

## **UC Merced**

### **Biogeographia - The Journal of Integrative Biogeography**

#### **Title**

Lineamenti Geologici delle Alpi Apuane

#### **Permalink**

<https://escholarship.org/uc/item/45z8g8vf>

#### **Journal**

Biogeographia - The Journal of Integrative Biogeography, 1(1)

#### **ISSN**

1594-7629

#### **Author**

Giannini, Enzo

#### **Publication Date**

1970

#### **DOI**

10.21426/B61110523

Peer reviewed

## Lineamenti Geologici delle Alpi Apuane

(CON OTTO FIGURE NEL TESTO)

---

Le Alpi Apuane sono un gruppo montuoso, la cui suggestiva bellezza, di aspetto veramente alpino, ha sempre colpito chiunque, percorrendo la pianura della Versilia e costeggiando il mare, le ha viste, alte e solenni, incombenti, chiudere verso Est l'orizzonte come l'incomparabile serie di quinte di uno scenario sovrumano. Ancor più note sono le Apuane per le numerose e pregiate varietà di marmi. Basterà citare a questo proposito il bardiglio, i cipollini verdi e rossi, la breccia medicea di Seravezza ecc. In particolare, celeberrimo fino dall'antichità, il marmo statuario bianco; usato in ogni tempo dai più grandi scultori, tra cui Michelangelo, è ancora oggi largamente esportato in tutti i paesi ed è giustamente ritenuto il miglior materiale da scultura del mondo.

Celebrare la bellezza di questa terra, decantare le qualità dei marmi di queste montagne, non è però nostro compito. Scopo di questa conferenza è di illustrare i lineamenti geologici delle Apuane e cioè descrivere i principali elementi architettonici di questo edificio, opera della natura, e raccontarne a grandi linee la storia.

Prima di iniziare questa descrizione e questa storia è opportuno definire i limiti geografici delle Apuane e fare un cenno alle loro dimensioni.

Il Massiccio apuano ha confini geografici quasi ovunque piuttosto netti: dal lato occidentale, il limite che corre in direzione SSE-NNW, coincide con la pianura costiera (dal paese di Vecchiano, sul Serchio, fino circa all'altezza di Luni) e con la larga pianura alluvionale del basso corso della Magra (da Luni fino a S. Stefano); fra S. Stefano ed Aulla esso segue ancora il corso della Magra, con direzione approssimativamente SW-NE, poi il Corso dell'Aulella (con direzione W-E) fino

all'innesto sulla statale n° 63 (del Passo del Cerreto) della statale n° 445; da questo bivio, fino a Piazza al Serchio, il limite è geograficamente meno ben definito e può essere fatto coincidere, convenzionalmente, colla S.S. 445 prima citata; da Piazza al Serchio è costituito dalla valle di questo fiume, che corre dapprima in direzione NNW-SSE fino alla confluenza con la Lima, poi prosegue con direzione media da NNE a SSW, fino a raggiungere di nuovo il Paese di Vecchiano.

La lunghezza massima del massiccio apuano, fra Aulla e Lucca, è di circa 55 km; la larghezza massima, fra la pianura costiera e la Valle del Serchio, circa 23 km. Le cime più alte variano fra i 1589 m del M. Altissimo e i 1945 del M. Pisanino.

\* \* \*

Cominciamo ora a prendere in esame le caratteristiche geologiche più importanti ed anche più vistose di questo gruppo, quali appaiono dalla carta geologica schematica della fig. 1. In tale carta si possono distinguere tre « complessi » rocciosi principali che presentano una disposizione planimetrica in aree, grosso modo, concentriche:

- 1) Al centro si trova un nucleo costituito da rocce appartenenti alla così detta serie toscana, tutte interessate da un metamorfismo non intenso, ma evidente.
- 2) Attorno a questo nucleo si osserva una cornice, praticamente completa, costituita da rocce simili (ma non del tutto uguali) a quelle del nucleo, dalle quali si distinguono però agevolmente, soprattutto per l'assenza di ogni traccia di metamorfismo.
- 3) Esternamente troviamo porzioni più discontinue di una terza cornice che racchiude solo parzialmente la seconda. Essa è costituita da un insieme di rocce totalmente diverse dalle precedenti. Si tratta di rocce appartenenti alle così dette serie liguri.

Pur essendo presenti nei complessi su citati anche rocce ignee (intrusive ed effusive), vi prevalgono assolutamente, per massa ed estensione degli affioramenti, le rocce sedimentarie e metasedimentarie, quasi tutte di ambiente marino.

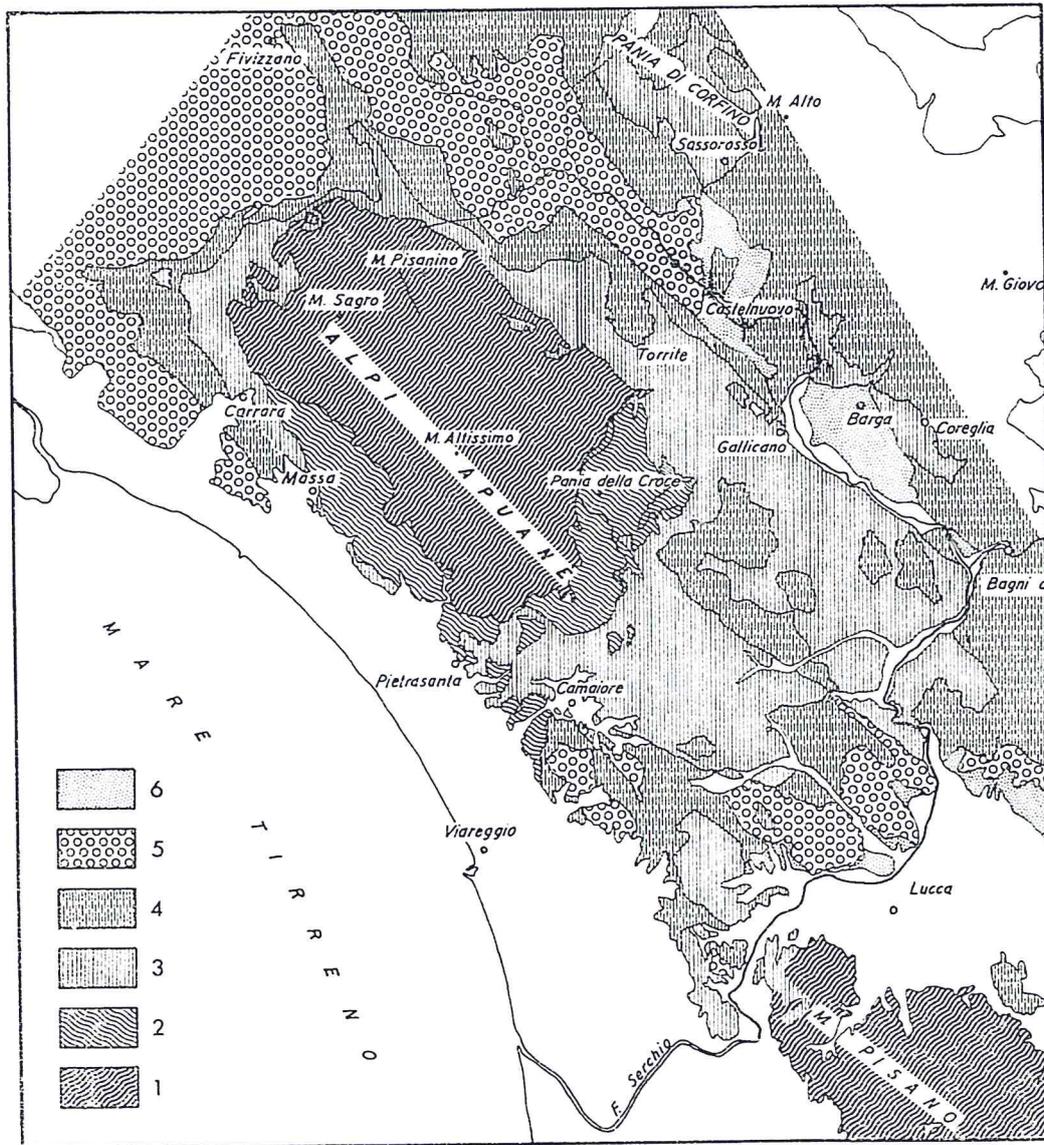


FIG. 1 - Carta Geologica schematica delle Apuane.

Questa carta rappresenta in forma molto semplificata, distinguendo solo i grandi complessi, la geologia della zona apuana.

Nel nucleo metamorfico sono stati distinti: autoctono e parautoctono; nella falda toscana: terreni mesozoico-paleogenici e flysch (formazione del macigno). Nelle Liguridi invece non sono state fatte distinzioni.

