

PARTE PRIMA.



Descrizione geologica sommaria.

Le Alpi Apuane si estendono fra i gradi 44°, 12', 30" e 43°, 27' di latitudine N., e i gradi 1°, 54' e 2°, 32', 50" ad Ovest del meridiano di Roma.

Esse appartengono in massima parte alle provincie di Massa e di Lucca, nella piccola porzione più settentrionale alla provincia di Genova ed in quella più meridionale alla provincia di Pisa. Sono confinate ad O. dal Mare Tirreno, a N. O. dalla Magra, a N. dalla Magra e dall'Aulella, a N. E. dal Canale di Sermezzana, ad E. dal Fiume di Gragnana e dal Serchio, a S. dal Serchio. Da ogni lato la confinano i grandiosi sinclinali del Tirreno, della Val di Magra verso l'Apennino Ligure ed i Monti della Spezia, della Val di Serchio verso l'Apennino Modenese ed il Monte Pisano. Soltanto la Magra fra l'Aulla e Caprighiola ed il Serchio fra Ponte a Moriano e Sesto percorrono valli d'erosione a traverso anticlinali che in parte rimangono geograficamente alle Alpi Apuane, in parte all'Apennino. I monti più alti, quasi tutti formati dalla zona dei marmi, a cagione della loro natura prettamente calcarea, più d'ogni altra regione d'Italia somigliano alle Alpi dolomitiche orientali contemporanee d'altronde per età.

CAPO I.

Siluriano medio.

Fig. 1-20.

Gli strati più antichi, nella valle del Frigido alla Maestà delle Cappuccine ed in parte anche lungo la Val di Serra in Versilia, sono calcari scuri che contengono fino a 29 p. 100 ed anche più di ma-

gnesia, ¹ o abbondantemente carboniosi e ferruginosi, con microscopici cristalli di Albite e di Mica idrata, ² talora schistosi e alternanti con scisti grafitoidi. ³ Sono sempre ripieni, con notevole uniformità, di *Orthoceras* e di crinoidi non ancora esattamente determinati con foraminifere e spongiari. Alternano poi a varie riprese in banchi limitati anche negli strati superiori, specialmente nella zona più alta a poca distanza dal Trias.

Le altre rocce sono Filladi, Quarziti, Idromicaschisti o *Gneiss* microcristallini poco alterati. Questi ultimi predominano nelle Valli del Frigido e di Vinca; mentre si trovano solo in piccoli banchi ed in una zona determinata, spesso alternanti coi calcari fossiliferi, entro gli strati più recenti della Versilia ove dominano le altre rocce.

Le materie componenti il *Gneiss* sono Quarzo, pieno di libellule e di cavità acquifere, Ortose formato qualche volta da cristalli distinti, geminati, grandi qualche millimetro, ed una Mica potassifera in cristalli sempre microscopici che deve attribuirsi alla Damourite. Quasi sempre si aggiunge all' Ortose l'Oligoclasio, sebbene in quantità minore, e la Mica è spesso accompagnata da un minerale che al polariscopio è verdognolo, dicroico, in laminette inflessibili, grandi quanto quelle della Mica, che io ho creduto Clorite ma potrebbe essere la Mica magnesiaco-ferruginosa descritta dal Rolle nell' identico *gneiss* del Rofla ⁴ o l' Helvetano del Simmler. Qualche volta il minerale verde predomina sulla Mica. Non mancano nel *Gneiss* in taluni casi delle particelle carboniose. ⁵

Questo *Gneiss*, che troveremo anche nel Trias superiore, somiglia a quello che si rinviene nel Trias superiore, nel Carbonifero superiore e particolarmente fra il Carbonifero e il Trias medio nelle Alpi Marittime ed Occidentali: in queste regioni esso fu chiamato *Alpinite* dal Simmler nella *Petrogaea*, poi, insieme a qualche altra roccia diversa, *Apenninite* dal Gastaldi, indi *Besimaudite* dal Zaccagna colla scusa che il Gastaldi avesse proposto il nome per l' Appennino dove la roccia manca, mentre lo propose pelle Alpi Pennine di cui fa parte appunto la Besimauda.

Quarzo in grossi grani di aspetto vitreo od in cristalletti, e Damourite, talora con Clorite, talora senza, e talora con quasi intera

¹ Vedasi un' analisi del calcischisto di Puntato fatta dal Funaro in G. Meneghini, *Nuovi fossili delle Alpi Apuane* (Proc. verb. soc. tosc. 14 novembre 1880, p. 102, nota 1).

² D. Pantanelli, *Note microlitologiche sopra i calcari* (Mem. R. Acc. Lincei, vol. XII, 1882), p. 4.

³ A. D' Achiardi, *Mineralogia della Toscana*. Pisa, 1872, vol. I, p. 265.

⁴ F. Rolle, *Mikropetrographische Beitrage den Rhaetischen Alpen*, Wiesbaden, 1879.

⁵ C. De Stefani, *Studi microlitologici pel Paleozoico e pel Trias delle Alpi Apuane* (Proc. verb. soc. tosc. 13 marzo 1881, p. 205).

sostituzione di quest'ultima alla prima, costituiscono le *Quarziti*, le quali, quando la Mica si fa un poco abbondante, diventano veri *Idromicaschisti*.

In alcuni luoghi nella Valle di Vinca e per estesi tratti nella Versilia, l'*Idromicaschisto* o *Cloro-micaschisto*, contiene abbondantissime pagliette di Oligisto micaceo sparse nella roccia come la Clorite e la Damourite, talchè si possono dire parte costituente di questa come accade nell'*Itabirite* ed in tanti *Micaschisti* nel Brasile ed altrove. Più rara vi è l'*Ottrelite*.

Insieme con le *Quarziti* non mancano dei veri conglomerati quarzosi, compattissimi, verdi o bruni; e ne ho osservati nelle Valli di Levigliani e della Serra. Vi si notano ciottolotti o meglio grani piccolissimi, arrotondati, di Quarzo, e di Tormalinite, cementati da materia silicea con laminette di Clorite e Damourite od anche da materia calcarea, nel qual caso sono di colore rossastro: essi sono molto diversi da altri conglomerati più recenti, anche delle Alpi.

Le Filladi, costituite da materie che in origine furono prevalentemente argillose, di rado mancano di qualche cristalletto di Damourite. Quasi sempre contengono degli straterelli di Grafite, e qualche volta dei cristalli di Ottrelite. Abbondano nella Versilia, specialmente nelle Valli della Vezza e del Giardino.

In taluni punti (Bottino, Corsinelli, M. Ornato) presso i filoni ferrei o solfo-antimoniferi, sono banchi, ma assai limitati, di Tormalinite nera, durissima, appena pellucida, costituita da denso feltro di minutissimi cristalli bacillari di Tormalina con Quarzo.¹

Nei calceschisti inferiori, alla Maestà delle Cappuccine in Valle del Frigido, ho trovato le seguenti specie fossili che formano una compatta lumachella:

Orthoceras sp. n. conica, allungata, diritta: un solo individuo è distorto, sembra per azione meccanica che operò sulla stessa roccia: la sezione è circolare: setti ravvicinati con linea di sutura molto curva e concamerazioni la cui lunghezza sta all'altezza nel rapporto fra 3 a 4 e 5 a 8. Camera d'abitazione assai lunga e grande: in un individuo lungo 170 mill. con 25 concamerazioni, l'ultima, rotta, è lunga 30 mill.: in un altro, forse il più completo, lungo 132 mill. con 9 concamerazioni, l'ultima è lunga 36 mill. Angolo d'accrescimento di 2 gradi e $\frac{1}{2}$ a 3. Sifone centrale, cilindrico: in un individuo appaiono all'esterno tracce di sottili strie trasversali ed in parecchi sono leggere strozzature lontane reciprocamente circa 17 mill. È specie estremamente comune e quasi unica in frammenti d'ogni età: è diversa da ogni forma a me nota: somiglia un poco all'*O. vulgare*

¹ A. D' Achiardi, *Tormalinolite del Bottino nelle Alpi Apuane* (Proc. verb. soc. tosc. 20 maggio 1885).

