



MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO
DIREZIONE GENERALE DELLE MINIERE
SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

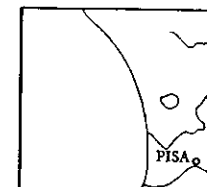
NOTE ILLUSTRATIVE
della
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

ALLA SCALA 1 : 100.000

FOGLIO 104

PISA

L. TREVISAN, L. DALLAN, R. NARDI, G. RAGGI, P. SQUARCI,
L. TAFFI



POLIGRAFICA & CARTEVALORI
ERCOLANO (NAPOLI)
1968

SOMMARIO

I - INTRODUZIONE	pag. 7
II - CENNO STORICO SULLE CONOSCENZE GEOLOGICHE DELLA REGIONE	» 7
III - SGUARDO GEOLOGICO D'INSIEME	» 9
IV - STRATIGRAFIA	» 10
1 - Formazioni metamorfiche del nucleo apuano e dei Monti Pisani	» 10
2 - Complesso delle scaglie tettoniche	» 15
3 - Formazioni di tipo toscano	» 16
4 - Gruppo dell'Alberese	» 22
5 - Gruppo del flysch cretaceo	» 23
6 - Terreni senza connessione visibile con serie definite	» 23
7 - Depositi quaternari	» 24
V - TETTONICA	» 26
VI - MORFOLOGIA	» 30
VII - GEOLOGIA APPLICATA	» 31
1 - Miniere	» 31
2 - Cave	» 33
3 - Idrologia	» 35
VIII - BIBLIOGRAFIA	» 39

I - INTRODUZIONE

Nella Catena Appenninica in generale la fascia occidentale, prossima alle coste tirreniche, presenta condizioni geologiche particolarmente complicate, in quanto i movimenti tettonici hanno avuto intensità maggiore che più ad oriente, ed inoltre perchè si hanno quivi i maggiori affioramenti delle formazioni più antiche, riferibili al Paleozoico.

La geologia del Foglio Pisa è molto complessa, anche perchè in quest'area rientra la parte meridionale della Catena Apuana; questa, specialmente per la parte del « nucleo metamorfico », ha una fisionomia tutta particolare, dovuta alle rocce metamorfiche, allo stile del corrugamento, alla morfologia aspra e dirupata, che dà luogo a un paesaggio marcatamente diverso da quello delle zone montuose circostanti.

Il Foglio Pisa comprende inoltre una parte occidentale dei Monti Pisani, che si ricollegano al gruppo Apuano attraverso i rilievi attenuati dei Monti d'Oltre Serchio.

Le formazioni affioranti non appartengono ad una successione unica, ma a diverse unità, note d'altronde nell'Appennino settentrionale, che saranno descritte nell'ordine di sovrapposizione.

Estensione rilevante occupano i depositi quaternari della fascia costiera, che si continuano con la vasta coltre alluvionale della bassa valle dell'Arno.

II - CENNO STORICO SULLE CONOSCENZE GEOLOGICHE DELLA REGIONE

L'area del Foglio Pisa non rappresenta nè un'unità geografica nè un'unità geologica.

Prescindendo dalle pubblicazioni riguardanti il Quaternario, la letteratura si identifica con quella delle Apuane e dei Monti Pisani. La bibliografia geologica delle Alpi Apuane è stata raccolta da R. NARDI fino al 1963 [1963] e comprende anche i Monti d'Oltre Serchio; per i Monti Pisani si consulti « La Bibliografia scientifica riguardante le formazioni del Verrucano s.l. in Toscana (dal 1818 al 1963) » pubblicata da G.P. BRANDI [1964].

Dopo le prime descrizioni di PAOLO SAVI [1829] e di TARGIONI TOZZETTI, le conoscenze geologiche entrano in una nuova fase verso la fine del secolo scorso, con la pubblicazione delle dettagliatissime carte geologiche delle Apuane al 25.000 rilevate da D. ZACCAGNA (tav. Forte dei Marmi 1890, Pietrasanta 1893-96, Massarosa 1894, Viareggio 1894, Pescaglia 1895-96).

Nel 1908 fu pubblicato il Foglio Pisa al 100.000 rilevato da D. ZACCAGNA e B. LOTTI. Nel 1910 il volume di B. LOTTI « Geologia della Toscana » riassume tutte le conoscenze fino ad allora acquisite.

Con una nota di G. STEINMANN [1907] e altre di S. LENCEWICZ [1917] e N. TILMANN [1926] venne proposta una interpretazione tettonica diversa dalle precedenti, cioè si affermava la presenza di masse sovrascorse alloctone nell'Appennino settentrionale e nelle Apuane.

I lavori di R. TEICHMÜLLER con G. SELZER e W. QUITZOW [1931-35] e di P. DE WIJKERSLOOTH [1934] ripresentarono l'ipotesi di strutture a falde di ricoprimento, confermata poi da F. IPPOLITO nel 1949-50. Anche la parte occidentale dei Monti Pisani viene interpretata come il risultato di un raddoppiamento tettonico della serie.

Nel 1952 G. MERLA, nel volume « Geologia dell'Appennino settentrionale », riassume criticamente le conoscenze precedenti e le vivaci polemiche riguardanti sia la tettonica che la stratigrafia.

Da allora a oggi a cura del Centro di Studi per la Geologia dell'Appennino del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Sezioni di Firenze e Pisa) sono state pubblicate note e monografie, riguardanti la zona del Foglio Pisa e in generale l'Appennino settentrionale, nelle quali sia le formazioni di tipo toscano, sia quelle del complesso che veniva designato

come « argille scagliose », sono state riesaminate dal punto di vista della stratigrafia, dell'età e dei rapporti tettonici.

Durante il nuovo rilevamento questo aspetto della ricerca è stato intensificato, specialmente con la raccolta di campioni e la determinazione di microfaune.

Per quanto riguarda il Foglio Pisa, le formazioni che nella carta del 1908 erano denominate « scisti argillosi e scisti arenacei con strati d'arenaria e di calcari intercalati » e « Calcare marnoso (Alberese) con *Helminthoidea labyrinthica* » venivano attribuite entrambe all'Eocene e considerate come soprastanti al « macigno » in continuità stratigrafica. Con l'attribuzione del macigno all'Oligocene [C. I. MIGLIORINI 1944-46] tali formazioni vennero considerate come alloctone e comprese nel termine generico di « argille scagliose ». Oggi vi si riconosce la presenza del « Gruppo dell'Alberese » (Eocene) e del « Flysch calcareo marnoso cretaceo ».

III - SGUARDO GEOLOGICO D'INSIEME

I terreni non sono riportabili a una serie sedimentaria unica e pertanto è necessario che la loro descrizione (v. capitolo seguente) sia fatta per singole successioni, tanto più che in esse età uguali sono spesso rappresentate da sedimenti di facies molto diversa. Per esempio uno dei gruppi sovrascorsi è costituito da un flysch calcareo marnoso arenaceo del Cretacico superiore, mentre nella serie di tipo toscano lo stesso periodo è rappresentato da uno spessore molto più esiguo di marne e argille rosse e varicolori (facies di « scaglia »).

In questa stessa serie l'Eocene è rappresentato da microbreccie calcaree interstratificate con marne e argille varicolori, mentre nel « Gruppo dell'Alberese » l'Eocene è dato da un flysch calcareo.

Presso il margine nord dell'area del foglio affiora la serie metamorfica del nucleo apuano. Questa presenta analogie con la serie di formazioni di tipo toscano, ma anche notevoli differenze, specialmente nelle facies e negli spessori dei depositi del Trias superiore.

Le « formazioni di tipo toscano » risultano sovrapposte tettonicamente alla serie metamorfica: sul M. Matanna i depositi del Trias superiore non metamorfici ricoprono quelli metamorfici più recenti, fino a quelli eocenici inclusi. Analoga sovrapposizione tettonica è visibile nell'Alta Val di Castello, dove la serie metamorfica e le scaglie, pure metamorfiche, sovrastanti, affiorano in finestra tettonica presso S. Anna.

Le rocce ignee sono rappresentate soltanto dai porfiroidi del nucleo metamorfico apuano (Ruòsina). A causa del metamorfismo non si possono distinguere a vista dalle filladi e dagli scisti porfirici (derivati da arenarie di disfacimento di porfidi) del basamento scistoso.

Mancano depositi riferibili al Miocene e Pliocene, che sono sviluppati nel Foglio Livorno, attiguo a sud.

I depositi quaternari sono sviluppati come dune costiere pre-romane e post-romane, depositi alluvionali e depositi argillosi (spesso torbosi) lagunari e lacustri.

IV - STRATIGRAFIA *

FORMAZIONI METAMORFICHE DEL NUCLEO APUANO E DEI MONTI PISANI

PREMESSA

La serie stratigrafica del nucleo metamorfico autoctono delle Alpi Apuane presenta eteropie di facies specialmente nei livelli sopra la formazione dei marmi [D. ZACCAGNA 1932, R. NARDI 1962 e 1963].