1 = autoctono; — 2 = parautoctono; — 3 = falda toscana, macigno escluso; — 4 = formazione del Macigno; — 5 = complesso delle Liguridi; — 6 = terreni lacustri e fluvio-lacustri postorogenetici. In bianco le formazioni recenti ed attuali (alluvioni, spiagge ecc.) (da F. BALDACCÌ ed al., 1967, con modifiche).

Le serie stratigrafiche presenti nella zona delle Apuane saranno brevissimamente descritte illustrando tre « colonne stratigrafiche » relative ai tre complessi prima citati (vedi fig. 2).

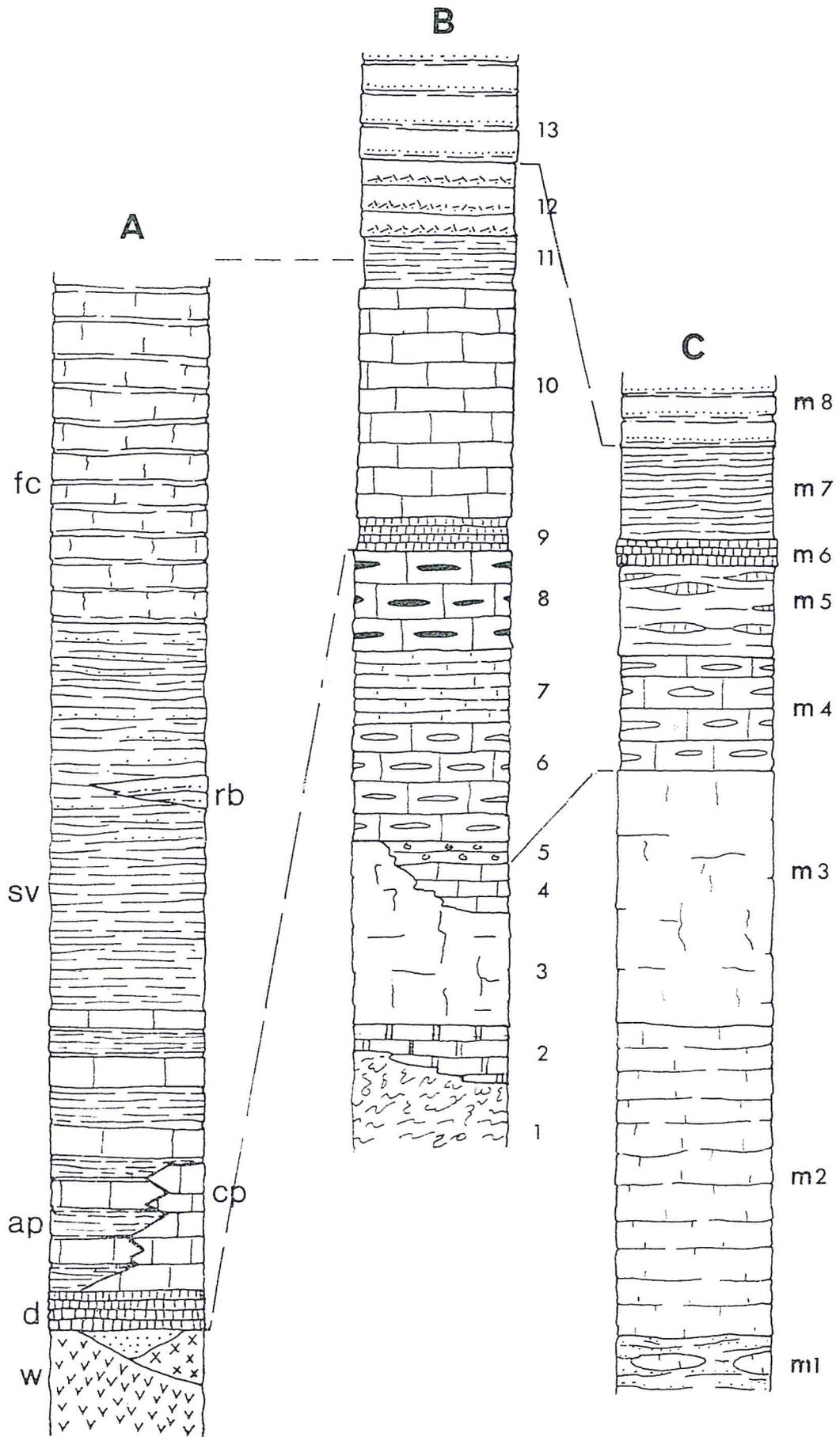


FIG. 2

FIG. 2 - Colonne stratigrafiche delle serie affioranti nel Massiccio apuano.

Colonna A - Serie ligure: W = complesso delle ofioliti (a v la serpentina; a x il gabbro; a puntini il diabase. Dal punto di vista della genesi serpentina e gabbro sono rocce ignee intrusive, il diabase è una roccia ignea effusiva, derivata da espansioni laviche in ambiente sottomarino; dal punto di vista chimico-petrografico, gabbro e diabase sono rocce basiche — cioè povere in silice e ricche in ferro e magnesio —, la serpentina è una roccia ultrabasica, presenta cioè ancora più spiccate le anzidette caratteristiche); — d = diaspri o radiolariti (rocce organogene silicee del Giurassico superiore); — cp = calcari a Calpionelle (formazione costituita in prevalenza da calcari, chimicamente piuttosto puri, a grana molto fine, stratificati in grossi banchi, talora con liste o noduli di selce. Cretaceo basale); — ap = argille e palombini (formazione costituita da un'alternanza di livelli di argille fissili e banchi più sottili di calcari silicei, detti palombini; più rari esistono anche livelli arenacei. Cretaceo inferiore); — sv = scisti di Val Lavagna rocce argillose e marnose di colore grigio cupo o nerastro, fissili in lastre usate, nella varietà più compatte, appunto per la fabbricazione di lavagne. Cretaceo); — rb = formazione della Pietraforte (arenarie a grana fine e cemento calcareo intercalate a diverse altezze negli scisti sv, talvolta in livelli di grandi dimensioni e forte spessore); — fc = formazione dei flysch (alternanze di calcari marnosi ed argille o arenarie ed argille, con carattere di turbiditi. Cretaceo superiore e Paleocene).

Colonna B - Serie della falda toscana (non metamorfica): 1 = Calcarea cavernosa; formazione evaporitica (formazione costituita talora da una breccia calcarea dolomitica vacuolare, il così detto « calcarea cavernosa », oppure da un'alternanza di strati di dolomia e strati di anidrite, di ambiente lagunare evaporitico. Trias superiore); — 2 = Calcarea a *Rhaetavicula contorta* (calcari marnosi nerastri con intercalazioni argilloso-marnose del medesimo colore. La formazione è spesso riccamente fossilifera. Retico); — 3 = Calcarea massiccio (calcarea non stratificata di colore grigio chiaro; contiene talora fossili tipici di ambiente di scogliera. Lias inferiore); — 4 = Calcari ad Angulati (Calcari e calcari marnosi con intercalazioni argillose, di colore grigio nerastro; vi si trova talora un Ammonite, *Schlotheimia angulata*, donde il nome improprio di calcari ad angulati. Lias inferiore); — 5 = Calcarea rosso ammonitico (formazione calcarea o calcarea marnosa, in strati di colore da rosso cupo a roseo, con tessitura nodulare, spesso ricca di Ammoniti. Parte alta del Lias inferiore); — 6 = Calcari selciferi inferiori (formazione costituita da calcari stratificati, di colore grigio-nocciola con liste o noduli di selce. Lias medio e superiore); — 7 = Marne a *Posidonia alpina*. Dogger. — 8 = Calcari grigi molti scuri, stratificati, con liste di selce nera (Malm inferiore e medio); — 9 = Formazione dei diaspri (simile come natura ed aspetto a quella descritta nella colonna A e come questa del Malm superiore); — 10 = Maiolica (formazione costituita da calcari con Calpionelle, di colore grigio chiaro o bianco latte, a grana finissima, stratificati e ricchi di liste e noduli di selce chiara. Cretaceo molto basso). Questa formazione è l'equivalente, come caratteristiche litologiche ed età, al Calcarea a Calpionelle della serie ligure; — 11 = Scisti policromi (argille e marne di colore generalmente rosso cupo, dotate di una caratteristica fissilità in prismi sottilissimi. Cretaceo e probabilmente Eocene nella parte alta); — 12 = Calcareniti a Nummuliti (formazione detritica, calcarea, ricca di Nummuliti eoceniche e contenente talvolta Lepidocicline dell'Oligocene); — 13 = Macigno toscano (formazione turbiditica costituita da un'alternanza di arenarie gradate e marne, di colore grigio, spesso alterato in giallastro; nota in Toscana anche come Gonfolina o Pietra serena. Oligocene medio e superiore; Miocene inferiore).