Barr. del siluriano di Boemia che però ha le concamerazioni più alte, e più all' *O. temperans* Barr.; ma questo manca delle strozzature esteriori.

Orthoceras sp. Altra specie più rara, vicina alla precedente, ha l'altezza proporzionata alla larghezza come 3 a 9: il maggior frammento è lungo 50 mill.: ha 11 concamerazioni e l'ultima lunga 20 mill.

Gomphoceras sp. piccola.

Cardiola cfr. *interrupta* Sow. Alcune sezioni risponderebbero bene a quelle della presente specie.

Crinoidi. Parecchi articoli simili a quelli degli strati superiori che il Meneghini ha attribuito ad *Actinocrinus* ma che in parte potrebbero appartenere a generi diversi.

Spongiari e verosimilmente *Astylospongidae* limonitizzati o calcificati. Se ne vedono le maglie sulla superficie della roccia.

Foraminifere. Molte sezioni di generi diversi in frantumi e poco determinabili nei calcari più compatti e più puri.

Nei Calceschisti superiori, spesso alternanti col *Gneiss*, a Fociomboli, Puntato, in Mosceta e a Ranocchiaia nel Canal di Deglio, il Meneghini ha distinto.¹

Orthoceras sp. Conica, a sezione circolare, sifone centrale; angolo d'accrescimento circa 12°; concamerazioni alte poco meno che metà del diametro. Fociomboli, Puntato, Fonte di Mosceta, Canale di Deglio.

Orthoceras alia sp. Conica, a sezione circolare, sifone centrale, angolo d'accrescimento circa 10°: concamerazioni alte $\frac{2}{3}$ a $\frac{3}{4}$ del diametro. Secondo il Meneghini queste due forme potrebbero paragonarsi all' *O. campanile* Mojs. ed all' *O. elegans* Münst. del Trias; ma più ancora a specie paleozoiche. Fociomboli, Puntato, Mosceta, Canale di Deglio.

Orthoceras alia sp. Conica, depressa, a sezione ellittica, sifone eccentrico, angolo d'accrescimento circa 8°, concamerazioni brevissime alte circa $\frac{1}{8}$ del diametro. Secondo il Meneghini si avvicina solo a specie paleozoiche. Fociomboli, Mosceta, Canale di Deglio.

Actinocrinus sp. Fociomboli, Puntato, Mosceta, Canale di Deglio.

Alcuni *Orthoceras* degli strati inferiori sono, almeno apparentemente, ben diversi da quelli superiori descritti dal Meneghini.

Quantunque la conservazione non permetta una determinazione assoluta di tutte le specie, il Meneghini attribuì il terreno al Siluriano. Il grande numero degli *Orthoceras*, le loro analogie e la quasi

¹ G. Meneghini, *Nuovi foss. Alpi Ap.*, pag. 102; *Ulteriori notizie sui trilobiti di Sardegna e sui fossili paleozoici delle Alpi Apuane* (Proc. verb. soc. tosc. 8 maggio 1881, p. 234), *Actinocrinus di Serabus in Sardegna* (Proc. verb. soc. tosc. 3 luglio 1887, p. 284).

mancanza di altri generi di molluschi lo ravvicinano al Siluriano medio e per chi ammette nel Siluriano due sole divisioni, al Siluriano superiore. Il genere infatti principiò ad estendersi nella prima fase della seconda fauna siluriana ed ebbe il suo massimo svolgimento nella fauna seconda e nella prima fase della fauna terza. Il terreno è identico litologicamente ai calcari scuri ad *Orthoceras* di Cea S. Antonio in Sardegna attribuiti pur essi al piano *E*,¹ come lo è, per modo da scambiarsi, ai calcari ad *Orthoceras*, pur essi del piano *E* della valle del Gail nelle Alpi Carniche.²

Questo insieme di rocce è ricchissimo di minerali peculiari, specialmente nella zona superiore e nelle regioni non gneissiche. Oltre al Cinabro che forma un giacimento isolato sotto Levigliani in Versilia, si trovano diffusi in tutta la Versilia, particolarmente nella zona rispondente a quella de' calcischisti ad *Orthoceras* superiori, filoni con matrice di Quarzo accompagnato da rari altri minerali come Albite, Siderose, Dolomite, Calcite, filoni i quali contengono dovunque svariati solfo-antimoniuri e solfuri di piombo, zinco, o più raramente di rame.

CAPO II.

Trias medio e superiore.

Il sistema triassico, tenendo a parte gli strati retici od infraliasici, si divide in parecchie zone distinte.

Inferiormente comincia con calcari detti *tarsi* o *grezzoni*, compatti, leggermente magnesiaci, cerulei, bituminosi, forniti talora (Monte Altissimo, Valle di Colonnata) da straterelli di grafite impura: di rado vi sono straterelli di selce (Renara) (Fig. 1-18). Nel Canal Secco sopra il Forno vi si trova una lumachella apparentemente formata da molluschi e forse da bivalvi, ma per ora impossibile a decifrarsi.

Nelle Alpi Marittime si trovano in essi, immediatamente alla base, strati con *Rhizocorallium* e poco sopra con *Encrinus gracilis* Buch e *Retzia trigonella* Schl., per cui essi non sono più antichi del Trias medio, rispondendo al *Wellenkalk* e superiormente al *Trochitenkalk*.

Senza naturali e distinti confini questa zona passa alla successiva costituita pur essa da calcari, o *grezzoni*, più chiari, biancastri,

¹ G. Meneghini, *Paléontologie de l'île de Sardaigne*, Turin, 1857.

² G. Stache, *Ueber die Verbreitung silurischer Schichten in den Ostalpen* (Verh. d. geol. Reichs. Wien, 1879, p. 219).

rosei, verdognoli, compatti e porcellanacei, talora a frattura concoide, per lo più riccamente magnesiferi per modo da passare a Dolomiti, e pieni sovente di vene dolomitiche, forniti poi quasi sempre di microscopici cristalli di Dolomite e di Albite a volte polisintetici, con minutissime inclusioni di Calcite, fatto che si ripete ne' calcari coetanei della Liguria e di molte parti delle Alpi occidentali.¹

Abbondanti fossili, le cui parti spatiche sono ridotte a dolomite, si raccolgono dovunque in questa zona; ma sono mal conservati e deformati, oppure, per compenso, si fragili e delicati sulle superfici corrose dalle acque di pioggia, che facilmente si guastano nel raccogliarli e nel trasportarli.

Oltre a parecchie specie indeterminabili di ogni luogo, oltre a varie foraminifere, a crinoidi ed a *Cidaris*, *Pseudomelania*, *Scalaria*, *Rissoina* appartenenti a specie nuove, prossime ad altre già note nel Trias, provenienti dai grezzoni del Sagro verso il Forno, della Bandita presso Colonnata, del Carchio, del Corchia, di Falcovaia, del M. dei Ronchi, ecc. si possono ricordare una *Gyroporella* sp. n. che forma una lumachella in Carcaraia nella Valle dell'Acquabianca, ed il *Turbo solitarius* Benecke o *Songavatii* Stoppani, così caratteristico della *Hauptdolomit* alpina, che ho trovato nel Corchia e nel Garnerone, tacendo di altri luoghi dove se ne potrebbero indicare solo tracce mal sicure.

Nell'Altissimo, nel Corchia, nella Tambura, nel Canal Secco, nel M. dei Ronchi, nel M. Macina, nel Vestito, nella Brugiana, nei Canali del Cardoso e delle Mulina presso Stazzema ed in qualche altro luogo, fra questa zona e la successiva trovasi uno strato alto da 2 a 6 metri o poco più, di micascisto costituito da Idromica potassifera assai abbondante, da Ottrelite, da Tormalina e da Rutilo; più rara è la Clorite e più la Zoisite.²

Accompagna quasi sempre questo strato il marmo *mischio*, formato da frammenti marmorei variamente colorati, chiusi in un cemento prevalentemente ferruginoso e schistoso, avente l'anizidetta natura.³

La zona antecedente fa passaggio ad una Dolomite⁴ che si estende specialmente nelle Valli del Forno, di Resceto, di Renara e dell'Acquabianca. Sovente questa roccia che talora è perfettamente identica alla *Hauptdolomit* alpina, è interamente costituita da cristalli

¹ C. De Stefani, *Studi microl. pel Pal. e pel Trias delle Alpi Ap.*, p. 202.