Nei Monti Pisani la serie è simile a quella che caratterizza la parte nord-orientale del nucleo apuano; essa presenta cioè, rispetto alla serie delle Apuane occidentali e meridionali, maggiori spessori nelle formazioni di filladi e calcescisti del Giurassico e Cretacico (cioè in origine

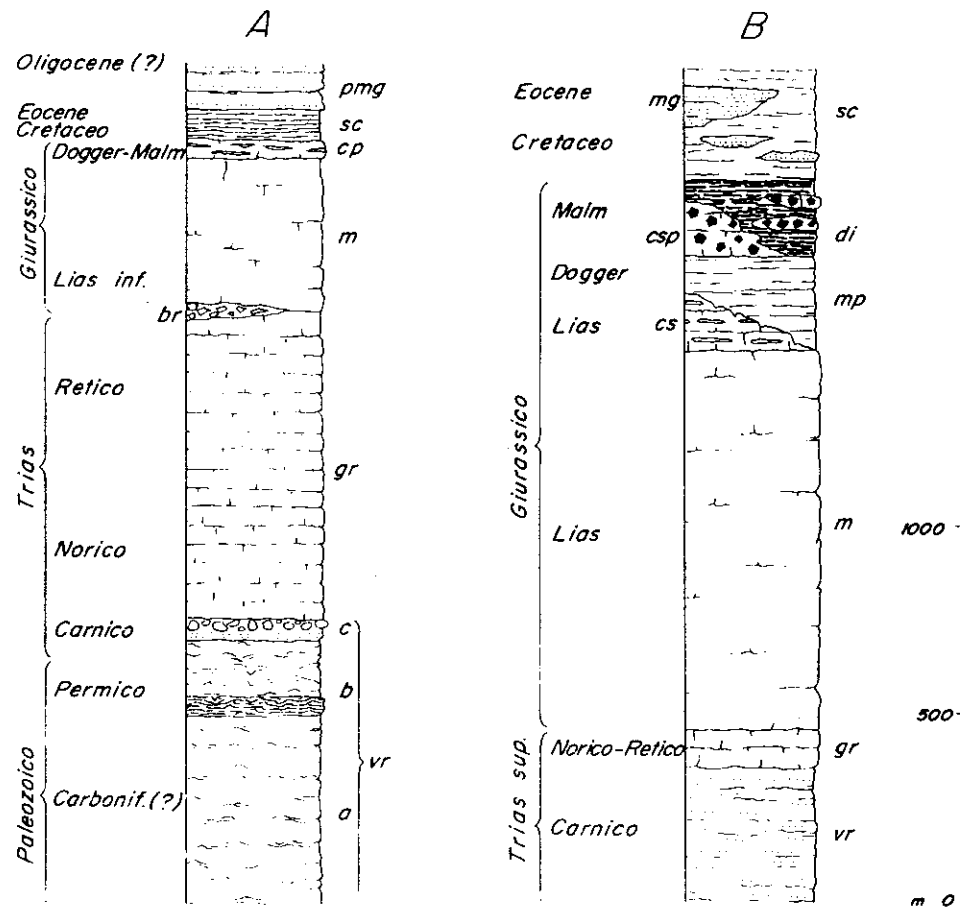


FIG. 1 - Colonne stratigrafiche delle formazioni metamorfiche delle Apuane occidentali e meridionali (A) e dei Monti Pisani (B).

A: Nel nucleo apuano:

pmg: « pseudomacigno »; sc: scisti sericitici grigio-verdi e rossastri (« scaglia metamorfica »); cp: cipollini e calcescisti; m: marmi; br: breccia marmorea di Seravezza; gr: dolomie stratificate e calcari dolomitici (« Grezzoni »); vr: c) quarziti e quarziti sericitiche con interstrati filladici, anageniti — b) porfiroidi e loro derivati arcosici — a) filladi sericitiche e cloritiche, scisti gneissici e gneiss albitici.

B: Nei Monti Pisani:

sc: scisti sericitici grigio-verdi e rossastri (« scaglia metamorfica ») con intercalazioni di « pseudomacigno » (mg); dl: radiolariti varicolori; csp: calcari grigio chiari con resti di Entrochi; mp: marne e calcari marnosi con *Posidonia*; cs: calcari con liste di selce; m: calcari ceroidi; gr: dolomie stratificate e calcari dolomitici (« Grezzoni »); vr: « verrucano s.l. ».

* Le determinazioni paleontologiche sono state eseguite dalla dr. L. DALLAN.

più abbondante sedimentazione di argille e marne) e contiene lenti di calcari a Entrochi (calcari picchiettati dei vecchi autori) [F. IPPOLITO 1950, E. GIANNINI, R. NARDI 1965] (fig. 1).

* * *

vr: « Verrucano s.l. ».

Nel nucleo apuano:

Successione di tipi litologici che, dal basso verso l'alto, è la seguente:

a) filladi sericitiche e cloritiche ad alta scistosità con intercalazioni di banchi di scisti gneissici e gneiss albitici (Paleozoico).

b) porfiroidi e loro derivati arcosici.

c) quarziti e quarziti sericitiche con interstrati filladici passanti verso l'alto a conglomerati quarzoso-micacei (« anageniti ») (Trias).

Nel Monte Pisano:

— Quarziti di M. Serra: quarziti e filladi quarzifere di colore grigio violaceo a grana finissima assai costante, fittamente alternate a lamine filladiche di colore viola intenso che conferiscono loro un tipico aspetto zonato. Età: Carnico.

gr: Dolomie stratificate e calcari dolomitici (« Grezzoni »).

Sono presenti tre varietà: quella grigio-scura (dolomia tipica), quella grigio-chiara e quella rosea (calcare dolomitico).

Nei Monti Pisani predomina la varietà grigio-scura passante in basso a livelli di « calcare cavernoso ».

Spessore: nei Monti Pisani si mantiene sui 50 m e non supera i 100-120 m nelle località dove è più sviluppato (M. Castellaro e a Est di M. San Giuliano). Nel nucleo apuano varia da 400 a 800 m quando non sono presenti laminazioni tettoniche.

La formazione è riferibile al Norico-Retico nel M. Pisano [F. IPPOLITO 1950, E. GIANNINI, R. NARDI 1965], al Norico-Retico (per la presenza di *Worthenia escheri* STOPPANI nella sua parte superiore) e forse a parte del Carnico nel nucleo apuano [R. NARDI 1963].

br: Breccia marmorea di Seravezza.

Nel nucleo apuano al contatto fra la formazione dei « grezzoni » e quella dei soprastanti marmi affiora frequentemente una breccia a elementi prevalenti di marmo e subordinatamente di « grezzoni », a cemento calcareo giallastro ferruginoso, dello spessore variabile fino a un massimo di una decina di metri.

G. GIGLIA e L. TREVISAN [1967] hanno mostrato che la « breccia di Seravezza » è da considerarsi di origine subaerea e che essa denota locali fasi di emersione nelle Apuane, in corrispondenza del passaggio Trias-Lias.

m: Marmi.

Calcari massicci grigio chiari o bianchi, talvolta rosati nella parte più alta della formazione, metamorfosi (« marmi ») nel nucleo apuano e submetamorfici (« calcari ceroidi ») nei Monti Pisani.

Nei Monti Pisani, nella zona a sud del valico di S. Giuliano, questa formazione è in parte sostituita per eteropia da qualche decina di metri di un calcare massiccio ceroidale con liste e noduli di selce.

Lo spessore è variabile con un massimo di circa 400 m nel nucleo apuano e di circa 1000 m nel M. Pisano (Moriglioni di Penna).

Età: Nel nucleo apuano la formazione è riferibile al Lias inferiore (Hettangiano) [L. TREVISAN 1959]. Nel M. Pisano al Lias [P. SAVI 1832, 1863, N. NERI 1892, G. MENEGHINI 1853, C. DE STEFANI 1876, A. FUCINI 1905, F. IPPOLITO 1950, E. GIANNINI, R. NARDI 1965].

cs: Calcari per lo più grigi, grigio-bluastri o di color nocciola, stratificati, con liste e noduli di selce abbondanti e con sottili intercalazioni argillose e marnose.

Nel nucleo apuano questa facies è praticamente assente nei dintorni di Ponte Stazzemese, mentre è molto sviluppata (circa 200 m di spessore) nella zona di Seravezza.

Età: Lias [G. SGUAZZONI 1963].

Nel M. Pisano il suo spessore è estremamente variabile data l'eteropia esistente tra questa formazione e quella delle marne a *Posidonia*

(v. paragrafo seguente). Nei dintorni delle cave di Caldaccoli e di S. Giuliano Terme raggiunge i massimi spessori (circa 200 m). Età: Lias e Dogger [E. GIANNINI, R. NARDI 1965].

mp: Marne e calcari marnosi con *Posidonia*.

Formazione presente solo nel M. Pisano; in parte eteropica dei calcari con liste di selce precedentemente descritti. Spessore variabile da 50 a 200 m. Età: Lias-Dogger.

cp: Cipollini e calcescisti.

Sono presenti solo nelle Alpi Apuane, nei dintorni di Ponte Stazese. Questa formazione è compresa tra i marmi (m) e gli scisti sericitici (sc) o tra i calcari selciferi (cs) e gli scisti sericitici (sc).

Lo spessore è di pochi metri, fino a un massimo di una ventina.

L'età è probabilmente comprensiva dal Lias medio-superiore e del rimanente Giurassico.

csp: Calcari grigio chiari con resti di Entrochi, massicci o grossolanamente stratificati, raramente selciferi (« calcari picchiettati »).

Sono presenti solo nei Monti Pisani e corrispondono ai calcari selciferi ad Entrochi della zona nord-orientale del nucleo apuano [R. NARDI 1962, 1967].

Spessore variabile da 0 a 150 m. Età: Malm.

di: Radiolariti varicolori sottilmente stratificate con rare intercalazioni di calcari a Entrochi.

Sono presenti sui Monti Pisani. Spessore massimo 200 m. Età: Malm.

sc: Scisti sericitici grigi, verdi e rossastri (« scaglia metamorfica »).

Lo spessore di questa formazione è difficilmente valutabile data l'intensa spiegazzatura; comunque è dell'ordine di qualche centinaio di metri (200-300 m) nel M. Pisano, di qualche decina di metri sulle Alpi Apuane.

Età: Cretacico-Eocene pro-parte [E. GIANNINI, R. NARDI 1962].

pmg: Arenarie micacee scistose alternate a marne siltose grige e scisti ardesiaci (« pseudomacigno »).

Nei Monti Pisani questa formazione si trova intercalata a lenti negli scisti sericitici precedentemente descritti (sc) e in particolare è assai sviluppata (50-100 m) sul lato occidentale.

Sulle Alpi Apuane, nella zona di Mulina, la formazione sormonta gli scisti sericitici (sc) e raggiunge una potenza di circa 100 m; altrove può mancare per motivi tettonici.

Nella zona nord-orientale del nucleo apuano, alla base di questa formazione, è stata rinvenuta una fauna a Nummuliti [R. NARDI 1963].

Età: Eocene-Oligocene?

