

SULLA GEOLOGIA DELLE ALPI APUANE^(*)

(Con una tavola)

FELICE IPPOLITO

SVMMARIVM. — Exponit Auctor ut, ex geologicis investigationibus in Alpihus apuanis peractis, duae laciniae (tuscanica et ligustica) tegimenti inventae sint supra autoctonum; qua de re autoctoni et laciniarum tectonicam perhibet, et orogeneseos rationes.

PREMESSA

Riassumo qui per sommi capi taluni risultati scientifici degli studi geologici eseguiti, sotto la direzione del Prof. Dr. ALFREDO RITTMANN, dal Centro Ricerche Geominerarie dell'I. R. I. nelle Alpi Apuane durante gli anni 1942 e 1943 ⁽¹⁾. Come già per la contigua zona del M. Pisano ⁽²⁾ lo studio ha dimostrato che tutta la pila dei sedimenti, a prescindere da quelli più recenti dal Pontico ad oggi, deve scindersi in tre serie e precisamente, dall'alto in basso:

3. *Serie ligurica*, dal Malm all'Eocene Inferiore;
2. *Serie toscana*, dal Trias Medio-Superiore ⁽³⁾ all'Eocene;
1. *Serie autoctona e parautoctona*, dal Permo-Carbonico all'Eocene.

(*) Memoria presentata dall'Accademico Pontificio Giorgio Dal Piaz il 4 ottobre 1945.

⁽¹⁾ Lo studio completo vedrà a suo tempo la luce, assieme a quello del M. Pisano, in una monografia che ha in preparazione il Prof. A. RITTMANN.

⁽²⁾ Per cui vedi alla Bibliografia ai numeri [4], [8], [9], [11].

⁽³⁾ Eventualmente con lembi di Paleozoico alla base.

STRATIGRAFIA

La serie autoctona comprende tutti i terreni, dal Paleozoico fino all'Eocene Inferiore, riuniti dallo ZACCAGNA [24] sotto le denominazioni: «scisti inferiori», grezzoni, marmi e «scisti superiori». La successione di questi terreni è in molti punti del tutto normale dal Paleozoico fino al Lias incluso (calcari stratificati chiari con selce). I terreni più recenti si trovano racchiusi nei cosiddetti «scisti superiori» di ZACCAGNA, i quali rappresentano una zona di miscuglio tettonico e quindi non mostrano in nessuna località la loro successione normale indisturbata. Inoltre tutta la serie autoctona è stata sottoposta ad un dinamo-metamorfismo abbastanza marcato. Pertanto i calcari puri sono trasformati in marmi, i calcari argillosi in cipolliui, i calcari marnosi in calcescisti, mentre le arenarie si presentano sotto forma di pseudomacigno e le rocce pelitiche come filladi. Soltanto i calcari a selce del Lias Medio e Superiore, i diaspri del Giura Superiore e qualche lembo di calcare nummulitico hanno conservato il loro carattere litologico quasi inalterato.

La serie toscana comprende la medesima serie litologica dell'autoctono, non metamorfosata. Solo però in qualche punto questa serie si presenta completa con tutta la pila dei sedimenti in sovrapposizione normale. Per lo più esistono in essa delle lacune stratigrafiche dovute a dislocazioni tettoniche, di cui si dirà più avanti. Nelle tabelle delle pagine seguenti è istituito un confronto tra la serie toscana e l'autoctono.

La serie ligure comprende soltanto terreni del Giurassico Superiore, del Cretacico e forse anche dell'Eocene Inferiore.

Confrontando questi terreni con quelli delle due serie sottostanti, come è fatto nella tabella di pag. 6, si può constatare che mentre fra l'autoctono e la serie toscana non esiste alcuna differenza di *facies* nel Mesozoico Superiore, ciò non è tra i terreni della serie ligure e quelli delle altre due serie.

Confronto tra la Falda toscana e l'autoctono.

Età	Falda toscana	Autoctono
Priaboniano	Macigno: arenarie con rare lenti conglomeratiche. Specialmente nella parte superiore con intercalazioni di argille marnose o sabbiose. Rari nummuliti dell'Eocene medio e inferiore.	Pseudomacigno: arenarie indurite con sericite, talvolta quarzitiche, e filladi argillose.
Luteziano	Calcari grigi e calcari screziati con nummuliti dell'Eocene inferiore in strati; verso il muro con intercalazioni di argille marnose.	Calcari grigi e screziati con nummuliti dell'Eocene Inferiore intercalate nelle filladi.
Senoniano, Gaultiano ± Neocomiano	Scisti argilloso-marnosi polioromi; nella parte superiore con intercalazioni di singoli strati calcarei.	Filladi poliorome.
Neocomiano + Malm Superiore.	Calcari chiari stratificati con selce chiara. Rari esemplari di <i>Calpionella alpina</i> Lorenz. del Cretacico Inferiore o del Malm Superiore. Sono eteropici con la parte inferiore degli scisti polioromi.	Calcescisti.
Malm (± sup.)	Diaspri e ftaniti variegati, per lo più rossi, localmente con strati di calcari silicei rosso-marnosi o violacei. Ove mancano i calcari chiari le ftaniti passano al tetto gradualmente negli scisti polioromi. Aptici e radiolarie del Malm.	Diaspri rossi e ftaniti con radiolarie del Malm.