² D' Achiardi, *Min. Tosc.*, 1871, p. 7.

³ V. l'analisi in R. Passerini, *Analisi del cemento del mischio di Serravezza* (N. giorn. lett., T. XX, p. 185; 1880).

⁴ V. un'analisi della dolomite di Resceto del Dott. Chiappe in B. Lotti e D. Zaccagna, *Sezioni geologiche attraverso la regione centrale delle Alpi Apuane* (Boll. Com. geol., 1881, p. 17, nota 1).

di dolomite più o meno disgregabili; altra volta è intimamente riunita a massarelle marmoree, cioè a dir di puro carbonato di calce cristallino e fa direttamente passaggio al marmo in mezzo al quale alterna talora negli strati più recenti, p. e. nelle Valli di Vinca e di Equi.

Unico fossile, se pure è tale, di questa zona, è la *Cellepora?* (*Evinospongia*) *vesiculosa* Stoppani, abbondantissima presso Equi e Vinca, sul Sagro, nella Tambura (al Forno e sopra Resceto) e costituente quasi per intero la roccia nella Valle dell' Acquabianca. Gli strati concentrici sono ridotti, come tutti i fossili de' grezzoni, a dolomite, e campeggiano in una pasta marmorea saccaroide.

Nelle Alpi Apuane invano ho cercato entro essa tracce di *Gyroporellae* o di altri fossili che in mezzo all' *Evinospongia* si trovano nelle Alpi lombarde ed in mezzo alle *Cellepora* ne' terreni miocenici e più recenti.

Questa zona si può dire isotopica e contemporanea a quella dei marmi, cioè de' calcari saccaroidi quasi chimicamente puri,¹ che senza commistione di banchi dolomitici prevalgono, anzi dominano da soli, fuorchè nelle Valli di Vinca e di Equi, nelle parti superiori. Nel Sagro, nella Brugiana, nel Carchio, nel M. Costa, nel Corchia, nel M. di Tievora, nel M. Ronchi e nell' Altissimo, il marmo più o meno puro può dirsi libero da materie dolomitiche, e tale è pure in Val d'Arni dove ne appaiono solo le zone superiori² (Fig. 1-20).

La maggiore altezza della zona de' marmi è nel M. Sagro.

Poco abbondanti vi sono i fossili (Renara, Tambura, Val d'Arni, ecc.) quando si eccettuino gli strati superiori che considereremo come parte della zona successiva; sono principalmente *Encrinus* e *Pentacrinus*. In pochi luoghi, nella Valle di Vinca e in quella di Arnetola vi son pure molluschi. La straordinaria purezza primitiva del calcare e l' essere stata possibile la lenta trasformazione ne' pregiati marmi saccaroidi fu dovuto forse all' esser desso prodotto da scogliere di madrepora le quali sappiamo in brevissimo tempo diventare cristalline.

¹ Pantanelli, *Not. micr.*, p. 4.

V. un'analisi del marmo bianco statuario di Falcovaia in L. Tonini, *La formazione dei marmi nelle Alpi Apuane*, Pietrasanta, 1886, p. 45. Altre analisi furono fatte da Köppel, Berthier, Wittsein, ecc.

² Chi volesse avere maggiori notizie sui marmi e sulle molteplici circostanze che alla loro formazione si connettono, può consultare:

C. Magenta, *L'industria dei marmi apuani*, Firenze, 1871.

A. Fabri, *Cenni sulle cave di marmo delle Alpi Apuane*, Firenze, Barbèra, 1873.

C. Tenderini, V. Santini, C. Zolfanelli, *Della segatura del marmo e le segherie nella regione, Carrara, Bigazzi*, 1874.

C. De Stefani, *Considerazioni stratigrafiche sopra le rocce più antiche delle Alpi Apuane e del M. Pisano* (*Boll. Com. geol.*, 1874).

P. Chiappe, *Il libro del marmo*, Massa, Medici, 1887.

Alla parte superiore de' marmi bianchi succedono calcari piuttosto ceroidi che saccaroidi, di colore per solito ceruleo, in strati ben distinti e sottili, con larghi straterelli o con lenti formate ben di rado di pura selce, più di solito da quarzo carioso o compatto, e più frequentemente ancora da un miscuglio di selce amorfa e di quarzo a frattura vitrea od in cristallini¹, derivato evidentemente da quella, che dovette avere origine organica, sebbene oggi de' primitivi organismi non siano rimaste tracce (Fig. 1-12, 14-20).

Talora anche questi calcari sono dolomitici (Valle di Vinca, Borra sulla Torrite secca) e si accompagnano, benchè di rado, a cipollini e a filladi, a calcari compatti come *grezzoni*, siliciferi, anche cavernosi ed a calcari terrosi pur sempre quarziferi (dalla Valle di Colonnata nel Carrarese al Castellaccio di Vinca, da Puntato in Versilia alla Borra e all' Isola Santa, Pruno, Campaccio). Ai medesimi appartengono in molta parte i marmi cerulei detti *bardigli*, e fra gli altri quelli più cristallini e più pregiati della Cappella e di Rio. Nel Carrarese contengono banchi più o meno grandiosi di marmo saccaroide, bianco, *statuario*² contenente più del 99 p. 100 di carbonato di calcio, sovrastanti alle masse marmoree accennate in addietro, i quali costituiscono una delle principali ricchezze delle cave carraresi e la principale delle Alpi Apuane. Quando vi penetrano vene di oligisto e di clorite si originano i bei marmi leggermente violacei detti *Paonazzetti* (Carpevola, Miseglia, Calocara, Boccanaglia). Nel Carrarese dalla Valle di Colonnata al Castellaccio di Vinca s' inserisce in questi calcari una lente di filladi verdi o cerulee da non confondersi con zone più recenti.

Questa zona di calcari selciferi si estende dal Sagro, di cui forma la cima, alle pendici del Pizzo d'Uccello e del Monte Cavallo fin sopra il Forno, e dal Pisanino a Carcaraia ed alla Penna di Campocatino, al Sumbra, alle Capanne di Careggine ed altrove intorno alla Torrite secca e nella Valle del Cardoso.

A volte i crinoidi sono talmente abbondanti da costituire un vero impasto nella roccia. È quasi solo un *Encrinus* affine o identico all' *E. granulatus* Münst., specie propria del Trias superiore.

Tutte le anzidette zone sono coperte da una estesa serie di strati prevalentemente schistosi (Fig. 1-12, 14-21). Questa serie presenta due aspetti alquanto diversi, uno proprio della regione orientale delle Alpi Apuane, l' altro della regione occidentale. La differenza di quegli strati coetanei ed a sua volta l' analogia degli schisti triassici occidentali con gl' idromicaschisti siluriani sono forse dovute in parte a

¹ Pantanelli, *Note micr.*, p. 4.

² V. analisi dello statuario di Betogli in D. Santagata, *Studi chimici sui metamorfismi dei marmi del Monte Pisano e di Carrara* (Rend. d. sess. Acc. sc. Bologna, 1879, p. 130).

circostanze alquanto diverse del fondo nel quale gli strati erano depositati, ma in massima parte può dipendere dalle maggiori azioni trasformatrici risentite, le quali d'altronde hanno reso anche più cristallini i calcari con selce della regione occidentale. Il trascorrere delle medesime circostanze, quantunque si tratti di rocce in origine forse alquanto diverse, ha pur prodotto tal quale analogia fra certi schisti triassici e quelli siluriani.

Nella regione orientale, dall'Orto della Donna, ma specialmente dal Pisanino sopra Cerfigliano ai dintorni di Col di Favilla, la zona de' calcari selciferi è coperta da strati alti pochi metri ma sufficientemente costanti di diaspro rosso leggermente manganeseifero e di calcare rosso compatto. L'alterazione non lascia scorgere nel diaspro, almeno nei frammenti fin qui esaminati, tracce ben chiare delle radiolarie che in origine dovettero costituirlo; tutta la massa è invece ripiena di microscopici cristalletti esagonali, grandi al più 0,062, di Ematite che dà il colore alla roccia e che si formò evidentemente cogli elementi ferruginosi preesistenti.¹

Succedono cipollini verdognoli o rosei, per lo più con mica idrata², abbondanti in alcuni luoghi, scarsi o mancanti in altri, cui tengono dietro schisti filladici con altezza di 1000 metri almeno misurati lungo i Canali delle Mulina e del Cardoso. Gli schisti di questa regione sono assai poco alterati ed hanno apparenza poco diversa da quella di rocce terziarie.