COMPLESSO DELLE SCAGLIE TETTONICHE

PREMESSA

Le scaglie parautoctone presenti a est dell'anticlinale di Ruòsina tra Stazzema, Pomezzana e Farnocchia, comprese tra l'Autoctono e le formazioni di tipo toscano, sono cinque [R. NARDI 1963]. Caratteristica comune a queste scaglie è quella di avere una serie stratigrafica che può definirsi intermedia tra quelle dell'Autoctono e la serie toscana sovrascorsa, con somiglianze più marcate con la prima [E. GIANNINI, R. NARDI, M. TONGIORGI 1962]. Tale serie delle scaglie parautoctone è ben rappresentata nel complesso della Pania Secca-Pania della Croce, che comprende formazioni che vanno dal Paleozoico al Cretacico [R. NARDI 1961; L. TREVISAN 1962] e che affiora solo in minima parte nella zona in esame.

In questa zona invece le varie formazioni sono tettonizzate e laminate e delle serie originarie non rimangono che tronconi. Una caratteristica comune di queste scaglie è l'associazione tra il calcare cavernoso e il grezzone [R. NARDI 1963].

* * *

vr₂: Micascisti a muscovite e filladi sericitico-cloritiche.

Si tratta di terreni che appartengono alla formazione del « Verrucano s.l. »; data la forte tettonizzazione subita non si è potuto compiere

nessuna suddivisione. Età: Permo-Carbonifero e Carnico. Spessore variabile tra 0 e 500-600 metri.

tcv: Dolomie, calcari dolomitici cariati, calcare cavernoso e breccie poligeniche.

Età: Insieme ai soprastanti grezzoni questa formazione è riferibile al Norico-Retico; spessore estremamente variabile da 0 a 200-300 metri.

gr₂: Dolomie grige stratificate e calcari dolomitici (« grezzoni »).

Spessore variabile da 0 a 300 metri nei dintorni di Stazzema. Età: Norico-Retico.

pmg₁, cp_a: Arenarie micacee (« pseudomacigno ») (pmg₁) intercalate a scisti ardesiaci fogliettati. Tra Farnocchia e Pomezzana, all'interno di questa formazione, è presente un'intercalazione di scisti sericitici verdi e grigi con cipollini, calcescisti e calcari con liste di selce (cp_a). Questa intercalazione che varia come spessore tra 0 e 500 metri sembra di natura stratigrafica. Età: Eocene-Oligocene?

FORMAZIONI DI TIPO TOSCANO

vr₁, cas: Alla base conglomerati quarzoso-micacei (« anageniti ») (Seravezza) passanti lateralmente verso sud e sud-est a micro-anageniti e quarziti sericitiche; al di sopra delle « anageniti » si rinvengono scisti arenacei che verso l'alto passano a loro volta a scisti sericitici e cloritici. Sono presenti intercalazioni di scisti a cloritoide (Monte di Ripa). Sulle pendici a nord-est del Monticello al di sopra di Strettoia si rinviene una lente di calcescisti (cas) dello spessore di una trentina di metri. In questo stesso livello nella zona a ovest del Monte Brugiana sono state rinvenute Diplopore che ne permettono l'attribuzione al Trias medio [L. TREVISAN, F. BARBERI, P. ELTER, G. GIGLIA, A. RAU, M. TONGIORGI 1965].

tcv: Calcari cavernosi e breccie di origine tettonica.

Calcari più o meno dolomitici, cavernosi e a cellette; dolomie e calcari dolomitici cariati. Si tratta di breccie autoclastiche e tettoniche deri-

vanti da una serie anidritico-dolomitica [C. E. BURCKHARDT, 1947, L. TREVISAN 1955-1962].

Lungo il Rio delle Campore, sul versante occidentale del M. Vallimona ed in particolare presso Metato (tav. Pescaglia) e presso Vallelunga (tav. Massarosa) questo livello è costituito quasi esclusivamente da una breccia poligenica con lenti e pacchi di strati di varie formazioni di tipo toscano (dal livello delle anageniti (fino alla maiolica). Nella tav. Pietrasanta le breccie contengono anche elementi di macigno. Lo spessore è estremamente variabile. La sua età è da riferire al Norico-Retico per quanto riguarda la formazione evaporitica originaria; le breccie tettoniche associate sono da riferirsi invece a fasi tettoniche di età oligo-miocenica.

tc: Calcari e marne a *Raethavacula contorta* (PORTL.). Questa formazione è costituita da strati calcarei più o meno marnosi, neri, di spessore variabile da pochi decimetri fino a circa 2 metri, ai quali si alternano marne grigio scure con patina di alterazione giallastra. Nella parte alta della formazione le intercalazioni marnose si riducono di potenza e di frequenza, tanto che in prossimità del calcare massiccio soprastante, essa risulta costituita soltanto da grossi banchi di calcare compatto grigio debolmente cristallino. Spesso in sezione sottile i calcari presentano una microfacies caratteristica: lumachelle a piccoli Lamellibranchi e Gasteropodi con cemento calcitico microgranulare; talvolta con ooliti. Sono inoltre presenti forme primitive di *Frondicularia* (*Frondicularia* cfr. *woodwardi* HOWCHIN), Ostracoli e articoli di Crinoidi.

Per la presenza di *Raethavacula contorta* (PORTL.), frequente specialmente nelle intercalazioni marnose, la formazione viene attribuita al Retico.

La potenza è variabile: può raggiungere spessori intorno a 250 metri (zona immediatamente a nord di M. Ciurlaglia, tav. Pescaglia - I - NE), come può mancare completamente. Tale variabilità è da attribuirsi in parte a motivi tettonici ed in parte al fatto che la formazione può essere eteropica dei calcari cavernosi.

Gcm: Calcari massicci grigio chiari, calcari grigio scuri massicci o grossolanamente stratificati.

Questa formazione, per la sua posizione stratigrafica, è riferita in genere all'Hettangiano. C. DE STEFANI [1876] (Monte di Avane e Monte Spazzavento, nei Monti d'Oltre Serchio) cita una fauna del Lias inferiore.

Lo spessore è variabile da poche decine di metri a 700 metri nei Monti Pisani; si aggira intorno ai 200-300 m nel nucleo apuano.

Gc: Calcari rossi e rosei, talvolta giallastri, stratificati e nodulari ad *Arietites*. Presso il Monte Matanna (tav. Pescaglia) intercalati con liste e noduli di selce (Gs) del tipo di quelli descritti nel paragrafo seguente.

Gs: Calcari grigio chiari stratificati con liste e noduli di selce chiara ed interstrati marnosi. Lo spessore è variabile da poche decine di metri a qualche centinaio (250-300 metri). Nei Monti Pisani sono stati trovati alcuni fossili; E. GIANNINI, R. NARDI [1965] riportano un elenco di specie tratto da diversi autori.

Età: Lias medio-superiore.

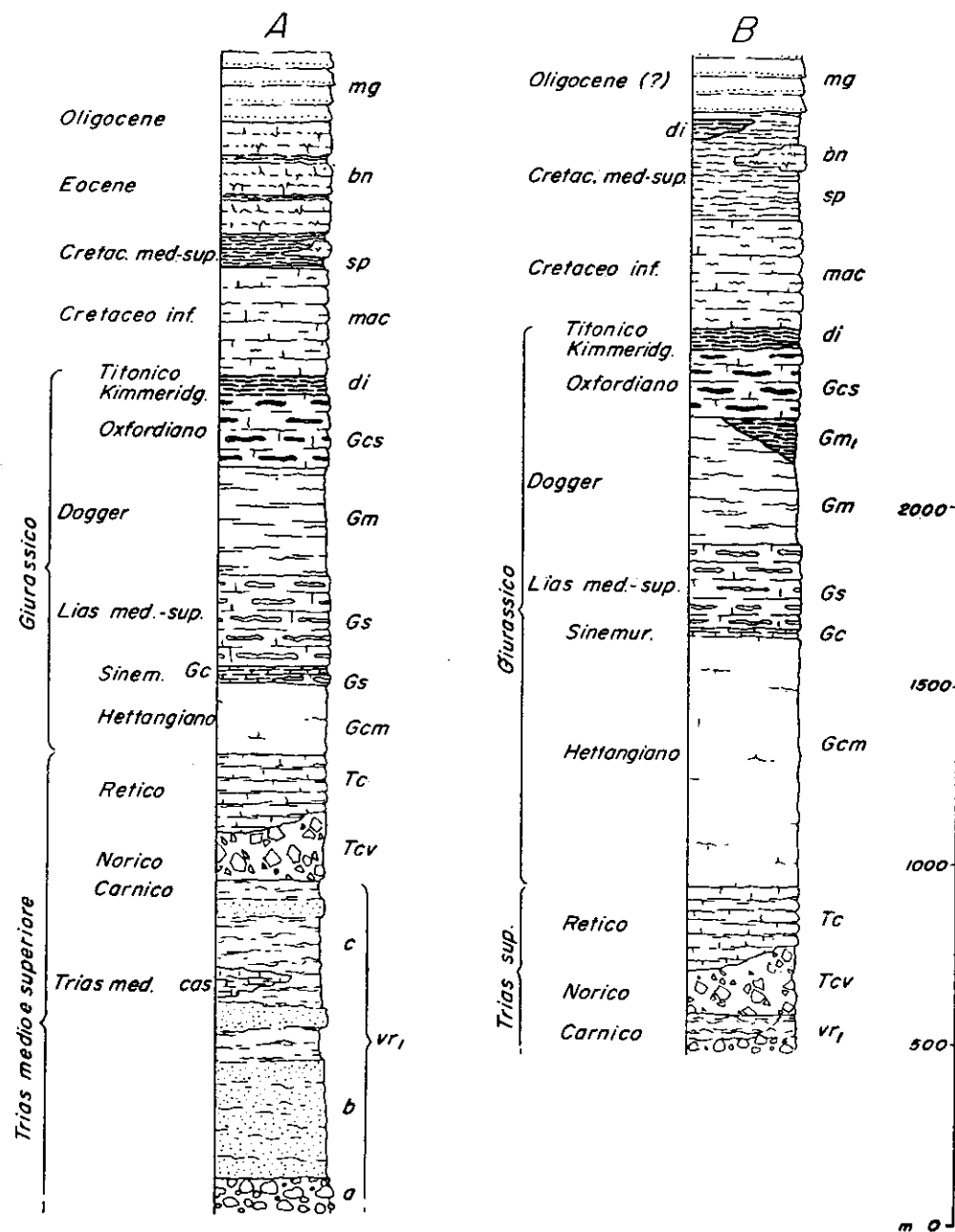
Gm-Gm₁: Marne, calcari marnosi e subordinatamente nella parte alta, livelli di radiolariti. Seguono con manifesta continuità di sedimentazione i calcari selciferi chiari.