Segue *Confronto tra la Falda toscana e l'autoctono.*

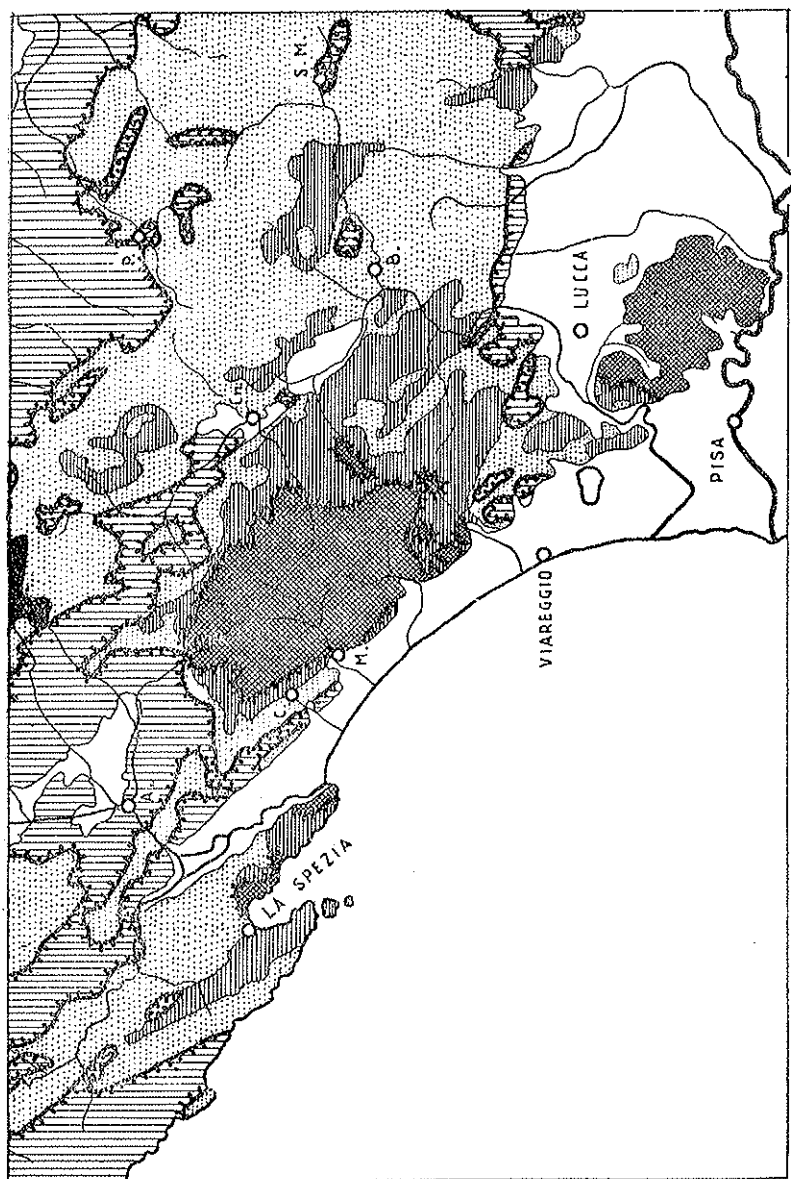
Età	Falda toscana	Autoctono
Dogger Superiore	Calcare grigio scuro stratificato con selce scura, eteropico con calcare picchiettato con crinodi.	Cipollini.
Dogger Inferiore	Scisti marnosi con posidonomie del Dogger Inferiore e Lias Superiore.	Filladi.
Toarciano	Verso il muro alternanti con calcari grigi ben stratificati (straterelli) con selce per lo più chiara.	
Domeriano, Pliensbachiano	Calcari grigi ben stratificati con selce chiara e con rari ammoniti.	Calcari grigi stratificati con selce e con ammoniti del Lias.
Sinemuriano Hettangiano Retico Superiore Retico Inferiore Norico	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>Calcari ± marnosi rossi, rossicci o giallastri con ammoniti.</p> <p>Calcari stratiformi grigio cupi con ammoniti e p. p. calcari dolomitici.</p> <p>Calcari dolomitici chiari con lenti di portoro.</p> <p>Calcari scuri e scisti marnosi con <i>Avicula contorta</i>.</p> <p>Calcari grigi più o meno dolomitici.</p> </div> <div style="flex: 0.5; font-size: 2em; margin: 0 10px;">}</div> <div style="flex: 1;"> <p>eteropico: calcare bianco coralligeno (calcareceroidi)</p> </div> </div>	<p>Marni con fossili del Lias.</p> <p>Marni dolomitici.</p> <p>Marni.</p> <p>Marni con fossili del Trias Super.</p>

Segue *Confronto tra la Falda toscana e l'autoctono.*

Età	Falda toscana	Autoctono
Carnico	Calcari cavernosi (anidrite).	Localmente breccie poligeniche.
Ladinico	Calcari grigi dolomitici.	Calcari grigi dolomitici, con conglomerato basale di trasgressione e con <i>Encrinus liliiformis</i> del Ladinico.
T R A S G R E S S I O N E		
Anisico e Werfeniano	— — —	Arenose ed arenarie con lenti di calcari marnosi, peliti ed accumuli carboniosi metamorfosati.
Thuringiano, Xenoniano	— — —	Porfiroidi e tufi.
Autuniano e Stefaniano	Lembi di anageniti, quarziti e filladi.	Anageniti, quarziti e filladi con rari scisti grafici.