Per quanto riguarda la composizione mineralogica vi si possono distinguere, come pure accade nelle filladi d'altri luoghi da me osservate, due tipi differenti per la combinazione diversa dei loro componenti chimici piuttosto che per la natura di questi. Un tipo è quello delle filladi verdi, l'altro è quello delle filladi rosse. Al microscopio le prime svelano alcune laminette di clorite ed una immensa e stretta congerie di cristallini prismatici, verdognoli, insolubili in ogni acido, apparentemente biassi; ma talmente minuti, non superando la lunghezza di 6 millesimi di millimetro e la larghezza di 1 millesimo, che non se ne possono bene studiare i fenomeni ottici. Ridotta la silice, rimane liberata una certa quantità di ossido di ferro; quindi si tratta di un silicato avente a base in parte almeno il ferro. Le Filladi rosse invece mostrano profusamente ammassate nella massa amorfa delle laminette esagone; minutissime, di Ematite, rosse per trasparenza che ridotte convenientemente danno abbondante reazione di ferro. Nell'ultimo caso adunque il ferro abbonda nella roccia allo stato di sesquiossido cristallizzato e la colorisce; nell'altro caso esso è alquanto più scarso e vi si trova allo stato di sili-

¹ De Stefani, *Stud. microl. paleozoico*, p. 204.

² Pantanelli, *Not. micr.*, p. 4.

cato.¹ Colle Filladi alternano arenarie finissime verdognole o cerulee, compatte, non calcarifere, con macchie di schisto, costituite da microscopici frammenti di Quarzo anidro, Ortoclasio, Oligoclasio e Biotite, materie provenienti certo dalla denudazione di rocce cristalline, in allora emerse, di cui non sono tracce oggi nelle Alpi Apuane e nei luoghi contigui.

Nelle Filladi abbondano grandemente le Fucoidi ben conservate, le quali campeggiano per colore più chiaro o più scuro del fondo, e sono talora carboniose, talora limonitiche, principalmente il *Chondrites prodromus* Heer, già noto nel Trias superiore, e l'*Eterodyction simplex* De St., che è la fucoide più abbondante e più diffusa in tutta la regione. Colle fucoidi abbondano in taluni luoghi oscuri resti piritizzati e poi ridotti a limonite che potrebbero essere piccoli cefalopodi.

Questa zona schistosa, in ispecie negli strati inferiori, contiene solfuri di rame che vennero scavati od esplorati in molti luoghi ma con poca speranza di buon risultato.

Nella regione occidentale, da Camaione al Monte Sagro ed in parte nella Valle del Forno Volasco, gli schisti hanno sofferto un'alterazione assai maggiore; diventando più cristallini hanno perduto le tracce de' resti organici, se non forse ben raramente di fugaci e poco appariscenti fucoidi, ed alternano ordinariamente con cipollini aventi svariati caratteri e con calcari saccaroidi.

All'infuori di poche filladi analoghe a quelle della regione orientale alternanti negli strati superiori, predominano gl' Idromicaschisti più o meno quarzosi e cloritici. In essi il quarzo è granuloso e la mica idrata è in microscopici cristalli. Secondo un'analisi del Funaro² la mica tanto comune è potassifera, ed anche pe' suoi caratteri mineralogici si avvicina alla Damourite; essa è bianco-argentina, in microscopiche laminette d'apparenza esagonale a sezione rettangolare e debolmente pleocroica alla luce polarizzata. Gli schisti che ne sono costituiti quasi per l'intero e che direi *Damouritoschisti*, sono apparentemente identici agli schisti *Paragonitici* del San Gottardo.

Alternano abbondantemente, per ogni dove, strati di Quarziti damouritiche, dove il Quarzo è di gran lunga predominante sulla Mica e talora in grossi nodi. Poche volte il quarzo è interamente mancante od in grani scarsissimi e si ha quella roccia bianca, seri-

¹ De Stefani, *Stud. microl. Paleoz. e Trias.*, p. 204.

² Il Funaro ha analizzato, dietro mia preghiera, uno schisto quasi esclusivamente micaceo di Ripa, contenente abbondanti cristallini microscopici di Distene e rarissimi cristalli, parimente microscopici, di Tormalina e Rutilo (A. Funaro, *Analisi di un micaschisto delle Alpi Apuane*. Laboratorio di Chimica agraria di Pisa, fasc. 3, 1882, p. 47). Non vi è che 0,34 p. 100 di magnesia.

cea, lucente che chiamai *Damouritoide*.¹ Come componenti normali, sempre microscopici, sono il Rutilo, per lo più scarso, altra volta assai abbondante (Capriglia), in cristalli rossastri, geminati, ben riconoscibili all'analisi chimica dopo averli isolati dalla roccia fatta in polvere, e la Tormalina in cristalli prevalentemente verdognoli per trasparenza, caratterizzati da forte assorbimento del raggio ordinario (Bedizzano, Brugiana, Massa, Canal Magro, Montignoso, Strettoia, Ripa, Capriglia, Canal di Piastra, ec.), talaltra, come a Strettoia, tanto abbondante da dare il color verde alla roccia.²

Raro è che non si aggiunga alla Damourite, in variabili proporzioni, la Clorite clinoedrica, pure in microscopici cristalli; però sono casuali i Cloroschisti cioè le masse prevalentemente cloritiche con pochissima mica e talora con scarsissimo o punto quarzo (Strettoia, Monte Carchio): componenti accessori ma frequentissimi sono l'Oligisto in brillanti laminette, come negli schisti siluriani e l'Ottrelite macroscopica verde scura o nera (Bedizzano, Massa, Montignoso, Ripa, Capriglia, Canal di Piastra, ec.). Questa non sempre è ben cristallizzata; ma si riconosce per la inattaccabilità agli acidi, pel pleocroismo e per le macle secondo la legge dello Tschermak. Più raro fra i componenti accessori è il Distene, abbondantissimo però tal volta, in cristalli microscopici incolori o bluastrì e debolmente pleocroici (Capriglia, Ripa, Massa), scarso in cristalli più grossi (Ripa).³ Come prodotti di secrezione abbondano negl'Idromicaschisti di questa zona, più che negli schisti siluriani, filoni o semplici nodi di quarzo con Oligisto, Ripidolite, rara Damourite e Distene in grossi fasci fibrosi, cui si aggiungono Albite, Siderose per lo più trasformato in Limonite, a contatto coi calcari Zoisite (Brugiana) e a contatto colle masse ferree Tormalina in cristalli fibroso-raggiati.

Negli schisti a contatto coi filoni ferrei, in Val di Castello, a Stazzema, al Forno Volasco trovansi qualche volta anche delle masse compatte di Tormalina scura. Raro è il *gneiss* oligoclasifero fra il

¹ C. De Stefani, *Stud. microl.*

² C. De Stefani, *Quadro comprensivo dei terreni che costituiscono l'Apennino settentrionale (Atti Soc. tosc., V, 1881, p. 217).*

C. De Stefani, *Cenni geologici sul Comune di Massa (Bull. d. Comitato agrario di Massa, Massa, 1881, p. 62).*

C. De Stefani, *Cenni geologici sui dintorni di Carrara, Pisa, Nistri, 1881, p. 10.*

Avevo già notato nei micaschisti de' piccoli cristalli pleocroici sulla cui vera natura ero incerto (*Studi microl. paleoz.*, pag. 202). Il Rosenbusch mi fece avveduto che si trattava di Tormaline e mi indicò altresì la presenza del Rutilo che ho poi rintracciato io stesso.