Nella zona delle Apuane (tav. Pescaglia) è in genere osservabile la seguente successione: ai calcari selciferi chiari cominciano ad alternare calcari marnosi e marne; a queste segue un livello di circa 20 metri di argille siltose nere; superiormente si passa ai calcari marnosi grigi e mar-



FIG. 2 - Colonne stratigrafiche delle formazioni di tipo toscano nel nucleo apuano (A) e nei Monti Pisani (B).

mg: macigno; bn: breccie e microbreccie calcaree con macroforaminiferi; sp: marne e argille varicolori; mac: maiolica; di: radiolariti; Gcs: calcari grigio scuri con liste di selce nera; Gm: marne e calcari marnosi con *Posidonia*, e radiolariti Gm₁; Gs: calcari grigio chiari con liste di selce chiara; Gc: calcari rossi e rosei ad *Arietites* (« rosso ammonitico »); Gcm: calcari massicci; Tc: calcari e marne a *Raethavicula contorta* (PORTL.); Tcv: calcari cavernosi e breccie di origine tettonica; vr₁: (nel nucleo apuano-A): c) scisti sericitici e cloritici — b) scisti arenacei — a) conglomerati quarzoso micacei (« anageniti »); cas: calcescisti; (nei Monti Pisani-B): vr₁: scisti sericitici, arenarie quarzitiche e anageniti.



ne di colore giallastro; segue un livello di marne argillose rosse (analogo ai livelli rossi della scaglia toscana), marne e calcari marnosi fino a giungere, nelle vicinanze del soprastante calcare selcifero scuro, ad una zona con radiolariti di pochi metri di spessore (Gm₁). Quest'ultimo livello, con sporadiche intercalazioni di calcari grigi scuri con liste di selce nera si sviluppa nella zona di M. Bastione (Monti d'Oltre Serchio, tav. S. Giuliano) dove può essere seguito sul terreno per circa 1 km e mezzo ed ha uno spessore massimo di 120 metri in corrispondenza di M. Bastione [E. GIANNINI, R. NARDI 1964].

Età: Dogger (Calloviano compreso) per la presenza di *Posidonia alpina* (GRAS) [G. MERLA 1952]. Il livello a radiolariti (Gm₁), secondo E. GIANNINI, R. NARDI [1964], è da attribuirsi al Calloviano, « con la possibilità che in esso siano compresi in parte anche i piani immediatamente sopra e sottostanti ».

Spessore complessivo: variabile fino a un massimo di circa 350 metri (Monti d'Oltre Serchio).

Gcs: Calcari grigio scuri stratificati con liste e noduli di selce nera. Agli strati calcarei si intercalano sporadicamente straterelli di marne foglietate e calcareniti oolitiche e pseudoolitiche.

Età: Oxfordiano-Kimmeridgiano pro-parte, dedotta dalla posizione stratigrafica, spessore variabile con un valore medio intorno ai 200 metri.

di: Radiolariti rosse, verdi e nerastre con intercalazioni marnose. Stratificate in banchi da qualche centimetro a qualche decimetro di spessore, presentano frattura prismatica. Costituiscono un livello discontinuo di spessore variabile e mal valutabile dato il loro frequente spiegazzamento. Lo spessore medio presumibile è di circa 50 metri.

Età: Kimmeridgiano-Titonico pro-parte [E. GIANNINI, R. NARDI 1964].

mac: Maiolica. — Calcari litografici e sublitografici selciferi di colore bianco-latte. I calcari e le selci della parte superiore della formazione diventano di colore grigio e vi si intercalano frequentemente calcareniti a grana minuta. Età: la formazione, nei Monti d'Oltre Serchio, contiene

negli strati basali, al contatto con i diaspri, *Calpionella alpina* LORENZ, *C. elliptica* CADISCH, *Stomiosphaera molluccana* WANNER, associazione tipica del Titonico. Gli strati medi e superiori della formazione contengono microfaune a Tintinnidi, tipiche del Cretaceo inferiore: *Calpionellites darderi* COLOM, *Tintinnopsella carpathica* MURGEANU e FILIPESCU, *Calpionella oblonga* CADISCH, *C. elliptica* CADISCH, *Stenosemellopsis hispanica* (COLOM).

Spessore massimo intorno ai 300 metri.

sp: Marne e argille rosse, brune, violette e grigio verdognole, con intercalazioni di calcari bianchi litografici e livelli di microbreccie calcaree intercalate (bn). In queste ultime si rinvengono: *Orbitolina*, *Globotruncana*, *Siderolites*, *Orbitoides* in vari livelli. Età: Cretacico medio-superiore. Lo spessore è variabile e mal valutabile per i numerosi motivi plicativi che interessano la formazione; comunque è dell'ordine di poche decine di metri nel nucleo apuano; di 300-400 m nei Monti Pisani.

Nei Monti d'Oltre Serchio, nella parte alta della formazione è presente un livello di radiolariti rosse, rosee, grigio-verdastre o nocciola, dello spessore di circa 50 m [E. GIANNINI, R. NARDI 1965].

bn: breccie e microbreccie calcaree con macroforaminiferi (*Nummulites*, *Discocyclina*, *Assilina*, *Alveolina*) e intercalazioni di calcari marnosi, marne e argille varicolori (sp).

Presso Fiano (tav. Pescaglia) è stata trovata una microfauna attribuibile all'Eocene inferiore. Fra le specie presenti le più caratteristiche ai fini cronologici sono: *Globorotalia* del gruppo *G. bullbrooki* BOLLI, *G. crassata* (CUSHMAN), *Globorotalia* cfr. *densa* (CUSHMAN), *Globorotalia* del gruppo *G. aequa* CUSHMAN e RENZ — *angulata* (WHITE), *G. acuta* TOULMIN, *Globigerina* sp.

Età: Eocene; tuttavia non è esclusa nei livelli superiori la presenza dell'Oligocene, come risulta dagli studi di V. BORTOLOTTI [1964] eseguiti in aree limitrofe.

Spessore: 250-300 m nella zona di Fabbriche di Vallico e Focchia (tav. Pescaglia).

mg: Formazione del macigno.

Arenaria quarzoso-feldspatica in banchi di spessore variabile con interstrati marnosi, argillosi e siltosi (Flysch almeno in parte con caratteri delle torbiditi). La formazione è stata datata all'Oligocene nella Valle del Serchio [C. MIGLIORINI 1946, V. BORTOLOTTI 1964].

GRUPPO DELL'ALBERESE

alb: La formazione è costituita da argille e marne con strati di calcari, calcari marnosi a cui in subordine si intercalano arenarie e microbreccie calcaree; talora alle argille si associano breccie sedimentarie grossolane costituite da rocce verdi, diaspri e calcari compatti (affioramenti di Miglianello). Frequenti nella parte più alta le intercalazioni relativamente potenti di calcari a grana fine e arenarie calcarifere (affioramenti di Goro-Piano del Quercione, a sud di Pieve a Elici).

Età: Negli strati calcarei ed arenacei della parte basale della formazione sono state rinvenute microfaune riferibili probabilmente al Cretacico superiore, rappresentate da rari esemplari di Heterohelicidae e da forme riferibili a *Pithonella ovalis* (KAUFMANN).

Nei calcari ed arenarie calcarifere intercalati nella parte alta della formazione (sud di Pieve a Elici) sono state rinvenute associazioni a Radiolari e Foraminiferi paleocenici tra cui *Globorotalia angulata* (WHITE), *G. aequa* CUSHMAN e RENZ, *G. mackannai* (WHITE), *G. pseudomenardii* BOLLI, *G. ehrenbergi* BOLLI, *G. wilcoxensis* CUSHMAN e PONTON [L. DALLAN 1963].

Dagli affioramenti posti sul versante destro della Val Freddana, che dovrebbero rappresentare i livelli più alti della formazione in esame, provengono microfaune eoceniche, rappresentate da Globigerine riferibili al gruppo *G. trilocolinoides* PLUMMER - *G. linaperta* FINLAY caratteristiche del Paleocene-Eocene; *Globorotalia* del gruppo *G. bullbrookii* BOLLI caratteristica dell'Eocene inferiore e medio. In associazione a queste specie sono state ritrovate forme cretacee rimaneggiate tra cui *Rotalipora apenninica* (RENZ), *Praeglobotruncana delrioensis* (PLUMMER) e *Praeglobotruncana* sp.

L'età della formazione risulta quindi riferibile al Paleocene ed Eocene inferiore per la maggior parte. Non si può escludere però che la parte inferiore sia riferibile al Cretacico superiore.

Di questa formazione si trovano piccoli affioramenti tettonizzati fino a una condizione quasi caotica.

L'attribuzione al « Gruppo dell'Alberese » (che ha la sua espressione tipica al M. Morello presso Firenze) è dovuta ad analogie di età e di posizione tettonica. Si pensa che corrisponda alla parte basale dell'« Alberese » tipico di M. Morello.

GRUPPO DEL FLYSCH CRETACEO

cmc: Calcari marnosi, marne e strati intercalati di arenarie tipo « pietraforte ».

Il colore è grigio scuro, con patina d'alterazione biancastra. Le arenarie sono in genere a grana fine, quarzose, con scarsa mica e cemento calcareo molto abbondante e presentano la classazione granulometrica tipica delle torbiditi.