La differenza di *facies* si basa anzitutto sulla presenza di graniti e di rocce ofiolitiche nella serie ligure, la quale è stata perciò anche denominata « formazione ofiolitifera ». Quanto ai sedimenti la differenza di *facies* mostra a chiari segni che si tratta di due distinti spazi di sedimentazione. In sostanza il Cretacico della serie toscana è simile a quello del Veneto, mentre il Cretacico della serie ligure ne è ben diverso.

Età	Autoctono o serie toscana	Serie ligure
Luteziano	Calcari grigi e calcari screziati con nummuliti, con intercalazioni di scisti marnosi policromi.	Calcari marnosi grigio-scuri con intercalazioni di letti argillosi.
Senoniano	Scisti argillo-marnosi policromi.	Scisti argillosi e variegati talvolta marnosi o arenacei con intercalazioni di calcare screziato grigio e arenaria argillosa con inocerami.
Neocomiano	Calcari chiari con selce (calcare maiolica) con <i>Calpionella alpina</i> Lorenz.	Singoli banchi di calcare marnoso con <i>Calpionella alpina</i> Lorenz.
Malm	Diaspri e ftaniti variegati; strati di calcari silicei rosso-marroni o violacei, fino a calcari grigio scuri, stratificati, con selce scura (del Dogger).	Scisti argillosi e ftaniti colorati; strati sottili di diaspri rossi con radiolarie del Malm, associati a rocce ofiolitiche e masse granitiche dislocate.



Schizzo geologico delle Alpi Apuane e regioni limitrofe.

- | | | | |
|------------------------------|---|----------------------------|----------------------------------|
| <i>Linee verticali</i> . . . | Terroni della faldia ligure. | <i>Nero</i> | Gessi diapiri. |
| <i>Punteggiato</i> . . . | Arenaria macigno della faldia toscana. | <i>Bianco</i> | Terziario recente e Quaternario. |
| <i>Linee orizzontali</i> . . | Terroni mesozoici della faldia toscana. | <i>Linee dentate</i> . . . | Contatti tettonici. |
| <i>Quadrettato</i> . . . | Autoctono | | |

TETTONICA

Per comprendere la tettonica delle Alpi Apuane è stato necessario estendere il nostro sguardo anche alle zone limitrofe, dal golfo della Spezia a nord fino alla valle dell'Arno a sud e fino all'Appennino ad est. È infatti impossibile rendersi perfettamente conto della struttura geologica di una zona così tormentata se non inquadrandola nella geologia di tutta la regione. Questo assunto è stato in particolare facilitato dallo studio di dettaglio da noi già eseguito al M. Pisano, nonché da vari sopralluoghi eseguiti in altre zone limitrofe al massiccio apuano, come ad es. nei M. Oltre Serchio, in Val di Lima, in Garfagnana, ecc., e dallo studio della ricca bibliografia di geologia regionale.

L'autoctono compare, come ben si vede nello schizzo tettonico della figura, in due finestre di erosioni grandi ed in varie altre piccole. Le due grandi finestre sono costituite dalla zona centrale delle Alpi Apuane, di cui qui particolarmente di interessiamo, e dalla gran parte del M. Pisano. L'una ha forma grossolanamente ellittica con l'asse maggiore orientata da nord-ovest a sud-est e raggiunge una lunghezza di circa 25 km ed una larghezza di 16; la seconda ha anche essa una forma grossolanamente ellittica, incisa bensì profondamente dalla valle del Guappero, con l'asse maggiore similmente orientato e raggiunge, nella parte esposta, una lunghezza di circa 18 km ed una larghezza di 10. In ambedue queste grandi finestre tettoniche, di cui l'orlo è in parte, specie nella seconda, nascosto da sedimenti quaternari, si rinviene tutta la serie dell'autoctono, fino ai terreni più profondi finora conosciuti. Altre finestre più piccole si rinvencono andando da nord-ovest a sud-est (vedi figura).

La falda toscana affiora per grandi estensioni tutto intorno all'elissoide centrale delle Apuane ed in vaste zone dell'Appennino toscano, come ad es. tra La Spezia e Varese Ligure o nei M. Oltre Serchio. Un affioramento di questa falda forma l'estremità occidentale del M. Pisano. In genere i terreni affioranti di questa falda sono rappresentati dal macigno; altri terreni mesozoici di essa sono però esposti in varie località.

Dall'esistenza di questi affioramenti e dalla presenza del macigno in un ambito ancora maggiore si deduce che l'estensione della falda toscana è almeno di 60 km in direzione sud-ovest nord-est e di oltre 120 km in direzione nord-ovest sud-est.