Colonna C - Serie dell'autoctono apuano (metamorfica):  $M_1$  = Complesso del Verrucano s.l. (potente serie di scisti sericitici, gneiss albitici, porfiroidi, quarziti, conglomerati a ciottoli di quarzo roseo. Carbonifero? - Tras medio). —  $M_2$  = Grezzoni (dolomie e calcari dolomitici grigi, biancastri o rosei, massicci o grossolanamente stratificati. Trias superiore). —  $M_3$  = marmo bianco o grigio molto chiaro, a grana cristallina saccaroide, assolutamente privo di stratificazione. Lias inferiore). Questa formazione è l'equivalente metamorfico del « Calcarea massiccio » della falda toscana. —  $M_4$  = Calcari selciferi (calcari grigi stratificati, con liste di selce spesso trasformata, per metamorfismo, in un aggregato di cristalli di quarzo). —  $M_5$  = Cipollini (calcari cristallini come i marmi,

Esaminiamo ora brevemente i grandi tratti della struttura della catena apuana ed in primo luogo i rapporti fra i tre complessi: serie toscana metamorfica, serie toscana non metamorfica e serie liguri.

La semplice osservazione della distribuzione cartografica dei tre complessi, disposti, come si è visto, secondo aree concentriche, indica anche un loro ordine di sovrapposizione: il nucleo centrale è la parte più profonda, le rocce costituenti la prima cornice sono sovrapposte a quelle del nucleo e sono a loro volta sormontate da quelle della cornice più esterna. Tale disposizione è naturalmente più evidente se si esamina una sezione delle Apuane (vedi fig. 3). La sezione qui rappresentata non è una sezione reale, ma è stata costruita per rappresentare in un unico disegno, tutte le principali particolarità tettoniche di questa catena, che in realtà sarebbero visibili solo in una serie di sezioni. Si tratta quindi di uno schema teorico un pò semplificato rispetto alla realtà, atto ad illustrare il nostro ragionamento. Nella legenda sono meglio precisati i criteri con cui è stato costruito.

In questa sezione si vede (molto più chiaramente che nella carta) come il nucleo metamorfico sia il complesso roccioso più profondo, di tutto l'edificio. Al di sopra di esso giacciono le rocce della serie toscana non metamorfica; al di sopra di queste ultime le rocce delle serie liguri.

Questa disposizione dei tre complessi sovrapposti non può essere normale (cioè non può corrispondere alla giacitura originaria delle formazioni che li costituiscono); infatti dalla descrizione stratigrafica della fig. 2 risulta che il complesso metamorfico comprende formazioni che dal Paleozoico salgono, come età, fino all'Oligocene; il complesso toscano non metamorfico, ha alla base rocce del Trias superiore (che vengono quindi a sormontare quelle oligoceniche del complesso metamorfico) e termina a tetto con rocce del Miocene inferiore; il complesso ligure che giace su queste, ha alla base terreni del Giurassico superiore (Malm) (vedi fig. 4).

ma originariamente meno puri; le impurezze hanno dato luogo per metamorfismo ad una fitta serie di straterelli di sericite e clorite. Il colore della roccia è in genere verde chiaro, più raramente rossiccio). —  $M_6$  = diaspri metamorfici. —  $M_7$  = Scisti sericitici rosso cupo talora includenti livelli più calcarei, identici ai cipollini prima citati. —  $M_8$  = pseudomacigno (formazione equivalente ed estremamente simile al Macigno della falda toscana, ma interessata da un debole metamorfismo. Eocene, Oligocene).

I limiti di età delle singole formazioni  $M_4$  -  $M_7$  non sono noti esattamente per mancanza di sufficienti reperti paleontologici.

Le linee tratteggiate ricordano limiti di formazioni cronologicamente equivalenti e mettono in evidenza le notevolissime differenze di spessore che rocce, rappresentanti lo stesso intervallo di età, possono avere nei tre diversi complessi.

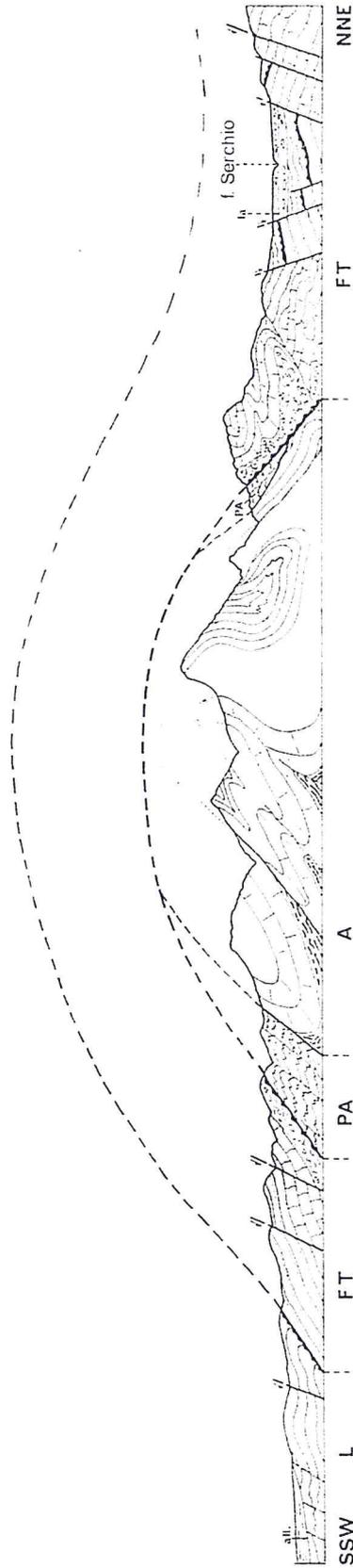


Fig. 3 - Sezione generale attraverso le Apuane.

A = Autoctono. — PA = Parautoctono. — FT = Falda toscana. — L = Liguridi. — la = formazioni lacustri. — all. = Formazioni detritiche recenti della pianura versiliese.

Le linee spesse e dentellate indicano i grandi contatti tettonici per sovrascorrimento. Come è stato accennato nel testo, il profilo non è reale e cioè: 1) le deformazioni tettoniche (pieghe, fratture ecc.) sono state alquanto semplificate e così pure le serie stratigrafiche. 2) Il lato occidentale del profilo è ispirato ai rapporti tettonici quali appaiono con particolare evidenza nella parte settentrionale del Massiccio (cioè all'incirca in corrispondenza di una trasversale antiappenninica passante fra Massa e Carrara, dove, ad esempio, sono ben visibili i rapporti fra Liguridi e falda toscana). Il lato orientale corrisponde invece ad una trasversale approssimativamente parallela alla precedente, ma passante più a Sud (grosso modo all'altezza di Castelnuovo di Garfagnana), dove sono meglio osservabili i motivi tettonici costituenti il Graben della Val di Serchio. 3) Il tratto di falda toscana dal lato orientale del profilo risulta molto raccorciato rispetto alle sue proporzioni reali, perchè una sua rappresentazione in scala esatta avrebbe allungato eccessivamente la figura senza nulla aggiungere al suo significato.

In sostanza, il secondo ed il terzo complesso sormontano ambedue terreni più recenti di quelli che costituiscono la loro base. L'unica spiegazione possibile dei suddetti rapporti consiste nell'ammettere che il complesso toscano non metamorfico si sia accavallato lungo una superficie di taglio suborizzontale, sul nucleo metamorfico; lo stesso è accaduto per i terreni delle serie liguri, nei confronti della serie toscana

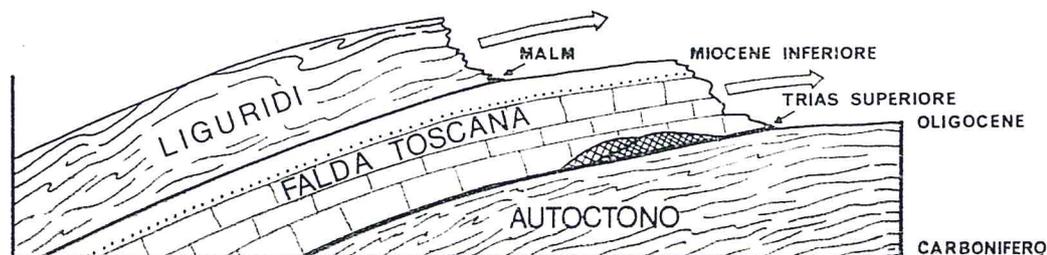


FIG. 4 - La figura illustra il carattere anomalo della sovrapposizione dei tre complessi: autoctono, falda toscana e Liguridi. Infatti, come è indicato nella figura stessa, sia la base della falda toscana che quella delle Liguridi sono costituite da rocce molto più antiche di quelle che formano il tetto dei complessi sottostanti.