Più tardi anche il Mattirolò indicò Tormalina a Pariana nel Massese (B. Lotti, *Roccia granitoidè tormalinifera nelle Alpi Apuane, Boll. Com. geol.*, 1885, p. 57); e l'Achiardi indicò Tormalina e Rutilo a Bedizzano nel Carrarese (A. D'Achiardi, *Rocce ottrelitiche delle Alpi Apuane, Atti Soc. tosc.*, VIII, 1887).

³ De Stefani, *Studi microl. paleoz.*, p. 205.

Forno Volasco e Petroschiana, al Forcone presso il Carchio e secondo il Lotti presso Stazzema e in Val di Castello: contiene pur esso Tormalina. ¹ Nelle numerose ricerche ch'io ho fatto negli schisti triassici e paleozoici mai ho trovato traccia di talco. ²

I calcari compatti cerulei, o terrosi-rossastri, pieni di Albite, sono piuttosto limitati (Mulina di Calcaferro, Canal di Piastra, Corvaia, Trambiserra, Montignoso, Fossone delle Capannelle). Più rari sono, superiormente, dei *grezzoni* pure albitiferi (presso Capezzano). Alternano invece a più riprese nelle contigue valli di Strettoia, di Montignoso e del Frigido, cipollini costituiti da intima connessione di parti calcaree saccaroidi, più o meno candide, con particelle cloritiche e damouritiche. I cipollini degli strati superiori di Strettoia, di Pozzuoli, di Canal Magro, del Frigido alla porta di Massa e della Brugianiana sono molto calcarei, saccaroidi e simili a statuario e formano la più recente zona dei marmi.

Nella regione occidentale come in quella orientale non mancano filoni dei solfuro di rame, raramente di piombo. Nella zona schistosa poi sono frequenti i banchi paralleli agli strati di Magnetite e di Oligisto che spesso hanno dato luogo a scavi (Monte Arsiccio, Stazzema, Mulina di Stazzema, Forno Volasco, Strettoia). Nei cipollini abbondano qua e là (Brugianiana e verso il Cartaro) l'*Encrinus granulatus* Münst, onde si chiarisce che essi appartengono tuttora al Trias superiore.

Queste rocce triassiche terminano con cipollini verdi assai più schistosi di quelli inferiori, come nella Pania, o con strati filladici alternanti a calcari rossastri terrosi, spesso alquanto cavernosi, che fanno passaggio al successivo piano Retico. Alquanto più estesi nella valle di Percinacchia sopra Carrara, questi strati sono limitati (Pania, M. di Compito, Colli di Capezzano, Pietrasanta e Capriglia, Strettoia, M. Arsiccio, Val di Castello) o mancanti altrove.

La serie comprensiva delle rocce triassiche, cominciando dal basso è dunque la seguente: ³

1. *Grezzoni* o calcari magnesiaci compatti, inferiormente più scuri e bituminosi, con *Gyroporella* e *Turbo Songavatii* o *solitarius*: m. 500.

2. Idromicaschisto ottrelitifero e *Marmo mischio*.

¹ Lotti, *Roccia gran. torm.*, pag. 56.

² Le laminette lucenti che si possono osservare nelle masse del quarzo non hanno durezza e flessibilità di talco, ma caratteri di mica; i caratteri ottici delle sezioni microscopiche sono quali li ho descritti sopra ed escludono il talco; l'analisi chimica mostra nella roccia tracce di magnesia insignificanti, e il saggio al cannello col nitrato di cobalto non dà affatto le reazioni solite del talco.

³ C. De Stefani, *La zona marmifera delle Alpi Apuane secondo gli studi dell'ufficio geologico e secondo i miei* (Proc. verb. soc. tosc. 13 novembre 1881, p. 3).

3. Dolomiti con *Cellepora? vesiculosa* e marmi bianchi sacca-roidi con *Encrinus* e *Psiloceras*: m. 500 almeno.

4. Calcari con selce, *Grezzoni* superiori, Marmi statuari di Carrara, Paonazzetti e Bardigli con Cefalopodi ed *Encrinus granulosus*: m. 850 al più.

5. Diaspro rosso: m. 6.

6. Calcare compatto rosso: m. 70.

7. Cipollini verdi o rossi cloritici.

8. Filladi, Quarziti, Cloromicaschisti con cipollini, calcari saccaroidi, con *Encrinus granulosus* e *Chondrites prodromus*: m. 1000.

9. Calcari terrosi con filladi verdi.

Tutte queste rocce, specialmente le ultime otto, sono strettamente connesse fra loro.

Il dott. Canavari prepara una descrizione completa dei fossili trovati finora nei detti terreni. I principali fin qui descritti, ¹ lasciando quelli inediti, sono i seguenti:

1. *Calcinema triasina* Bornemann. Delle vene e dei punti dolomiti irregolarmente allacciati i quali si trovano nei calcari marmorei delle Alpi Marittime, che il Canavari mostrandomi attribuiva a questa forma, si incontrano pure ne' calcari marmorei con selce della Borra sulla Torrite Secca ed altrove. Non avendovi notato struttura organica mi tengo in riserbo sulla natura di queste apparenze.

2. *Chondrites prodromus* Heer. (C. De Stefani, *Le alghe fossili nelle rocce delle Alpi Apuane*. Proc. verb. soc. tosc., 5 luglio 1881, p. 280). Nelle filladi a Campocatino presso Vagli. La specie è già nota nel Trias superiore in Isvizzera.

3. *C. triasinus* De Stefani (l. c., p. 280). Nelle filladi di Campocatino e di Capricchia e tracce al Colle di Capricchia.

4. *Eteroduction simplex* De Stefani (l. c., p. 280). È la fucoide più abbondante e più diffusa in tutta la regione. Si trova a Campocatino, Corfigliano, Giovo, Bascugliani, Pallerina, M. Croce, Pelichia, Casa Mattioli, Valichie, Colle-Piana, M. Torre, M. Porreta, Maestà del Tribbio, Ciopera, Capricchia, Colli, M. Grotti, Capanne di Careggine, Isola-Santa, Fosso della Rimondina, Teverone, Col di Favilla, Val Terreno, ec.

5. *Halimenites* sp. n. Nelle filladi di Campocatino.

6. *Spirophyton* sp. Frammenti in Pelichia. Frammenti incerti o mal conservati attestano la presenza di altri generi.

7. *Gyroporella* sp. n. Più piccola della *G. annulata* Schaf. Forma

¹ De Stefani, *Cons. strat.*, 1874, p. 268; *I fossili triassici dei marmi apuani* (Proc. verb. soc. tosc. 4 luglio 1880, p. 82); *Ordinamento cronologico dei terreni delle Alpi Apuane* (Proc. verb. soc. tosc. 14 novembre 1880, p. 120); *I fossili triassici nelle Alpi Apuane* (Rendiconti del R. Istituto Lombardo, 1880, p. 493).

accumulazioni nella parte media dei *grezzoni* in Carcaraia nella Valle dell' Acquabianca. La stessa specie l'ho trovata nei *grezzoni* di M. Moro presso Cadibona e dell' Isola di Bergeggi nelle Alpi Marittime. Il Pantanelli ritiene aver trovato tracce del genere nei *grezzoni* di Vinca, Granaiola e Gramolazzo.¹ Ad ogni modo le *Gyroporellae* non si trovano così frequenti e abbondanti come nei *grezzoni* dell' Appennino Ligure e delle Alpi Marittime. Il genere *Gyroporella*, che appartiene indubbiamente alle alghe, comincia nei calcari a *Bellerophon* nel Permiano.

Il trovarsi cotali resti con fossili di carattere litorale, favorisce l'idea che veramente si tratti di alghe calcarifere. Alcune forme indicate dal Lotti² negli schisti coi nomi di *Siphonites* e di *Sphaerococcites* sono inorganiche, di natura aragonitica le prime, limonitica le seconde.

8. Foraminifere. Sono state notate nei *grezzoni* di Granaiola (G. Meneghini, *Studio microscopico delle varie calcarie fossilifere delle Alpi Apuane*, Proc. verb. soc. tosc. 4 luglio 1880, 74), del Corchia, di Falcovaia (De Stefani, *Ibidem*, p. 75), del Pisanino (Pantanelli, *Note micr.*, p. 8), di Carcaraia, e risaltano talora in mezzo ad un' aureola limonitica verosimilmente prodotta da alterazione di pirite che dovea costituire il nucleo della foraminifera. Ricercando si debbono trovare in tutti i *grezzoni*. Delle nummuliti furono indicate negli schisti di Corfigliano e di Capradosso verso Equi; ma o non sono nummuliti o forse provengono da strati eocenici chiusi dentro agli schisti per piega.