La falda ligurica è molto erosa, specie ad est delle Apuane, ove si rinviene soltanto sotto forma di lembi di ricoprimento (*Klippen*). Verso nord-ovest, nord e nord-est essa copre però vastissime zone il cui studio esulava dal nostro compito. Ricordiamo soltanto che essa contiene presso Camporgiano una potente massa di « ofioliti » ⁽¹⁾ con graniti alloctoni e milonitizzati, e che presso Sassalbo ed in Val di Serchio si rinvennero affioramenti, probabilmente diapirici, di gessi e carniole.

LA TETTONICA DELL'AUTOCTONO

Nella vasta finestra tettonica delle Apuane, già un'osservazione sommaria mostra che lo stile tettonico varia fondamentalmente dall'una all'altra zona. La parte centrale dell'elissoide apuana è caratterizzata da predominanza di pieghe talvolta ampie, tal'altra più strette e fino a fittissime e acuminate, la cui vergenza è anche essa fortemente variabile. In generale i materiali scistosi del Paleozoico formano pieghettature strette e acute. In talune zone invece, come ad esempio in quella del M. Altissimo, l'erosione ha messo a nudo una serie di sinclinali e anticlinali: le prime più larghe, risultano costituite da un nocciolo di marmi circondato da grezzoni; le seconde, molto più strette, e nelle quali sono forse anche degli scorrimenti, dagli scisti e dalle filladi del Paleozoico.

(1) Il complesso di queste ofioliti consta ivi di una serie di potenti colate, con banchi di scorie e tufi, di basalto ora alterato in diabasi e spiliti. Nelle colate si osserva sovente la forma di contrazione sferica o ellissoidale, detta dagli americani « pillow », che caratterizza le lave basaltiche sottomarine o in genere subacquee. Anche i tufi, intercalati tra le colate, hanno caratteristiche spiccatamente subacquee. L'associazione di queste vulcaniti con galestri e specialmente diaspri, nonché la loro natura e alterazione, dimostrano inequivocabilmente che si tratta di prodotti tipici di vulcanismo geosinclinale.

In effetti anche in questa zona, ove, come abbiamo ora detto, dominano le pieghe, sono frequenti faglie e scorrimenti e ciò si è visto specialmente paragonando talune sezioni disegnate dallo ZACCAGNA con altre costruite durante il nostro studio. Infatti nella moderna geologia strutturale, come opportunamente ha illustrato G. B. DAL PIAZ in una sua prolusione ⁽¹⁾, si deve abbandonare definitivamente la comoda consuetudine di studiare la struttura delle catene montuose secondo una o al più due dimensioni dello spazio: gli elementi tettonici si devono osservare in volume, mediante intere serie di sezioni, e non già soltanto « secondo qualche insufficiente e spesso artificiosa sezione trasversale o longitudinale » ⁽²⁾.

Ben diversamente si presenta la tettonica in altri punti dell'elissoide apuana. Le pieghe tendono quivi a dislocarsi, accavallarsi ed a sparire del tutto in una zona di scaglie, come si può agevolmente osservare al M. Brugiana, nella zona della foce di Mosceta e nella regione di Farnocchia.

In sostanza, senza scendere ad ulteriori esempi, possiamo affermare che l'autoctono dell'elissoide apuana presenta due stili tettonici nettamente distinti: il primo tipo con prevalenza di pieghe, il secondo con prevalenza di scaglie tettoniche. Il primo interessa la zona centrale dell'elissoide apuana (zona dell'*autoctono*); il secondo le zone periferiche, ma è molto più sviluppato nella parte occidentale e sud-occidentale della finestra delle Apuane ed anche a sud, come si può vedere in altre finestre minori, ad esempio in quelle di Forno Volasco e di S. Anna, mentre all'orlo orientale è assai ridotto o manca affatto. È questa la cosiddetta « zona di scaglie » (*Schuppenzone*) di Massa, studiata da STAUB [13] e recentemente dallo SCHMEDDING [13], e che vari autori indicano opportunamente col nome di *paraautoctono* [17], [18], [22].

Nella zona dell'autoctono lo studio eseguito ha permesso di accertare i seguenti dati di fatto:

a) Le pieghe hanno un andamento ondulato che nel complesso va da nord a sud e da nord nord-ovest a sud sud-est; esse sono molto variabili nella loro ampiezza;

⁽¹⁾ DAL PIAZ G. B., *Metodi e fini della Geologia moderna*. «Atti Acc. Scient. Veneto-Trentino-Istrian», XXV, Padova, 1935.

⁽²⁾ Si veda ad esempio [12].

b) la vergenza è prevalentemente verso est nella porzione nord-occidentale; prevalentemente verso ovest nella porzione sud-orientale; può variare in una medesima anticlinale andando dal nord al sud;

c) le pieghe sono più ampie verso i lati della zona dell'autoc-tono più strette verso il centro;

d) gli assi delle anticlinali hanno forti ondulazioni, ma presentano la loro culminazione verso sud (val di Vezza);

e) benchè la zona sia prevalentemente a pieghe, si rinven-gono varie faglie, anche a rigetto orizzontale.