Nelle sezioni sottili si incontrano abbondanti spicole di Spongiari, radiolari e scarsi esemplari di Globigerinidi (*Globigerina*, *Globigerinella*), Heterohelicidae e più raramente Globotruncane bicarinate e *Pithonella ovalis*, in associazione denotante il Cretacico superiore.

I piccoli lembi di questa formazione ricoprono tettonicamente la formazione attribuita al gruppo dell'« Alberese » (Stiava e Corsanico); a Montemagno e più a est due lembi maggiori riposano direttamente sul Macigno.

TERRENI SENZA CONNESSIONE VISIBILE CON SERIE DEFINITE

Le zone di affioramento sono situate tra S. Macario in Piano e S. Stefano (margine orientale del Foglio).

spv: Scisti argillosi policromi e marne grige siltose con intercalazioni di calcari e di arenarie. Presso la Fornace di S. Macario in Piano (prov. di

Lucca) negli scisti argillosi si ritrova una microfauna non significativa da un punto di vista cronologico, ma solo indicativa di facies. Essa è rappresentata dalle seguenti specie:

- Ammodiscus* cfr. *gaulticus* (BERTHELIN)
- Glomospira* cfr. *gordialis* (PARKER e JONES)
- Lituotuba* cfr. *irregularis* TAPPAN
- Haplophragmoides* sp.
- Cyclammina* cfr. *gracilis* GRZYBOWSKI
- Ammoglobigerina globigeriniformis* (PARKER e JONES)
- Trochammina* sp.
- Trochamminoides* sp.

Presso Mutigliano (Foglio Lucca) la stessa formazione è attribuibile dubitativamente al Cretacico per la presenza in alcuni calcari arenacei di piccoli rappresentanti di Heterohelici e di Globigerinidi. In alcuni campioni di argilla sono state rinvenute forme arenacee in cattivo stato di conservazione. Tra esse si riconoscono le seguenti specie:

- Ammodiscus glabratus* CUSHMAN e JARVIS
- Glomospira gordialis* (PARKER e JONES)
- Glomospira charoides* Corona CUSHMAN e JARVIS
- Hormosina* cfr. *lagenoides* MONTANARO GALLITELLI

ar: Arenarie quarzoso-micacee feldspatiche con intercalazioni argilloso-marnose (torbiditi d'aspetto simile al macigno).

Le due formazioni sopra descritte presentano fra loro passaggi stratigrafici sia verticali che orizzontali. L'età probabile della serie è da riferirsi al Cretacico. Questi terreni poggiano sopra i calcari marnosi del flysch cretaceo con contatto probabilmente tettonico.

DEPOSITI QUATERNARI

Qf₂: depositi ciottolosi, sabbiosi, siltosi e argillosi di origine fluvio-lacustre.

Affiorano nella zona di S. Macario in Piano (Tav. Massarosa I-SE); si tratta di un deposito costituito alla base da ciottoli di arenaria sormontati da livelli siltosi e argillosi di ambiente fluviale o lacustre. Sono presenti anche nella valle della Freddana (F° 105, 3-4 km a Nord di Lucca), dove sono stati rinvenuti Ostracodi denotanti ambiente lacustre. Probabilmente la formazione in esame è da ricollegarsi al secondo episodio lacustre del Pleistocene medio (vedi F° Lucca, e relative note illustrative).

at: depositi alluvionali terrazzati. Si tratta in genere di depositi alluvionali ciottolosi, sabbiosi e subordinatamente argillosi che costituiscono vari ordini di terrazzi in tutte le valli di una certa entità. Sono state indicate con ugual segno le spianate morfologiche con scarsi residui alluvionali nella zona delle tav. Forte dei Marmi, Pietrasanta e Viareggio ed anche i coni di deiezione antichi (Tav. Pescaglia) reincisi e terrazzati delle tav. Pescaglia, Massarosa e S. Giuliano.

d₁, d₂: sabbie eoliche. Sono i depositi sabbiosi di origine prevalentemente eolica che formano una serie di dune a debole rilievo lungo tutta la fascia costiera del foglio in esame, per una larghezza media di circa 4 km. Sono di età molto recente (d₁ - dune pre-romane; d₂ - dune post-romane).

t: terreno torboso. La formazione della torba si è iniziata circa 3.000 anni fa e perdura tuttora nel Lago di Massaciuccoli; poggia su un deposito sabbioso superiormente eolico, inferiormente marino, databile a circa 5.500 anni fa.

Le sabbie marine inferiori sono trasgressive su depositi quaternari più antichi (circa 14 m sotto il livello del mare) e inglobano frammenti di torba rimaneggiata, datata col metodo del Radio-Carbonio a 17.000 anni fa.

p: terreno argilloso palustre. Si trova presso il Lago di Massaciuccoli e a nord di Forte dei Marmi, nell'area del lago prosciugato di Porta.

c: terreni di colmata.

a: depositi alluvionali attuali e recenti.

d: detriti e accumuli di frane.

V - TETTONICA

La figura 3 mostra le zone di affioramento dei diversi complessi tettonici. Ciascuna serie ha uno stile di deformazione particolare, come conseguenza sia della deformabilità delle unità litologiche che la costituiscono, sia della profondità alla quale le serie stesse si trovavano al tempo della tettonogenesi principale, quella cioè che con movimenti a forte componente orizzontale ha determinato gli accavallamenti delle serie l'una sull'altra. Nel capitolo III e nel IV è stato esposto come le diverse serie differiscano tra loro, sia negli spessori delle singole formazioni che nelle successioni di facies.

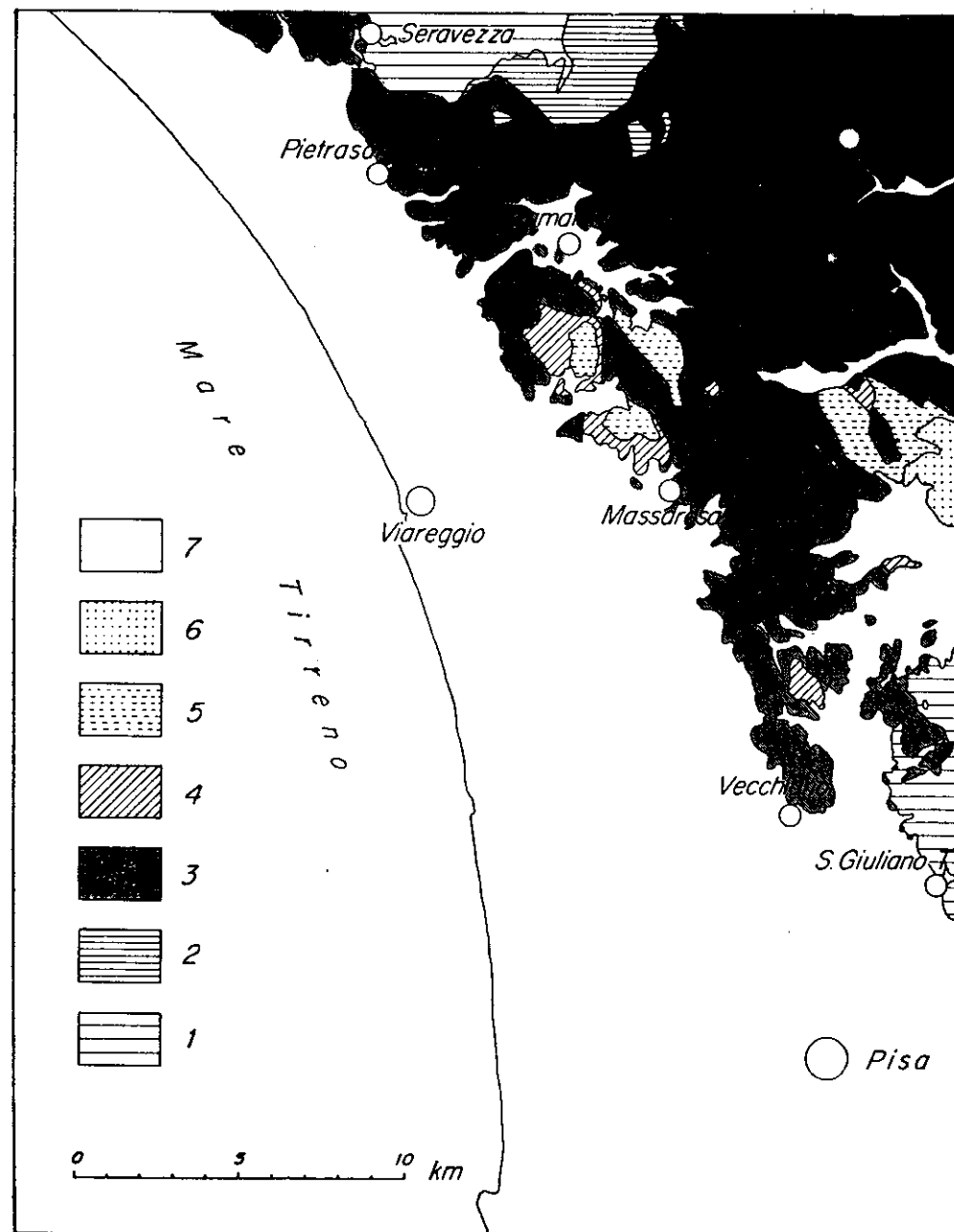
1) Formazioni del nucleo apuano e dei Monti Pisani.

Tutte hanno subito un metamorfismo di epizona (più leggero nei Monti Pisani) che può attribuirsi al carico delle serie sovrascorse. Così i calcari massicci del Lias inferiore sono stati trasformati in marmi saccaroidi nel nucleo apuano e nel « calcare ceroide » nei Monti Pisani. Lo stile tettonico è caratterizzato da pieghe di tipo molto plastico con assi oscillanti tra la direzione appenninica (NW-SE) e la direzione N-S.



FIG. 3 - Zone di affioramento delle diverse serie sedimentarie. In ordine di sovrapposizione dal basso verso l'alto si distinguono:

- 1) Formazioni metamorfiche del nucleo apuano e dei Monti Pisani.
- 2) Complesso delle scaglie.
- 3) Formazioni di tipo toscano.
- 4) Gruppo dell'Alberese.
- 5) Gruppo del Flysch cretaceo.
- 6) Terreni senza connessione visibile con serie definite.
- 7) Alluvioni e detriti.