Le linee più marcate, alla base dei due complessi superiori, indicano i contatti anormali (tettonici), dovuti agli accavallamenti della « falda toscana » sull'autoctono e delle Liguridi sulla « falda toscana ».

Le frecce grandi indicano il senso del movimento dei due complessi alloctoni, che è da SW verso NE. L'area lenticolare, a tratteggio incrociato, che si vede fra autoctono e « falda toscana », rappresenta una scaglia parautoctona.

non metamorfica. Ne deriva che i due complessi superiori sono alloctoni, cioè provenienti da un'area diversa da quella in cui attualmente li vediamo; il complesso basale invece, non mostra indizi di traslazioni orizzontali del genere, e cioè appare corrugato e sollevato nell'area stessa in cui si erano sedimentate le rocce che lo compongono: deve cioè essere considerato autoctono.

Talora un complesso alloctono, durante il suo movimento di messa in posto, strappa al substrato autoctono scaglie rocciose di dimensioni anche enormi, trascinandole per tratti più o meno lunghi. Tali scaglie — che rimangono « pizzicate » fra autoctono ed alloctono, risultando tettonicamente indipendenti sia dall'uno che dall'altro — prendono il nome di « scaglie parautoctone » o, semplicemente, « parautoctono ». Il parautoctono è particolarmente importante ed esteso nelle Apuane (vedi figg. 3 e 4).

Gli accavallamenti di enormi masse rocciose l'una sull'altra, testè illustrati, sono la testimonianza indubbia di una tettonica intensissima (messa in evidenza anche dai numerosi e complicati ripiegamenti e frat-

ture che si notano all'interno di ciascuno dei tre complessi) e quindi dell'azione di forze gigantesche.

A tutto l'insieme di eventi dai quali prende origine una catena montuosa si dà il nome di orogenesi. Questo nome, in senso stretto, indica corrugamento e sollevamento (cioè deformazione e dislocazione) di masse rocciose preesistenti, a formare cordoni montuosi. E' chiaro però che la storia delle montagne comincia assai prima e cioè dal momento in cui queste rocce hanno iniziato a sedimentarsi.

Come si è già fatto notare, le Apuane sono costituite con grande prevalenza di rocce sedimentarie, quasi tutte di ambiente marino: la loro storia quindi ha inizio col formarsi di un bacino marino (il che, del resto, vale per la grandissima maggioranza delle catene montuose e non solo per le Apuane). Non dobbiamo però pensare ad una qualsiasi porzione di un mare o di un oceano: i bacini marini nei quali hanno la loro prima, lontana origine le catene montuose sono « fosse » che prendono il nome di « geosinclinali » e che presentano caratteristiche molto particolari, di cui indicheremo in breve le più importanti:

- 1) Le geosinclinali hanno forma di fosse strette ed allungate.
- 2) Esse sono in genere ubicate nelle immediate vicinanze di una massa continentale preesistente e si sviluppano parallelamente a questa.
- 3) Esse sono soggette ad una forte « subsidenza », cioè il loro fondo è in continuo abbassamento, così che esse possono accogliere spessori di sedimenti molto maggiori della loro profondità iniziale.

In realtà le geosinclinali non sono solchi semplici, ma risultano suddivise, in senso longitudinale, in un certo numero di bacini minori per la presenza di « soglie » per lo più sommerse. La presenza di queste soglie, anche se sommerse, ha per effetto di determinare differenze più o meno spiccate nella natura dei sedimenti che si raccolgono nei diversi bacini.

Una di tali soglie assume una particolare importanza e divide la geosinclinale in due solchi principali: la *eugeosinclinale*, dal lato del mare aperto e la *miogeosinclinale* dal lato del continente od avampaese (vedi fig. 5).

Tra questi due solchi principali le differenze sono particolarmente sensibili e ciò non solo per la natura dei sedimenti che li riempiranno, ma anche per il comportamento durante la successiva evoluzione che subirà la geosinclinale. Una differenza particolarmente importante e

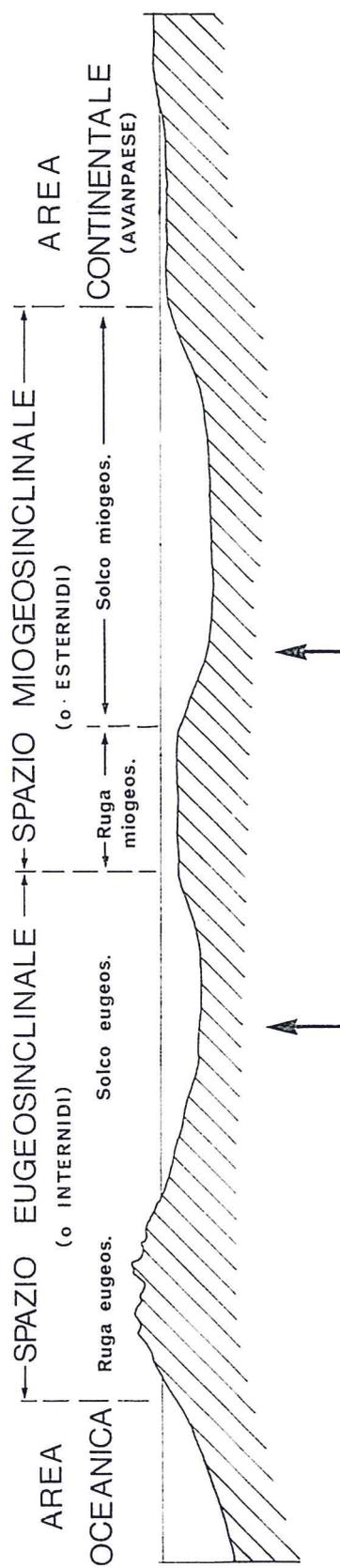


FIG. 5 - Schema semplificato di una Geosinclinale. Per quanto riguarda la nomenclatura notare che la *ruga miogeosinclinale* è designata talora nel testo e in altre figure con il sinonimo di *geosinclinale*.  
 Le due frecce in basso delimitano approssimativamente la zona rappresentata nella figura 6.

facilmente riconoscibile è data dal fatto che solo nella eugeosinclinale è presente una particolarissima associazione di rocce ignee basiche ed ultrabasiche (serpentina, gabbro e diabase), dette comprensivamente « rocce verdi » od « ofioliti ».

Le altre soglie hanno importanza minore e determinano quindi, tra i diversi bacini in cui sono suddivisi i due solchi principali, differenze minori.

La geosinclinale non è una struttura immobile: come si è già detto infatti presenta fin dall'inizio il fenomeno della subsidenza e subisce successivamente una evoluzione che finirà per trasformarla in una catena montuosa.

La subsidenza prosegue per tempi lunghissimi (siamo nell'ordine di oltre centocinquanta milioni di anni) e lo spessore dei sedimenti va continuamente aumentando; poi, in un lasso di tempo relativamente breve, rallenta e cessa del tutto. Si hanno allora le prime emersioni di terre, sotto forma di cordoni allungati di isole; sulle terre emerse si impianta un'attiva erosione i cui prodotti vanno rapidamente a colmare la geosinclinale che ormai non è più in fase di subsidenza. Il primo solco che si riempie è la eugeosinclinale; successivamente si colma anche la miogeosinclinale. I prodotti di questo riempimento, di natura prevalentemente arenaceo-argillosa, prendono il nome di Flysch. Intanto spinte tangenziali cominciano a comprimere i sedimenti contenuti nella geosinclinale, i quali si deformano dando pieghe più o meno complicate che tendono a ribaltarsi verso l'avampaese; insieme alle pieghe cominciano a svilupparsi i primi accavallamenti lungo superfici di taglio suborizzontali.

Come era accaduto per il riempimento finale delle fosse, anche queste deformazioni tettoniche si manifestano più precocemente nella eugeosinclinale e solo successivamente si propagano alla miogeosinclinale. Inoltre anche la loro intensità decresce fortemente dal primo al secondo dei due solchi summenzionati. In molti casi la fossa eugeosinclinale si chiude completamente, spremendo fuori i sedimenti che la riempivano e che vanno a riversarsi sull'area della miogeosinclinale; in quest'ultima invece, di norma, la tettonica è più blanda e si esprime con pieghe rovesciate verso l'avampaese e sovrascorrimenti di entità relativamente limitata.