Alcuni di tali fatti trovano, a nostro parere, la loro logica spiegazione nelle seguenti considerazioni di petrografia strutturale. Alla formidabile compressione, prevalentemente in direzione dei paralleli, cui furono sottoposti quei terreni che oggi costituiscono l'ellissoide apuana, i vari materiali hanno reagito in modo diverso a seconda delle loro caratteristiche meccaniche.

I materiali del Paleozoico, in predominanza scistosi, nei quali cioè più facilmente potevano generarsi scorrimenti secondo una direzione, hanno dato luogo a piegature fitte e acute, talora a zig-zag, e sovente a piccoli scorrimenti.

All'incontro i calcari, oggi marmorizzati, sotto l'azione della compressione sono diventati plastici, in virtù dei così detti « movimenti particellari » ⁽¹⁾ determinatisi nei singoli individui di calcite, che assumono una geminazione lamellare polisintetica, o tra individui e individui. Per tale fatto un calcare micro e criptocristallino può, con il sommarsi di tutte queste translazioni operantesi nei singoli granuli, divenire addirittura plastico, può scorrere secondo le direzioni di minor pressione, può infine accumularsi in talune zone ed essere affatto spinto via, quasi « spremuto », da altre. Non è il caso di descrivere qui a lungo questo fenomeno, del resto notissimo, chè parlano come prove di esso la tessitura tipicamente di « tettonite » dei marmi apuani, nonchè la tettonica locale. Basta osservare con attenzione le superficie pulimentate dei marmi apuani, nelle loro diverse varietà - il che del resto è enormemente facilitato dall'impiego estesissimo che ha questo materiale ovunque in Italia - per avere sott'occhio un quadro completo di questa *tettonica fluidale*: zone in cui il materiale ha l'aspetto tipico

(¹) Vedi DAL PIAZ G., *loc. cit.*, pag. 4.

di una massa plastica in movimento, ove letti e vene più scure racchiudono chiazze più chiare, orientate secondo la direzione del movimento, si alternano a zone d'ombra della pressione, ove le chiazze più chiare, meno disturbate, si accumulano in un assieme brecciato, ma poco « stirato », e fanno sovente passaggio ad altre zone in cui più forte è stato lo scorrimento e la massa tutta del marmo appare torturata da vene e venuzze più chiare e più scure che si accavallano, si piegano e si ripiegano l'une sull'altre, accartocciandosi in mille guise e dando alla pietra quella grande varietà di aspetto che la rende tanto accetta nei più svariati usi architettonici ⁽¹⁾. Rare invece sono le plaghe lenticolari ove il marmo presenta i veri caratteri statuari di uniforme e fine grana, e sono quelle forse ove più sensibile fu l'azione della pressione idrostatica e della temperatura e lieve all'incontro l'effetto dello *stress*.

Tra gli scisti paleozoici ed i marmi, la più rigida massa dei calcari dolomitici (grezzoni) ha in parte seguito il movimento di questi ultimi formando talora pieghe, ma più di sovente si è fortemente frantumata. Alle volte nel seguire, rompendosi bensì, il movimento plastico dei marmi, i grezzoni hanno subito dei fenomeni di scorrimento, relativamente alla massa di scisti paleozoici, dando luogo a brecciatore ed a vari fenomeni di frizione. In alcuni luoghi si rinvencono infatti al contatto tra marmi e grezzoni delle breccie, costituite da elementi di grezzoni in un cemento calcitico marmoreo, che dimostrano appunto il diverso comportamento dell'uno e dell'altro materiale di fronte alle sollecitazioni tettoniche.

Nel loro complesso l'autoctono ed il parautoctono formano una specie di « Horst » limitato lungo il diametro minore - est ovest - da due serie di faglie a gradinate, lungo il diametro maggiore - nord sud - invece, da flessure e solo da poche faglie.

⁽¹⁾ Analoghi fenomeni di « pieghe di taglio » (*Scherfallen*) furono osservati nel marmo di Lasa in Val Venosta da C. ANDREATTA (« Atti Acc. Veneto-Trentino-Istria », 1935).

LA TETTONICA DELLE FALDE

La falda toscanica presenta nel suo assieme una singolarità; mentre la sua parte inferiore, costituita essenzialmente da terreni meso-triasici⁽¹⁾, forma una coltre continua, i terreni più recenti sono rappresentati solo localmente. Soltanto il macigno forma di nuovo una copertura ininterrotta, sebbene di spessore variabile e nel complesso tendente ad aumentare verso oriente. Un'analisi accurata mostra che le lacune sono distribuite irregolarmente, ma in genere si rinvencono in grande prevalenza nel Giurassico e nel Cretacico, raramente nel Trias e mai nell'Eocene Inferiore (macigno).