2) *Complesso delle scaglie.*

Si tratta di formazioni smembrate, in forma di lenti (sez. 1) con metamorfismo come nel nucleo sottostante, e con immersione verso est.

3) *Formazioni di tipo toscano.*

Riposano sui nuclei metamorfici delle Apuane e del Monte Pisano e sul complesso delle scaglie dove questo è presente. La superficie di sovrascorrimento è accompagnata da breccie di frizione. Ai motivi plicativi (con assi pure oscillanti tra la direzione appenninica e la meridiana) con vergenza ora verso ovest ora verso est, si aggiungono strutture denotanti scorrimenti lungo superfici suborizzontali (avanscorrimenti). Le sezioni allegate (in particolare la sez. 2) mostrano la complessità e i tipi delle deformazioni.

4) *Gruppo dell'Alberese.*

Si presenta in forma di masse alloctone isolate, sovrapposte al Macigno, e disturbate tettonicamente in modo quasi caotico.

5) *Gruppo del Flysch cretaceo.*

Si tratta pure di masse alloctone isolate, sovrapposte tettonicamente al Macigno oppure alle placche del « Gruppo dell'Alberese » dove esse sono presenti.

6) *Terreni senza connessione visibile con serie definite.*

Le condizioni di giacitura sono analoghe ai 2 gruppi sopra descritti; rappresentano il residuo di una unità sovrascorsa, che, come i due gruppi precedenti, non costituivano falde di ricoprimento a coltre continua, ma probabilmente, già durante il movimento che ne determinò la messa in posto, erano brandelli smembrati di serie sedimentarie formatesi in bacini situati a occidente.

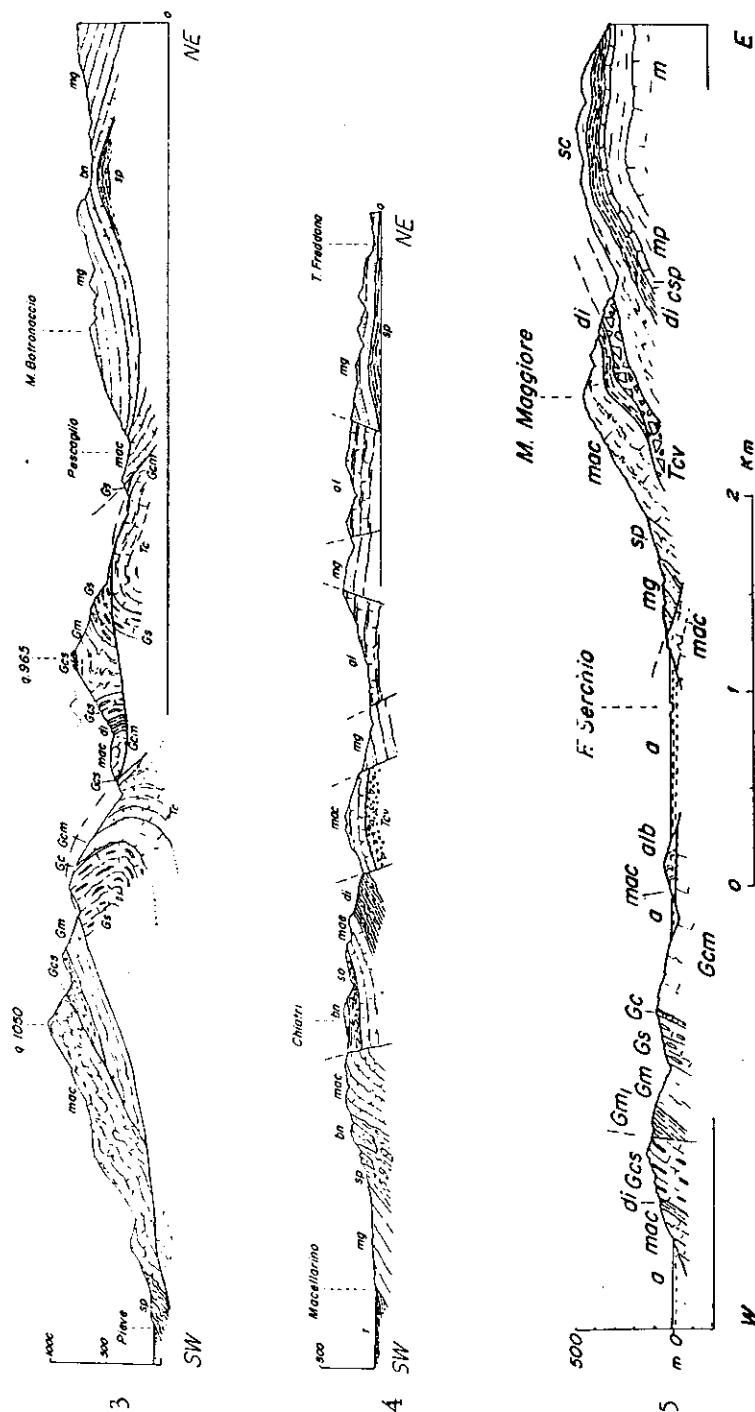


Fig. 4 - Sezioni geologiche lungo la traccia segnata sul foglio. Sez. 3: attraverso la tav. « Pescaglia ». Sez. 4: attraverso la tav. « Massarosa ». Sez. 5: attraverso la tav. « S. Giuliano I. ».

* * *

Una più recente fase tettonogenetica, posteriore ai movimenti di accavallamento, è testimoniata da faglie dirette accompagnate da movimenti differenziali di blocchi e compartimenti. Pure tardivi sono i movimenti di sollevamento del nucleo apuano.

La mancanza di depositi marini miocenici e pliocenici induce a ritenere che il margine del rilievo verso il mare abbia subito prevalenti movimenti recenti di abbassamento. La subsidenza è ancora in corso, nella piana di Pisa, dove livelli ciottolosi di spiaggia sono stati incontrati anche a notevoli profondità sotto il livello attuale dei mari (oltre 200 metri).

VI - MORFOLOGIA

Nell'area del foglio Pisa, 300 km² della superficie sono costituiti da rilievi montuosi, 345 km² da pianura e il rimanente dal mare.

La pianura costiera, per una fascia di larghezza crescente da nord a sud e che si allarga fino a km 4,5 in corrispondenza della Tenuta di S. Rossore, è formata da dune recenti, con cordoni sabbiosi paralleli alla costa che in generale non superano la quota di 3 metri. Più all'interno, affiorano residui di dune più antiche, che emergono dalla pianura in forma di deboli rilievi collinari, culminanti a m 18 alla sterpaia di S. Rossore e a m 16 a Castagnolo presso S. Piero a Grado.

Alla formazione dei cordoni di dune costiere è dovuta l'esistenza del Lago di Massaciuccoli, che è un residuo di un più esteso acquitrinio esistente in un passato recente, testimoniato dalla estensione di depositi di torba.

Dal margine settentrionale del foglio fino a Quiesa, nella pianura costiera si può distinguere la parte recente più piatta e, nella fascia pedemontana, una zona con pendenza maggiore, che risulta dall'insieme dei

larghi con alluvionali ciottolosi formati dai maggiori corsi d'acqua. Gli attuali fondi valle sono incisi nelle più antiche alluvioni, che risultano quindi terrazzate.

Piatta e uniforme è la pianura alluvionale dell'Arno e del Serchio, che si estende dal Lago di Massaciuccoli fino all'angolo sud-est del foglio.

I rilievi hanno caratteristiche morfologiche diverse e molto varie anche in relazione alla presenza di formazioni litologiche con caratteri diversi. I Monti d'Oltre Serchio, dove i calcari del Lias affiorano per vaste estensioni (presso Vecchiano) presentano le caratteristiche della morfologia carsica, con qualche dolina e con la presenza di grotte.

A nord di Massarosa, dove la formazione del macigno affiora per vaste estensioni, il carattere morfologico dominante è dato da versanti con pendenza uniforme, a causa dell'omogeneità di insieme della formazione.

Presso il margine settentrionale del foglio il rilievo si accentua: varie cime superano i 1000 metri e solo il Monte Matanna supera i m 1300. In quest'area le formazioni calcaree triassiche (calcare cavernoso e formazione a *Raethavicula contorta*) sono sezionate fino alla loro base e formano le grandi pareti subverticali tipiche del paesaggio calcareo, che ha la sua espressione più tipica al Monte Matanna e al Monte Nona. Nel triangolo Seravezza-Stazzema-Camaiore la morfologia generale presenta i caratteri tipici del nucleo metamorfico delle Apuane, caratterizzato da grandi dislivelli tra crinali e fondi valle, con versanti particolarmente ripidi e con rete idrografica di più ampio respiro.

VII - GEOLOGIA APPLICATA

1) MINIERE.

Miniere di Valdicastello e del Bottino.

Le mineralizzazioni del Bottino e di Gallena si trovano negli scisti paleozoici del nucleo metamorfico apuano. Sono impregnazioni filoniane che seguono le breccie di frizione di un complesso sistema di faglie; le

principali sono in direzione NW-SE (inclinate con immersione a SW), altre secondarie sono quasi ortogonali alle precedenti. Minerali: galena argentifera, blenda ferrifera, calcopirite, bornite, pirrotina, pirite, marcasite, arsenopirite, fluorite e altri.

La miniera del Bottino fu coltivata fin da tempi preromani e fu abbandonata nel 1930; in tempi recenti la coltivazione fu estesa ai filoni di Gallena.

Le miniere di Valdicastello sono formate da filoni di andamento analogo a quelle del Bottino e di Gallena; essi interessano però il complesso delle scaglie (Alta Valdicastello e finestra tettonica di S. Anna) e i calcari del Trias di tipo toscano sovrascorsi. Da questa giacitura si deduce che le mineralizzazioni sono posteriori alla fase tectogenetica parossismale e pertanto appartengono al Terziario recente. Nel gruppo di Miniere di Valdicastello-Monte Arsiccio viene estratta baritina ed occasionalmente pirite, ematite, magnetite. Particolarità mineralogiche famose sono le cristallizzazioni di geocronite e tetraedrite col 2% di mercurio (Zulfello e Buca dell'Angina). Gli scisti al contatto dei filoni sono impregnati di filoncelli e vene di tormalinolite.