9. *Cellepora? vesiculosa* Stopp. (*Evinospongia vesiculosa* Stoppani). Abbondantissima nelle dolomiti facenti parte della zona principale dei marmi bianchi presso Equi e Vinca (Savi da Guidoni), sul Sagro al Giacchetto (Zaccagna), nella Tambura, al Forno e sopra Resceto e costituente quasi per intero la roccia nella valle dell' Acquabianca. Questa forma così comune nel Trias di Esino e di altri luoghi e più rara ne' calcari marmorei del Lias inferiore del Monte Pisano, fu da alcuni erroneamente attribuita in antico a qualche minerale; dallo Stoppani è considerata come appartenente forse ad uno spongionario, benchè non ne abbia i caratteri e la forma, da altri come gigantesche ooliti di origine inorganica (Riesenooliten) sebbene non ne abbia la struttura aragonitica, che del resto potrebbe essere perduta, sebbene gli strati non si succedano con regolarità come nelle vere ooliti, e sebbene nell' epoca attuale non si conosca la formazione nei mari di tali grossolani depositi inorganici. Io ritengo si

¹ *Note microl.*

² B. Lotti, *La doppia piega d'Arni e la sezione trasversale delle Alpi Apuane* (Boll. Com. geol., 1881, p. 420, 422).

tratti di *Lithothamnion* o di *Celleporae* cui l'alterazione della calcite in dolomite ha fatto perdere la struttura microscopica, come ho verificato eziandio in *Lithothamnion* ed in *Celleporae* terziarii; la forma, il giacimento, il modo d'accumulazione non in noduli isolati ma in masse tuberose a guisa di pugno, la dolomitizzazione come tutti i fossili dei *grezzoni*, la stessa presenza, altrove, di altri fossili che ne sono ravvolti, sono tanti argomenti che provano la natura organica di quei resti e che li fanno ravvicinare a *Lithothamnion* od a Briozoi più che a qualunque altra cosa. D'altronde anche altrove i *grezzoni* sono spesso pell'intero formati da alghe. Nei calcari miocenici dell'Appennino, impropriamente detti a Briozoi, aventi tante analogie coi *grezzoni* anche pella magnesia che contengono, si vedono delle forme identiche dovute a *Celleporae*.

10. *Encrinus granulatus* Münt. (De Stefani, *I fossili triasici nelle Alpi apuane*, Rendic. ist. lomb. 1880, p. 496). Comunissimo nei marmi della Tambura (Guidoni), di Santa Maria in Arni, di Vagli sopra, della Penna di Campocatino, di Roccadaglia, di S. Viano, Canale di Bagnaia nel Pisanino; nei calcari con selce di Vinca, del Castellaccio, del Sagro (Guidoni), dell'Orto della Donna (Savi), Solco d'Equi, Capanne di Careggine, M. Sumbra; nei cipollini saccaroidi superiori della Brugiana (Lotti), del Cartaro.

È noto nel Trias superiore di S. Cassiano, e taluni lo vorrebbero non distinto dal comune *E. liliformis* Schlt. che si trova nel Trias medio; un *Encrinus* è pure nei *grezzoni* superiori del Corchia alla Strascinata, come fra la Croce di Zani e Falcovaia (Savi).

11. *Pentacrinus* cfr. *Braunii* Münt. Raro. Vicino a specie del Trias superiore, nel M. Sagro dalla parte di Vinca (Savi e Meneghini, *Considerazioni sulla Geologia stratigrafica della Toscana*, Firenze, 1851, p. 371), Buca d'Equi.

12. *Cidaris* sp. Radioli e frammenti di guscio molto affini a forme del Trias superiore di S. Cassiano. Nel grezzone del Corchia alla Strascinata.

13. *Perna* sp. Nel grezzone di Granaiola. I Lamellibranchi sono molto scarsi, appetto ai Gasteropodi, nei *grezzoni* di vari luoghi.

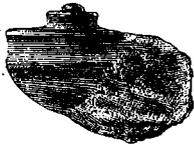
14. *Chemmitzia* sp. n. Granaiola (Lotti).

15. *Cirsotrema Guidonii* De Stefani (Rend. ist. lomb., 1880, p. 496). Corchia all'Inferno, nel grezzone inferiore.

16. *Guidonia Songavatii* (Stopp.) (*Turbo Songavatii* Stopp., *Delphinula Escheri* Stopp., *Turbo solitarius* Ben.), (De Stefani, *I foss. trias. Alpi Ap.*, Rend. ist. lomb., 1880, p. 496. *Foss. triass.* Proc. verb. soc. tosc. luglio 1880, p. 83). Due o tre modelli e un nucleo ben conservato dati da me al Museo di Pisa, altri nel Museo di Firenze trovati nella parte superiore dei *grezzoni* nel M. Corchia, dei quali figuro uno, e nel Garnerone, tacendo di parecchi altri luoghi dove se

ne potrebbero indicare solo tracce mal sicure. Questa specie, una delle più distintive della *Hauptdolomit* alpina, parte più recente del Trias superiore, cioè del piano Carnico, è fra le più certamente denominate.

Non vi ha dubbio che il nome del Benecke debba essere posposto a quelli dello Stoppani che già prima erano stati pubblicati per la medesima specie e pel medesimo luogo, con descrizioni e con figure che non lasciano luogo ad incertezze. La specie non appartiene certamente al genere *Turbo*, cui tipo è il vivente *T. rugosus* L. Questo è distinto da conchiglia *conica*, non ombilicata, a base *poco convessa*, a giri convessi, rapidamente crescenti, con ornamenti trasversali e talora longitudinali, con apertura rotonda, con opercolo solido. La nostra specie invece, col *Turbo depauperatus* Lycett, la *Neritopsis? Oldae* Stopp., il *Trochus Deslongchampsii* Moore, il *T. carinatus* Moore, il *T. rotulus* Stoliczka e con alcune altre, ha conchiglia *quasi rettangolare*, non ombilicata, a base *molto convessa*, a giri *rettangolari*, *scalariformi*, rapidamente crescenti, con apertura rotonda, senza opercolo solido. Essa non appartiene nemmeno ai generi *Trochus* e *Delphinula*; sebbene si avvicini più a questi: perciò proposi il nuovo genere *Guidonia*.



Nei grezzoni di parecchi luoghi si trovano molti altri Gasteropodi di piccole dimensioni, nuovi, molto somiglianti a quelli di San Cassiano e di Recoaro; ma neppur uno propriamente identico.

17. *Liotia* cfr. *circumcostata* Can. (Canavari, *Fossili del Lias inferiore del Gran Sasso d'Italia*; Atti Soc. tosc. sc. nat. VII, 1885, p. 285). Nei marmi di Poggio Troncone in Val di Vinca con altri Gasteropodi i quali, come questo, secondo il Canavari, si ravvicinano più che ad altri a quelli del piano a *Psilonoti* ed *Angulati* del Lias inferiore. Gasteropodi nei marmi si trovano pure in quel di Vagli.

18. *Psiloceras* sp. n. (Meneghini, *Fossili triassici delle Alpi Apuane* Proc. verb., soc. tosc. 14 marzo 1886). Nei marmi di Poggio Troncone; questo genere era prima ignoto in terreni più antichi del Lias inferiore.

19. *Sepiophora* sp. Canavari (in C. De Stefani. *I grezzoni triassici nell'Appennino ligure e nelle Alpi Marittime*; Proc. verb. soc. tosc., 13 novembre 1887 p. 11). Nei calcari con selce nel territorio di Vinca. È stata pur trovata dallo Zaccagna nei calcari con selce triassici delle Alpi Marittime.