Tali lacune non è stato possibile spiegare altrimenti che ammettendo l'esistenza di movimenti tettonici, avvenuti durante il movimento delle falde stesse o in epoche successive, che si sarebbero verificati in vari livelli della successione stratigrafica. Questi movimenti rientrano in quelli detti di *avanscorrimiento* (*Vorschiebungen*), i quali sono appunto caratterizzati dal fatto che, ad opera di essi, scompaiono taluni membri della successione stratigrafica e che la superficie di scorrimento passa con grande facilità dall'uno all'altro livello, specie in dipendenza della natura dei materiali. Tracce molto ben visibili di questo avanscorrimiento si rinvencono in vari punti, specie in Garfagnana (in località l'Eremita) e al M. Pisano (M. Maggiore).

Per quanto concerne la tettonica della falda ligure, che non è stata oggetto di particolare attenzione nel nostro studio, nulla resta da aggiungere a quanto ha sintetizzato in proposito G. B. DAL PIAZ [6], [7]. Dalle nostre sporadiche osservazioni resta peraltro confermato il carattere plastico che i materiali di questa falda avevano durante il loro movimento; il che conferma altresì la preponderante influenza che nel movimento stesso ebbe la gravità. Per effetto di questa i terreni ligurici si sono come sparpagliati al di sopra della falda toscanica, sconvolgendo e laminando talvolta, durante il loro moto, i nuclei più resistenti in essi contenuti, quali lenti calcaree, rocce ofiolitiche, graniti.

(1) Non è il caso qui di considerare i lembi di Paleozoico che eventualmente furono trascinati a letto della falda per cui vedi più innanzi a pag. 14.

ANALISI MECCANICA DELLA TETTONICA

Una importante deduzione, scaturita dal nostro studio, è quella che concerne il diverso accorciamento che hanno subito le varie unità tettoniche.

Mentre infatti l'autoctono si presenta intensamente corrugato, con un accorciamento che può al massimo stimarsi da $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{3}$ della estensione originaria, la falda toscana e la ligure appaiono poco corrugate, presentando soltanto lievi ondulazioni d'assieme o anche piegature ed accorciamenti di carattere locale.

L'autoctono presenta una vergenza delle pieghe secondo due diverse direzioni e precisamente verso est nella parte nord-occidentale e verso ovest nella parte sud-orientale. Un tale fenomeno, unitamente al forte raccorciamento, è un chiaro indice del fatto che la regione è stata sottoposta ad una compressione bilaterale secondo la direzione est-ovest. Secondo le nostre vedute sul meccanismo della orogenesi⁽¹⁾, la geosinclinale apuana sarebbe stata oggetto di un fenomeno di « inghiottimento ». Il che spiega agevolmente non solo la compressione bilaterale ed il forte raccorciamento, ma altresì — come vedremo subito — il soprascorrimento della falda toscana.

I fenomeni connessi con la formazione della falda toscana possono infatti meccanicamente spiegarsi nel modo seguente. Durante la fase di corrugamento della geosinclinale (« inghiottimento »), si genera in profondità, sui due lati dell'orogene, un afflusso plastico di Sial verso la zona di « inghiottimento ». Questo movimento plastico del Sial genera, a sua volta, per effetto di trascinamento sulle masse degli strati sovrastanti più rigidi, delle spinte dirette verso la zona del corrugamento.

Queste spinte continue provocano, ad un certo momento, su di una superficie di minor resistenza allo scorrimento, ove cioè è presente un qualsiasi materiale che possa fungere da « lubrificante tettonico »,

(¹) Si veda in proposito: RITTMANN A., *Vulcani, attività e genesi*, « E. P. S. A. », Napoli, 1944 (Appendice, pag. 277); ID., *Le temperature nella crosta terrestre e l'orogenesi*, « Rend. R. Acc. Sc. Fis. Mat. », serie 4, XIII, Napoli, 1945; IPPOLITO F., *Intorno ad una nuova teoria sull'origine del Sial e sull'orogenesi*, « Rend. R. Acc. Sc. Fis. Mat. », serie 4, XIII, Napoli, 1945.

un distacco, in modo che tutto un intero gruppo di strati viene lentamente a sormontarne un altro ed a scorrervi sopra.

È questo il caso della falda toscana: il distacco è avvenuto nella formazione anidritica del Trias Superiore [5], che rinveniamo oggi alla base della falda, e talvolta, là dove mancava l'anidrite ed i calcari del Trias erano saldamente uniti ai sottostanti scisti paleozoici, proprio in questi ultimi terreni. Ad un tal fenomeno deve attribuirsi il lembo di Paleozoico di Rupecava al M. Pisano [8], [9]. Alle Apuane non abbiamo in alcun punto riconosciuto, tranne forse nella zona di Ponte Stazzemese, un simile fenomeno, che d'altro canto deve ammettersi, sia sulla base di quanto affermano TILLMANN [21] e TEICHMÜLLER [18], sia perchè è difficilmente individuabile a causa della grande rassomiglianza tra gli scisti paleozoici a quelli cretaci, sovente confusi dallo ZACCAGNA nella zona degli « scisti superiori ».