Miniera di Ripa.

Nei micascisti a muscovite si trova la miniera di Ripa. Aperta nel 1838, fu abbandonata nel 1851; nei primi cinque anni di attività furono estratte 20 tonn. di cinabro. Questo minerale, associato a vene di quarzo, presentava cristalli di eccezionali dimensioni e nitidezza.

Giacimento di Buca della Vena.

Affiora a NNW del Monte di Stazzema, sul versante sinistro del torrente Versilia. La mineralizzazione è rappresentata da magnetite mista ad ematite e pirite; attualmente viene sfruttata la baritina della ganga. Il giacimento è compreso negli scisti filladici del Trias, sovrascorsi sull'autoctono; la mineralizzazione è molto vicina al contatto tra gli scisti e i calcari norico-retici sovrastanti.

Giacimenti di Valle delle Mulina.

Si tratta di mineralizzazioni sparse negli scisti triassici delle scaglie (parautoctono) di Stazzema, per lo più nelle parti alte, presso il contatto con le dolomie e i calcari del Trias superiore. Località: Culerchia, Calcaferro, Rio Molinelli tra Pomezzana e Farnocchia. Il minerale principale è pirite, con alterazione in limonite nelle parti superficiali.

Giacimento di Strettoia.

Affiora nel Canale di Murlo, a NE di Strettoia; la roccia incassante è il complesso degli scisti quarzítico-sericitici del versante occidentale delle Apuane, presso il contatto col calcare retico. Il minerale visibile è limonite.

2) CAVE.

a) Marmi e pietre ornamentali.

Alcune cave di marmi apuani, le più meridionali, sono comprese nell'area del foglio Pisa. Esse sono:

Cave del Monte Costa, presso Vallecchia e Seravezza: marmi bianchi e bardiglietti.

Cave tra Stazzema e Ponte Stazzemese: marmi bianchi, bardigli fioriti e bardiglietti, breccia di Seravezza (policroma, in forma di lente alla base del livello dei marmi bianchi).

Cave tra Ponte Stazzemese e Molina: cipollini.

Cave tra Farnocchia e Pomezzana: calcescisti e cipollini.

Dai Monti Pisani, a sud di S. Giuliano Terme, si estrae un calcare brecciato (Lias inferiore, parte alta del « calcare massiccio »).

Presso S. Giuliano nei secoli passati è stato estratto il materiale principale (calcare massiccio e selcifero) per la costruzione del complesso monumentale di Piazza dei Miracoli di Pisa.

Dalla serie di formazioni di tipo toscano sono stati estratti: calcare rosso ammonitico (Lias inferiore, Sinemuriano) presso S. Giuseppe sul

Torrente Pedogna, al M. Bruceto e a Sassi Grossi (Monti d'Oltre Serchio); calcare brecciato (associato al « Cavernoso », Trias superiore), al M. Penna presso Metato; calcare brecciato (breccia di impasto tettonico formata da calcare rosso ammonitico e calcare nero a *Raethavicula contorta*) 1 km a ovest di Pescaglia.

b) *Materiali refrattari.*

Presso Ponte Stazzemesse il grezzone (dolomia grigio scura del Trias superiore) viene cavato per la produzione di refrattari detti « Dolomite ».

c) *Pietre da calce e piestriscio (occasionalmente per costruzione).*

Presso S. Giuliano Terme sono aperte grandi cave nel calcare massiccio e nel calcare con liste di selce.

Presso Vecchiano sono aperte cave nel calcare massiccio e presso Avane nel calcare a *Raethavicula contorta*.

A Sud di Pietrasanta, Monte Preti e dintorni e presso Camaiore viene estratto il calcare cavernoso.

A Sud di M. Meto (allo sbocco della Valle di Stiava nella pianura costiera) e al M. del Legnaio (Monti d'Oltre Serchio) viene cavato il calcare « maiolica ».

Altre cave: presso Ripafratta: diaspri di Poggio Luce; Farneta e Ripafratta: brecciole nummulitiche; Monte Bruceto, M. Bastione e Sassi Grossi: calcari con liste di selce; Monte del Legnaio e Monte Niquila: maiolica e calcareniti.

d) *Argille per laterizi.*

Una cava nella formazione fluvio lacustre del Pleistocene medio di S. Macario in Piano (tav. Massarosa): argilla sabbiosa.

Varie cave nelle argille sabbiose delle alluvioni recenti nei dintorni di Pisa.

e) *Sabbie.*

Sono da ricordare le sabbie silicee che si estraggono con pompaggio presso la sponda nord-occidentale del Lago di Massaciuccoli e nei laghetti artificiali che si estendono a nord fino alla strada Viareggio-Montemito.

3) IDROLOGIA.

a) *Sorgenti termominerali di S. Giuliano Terme.*

Le acque sgorgano da due gruppi di polle (dette di Ponente e di Levante) nelle alluvioni della pianura presso il margine del rilievo dei Monti Pisani. Provengono dai calcari con liste di selce, attraverso una faglia in direzione NW-SE che corre sepolta all'unghia del rilievo montuoso, e che è stata osservata direttamente durante i recenti lavori alla Sorgente Caldaccoli (1 km a NW delle sorgenti termominerali).

Le acque con temperature di 41°C. o poco inferiori, sono solfato-alcalino-terrose, con la seguente composizione (Polla del Pozzetto) in grammi/litro:

Residuo a 180°C. = g 2,1896

Cl	0,0979	Na	0,0230	Mg	0,9510
SO ₄	1,1622	K	0,0135	Li	0,0001
HCO ₃	0,1976	Ca	0,4848		

Sono usate per bagni, fanghi e irrigazioni dallo Stabilimento dell'Istituto Nazionale della Previdenza Sociale.

b) *Sorgenti principali.*

Una grossa polla sgorga al piede della parete calcarea del M. Nona (3 km a est di Stazzema) al contatto con gli scisti impermeabili sottostanti.

Nell'area della tav. Pescaglia molte sorgenti si trovano al contatto tra i calcari con liste di selce e le marne a *Posidonia*, che costituiscono il letto impermeabile delle falde.

Presso Quiesa una notevole sorgente (utilizzata dal Comune di Massarosa) sgorga dai calcari nummulitici, al contatto con le marne e argille rosse e brune sottostanti.

Le sorgenti di Stiava (che alimentano l'acquedotto di Viareggio) sgorgano dalle brecce di frizione tra le formazioni del Gruppo dell'Alberese e il macigno sottostante.

Poco più di un chilometro a nord di Vecchiano le sorgenti del Paduletto (oltre 60 litri/sec.) di tipo carsico, sgorgano al contatto tra i calcari massicci e le alluvioni della pianura.

Una grossa polla si trova presso Montramito, nella pianura, presso il piccolo affioramento di calcari; sono acque risalenti dai calcari sepolti dalle alluvioni della piana costiera.

c) Falde freatiche.

Sono diffuse in quasi tutta la pianura costiera, nella piana di Pisa e nella fascia di dune costiere, dove spesso le acque sono più o meno leggermente salate.

d) Falde artesiane principali.

I pozzi artesiani sono molto diffusi nella pianura costiera, con acque di caratteristiche migliori nella fascia pedemontana.

Una ricca falda artesianiana si trova sulle alluvioni di fondovalle tra Camaione e Capezzano: è utilizzata alla Stretta de « I Frati ». Nelle alluvioni del Serchio presso Ripafratta, una ricca falda artesianiana, che ha la sua base nel macigno a circa 40 metri di profondità, alimenta l'Acquedotto di Filettole (Pisa e Livorno). Si tratta di ghiaie grossolane con una copertura di ghiaie più fine e sabbie.

Nel sottosuolo dei dintorni di Pisa una prima falda artesianiana, costituita da un livello di sabbie sciolte grossolane con argille al letto e al tetto, si trova a profondità compresa tra 40 e 60 metri.

Una seconda falda, decorrente a sud della città, ed estesa fino alla foce dell'Arno, è costituita da un livello ciottoloso con argille di ambiente lagunare (con *Cerastoderma edule* (LMK)) al tetto e sabbie lito-

rali con intercalazioni argillose al letto. Si incontra generalmente a profondità comprese tra 90 e 110 metri. Alla periferia sud di Pisa una falda ugualmente data da ciottoli, e che con tutta probabilità è una propaggine laterale della precedente, si trova a una profondità da 135 a 145 metri.

Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università.

Pisa, 31 gennaio 1966, con aggiornamenti del settembre 1967.

Ultime bozze restituite il 27 aprile 1968.