Al prevalere dei corrugamenti con formazione di strutture che indicano una forte compressione tangenziale, segue il sollevamento (surrezione) delle strutture precedentemente corrugate, dovuto preva-

lentamente a spinte verticali di natura isostatica. Corrugamento e surrezione costituiscono, nella genesi delle montagne, la fase parossismale; ad essa seguono altri movimenti, genericamente indicati come fasi tardive o postparossismali (meno intensi, ma per molti motivi, di grande importanza), sui quali ci soffermeremo in seguito.

Le varie fasi ora brevemente descritte, risultano effettivamente successive e distinte l'una dall'altra, solo se le si esaminano in una determinata fascia, non troppo ampia; se invece si prende in considerazione la geosinclinale per l'intera sua larghezza, tali fasi, che si spostano progressivamente nel tempo, dall'area oceanica verso l'avampaese e che hanno tutte una durata più o meno considerevole, risultano, almeno in parte, contemporanee: ad esempio, quando la fascia più prossima all'area oceanica si sta sollevando, già corrugata, le fasce più prossime all'avampaese possono essere ancora in fase di sedimentazione.

Una serie di eventi di questo tipo costituisce nel suo insieme un ciclo orogenetico. Molti di tali cicli si sono succeduti durante la lunghissima storia della Terra: l'ultimo ed il più noto è il ciclo orogenetico alpino, durante il quale si sono formate (oltre, ovviamente, alle Alpi, da cui prende il nome) tutte le più imponenti catene montuose del mondo; tra queste gli Appennini e di conseguenza anche le Alpi Apuane che fanno parte di questa catena.

La geosinclinale con cui ebbe inizio il ciclo orogenetico alpino, cominciò ad abbozzarsi verso la fine del Trias e cioè in cifra tonda fra 180 e 200 milioni di anni fa. I movimenti di corrugamento e sollevamento di questo ciclo, per quanto riguarda l'Europa, si sono verificati principalmente nell'Era terziaria, ma hanno avuto inizio nel Mesozoico (soprattutto a partire dal Cretaceo) e sono proseguiti, con le fasi tardive, fino al Quaternario, nè possono considerarsi con sicurezza ancora del tutto cessati.

Descrivendo nelle sue linee generali un ciclo orogenetico, si è già dato un primo schema abbastanza rappresentativo anche della storia particolare delle Alpi Apuane; è però necessario fare alcune precisazioni e cioè: come era configurata la geosinclinale appenninica a livello delle Apuane; dove era ubicata in termini di geografia attuale; quale posizione occupavano in essa le varie serie stratigrafiche, in precedenza descritte; quali caratteristiche ha avuto l'evoluzione tettonica di questa catena montuosa (a partire dalla sua fase di geosinclinale); quali movimenti tardivi la hanno infine interessata e quale influenza essi hanno avuto sulla sua fisionomia attuale.

A queste domande cercheremo di rispondere utilizzando il più possibile disegni e schemi, sia per una maggiore chiarezza, sia per non rendere troppo lunga l'esposizione.

Nella fig. 6 si vede una ricostruzione ipotetica della geosinclinale o meglio di un'ampia porzione della geosinclinale appenninica, all'altezza delle Apuane. Come fosse configurata tale geosinclinale è di per sé evidente nella figura e non ha bisogno di particolari commenti. Per quanto riguarda la sua ubicazione, è ovvio che essa doveva almeno parzialmente coincidere con l'attuale decorso dell'Appennino, ma, come del resto è indicato nella figura, per gran parte essa era situata più ad occidente e cioè in corrispondenza dell'attuale area tirrenica. Solo a partire dalla zona toscana esterna (vedi sempre la fig. 6) e cioè proprio dalla zona delle Apuane, essa corrisponde al territorio attuale della penisola italiana. Ne deriva una conferma del fatto che tutte le formazioni rocciose che ora fanno parte della catena Apuana, ma che in origine si erano sedimentate nell'area tirrenica, non occupano più la loro « patria d'origine » e quindi sono alloctone.

Tutta l'area di sedimentazione della serie toscana corrisponde, grosso modo, alla soglia geoanticlinale (soglia, come si vede nella figura, molto estesa ed ondulata, con zone più sollevate e solchi secondari, relativamente più profondi). Però, mentre la fascia più orientale o zona toscana esterna (corrispondente al tratto più elevato della soglia e comportante una serie stratigrafica più sottile) si è corrugata rimanendo, più o meno, nella posizione originaria ed è perciò autoctona, il materiale della zona toscana interna (corrispondente ad una depressione della soglia e comportante perciò spessori più cospicui delle formazioni) si è riversato sull'autoctono della zona esterna andando a formare il complesso alloctono della prima cornice (la « falda toscana »).

La presenza delle rocce ofiolitifere e l'età relativamente antica dei flysch del complesso costituente la cornice esterna, sono indizi sicuri di una provenienza dalla fossa eugeosinclinale e quindi, ne confermano la giacitura alloctona.

La fig. 7 rappresenta alcune delle tappe fondamentali dell'evoluzione della catena apuana, a partire da un momento avanzato della fase di sedimentazione, fino a quello in cui l'edificio a falde si è ormai costituito e sollevato, cioè al termine di quella che abbiamo definita fase parossismale. Anche in questo caso la figura e la relativa legenda non richiedono particolari commenti.

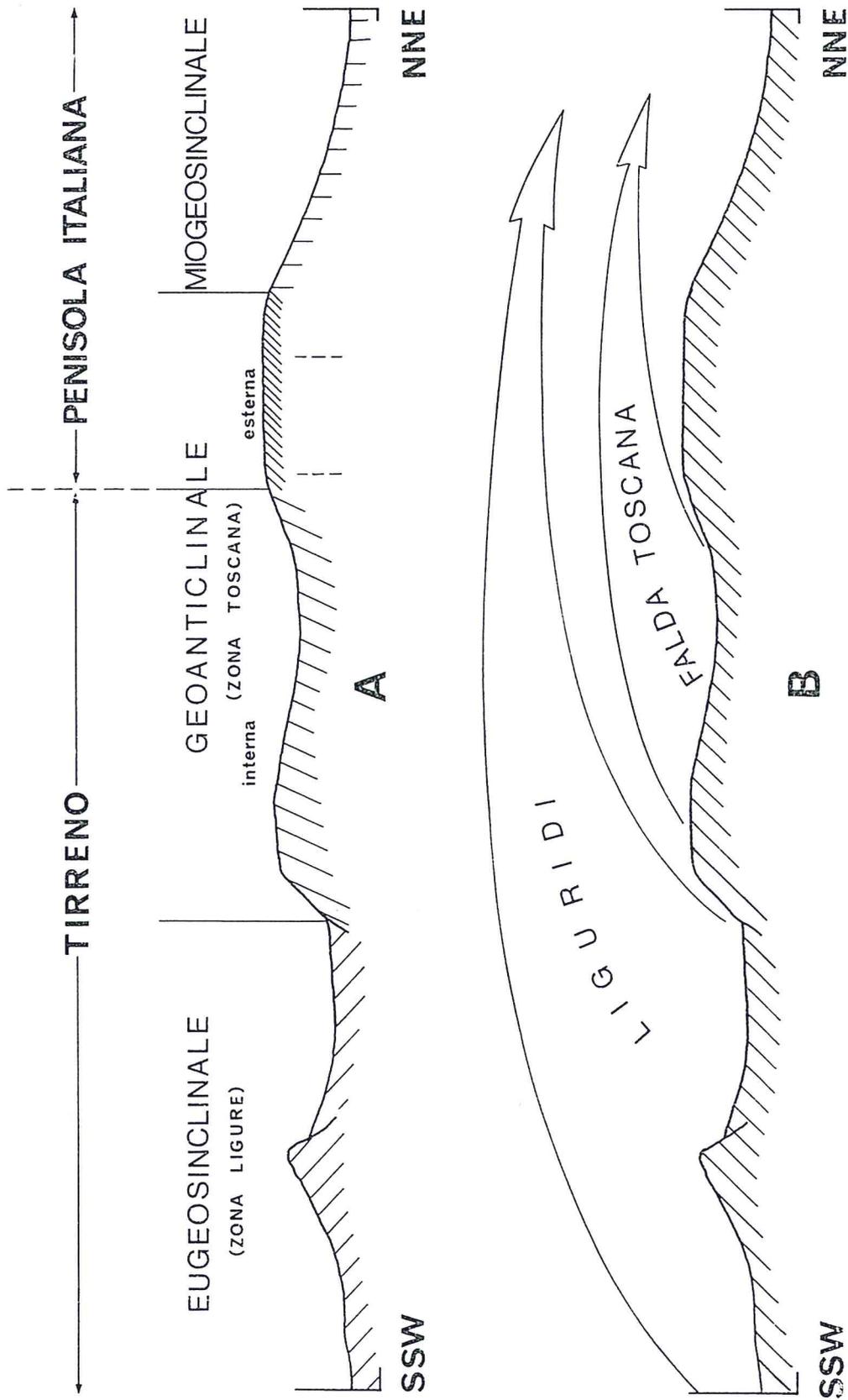


Fig. 6 - Nella figura è rappresentata una parte della geosinclinale appenninica (vedi il riferimento nella fig. 5), relativa alla soglia geosinclinale e ad una porzione limitata delle due fosse, che in realtà si estendevano molto più ampiamente ai due lati. Nel profilo A (in alto) sono indicate, in rapporto ai vari tratti della geosinclinale, le diverse zone sedimentarie: zona ligure, zona toscana interna, zona toscana esterna. Vi sono pure indicati: il limite fra Tirreno e Penisola italiana ed i limiti approssimativi delle Apuane (le due linee verticali tratteggiate, al di sotto del profilo, nella zona toscana esterna). Nel profilo B (in basso), le due grandi frecce rappresentano il movimento della zona toscana interna e delle liguridi dall'area tirrenica a quella della penisola.