Se per avventura la superficie di scorrimento trova ad un certo punto una maggiore resistenza all'avanzamento, le spinte, perdurando nel tempo, possono provocare, nel corpo stesso della massa in movimento, ulteriori distacchi, là dove sono presenti materiali atti a fungere da « lubrificanti tettonici »; talchè una parte della falda scorre sull'altra ed avanza più rapidamente, donde il nome di *avanscorrimenti* dato a questi movimenti. Caratteristica degli *avanscorrimenti* è che sovente la superficie di distacco attraversa obliquamente, secondo la minor « competenza » dei terreni, gli strati; come anche il fatto – visibilissimo alle Apuane – che sono spesso soppressi localmente, in questi movimenti, taluni termini della serie stratigrafica.

Alle Apuane e al M. Pisano è facilmente riconoscibile, alla base del calcare maiolica, l'avanscorrimento iniziatosi nella formazione diaspina del Malm che fungeva da lubrificante tettonico, ma che poi ha provocato dei visibilissimi fenomeni di milonitizzazione alla base del calcare maiolica stesso, come abbiamo potuto constatare in Garfagnana e al M. Pisano (¹).

Il nostro studio ha permesso agevolmente di riconoscere anche che, dopo il corrugamento e lo scorrimento delle falde, la regione Apuana

(¹) Fenomeno analogo è quello descritto da R. HELBLING per le falde di Glarona in Svizzera (cfr. « Beitr. geol. Karte Schweiz. », N. F., Liefg. 76, 1938, Tafel 21).

ha subito un nuovo importante movimento, di sollevamento questa volta, che ha provocato talune grandi flessure, nella zona di Serravezza, nonchè la zona a faglie dritte visibile ad esempio al M. Brugiana presso Massa.

OSSERVAZIONI SUL METAMORFISMO

Contrariamente all'opinione espressa da vari autori [15], [17], [18], i quali ritenevano che il metamorfismo dell'autoctono giungesse fino alla mesozona, il nostro studio ha permesso di stabilire i due seguenti punti:

a) che il metamorfismo dell'autoctono, con formazione di marmi e filladi, è un metamorfismo epizonale, strettamente connesso col corrugamento: *dinamometamorfismo*;

b) che il metamorfismo più spinto è un fenomeno affatto locale e localizzato, dovuto all'azione di volatili telemagmatici, ed è - almeno in gran parte - legato alla nota mineralizzazione di solfuri metallici (Pb, Hg, Fe, Cu) della regione.

Tale mineralizzazione si rinviene di frequente nell'autoctono specie lungo linee di fratture e poi sovente alla base della falda toscana o nella zona delle scaglie; mai, per quanto ci è stato dato di osservare, nella falda toscana.

SUCCESSIONE DEI FENOMENI

Purtroppo i dati cronologici che abbiamo a nostra disposizione per la ricostruzione della geologia delle Apuane, non sono molto abbondanti.

La stratigrafia mostra infatti:

a) che l'autoctono contiene terreni dal Permo-carbonico all'Eocene Inferiore (macigno);

b) che la falda toscana contiene, a prescindere dai lembi di Paleozoico alla base, terreni dal Ladinico o Carnico all'Eocene Inferiore (macigno);

c) che la falda ligure contiene terreni dal Giura all'Eocene.

La tettonica, dal suo canto, lascia dedurre:

d) che, dopo la lunga fase di geosinclinale in cui si depositarono tutti i terreni dell'autoctono, il corrugamento (« fase di inghiot-

timento») cominciò dopo gli inizi della deposizione del macigno (Eocene Inferiore), in quanto questa formazione è piegata assieme ai terreni sottostanti;

e) che il movimento che portò alla formazione della falda toscana è almeno coevo al macigno (Eocene Inferiore), in quanto questa formazione si rinviene sotto e sopra la falda toscana e mostra per chiari segni (grandi ammassamenti in talune zone, strutture fluidali, ecc.) di essere stato ancora alquanto plastico a quell'epoca;

f) che il movimento della falda ligure è certamente posteriore al macigno (che non si rinviene mai sopra la falda ligure) e nella nostra zona è precedente all'Oligocene che, come potè osservare BEHRMANN [2] lungo il torrente Rassina nel Casentino, è trasgressivo sulla falda ⁽¹⁾;

g) che il sollevamento, con conseguente formazione di faglie diritte e flessure, è avvenuto all'incirca nel Miocene, come si deduce da formazioni litoranee di lignite di questa età a nord di Canore;

h) che la mineralizzazione è posteriore, o anche coeva agli inizi, col corrugamento e perdurò certamente fin dopo il sollevamento (faglie diritte mineralizzate del M. Brugiana).

È sembrato pertanto lecito schematizzare nel seguente specchio la successione dei fenomeni:

FASE GEOSINGLINALE dal Trias Superiore all'Eocene Inferiore	{ Sedimentazione dei terreni dell'autocotono e della serie toscana, nello stesso spazio di sedimentazione; della serie ligure, con vivace vulcanismo di geosinclinale di magmi basici, in altro spazio di sedimentazione.
FASE DI INGHIOTTIMENTO Eocene medio e Superiore; Oligocene Inferiore (?)	{ a) Corrugamento dell'autocotono; b) Scorrimento della falda toscana (con formazione di scaglie e avanscorrimenti); c) Scivolamento principale della falda li- gure.
FASE DI SOLLEVAMENTO dall'Oligocene ad oggi	{ Sollevamento ad « Horst » della zona cen- trale delle Alpi Apuane, con formazione di faglie, flessure, ecc. che facilitarono la mi- neralizzazione.