VIII - BIBLIOGRAFIA

- BARBERI F., GIGLIA G. (1965), *La serie scistosa basale dell'autoctono apuano*. Boll. Soc. Geol. It., LXXXIV, 5. Pisa.
- BLANC A. C., SETTEPASSI F., TONGIORGI E. (1953), *Excursion au Lac de Massaciucoli*. INQUA, 14° Congrès Int. pour l'étude du Quaternaire.
- BONATTI S. (1938), *Studio petrografico delle Alpi Apuane*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XXVI. Roma.
- BONATTI S. (1965), *Guida delle escursioni alle Alpi Apuane*. XIII Congr. SMI Carrara-Forte dei Marmi, 28 sett.-1 ott. 1965. Pisa.
- BORTOLOTTI V. (1964), *Geologia dell'Alta Garfagnana fra Poggio, Dalli e Gramolazzo*. Boll. Soc. Geol. It., LXXXIII, 4. Pisa.
- BRANDI G. P. (1964), *La bibliografia scientifica riguardante le formazioni del Verrucano s.l. in Toscana*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, LXXI, 2. Pisa.
- BURCKHARDT C. E. (1947), *Il sondaggio del Belagaio (Grosseto) ed il suo significato geologico*. Boll. Soc. Geol. It., LXV, 1946. Roma.
- CANAVARI M. (1928), *Geologia tecnica*. vol. 3 - Idrogeologia. Arti Grafiche Nistri, 1928. Pisa.
- DALLAN L. (1963), *Studio paleontologico di una microfauna paleocenica ritrovata nel flysch calcareo dei monti di Massarosa (F° 104-I-SE)*. Boll. Soc. Geol. It. LXXXII, 2. Pisa.
- DESSAU G. (1935), *Studi sulla miniera del Bottino*. Boll. Soc. Geol. It., LIV, 2. Roma.
- DE STEFANI C. (1876), *Geologia del Monte Pisano*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., III. Roma.
- DE STEFANI C. (1876), *Fossili del Liassico inferiore del calcare ceroide del M. Pisano*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., III. Pisa.
- DE WIJKERSLOOTH P. (1934), *Bau und Entwicklung des Apennins besonders der Gebirge Toscanas*. Selbstverlag Geologisch Inst. Amsterdam.
- DINELLI G. (1919), *La costa tra Magra e Serchio*. Mem. Soc. Lunigianese « G. Capellini », I. La Spezia.
- FUCINI A. (1895), *Faune dei calcari bianchi ceroidi con Phylloceras cylindricum del Monte Pisano*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., XIV. Pisa.
- FUCINI A. (1905), *Faune dei calcari bianchi ceroidi del M. Pisano*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., XIV. Pisa.
- FUCINI A. (1923), *Considerazioni sull'età e sulla posizione degli scisti superiori ai marmi nelle Alpi Apuane*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Proc. Verb., XXXII, 9 marzo 1923. Pisa.
- GHELARDONI R. (1956), *Resti fossili di pesci nel livello a « Purpura » delle sabbie di Torre del Lago (Viareggio)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., LXIII, Ser. A. Pisa.
- GIANNINI E., NARDI R. (1962), *Sul ritrovamento di microfossili eocenici negli scisti*

- policromi metamorfici associati allo pseudomacigno sul versante nord-orientale del M. Pisano. Boll. Soc. Geol. It., LXXXI, 2. Pisa.
- GIANNINI E., NARDI R. (1964), *Contributo alla stratigrafia della serie toscana: osservazioni sui livelli di radiolariti*. Boll. Soc. Geol. It., LXXXIII, 2. Pisa.
- GIANNINI E., NARDI R. (1965), *Geologia della zona nord-occidentale del Monte Pisano e dei Monti d'Oltre Serchio (prov. di Pisa e Lucca)*. Boll. Soc. Geol. It., LXXXIV, 5. Pisa.
- GIANNINI E., NARDI R., TONGIORGI M. (1962), *Osservazioni sul problema della falda toscana*. Boll. Soc. Geol. It., LXXXI, 2. Pisa.
- GIGLIA G., TREVISAN L. (1967), *Genesi e significato paleogeografico delle brecce tra grezzoni e marmi delle Alpi Apuane*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Ser. A, LXXXIII, 2. Pisa.
- IPPOLITO F. (1943), *Studi geologici sul Monte Pisano*. Boll. Soc. Geol. It., LXII. Roma.
- IPPOLITO F. (1946), *Sulla geologia delle Alpi Apuane*. Acta Pontificia Ac. Sc., Anno X, 1. Roma.
- IPPOLITO F. (1946), *Sulla geologia delle Alpi Apuane e del Monte Pisano (Nota riassuntiva)*. Ric. Sc. e di Ricostr., Anno XVI, 3-4. Roma.
- IPPOLITO F. (1947), *Sulla geologia del Monte Pisano*. Boll. Soc. Geol. It., LXIV. Roma 1945.
- IPPOLITO F. (1950), *Contributo alla geologia del Monte Pisano e delle Alpi Apuane*. Mem. e Note Ist. Geol. Applic. Univ. di Napoli. III. Roma 1949-1950.
- LENCEWICZ S. (1917), *Profile geologiczne przez Apenin Toskanski*. Rend. Soc. Sc. Varsavia, X, 6. Varsavia.
- LOTTI B. (1882), *Sulla separazione degli scisti triassici da quelli paleozoici nelle Alpi Apuane*. Boll. R. Comit. Geol. d'It., XIII. Roma.
- LOTTI B., FOSSEN P. (1880), *Nuovi fossili delle Alpi Apuane*. Boll. R. Com. Geol. d'It., XI. Roma.
- LOTTI B. (1910), *Geologia della Toscana*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XIII. Roma.
- MENEGHINI G. (1853), *Nuovi fossili toscani*. Ann. Univ. Tosc., III. Pisa.
- MENEGHINI G. (1880), *Nuovi fossili delle Alpi Apuane (con considerazioni di C. De Stefani)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Proc. Verb., II, 14 nov. 1880. Pisa.
- MERCIAI G. (1928), *Il Lago di Porta. Sua origine e vicende*. Boll. Soc. Geol. It., XLVII, 2. Roma 1929.
- MERLA G. (1962), *Geologia dell'Appennino settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., LXX, 2. Pisa 1951.
- MIGLIORINI C. (1946), *L'età del macigno dell'Appennino sulla sinistra del Serchio e considerazioni sul rimaneggiamento dei macroforaminiferi*. Boll. Soc. Geol. It., LXIII. Roma 1944.
- MIGLIORINI C. (1947), *Età del macigno dell'Appennino Lucchese*. Boll. Soc. Geol. It., LXIV. Roma 1945.
- NARDI R. (1961), *Geologia della zona tra la Pania della Croce, Galliciano e Castelnuovo Garfagnana (Alpi Apuane)*. Boll. Soc. Geol. It., LXXX, 2. Pisa.
- NARDI R. (1962), *Sulla giacitura delle calcareniti a Nummuliti dei terreni metamorfici del versante nord-occidentale delle Alpi Apuane*. Boll. Soc. Geol. It., LXXXI, 2. Pisa.
- NARDI R. (1963), *La «zona degli scisti sopra i marmi» nelle Alpi Apuane ed i terreni che la costituiscono*. Boll. Soc. Geol. It., LXXXII, 2. Pisa.
- NARDI R. (1963), *Bibliografia geologica delle Alpi Apuane*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, LXX, 2. Pisa.
- NARDI R. (1967), *Schema stratigrafico e strutturale delle Apuane nord-orientali*. Mem. Soc. Geol. It., VI, 4. Pisa.
- NERI N. (1892), *Monografia dei fossili del calcare bianco ceroidi di Monte S. Giuliano (Nota preventiva)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Proc. Verb., 15 maggio 1892, VIII. Pisa.
- PELLOUX A. (1922), *La zona metallifera del Bottino e della Valle di Castello - I suoi minerali e le sue miniere*. Mem. Soc. Lunigianese «G. Capellini», III, 1. La Spezia.
- REDINI R. (1962), *Su alcuni fossili della formazione dello pseudomacigno del Monte Pisano*. Nuova Tecnica Grafica. Roma.
- ROMAGNOLI L. (1957), *Sondaggi a 200 m di profondità nel Quaternario recente presso Pisa. Studio delle facies attraversate e considerazioni sulla sedimentazione costiera a carattere ciclico*. Boll. Soc. Geol. It., LXXVI, 2. Pisa.
- SAVI P. (1829), *Seconda lettera geognostica al Sig. Girolamo Guidoni concernente il Barghigiano, la Garfagnana e il Pietrasantino*. N. Giorn. Lett., XIX. Tip. Nistri. Pisa.
- SAVI P. (1832), *Lettera al Sig. Girolamo Girolami di Massa concernente osservazioni geognostiche sui terreni antichi concernenti specialmente i Monti Pisani, le Alpi Apuane e la Lunigiana*. Nuovo Giorn. Lett. XXIV, 63. Pisa.
- SAVI P. (1863), *Saggio sulla costituzione geologica della provincia di Pisa*. Tip. Nistri. Pisa.
- SQUAZZONI G. (1963), *Fauna ammonitica dei calcari selciferi metamorfici delle Alpi Apuane*. Paleont. It., LVII. Pisa.
- STEINMANN G. (1907), *Alpen und Apennin*. Zeit. d. Deutsch. Geol. Gesell. B. Monatsbericht, LIX, 8-9. Berlin.
- TARGIONI TOZZETTI A. (1768-1779), *Relazioni di alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana*. Stamperia Granducale. Firenze.
- TEICHMÜLLER R., SELZER G. (1931), *Zur geologie des Tyrrhenis gebietes. II Teil: Das Paläozoikum von Toskana und Korsika*. Abh. der Gesell. der Wiss. zu Göttingen, III, 3. Berlin.
- TEICHMÜLLER R., QUITZOW W. (1935), *Die Beziehungen zwischen dem nordapennin und dem Kalabrischen Deckenbau*. Abh. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Math., Phys. Kl., III, Folge 13.
- TILMANN N. (1926), *Tektonische studien in der Catena Metallifera Toscana*. Geol. Rundschau Sonderb., XVIIa. Berlin.
- TREVISAN L. (1955), *Il Trias della Toscana ed il problema del Verrucano triassico*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, LXII, 1. Pisa.
- TREVISAN L. (1959), *Gli esemplari di ammoniti (Arietitacei) di Poggio Troncone e Tenerano (Apuane) e l'età dei marmi apuani*. Boll. Soc. Geol. It., LXXVIII, 2. Pisa.
- TREVISAN L. (1962), *La paléogéographie du Trias de l'Apennin Septentrional et central, et ses rapports avec la tectogénèse*. Livre à la mém. du Prof. P. Fallot, II. Paris 1963.
- TREVISAN L., TONGIORGI E. (1953), *Le acque del sottosuolo della regione pisana*. «La Provincia di Pisa», I, 9-10. Pisa.
- TREVISAN L., BARBERI F., ELTER P., GIGLIA G., RAU A., TONGIORGI M. (1965), *Symposium sul «Verrucano» - Guida alle escursioni in Toscana*. Tip. Pacini-Mariotti. Pisa.
- ZACCAGNA D. (1932), *Descrizione geologica delle Alpi Apuane*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XXV. Roma.

Distribuzione e vendita:
LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA VERDI, 10 - 00198 - ROMA, (ITALIA).