Prima di proseguire, coll'illustrazione delle fasi tardive, è necessario un chiarimento per quanto riguarda l'età dei terreni più antichi, presenti nel nucleo autoctono. Come si è visto, in tale nucleo le formazioni più profonde rimontano al Carbonifero (e, forse, ce ne sono anche di più antiche); d'altra parte, come si è pure accennato, la geosinclinale ha cominciato ad abbozzarsi verso il Trias superiore. Che significato ha dunque la presenza, nel suddetto nucleo, di rocce tanto più antiche? La risposta è piuttosto semplice: quei materiali antichi altro non possono rappresentare che il « fondo » stesso della geosinclinale. Questa, evidentemente, non è stata solo il « recipiente », nel quale si sono venuti accumulando — nel corso di milioni di anni — i sedimenti che successivamente, durante la fase parossismale, hanno dato luogo alla formazione dell'edificio montuoso, ma è venuto a trovarsi esso pure coinvolto nell'orogenesi ed è stato corrugato e sollevato insieme al suo contenuto, venendo così anch'esso a partecipare alla costituzione del medesimo edificio.

Nonostante la complessità e l'imponenza dei fenomeni che la caratterizzano, la fase parossismale corrisponde ad un intervallo di tempo relativamente breve e cioè al Tortoniano superiore.

Come si è detto, il parossisma orogenetico è seguito da una serie di fasi tardive o postparossismali. In esse la tettonica è meno intensa e va gradualmente attenuandosi. Si tratta tuttavia di movimenti molto complessi e di lunga durata. Grossi compartimenti delle strutture corrugate e sollevate sprofondano; altri continuano ad innalzarsi; parte delle zone sprofondate possono sollevarsi di nuovo e viceversa. In questo gioco di innalzamenti e sprofondamenti di blocchi, il mare può invadere terre emerse o ritirarsi da quelle invase; nelle depressioni chiuse che vengono a formarsi più all'interno si impiantano bacini lacustri; questi successivamente si colmano formando ampie spianate che divengono poi tratti di valli fluviali sulle quali i corsi d'acqua continuano a deporre le alluvioni, divangando liberamente per tutta la loro ampiezza. Queste alluvioni, ed i sottostanti depositi lacustri, possono anche successivamente essere reincise completamente, così che i fiumi vanno ad incassarsi nelle rocce del substrato, ma, per il precedente divagare, di regola, le nuove incisioni non coincidono più con il fondo delle originarie depressioni tettoniche. Attraverso questa complicata serie di vicende i lineamenti geografici della regione vengono gradualmente acquistando la loro fisionomia attuale; si comprende

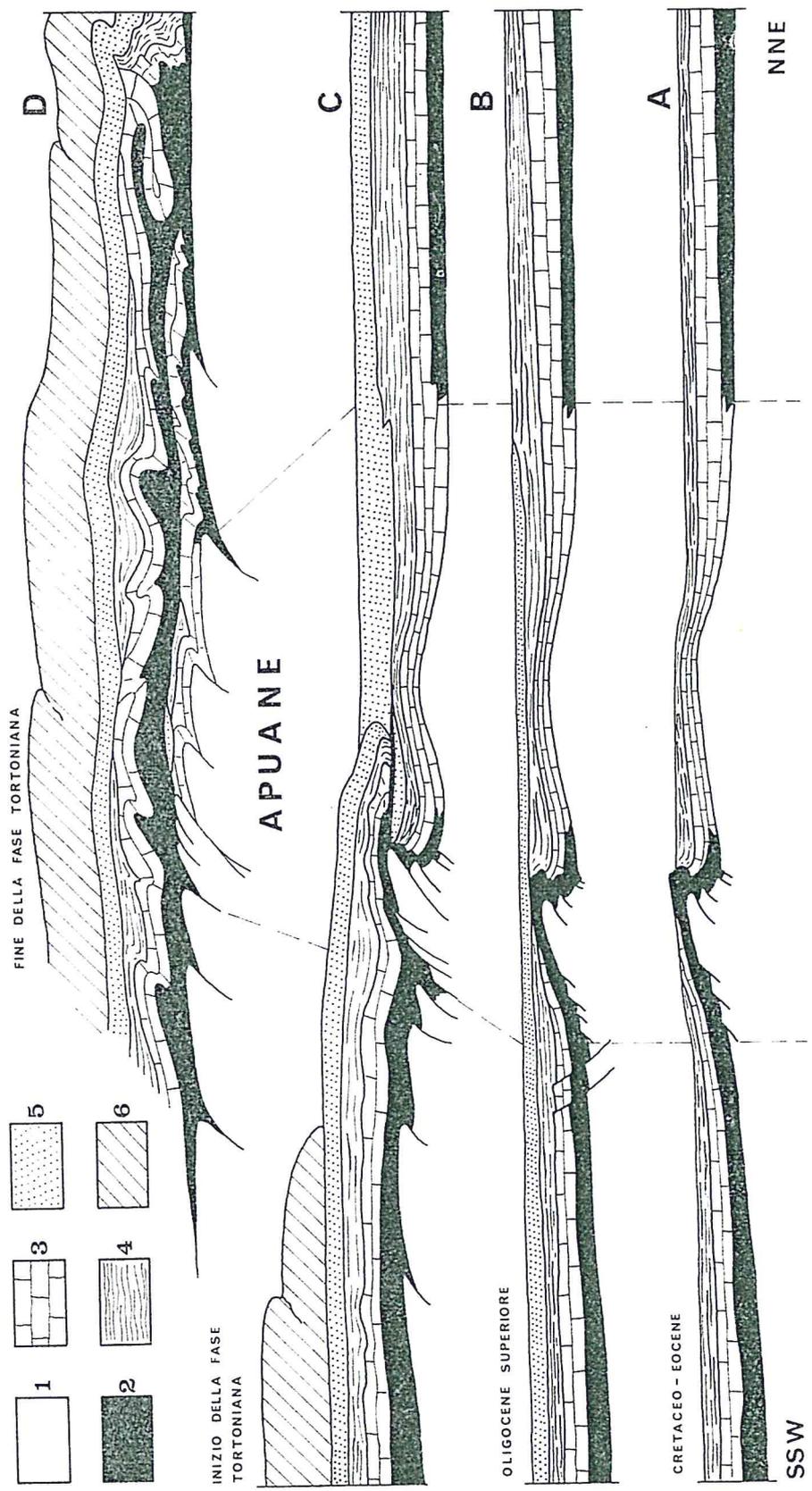


FIG. 7

pertanto la grande importanza di queste fasi tardive nonostante che i movimenti vi siano meno intensi e meno generalizzati.

In linea di massima questa tettonica tardiva ha carattere rigido e distensivo, cioè non è più caratterizzata dal prevalere di forze di compressione orizzontale (e conseguentemente dalla formazione di pieghe e sovrascorrimenti); i vari compartimenti si innalzano e si abbassano l'uno rispetto all'altro, con movimenti prevalentemente verticali, lungo faglie dirette, formando pilastri rialzati (Horst) o solchi (Graben), gli uni e gli altri coi fianchi costituiti da gradinate di faglie dirette.

Se si esamina il massiccio apuano, prescindendo dalla sua struttura a « falde » sovrapposte e dalle complicatissime pieghe, si vede come esso abbia appunto la struttura generale di un Horst. Il fianco occidentale, per la presenza di un gruppo di faglie dirette che si immergono verso Ovest, costituisce una gradinata discendente verso il mare; sul fianco orientale il massiccio è limitato da una fossa tettonica o Graben compresa fra due gradinate di faglie dirette discendenti, grosso modo, verso la Valle del Serchio (nel suo tratto NNW-SSE, fra

FIG. 7 - Schema dell'evoluzione della geosinclinale appenninica in corrispondenza della trasversale apuana.