(¹) BEHRMANN ([2] pag. 75) indica la trasgressività dell'Oligocene sui terreni della falda ligure, ma non precisa il livello di questo Oligocene.

Al termine di questa breve illustrazione compio il grato dovere di ringraziare il Commissario dell'I. R. I., Dr. LEOPOLDO PICCARDI, ed il mio Maestro Prof. Dr. ALFREDO RITTMANN, Direttore del Centro Ricerche Geominerarie dell'I. R. I., che mi hanno autorizzato a pubblicare questo lavoro, nonchè tutti i miei colleghi del Centro con i quali ho svolto il lavoro di campagna in cordiale ed affettuosa collaborazione. Un particolare cordiale ringraziamento devo anche al Prof. G. B. DAL PIAZ che ha avuto la cortesia di leggere in manoscritto la presente nota, dandomi utili suggerimenti.

Napoli, Centro Ricerche Geominerarie dell'I. R. I., agosto 1945.
Istituto di Geologia Applicata e di Arte Mineraria della Università.

BIBLIOGRAFIA (*)

- [1] ARGAND F., *La tectonique de l'Eurasie*. Bruxelles, 1924.
- [2] BEHRMANN R. N., *Die Faltenbögen des Apennins*. « Ges. d. Wiss. zu Göttingen; Math. Phys., Kl. » F. III, H. 15, 1936.
- [3] BONATTI S., *Studio petrografico delle Alpi Apuane*. « Mem. Descr. Carta Geol. d'It. », vol. 26, Roma, 1938.
- [4] BURCKHARDT C. E., *Zur Geologie des M. Pisano*. « Eclogae Geol. Helv. », vol. 86, 1943.
- [5] — *Il sondaggio del Belagaio e il suo significato geologico*. « Boll. Soc. It. », LXV, 1946.
- [6] DAL PIAZ G. B., *Rapporti e differenze tra la formazione pennidica dei calcescisti alpini e la formazione argillosa ofiolitifera dell'Appennino Settentrionale*. « Atti R. Acc. delle Scienze di Torino », 1943.
- [7] — *L'influenza della gravità nei fenomeni orogenetici*. « Atti R. Acc. delle Scienze di Torino », 1943.
- [8] IPPOLITO F., *Studi geologici sul M. Pisano*. « Boll. Soc. Geol. It. », LXII, 1943.
- [9] — *Sulla geologia del M. Pisano*. « Boll. Soc. Geol. It. », LXIV, 1945.
- [10] LOTTI B., *Geologia della Toscana*. « Mem. Descritt. della Carta Geol. d'It. », vol. 13, Roma, 1910.
- [11] RITTMANN A., *Geologia del M. Pisano e delle A. Apuane*. « Relazioni inedite al Presidente dell'I. R. I. », Roma, 1943, 1945.
- [12] SACCO F., *Una sezione geologica attraverso le Alpi Apuane*. « Boll. R. Uff. Geol. », LXVIII, 1943.
- [13] SCHMEDDING J. A. M., *De Geologie van de Schubbenzone bij Massa en Carrara*. Amsterdam, 1941.
- [14] SPICHER A., *Ueber descendente gefüllte Spaltenbildungen am M. Pisano*. « Ecl. Geol. Helv. », vol. 36, 1943.

(*) Rimandiamo per una bibliografia più ampia alla memoria del Professore RITTMANN di prossima pubblicazione.

- [15] STAUB R., *Die Bedeutung der Apuanischen Alpen*. « Vj. Schr. Naturf. Ges. » Zürich, 77, 1932.
- [16] STEINMANN G., *Alpen und Apennin*. « Monatsberichte d. deut. geol. Ges. », 1907.
- [17] TEICHMUELLER R. e SELZER G., *Zur Geologie des Tyrrhenisgebietes*. « Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl. », F. III, H. 3, 1931.
- [18] TEICHMUELLER R. e QUITZOW V., *Deckenbau im Apenninbogen*. « Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl. », F. III, H. 3, 1935.
- [19] TEICHMUELLER R., *Über das Vorland des Apennins*. « Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl. », 1932.
- [20] TERMIER P., *Les problèmes de la Géologie tectonique dans la Méditerranée occidentale*. « Rev. Gen. des Sciences », 1911.
- [21] TILMANN N., *Tektonische Studien in der Catena metallifera Toscanas*. « Geol. Rundschau », xvii, 1926.
- [22] WIJKERSLOOT P., *Bau und Entwicklung des Apennins*. Amsterdam, 1934.
- [23] ZACCAGNA D., *Carta e sezioni geologiche delle Alpi Apuane*. « Boll. Comm. Geol. d'It. », 1897.
- [24] — *Descrizione geologica delle Alpi Apuane*. « Mem. Descritt. Carta Geol. d'It. », vol. 25, Roma, 1932.