardivo* (terziario):

Intrusione di magmi granitici (in senso lato) nella zona di confine tra i sistemi alpino e dinarico e nella zona di radice.

a) *Provincia toscana terziaria*: Elba, Giglio, Montecristo, Gavorrano-Ravi, Campigliese. Carattere della provincia: da pacifico a debolmente mediterraneo.

b) *Provincia alpina giovane*: Biella, Traversella, filoni del Malcantone, Massiccio della Bregaglia con la tonalite di Sondrio, Alta Valtellina, Adamello, filoni delle Alpi Bergamasche, regione dell'Ortles, Giudicaria, Mte. Croce, Mte. Ivigna, granito di Bressanone e Cima di Rensen, diorite di Chiusa, Luson, tonalite e filoni della Valle Pusteria, Vedrette di Ries, Eisenkappel-Schwarzenbach (Austria) e Pohorje (Slovenia). Più a sud, ma ancora appartenenti alla stessa provincia: Predazzo e Monzoni (intrusione principale e sequenza filoniana, ma senza rocce a nefelina) e forse anche alcuni filoni nella massa della Cima d'Asta. Carattere della provincia: da pacifico a mediterraneo. Sono presenti due serie: una « tonalitico-granodioritica » (pacifica) e una « sienitica » (mediterranea). Origine dei magmi: sialica, per effetto di una anatessi differenziale del materiale sialico. Allo stato attuale dell'erosione del sistema corrugato alpino, forse, ad eccezione delle unità pennidiche più profonde, non è ancora raggiunto il livello dell'anatessi e della granitizzazione stessa come negli orogeni antiche e più profondamente erosi: Nell'orogene alpino sono accessibili solo i piani superiori dell'edificio tettonico in cui le intrusioni ebbero luogo in forma di masse fuse omogenee, per cui il termine di magma granitico è assolutamente giustificato.

### III. *Vulcanismo susseguente* (quaternario, in parte tardo pliocene):

a) *Provincia toscana quaternaria*: Capraia, Campigliese, Mte. Amiata, Radicofani, Roccastrada, Montecatini e Orciatice, Tolfa, Manziiana, Cerveteri, Civitavecchia.

b) *Provincia eolica*: Isole Eolie, rioliti della Calabria.

c) *Isole Pontine*: (solo rocce soprassature di  $\text{SiO}_2$ ). Carattere delle provincie: da pacifico a debolmente mediterraneo; la provincia eolica, un poco meno silicizzata è leggermente più mediterranea della provincia toscana.

Origine dei magmi: in prevalenza sialica, magmi susseguenti al corrugamento appenninico, ma saliti alla superficie per effetto dello sprofondamento della massa del Tirreno solo nel tardo pliocene (pro-

vincia eolica), rispettivamente nel quaternario (provincia toscana) dopo un rimescolamento con magma primario trachibasaltico passante a trachiandesitico.

#### IV. *Vulcanismo finale* (quaternario-recente, in parte terziario):

##### 1. *Orlo interno dell'Appennino*

a) *Provincia romana*: Mti. Vulsinii, Mti. Cimini, Mti. Sabatini, Colli Albani (Vulcano Laziale), Colli Ernici (quaternario). Carattere della provincia: mediterraneo. Origine dei magmi: magma originariamente trachibasaltico-trachiandesitico, in massima parte desilicizzata per sintesi carbonatica con formazione di rocce leucitiche.

b) *Provincia campana*: Mti. Aurunci (Rocca Monfina), Campi Flegrei, Isole Flegree, Ischia, Vulcano vesbio (Somma-Vesuvio), Isole di Ponza (fatta eccezione delle lave soprassature di  $\text{SiO}_2$  appartenenti al vulcanismo susseguente) (quaternario).

Carattere della provincia: mediterraneo.

Origine dei magmi: magma primario trachibasaltico-trachiandesitico. Nelle subprovince aurunca e vesbica: desilicizzato per sintesi carbonatica, con formazione di rocce leucitiche, nella prima con apporto tardivo di trachiandesiti non desilicizzate. Nelle subprovince flegreoischitana e ponziana: differenziazione normale e pro parte anche pneumolitica a fonoliti, senza desilicizzazione.

##### c) *Ustica* (quaternario).

Carattere della provincia: atlantico.

Origine dei magmi: simatica, magma basaltico primario, differenziato. Solo interpretabile, se si ammette che il magma trachibasaltico vien sostituito da magma basaltico normale nella parte meridionale del Tirreno.

##### 2. *Avanterra dell'Appennino.*

a) *Provincia siciliana*: Etna, Mti. Iblei, Linosa, Pantelleria (quaternario-recente) (Capo Passero: corrisponde nel carattere petrografico-chimico, ma più antico).

Carattere della provincia: debolmente atlantico, poco differenziato ad eccezione di Pantelleria, dove si trovano accanto a lave basaltiche anche lave trachitico-pantelleritiche.

Origine dei magmi: simatica, basaltica primaria, eventualmente con assimilazione di materiale sialico (Pantelleria).

b) **Provincia pugliese:** Mte. Vulture (pliocene), Punta delle Pietre Nere del Mte. Gargano. Vulture: serie basaltico-fonolitica, parzialmente modificata in termini ijolitico-melteigitici per desilicizzazione dovuta a sintesi carbonatica. Punta delle Pietre Nere: rocce pirossenitiche (in diapiro di gesso) eteromorfe ad ancaratriti.

Origine dei magmi: simatica, basaltica primaria.

### 3. *Avanterra delle Alpi*

**Provincia Sarda:** (oligocene e miocene).

Carattere della provincia: complesso; pacifico-atlantico-mediterraneo (« sarda »).

Origine dei magmi: complessa; magmi del vulcanismo susseguente, prodotti di differenziazione del magma basaltico primario, eventualmente modificato per assimilazione, prodotti di differenziazione del magma tirrenico trachibasaltico.

### 4. *Alpi*

a) **Predazzo:** (rocce a nefelina) (terziario giovane ?).

A differenza dell'intrusione principale, le sieniti e nefelina con la loro sequenza filoniana devono essere attribuite al magmatismo finale.

Carattere della provincia: atlantico.

Origine dei magmi: simatica, prodotti di differenziazione del magma basaltico primario.

b) **Mti. Lessini, Colli Berici, Colli Euganei** (cretacico superiore-terziario).

Carattere della provincia: fase più antica (cretacico superiore-miocene inferiore) in prevalenza non differenziata con leggera tendenza atlantica; fase più giovane (terziario superiore rappresentato solo negli Euganei) complessa, debolmente atlantico con forte tendenza pacifica.

Origine dei magmi: simatica-sialica mista; prodotti di differenziazione del magma basaltico primario e magmi susseguenti al corrugamento appenninico.

Ringrazio i colleghi Prof. E. Dal Vesco (Zurigo) e G. Schiavinato (Milano) dell'aiuto prestatomi nella redazione italiana del manoscritto.