1 = Basamento (Verrucano s.l.) — 2 = Orizzonte plastico inferiore costituito dalla formazione evaporitica. — 3 = Formazioni prevalentemente carbonatiche del Giurassico e del cretaceo inferiore (vedi colonne stratigrafiche) — 4 = Orizzonte plastico superiore costituito da argille e marne di vario colore (scisti policromi) del Cretaceo, Eocene ed Oligocene inferiore — 5 = Flysch sommitali (Macigno e Pseudomacigno) dell'Oligocene Medio e Superiore e del Miocene inferiore — 6 = Formazioni varie del complesso delle Liguridi.

Nei profili A e B, la geosinclinale è prevalentemente in fase di sedimentazione e si sta gradualmente colmando. Fa eccezione la zona immediatamente ad Ovest delle Apuane dove si sta già sollevando una struttura a scaglie embricate, parte delle quali verranno poi strappate dal sovrascorrimento della falda toscana andando a costituire il Parautoctono della zona di Massa.

I profili C e D rappresentano rispettivamente un momento precoce e la fine della messa in posto della falda toscana sull'autoctono e delle liguridi sulla falda toscana, accompagnata da intenso corrugamento e raccorciamento (quest'ultimo messo in evidenza dalle linee tratteggiate che raccordano i vari profili).

La situazione che appare nel profilo D corrisponde a quella attuale per quanto riguarda i rapporti di sovrapposizione dei tre complessi tettonici (si è cioè compiuta la fase orogenetica principale o parossismale); non vi sono invece rappresentate le strutture riferibili alle fasi tardive il cui effetto principale sarà quello di innalzare come un Horst il Massiccio apuano (fra il Tirreno e la depressione della Valle del Serchio) Horst che sarà successivamente smantellato e modellato, nelle forme attuali, dall'erosione.

Da notare che l'orizzonte plastico inferiore, che è la sede e la causa principale del sovrascorrimento della falda toscana, non esiste in corrispondenza della zona apuana dove è rimpiazzato da rocce rigide e resistenti (dolomie e calcari dolomitici detti « grezzoni »). E' probabilmente questa mancanza di un orizzonte plastico alla base che ha mantenuto le rocce di copertura delle Apuane radicate al loro substrato, cioè in posizione autoctona (da F. BALDACCI ed al., 1967, con modifiche).

Piazza al Serchio e la confluenza con la Lima). Il fianco occidentale di questo Graben è nello stesso tempo anche il fianco orientale dell'Horst apuano.

A questo punto si presenta il problema di stabilire l'età di questa tettonica recente. Nella Toscana a Sud dell'Arno i terreni trasgressivi marini recenti, quasi sempre riccamente fossiliferi, la cui formazione è legata al gioco alterno di trasgressioni e regressioni, di cui si è fatto prima cenno, occupano aree vastissime arrivando verso l'interno fino ad Est della Val di Chiana. La loro presenza, mentre ostacola, ovviamente, l'osservazione della struttura dei terreni più antichi, fornisce però una documentazione ampia e dettagliata sui movimenti recenti che li hanno in vario modo interessati. A Nord dell'Arno la situazione è in certo senso opposta: sono meglio visibili le strutture dei terreni antichi, ma mancano quasi del tutto terreni marini trasgressivi recenti. Nel caso delle Apuane, a questo inconveniente si può in parte ovviare per la presenza di terreni di origine lacustre, in cui si ritrovano faune a vertebrati spesso cronologicamente significative.

Il più importante di questi bacini si trova in corrispondenza del Graben della Val di Serchio (vedi fig. 8). Secondo quanto si può ricostruire dai resti dei terreni lacustri ancora esistenti, questo bacino doveva estendersi dalla zona di Calavorno fino a Nord di Villa Collemandina. Esso doveva risultare diviso in due bacini minori da una soglia sommersa all'altezza di Monte Perpoli. Le faune ritrovate nella facies argillosa dei depositi di questo lago contengono: *Tapirus arvernensis* DEV. & BOUILL., *Sus arvernensis* CROIZ. & JOB., *Mastodon arvernensis* CROIZ. & JOB. ed *Equus stenorhis* CECCHI che indicano il Pliocene superiore.

Dopo un certo periodo di vita il bacino lacustre si riempì, la zona divenne il fondo della valle del Serchio che con le sue alluvioni superò le sponde dell'antico lago. Infine il fiume incise di nuovo sia le proprie alluvioni sia i sedimenti lacustri, fino ad incassarsi, in alcuni tratti, nelle rocce più antiche sottostanti (ad esempio a S.E. di Castelnuovo Garfagnana).

Le faglie che costituiscono il Graben della Val del Serchio debbono aver agito, in più riprese, per un periodo piuttosto lungo. Non c'è dubbio, ad esempio, che esse si siano cominciate a muovere prima della deposizione dei sedimenti lacustri del Pliocene superiore: infatti mentre il rigetto (cioè la componente verticale dello spostamento) ha, nei suddetti depositi, un valore che non supera la trentina di metri,

nelle rocce del substrato può raggiungere alcune centinaia di metri. Le faglie hanno tagliato anche depositi ghiaiosi del Quaternario inferiore quindi esse si sono mosse anche successivamente a quell'epoca.

Al contrario esse non hanno interessato i sedimenti del terrazzo fluviale più recente, probabilmente wurmiano. Di conseguenza, almeno la maggior parte dei movimenti, pur continuando dopo il Quaternario inferiore, risulterebbero del tutto cessati prima del Wurm. Riassumendo: le faglie di questo Graben dovrebbero aver funzionato da un momento di poco precedente al Pliocene superiore fino al Quaternario prewurmiano (R. NARDI, 1961).

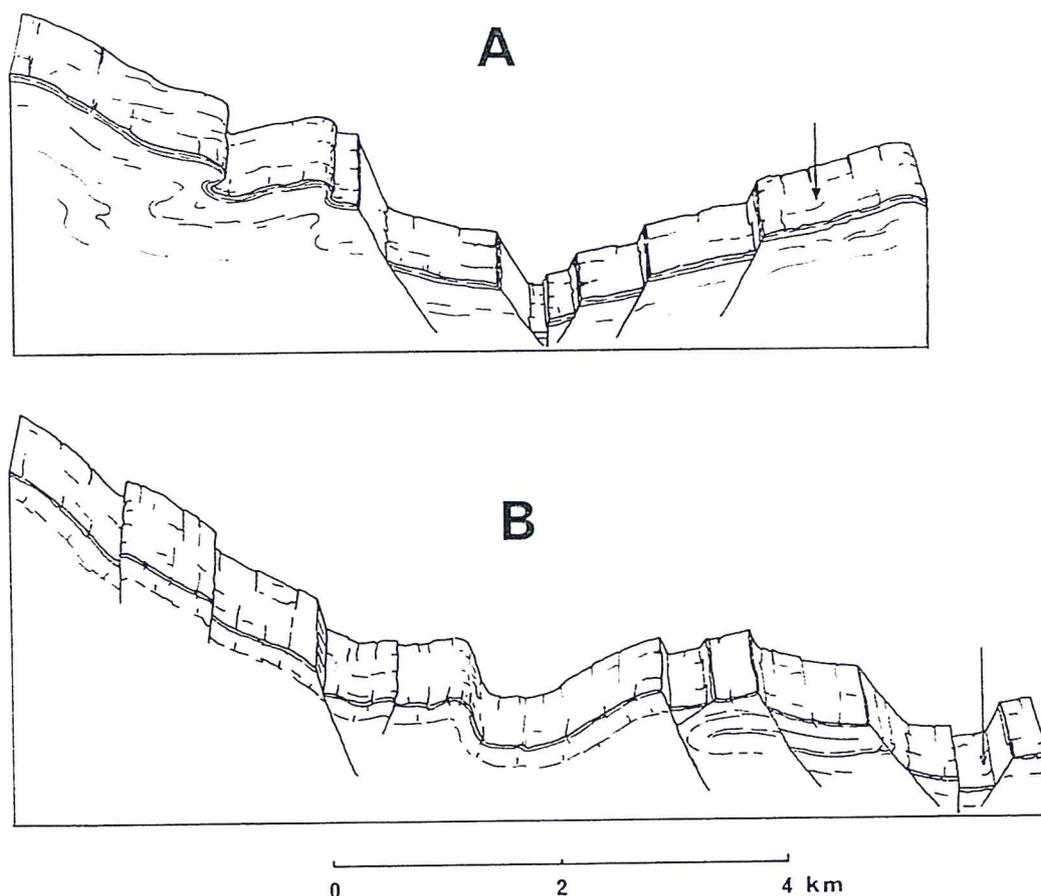


FIG. 8 - Stereogrammi rappresentanti la struttura tettonica a Graben della depressione della Valle del Serchio, che separa le Apuane dall'Appennino vero e proprio. Lo stereogramma A si riferisce ad una striscia di territorio circa 1,5 Km a Sud di Castelnuovo di Garfagnana. Lo Stereogramma B è circa 3 Km a Sud del precedente, ad Ovest del gruppo Pania della Croce - Pania Secca. Ambedue hanno un andamento approssimativamente normale alla direzione dell'asse del Graben. Le due frecce verticali sul lato destro di ambedue le figure indicano la posizione dell'attuale corso del Serchio che solo nello stereogramma B corrisponde al fondo della depressione tettonica originaria (da R. NARDI, 1961, con modifiche).