Paragonando i predetti fossili con quelli conosciuti nelle regioni più vicine e nei terreni descritti dal Mojsisovics, ¹ risulterebbe che non

¹ E. v. Mojsisovics, *Die Dolomit-Riffe von Südtirol und Venetien*. Wien 1879.

vi ha una sola specie propria del Trias medio, mentre ne son parecchie vicine al Lias. Accettando dunque gli ordinamenti del predetto autore sarebbe in errore chi attribuisse i nostri terreni ad età più antica del Trias superiore. Però è un fatto che mentre sono ben conosciute le faune dei Cefalopodi dei terreni triassici mediterranei contemporanei ai nostri, non lo sono affatto le faune dei Gasteropodi, ad eccezione di quelle più recenti d'Esino e di San Cassiano. Manca perciò un essenziale termine di confronto. D'altra parte i terreni triassici delle Alpi Apuane hanno esatissima rispondenza con quelli delle Alpi Marittime e Cozie.¹ Quivi i *grezzoni* sono pure fossiliferi e sono a loro volta identici, anche paleontologicamente, ai *grezzoni* del Varo ed al *Muschelkalk* germanico; rispondono cioè al Trias medio.

L'identità del *Muschelkalk* del Varo e della Germania è nota e fu riconosciuta dal Benecke.² A loro volta le rocce prevalentemente schistose, talora anche marmoree, sovrastanti al *Muschelkalk*, con fucoidi, *Pleuromya*, *Nucula*, *Cheirotherium*, *Helminthoidea*, non solo nelle Alpi Apuane ma nel Monte Pisano, in tutta Toscana, nelle Alpi Marittime e Cozie e nella Francia meridionale, ricordano assai il *Keuper*, cioè il Trias superiore. Invano dunque si cercherebbero nel nostro Trias tutte quelle suddivisioni che il Mojsisovics propose per la regione *Artica* e per l'impropriamente detta regione *Mediterranea*, mentre esso risponde in tutto alla classica divisione germanica. Nelle Alpi orientali il Mojsisovics, distinti vari piani secondo la fauna dei Cefalopodi, equipara il piano *Norico*, sebbene con incertezza³, ed il piano *Carnico* al *Keuper*. Però le così dette, per massima parte impropriamente, *Dolomiti* di Buchenstein e di Schlern, rispondono litologicamente ai *grezzoni*, indi al *Muschelkalk*; paleontologicamente le loro faune a Gasteropodi, Crinoidi e *Gyroporellae* non sono punto studiate ma hanno apparenza di strettissima affinità colle faune dei *grezzoni* nel rimanente delle Alpi e dell'Appennino, quindi col *Muschelkalk* superiore; mentre rispondono al *Wellenkalk* o *Muschelkalk* inferiore i calcari di Recoaro, di Valsugana, Mendola e simili. D'altro lato strati sincronizzabili agli schisti ittioliferi di Perledo e al *Buchenstein*, cioè secondo il Mojsisovics alla parte inferiore del *Norico* ma secondo altri al vero *Muschelkalk*⁴, si trovano nella parte media del *Muschelkalk* delle Alpi Marittime; inoltre strettissima è l'affinità tra i fossili *Carnici* di Besano in Lombardia e quelli del *Muschelkalk*

¹ C. De Stefani *Excursions dans les Alpes Maritimes* (Bull. soc. géol. de France 1888) — *I grezz. trias. nell' App. lig.*

² E. W. Benecke, *Ueber die Trias in Elsass-Lothringen und Luxemburg* (Abh. v. geol. Specialkarte v. Elsass Lothr. 1877, I).

³ *Dol. Riffe*, p. 49.

⁴ W. Deecke, *Ueber Fische aus verschiedenen Horizonten der Trias* (Palaeontographica, XXXV, 1889, p. 110).

superiore di Germania, onde anche da ciò si palesa non poter essere questo più antico del *Norico* immediatamente sottostante. ¹ Per conseguenza è da ritenere che i *Grezzoni* o *Muschelkalk* rispondano veramente anche al piano *Norico* del Mojsisovics; che gli schisti ed i marmi sovrastanti e il *Keuper* rispondano solo al *Carnico* e che le varie zone distinte nelle Alpi Orientali siano solo plaghe eteromesiche di profondità diversa d'un unico grande mare europeo il quale comprendeva le regioni mediterranee e l'Europa centrale fino in Inghilterra.

CAPO III.

Infralias.

FIG. 1-8, 10, 15, 19, 21.

La denominazione di Infralias la ho adoperata ad indicare la zona ad *Avicula contorta* che costituisce l'intero piano Retico per alcuni, il Retico inferiore od Infralias inferiore per altri, i quali fanno rientrare nel piano superiore la zona ad *Aegoceras angulatum*: la questione poi se negli ordinamenti artificiali questo piano debba unirsi al Trias od al Lias, o tenersi distinto, è da risolversi più che altro con criterii storici. Nell'Appennino questo piano, le cui varie parti si presentano con caratteri uniformi e tali da non potersi fare distinzioni, paleontologicamente e litologicamente non presenta alcun rapporto col Trias antecedente; mentre parecchi fossili sono vicini a forme di piani più recenti, come con questi sono maggiori le analogie litologiche. Perciò esso può ritenersi da noi più vicino al Lias che al Trias, sebbene poi sia distinto dal Lias più che non lo siano fra di loro ciascuno dei diversi piani di questo orizzonte conosciuti finora in Italia. ²

L'Infralias inferiore o Piano Retico nelle Alpi Apuane come in tutto l'Appennino settentrionale è rappresentato solo dalla plaga *sveva*, cioè dalla più litorale, essendo affatto ignote per ora la plaga *carpatica* e le altre di mare più profondo. Esso è costituito da calcari scuri più o meno compatti, o molto schistosi, in molti tratti ricchi di carbonato di magnesia e addirittura dolomitici nel qual caso sono biancastri o giallognoli e semicristallini.

Alternano gli strati più schistosi con quelli più compatti e

¹ F. Bassani, *Sui fossili e sull'età degli schisti bituminosi triasici di Besano in Lombardia* (Atti soc. it. sc. nat., XXIX, 1886).

² Vedi C. De Stefani, *Della nomenclatura geologica* (Atti del R. Ist. veneto, s. VI, vol. 1, 1893), Piano Retico.

quelli più puri con quelli più magnesiaci; nelle parti inferiori sono frequenti dei conglomerati calcarei (Valle di Vagli, Canale di Capricchia, Valle del Forno Volasco, Monte di Compito, Colle di Capriglia, ec.) nei quali, con qualche traccia di rocce più antiche, sono presenti frantumi e ghiaie irregolari di calcari ceroidi o compatti contenenti pur fossili infraliassici. Vi sono pure alcuni straterelli in posto del detto calcare ceroide.

Abbondano i fossili ben conservati in ogni luogo, e specialmente nella regione N. O. da Carrara ¹ alla Valle di Gramolazzo, e fin nelle zone più recenti alternano schisti a *Battrilli* e calcari ad *Avicula contorta*. I *Battrilli* li scopersero sin dal 1832 Escher von der Linth ed Hoffmann e li descrisse l'Heer. ²

Publicai già una descrizione dei fossili che furono trovati dal Guidoni, dal Savi e da me (*Vorläufige Mittheilung über die rhaetischen Fossilien der Apuanischen Alpen*. Verh. d. geol. Reichsanstalt, Wien 1881). Riporterò qui l'elenco, aggiungendo in corsivo le località ed in maiuscolo le specie trovate dopo la suddetta pubblicazione.

1. *Cylindrites infraliasicus* Capellini (*Fucoides infraliasicus* Cap. *Foss. inf. d. Spezia*, p. 91, Tav. IX, fig. 4-5). Tecchia (Spezia).

2. *Cliona* sp. n. Fori rotondi, irregolarmente sparsi sulla superficie di alcune conchiglie, larghi 0, "2. *Ugliancaldo*.

3. *Axosmia extinatorum* Michelin, Tecchia (Spezia).

4. *Serpula Cocchii* De Stefani (*S. nodifera* non Terq. et Piette, Capellini, *Foss. inf.* p. 78, Tav. VII, fig. 6). Tecchia, Pian di Sella presso Ugliancaldo (Spezia, Lombardia?).

5. *Lingula Suessi Stoppani* (*Paléont. lombarde* S. III, p. 141, pl. 32, fig. 17, mala). Ben conservato individuo con belle strie trasversali, lungo 7''' , largo 4''' . *Ugliancaldo* (Lombardia).