Sensibilmente più antichi sono dei depositi lacustri lignitiferi esistenti nella zona di Sarzana con *Dreissensia*, *Melanopsis*, *Paludina*, resti di *Tapirus* e di foglie tra cui: *Liquidambar europaeum* A. BRAUN, *Cinnamomum Scheuchzeri* HERR, *Laurus princeps* HERR, *Glyptostrobus europaeus* BRONG.. Essi sono infatti riferibili al Miocene superiore e indubbiamente legati alla tettonica postparossismale, il cui inizio, nelle Apuane in genere, andrebbe quindi fatto risalire al Miocene Superiore. Quest'ultimo dato è perfettamente in accordo con quanto risulta nella Toscana a Sud dell'Arno dove, come è stato detto, le fasi tardive sono assai più facilmente riconoscibili e databili.

I resti di un'altro lago del Quaternario antico si trovano al limite Nord del Massiccio apuano, lungo il corso dell'Aulella, tra Aulla e Gassano (Bacino di Olivola).

#### RIASSUNTO

Il massiccio apuano è costituito da tre complessi tettonici sovrapposti. Essi, dal basso verso l'alto sono: autoctono, falda toscana, Liguridi. Dopo una breve descrizione delle serie stratigrafiche che costituiscono questi tre complessi l'A. traccia una breve storia del bacino sedimentario in cui si deposero le rocce che formano le Apuane e della sua successiva evoluzione fino all'edificio a falde sovrapposte. Descrive infine succintamente le fasi tettoniche tardive di stile rigido, durante le quali il primitivo edificio a falde si smembra in Horst e Graben e si viene delineando, nei suoi tratti principali, la morfologia attuale.

#### SUMMARY

The Apuanes massif consist with three overlying tectonic complexes. From top to bottom they are: autocthon, tuscan nappe, « Ligurides ». After a short description of the stratigraphic series that form the three complexes, the A. gives a brief story of the sedimentary basin where the Apuanes rocks developed and of the successive evolution until the overlying nappe bulding. He shortly describes latest tectonic phases, during which the primitive nappe building collapses into Horst and Graben and the actual morphology assumes its principal features.

#### ELENCO BIBLIOGRAFICO

- BALDACCI F., ELTER P., GIANNINI E., GIGLIA G., LAZZAROTTO A., NARDI R., TONGIORGI M. (1967) - *Nuove osservazioni sul problema della Falda Toscana e sulla interpretazione dei Flysch Arenacei tipo « Macigno » dell'Appennino settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., 6 (2).
- BARBERI F. & GIGLIA G. (1966) - *La serie scistosa basale dell'autoctono delle Alpi Apuane*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (6), 1965.
- BONATTI S. (1938) - *Studio petrografico delle Alpi Apuane*. Mem. Descritt. Carta Geol. d'It. 26.

- BORTOLOTTI V. & PIRINI C. (1965) - *Nota preliminare sull'età della base del Macigno (Serie tra il Passo del Cerreto e la bassa valle del Serchio)*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (6).
- DE WIJKERSLOOTH P. (1934) - *Bau und Entwicklung des Apennines besonders der Gebirge Toscanas*. Selbstverlag Geol. Inst. Amsterdam.
- ELTER P., GIANNINI E., TONGIORGI M. & TREVISAN L. (1960) - *Le varie unità tettoniche della Toscana e della Liguria orientale*. Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., Ser. 8, 29 (6).
- ELTER P., GIGLIA G., RAU A. & TONGIORGI M. (1966) - *Il Verrucano della Verruca (Monti Pisani) nel quadro delle serie del Carbonifero, del Permiano e del Trias della Toscana Settentrionale*. Atti del Symposium sul Verrucano, Soc. Tosc. Sc. Nat.
- GIANNINI E., LAZZAROTTO A. & NARDI R. (1967) - *Ipotesi sulla giacitura di lembi di dolomie triassiche negli scisti sericitici varicolori della serie toscana metamorfica*. Boll. Soc. Geol. It., 86 (1).
- GIANNINI E. & NARDI R. (1965) - *Geologia della zona nord occidentale del M. Pisano e dei Monti d'Oltre Serchio (Prov. di Pisa e Lucca)*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (5).
- GIANNINI E. & NARDI R. (1966) - *Osservazioni sulla stratigrafia e la tettonica della zona di raccordo tra il M. Pisano e le Alpi Apuane*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (6), 1965.
- GIANNINI E., NARDI R. & TONGIORGI M. (1962) - *Osservazioni sul problema della falda toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 81 (2).
- GIANNINI E. & TONGIORGI M. (1962) - *Les phases tectoniques néogènes de l'orogénèse alpine dans l'Apennin Septentrional*. Bull. Soc. Géol. France, Sér. 7, 4 (5).
- GIGLIA G. (1967) - *Geologia dell'Alta Versilia Settentrionale (Tav. M. Altissimo)*. Mem. Soc. Geol. It., 6 (1).
- IPPOLITO F. (1950) - *Le Alpi Apuane*. In: *Contributo alla geologia del Monte Pisano e delle Alpi Apuane*. Mem. e Note dell'Ist. di Geol. Appl. dell'Università di Napoli, 3.
- KOBER L. (1927) - *Beiträge zur Geologie des Nordapennins und der angrenzenden Alpen*. Sitz. Ber. Ak. Wiss. Wien, Math. Naturwiss. Kl., 136 (1).
- KOBER L. (1935) - *Grundlagen des Deckenbaus des Apennins*. Forsch. und Fortschr., 25.
- LENCEWICZ S. (1917) - *Sezioni geologiche dell'Appennino toscano*. Rend. Soc. Sc. Varsavia, 10 (6).
- MERLA G. (1952) - *Geologia dell'Appennino settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., 70 (1), 1951.
- MERLA G. (1957) - *Essay on the Geology of the Northern Apennines*. Tip. Latini. Firenze.
- NARDI R. (1961) - *Geologia della zona tra la Pania della Croce, Galliciano e Castelnuovo Garfagnana (Alpi Apuane)*. Boll. Soc. Geol. It., 80 (2).
- NARDI R. (1963a) - *Sul ritrovamento di nummuliti nello « pseudomacigno » del versante nord-orientale delle Alpi Apuane*. Boll. Soc. Geol. It., 82 (2).
- NARDI R. (1963b) - *La « zona degli scisti sopra i marmi » nelle Alpi Apuane e i terreni che la costituiscono*. Boll. Soc. Geol. It., 82 (2).
- STAUB R. (1932) - *Die Bedeuntung der Apuanischen Alpen*. Vj. Schr. Naturf. Ges. Zürich, 77.
- TEICHMÜLLER R. (1935) - *Der Deckenbau des Nordapennins zwischen Modena und Massa-Carrara*. Abh. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Math. Phys. kl., III Folge, 13.
- TREVISAN L. (1955) - *Il Trias della Toscana e il problema del Verrucano triassico*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. ser. A, 62 (1).
- TREVISAN L. (1958) - *Geologia delle Alpi Apuane*. Guida ai Monti d'Italia. Ed. C.A.I., Milano.
- TREVISAN L. (1962) - *Considérations sur deux coupes à travers l'Apennin Septentrional*. Bull. Soc. Géol. France, Ser. 7, 4 (5).
- TREVISAN L. (1963) - *La Paléogéographie du Trias de l'Apennin septentrional et central et ses rapports avec la tectogénèse*. Livre à la Mém. du Prof. P. Fallot, 2, Soc. Géol. France.
- TREVISAN L., BARBERI F., ELTER P., GIGLIA G., RAU A. & TONGIORGI M. (1965) - *Symposium sul « Verrucano »*. Guida alle escursioni in Toscana. Ist. Geol. e Paleont. Univ. Pisa.
- ZACCAGNA D. (1932) - *Descrizione geologica delle Alpi Apuane*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 25.