6. *Bactryllium giganteum* Heer. Monte di Compito (Spezia, Lombardia).

7. *B. Heeri* De Stefani (*B. canaliculatum* non H. Cap. *Foss. inf.* p. 93, par. X, fig. 6-10). Ponte Storto, Miseglia (Spezia).

8. *B. deplanatum* Heer. Tecchia, Canal d'Arpa, M. Bandita (Spezia).

9. *B. striolatum* Heer. Tecchia, Cecina, Bosco di Cecina in luogo detto Sopra l'Aia, Tenerano, Miseglia, Canal d'Oro presso Capezzano, Palazzo presso Capriglia, Monzone, Luce, M. Matanna, Equi, Minucciano, tra Carrara e Massa, Torrita (Spezia, Lombardia).

¹ G. Meneghini, *Nuovi fossili toscani* (Ann. univ. tosc., t. III), 1853, p. 20, 54. — I. Cocchi, *Sulla geologia dell'Italia centrale*, Firenze, 1864, p. 23.

² F. Hoffmann, *Geognostische Beobachtungen gesammelt auf einer Reise durch Italien und Sicilien* (Karsten's Archiv Bd. XIII), Berlin, 1839.

Heer, *Beschreibung der angeführten Pflanzen und Insekten der Vorarlberger Kalpen*, Zurich, 1853.

10. *Myacites Bêchei* De Stefani (*Myacites faba* non Wink. Cap. *Foss. inf.* p. 47, Tav. III, fig. 13). Tecchia (Spezia).

11. *Meiocardia Stenonis* Stoppani (*Myophoria Stenonis* Stopp. *Pal. lomb.* S. III, p. 129, Pl. 30, fig. 6). Villa Bertagni presso Torrita (Lombardia).

12. *Myophoria Emmerichi* Winkler. Miseglia (Lombardia).

13. *Lucina problematica* Terquem. Tecchia.

14. *Cardita austriaca* von Hauer. Tecchia, Argentiera presso Composito (Spezia, Lombardia).

15. *Cardita munita* Stoppani. Tecchia, Miseglia, Canale Ricavoli, *Matanna* (Spezia, Lombardia).

16. *Cardium rhaeticum* Mérian (*C. Philippianum* non Dunk. Stoppani *Pal. lomb.* p. 48, pl. 4, fig. 18-25). M. della Tecchia dalla parte di Gragnana, *Matanna* (Lombardia).

17. *Leda clavellata* Dittmar. Miseglia (Lombardia).

18. *Modiolaria Schaffhaeutli* Stur (*Modiola Schaffhaeutli* Stur, *Jahrb. der geol. Reichs.* p. 22, 1851). Fonte Bresciani presso Capezzano (Lombardia).

19. *Anatina Baldassari* Stoppani. Monti di Pescaglia (Spezia? Lombardia).

20. *Mytilus psilonoti* Quenstedt. Tecchia (Spezia?)

21. *Pinna Escheri* De Stefani. (*Vorl. Mitth.* p. 4) Tecchia.

22. *Pinna similis* Chapuis et Dewalque. Tecchia.

23. *Avicula Deshayesi* Terquem. Tecchia, Alpe di Tenerano, Val d'Arpa (Spezia).

24. *Avicula gregaria* Stoppani. Fonte Bresciani presso Capezzano, Canale dei Campacci nel lato S. del monte Arco nel Carrarese (Lombardia).

25. *Avicula contorta* Portlock. Canale dei Campacci, Tecchia al *Rotolio* e altrove, Fonte Bresciani presso Capezzano, Ponte di Deccio presso Torrita, Canale Ricavoli, *Ugliancaldo*, *Matanna* (Spezia, Lombardia).

26. *Pecten Foipiani* Stoppani. Ponte Storto presso Gragnana, Tecchia, Fonte Bresciani presso Capezzano, *Matanna* (Spezia, Lombardia).

27. *Plicatula intusstriata* Emmerich. Tecchia, Piastreto, Canale Ricavoli (Spezia, Lombardia).

28. *Anomia Hoffmanni* De Stefani (*Vorl. Mitth.*) Villa Bertagni presso Torrita.

29. *Natica pisolina* Terquem et Piette. *Ugliancaldo* (Spezia).

30. *Cerithium* sp. n., *Laicolara nel monte di Tenerano*.

Quando i calcari sono più puri e compatti, sieno essi senza fossili macroscopici, sieno degli strati stessi con *Avicula contorta*, possono usarsi come marmo nero e se vi si aggiungono vene giallastre ricor-

dano il coetaneo marmo Portoro che viene scavato nei monti della Spezia. Quando il calcare è più magnesiaco, essendo il carbonato di magnesia diffuso non regolarmente nella massa della roccia, la circolazione delle acque interne e specialmente di quelle superficiali porta fuori il carbonato di calce e lascia il carbonato di magnesia che forma degli ammassi polverosi, oppure costituisce una roccia tutta cariata e vuota che rappresenta lo scheletro del calcare preesistente. Questo fenomeno affatto esteriore e recente produce il calcare cavernoso, il quale si trova tanto nei conglomerati e negli strati più antichi, quanto, e più generalmente, negli strati più superficiali dei monti di Carrara, Massa, Pietrasanta, Camaione, ec.

Nel Monte della Tecchia presso Carrara e a Sassorosso nei monti di Pescaglia il calcare contiene spesso porfircamente dispersi dei cristalli bianchi, prismatici, di Couzeranite alquanto alterata, come i calcari contemporanei del Monte Marcello nel Promontorio orientale della Spezia e di Campiglia. Talvolta, come presso Torrita in Garfagnana, esso è pure oolitico.¹

CAPO IV.

Lias inferiore.

Zona a *Ptilonoti*.

Alla zona ad *Avicula contorta* succedono in taluni luoghi calcari ceroidi bianchi e rosei, limitati nell'Alpe di Sant'Antonio e nei dintorni di Colle Panestra, alti quanto mai nella Pania e nella regione pisana meridionale delle Alpi Apuane (Avane, Vecchiano); meno estesi nei colli di Tenerano e della Maestà della Villa, di Capezzano e Rotaio presso Pietrasanta. Nei poggi di Avane e Vecchiano sono ricchi di fossili, i quali costituiscono una vera lumachella, donde però malamente si possono estrarre, con specie talora molto grandi che ricordano pelle dimensioni e pell'aspetto le faune triassiche di Esino, Unterpetzen e Buchenstein. Vi ho notato la *Pseudomelania phasimelloides* De Stefani e frammenti attribuibili, parmi, alla *P. pseudotumida* De Stefani, con sezioni analoghe o forse identiche a quelle della consimile lumachella del Monte Pisano nella quale di recente potei osservare in posto la serie di quasi tutte le specie da me descrittevi altra volta. Nella Pania vi si trovano tracce di Cefa-

¹ Pantanelli, l. c., p. 5, 8.

lopodi. Nei monti di Tenerano nel Carrarese fu trovato circa nel 1833 un Ammonite ¹, che il Canavari conobbe essere un *Psiloceras* ² distintivo perciò del piano più antico del Lias. Si trovano dunque nelle Alpi Apuane ambedue le plaghe a Gasteropodi ed a Cefalopodi che contraddistinguono questo terreno nella penisola.

Questa zona si ripete quasi con identici caratteri in varie parti della Toscana, dell'Appennino centrale e della Sicilia ed è stata studiata dal Gemmellaro, dal Canavari, dal Parona, dal Simonelli, dal Di Stefano e da me.

La presenza degli *Psiloceras* non solo a Tenerano ma nel monte Pisano, a Sassorosso nell'Appennino massese ed a Campiglia nel Pisano dove li ho trovati di recente con *Tropites* d'aspetto triassico, attestano che questi calcari appartengono al più antico piano del Lias e rappresentano probabilmente la zona a *Psilonoti*. In parte però possono essere equivalenti al piano seguente ma solo depositati in plaghe di profondità diverse; giacchè se ordinariamente sovrastano al Retico non vengono però mai coperti stratigraficamente dal piano liassico ad *Angulati*, bensì dal calcare ad *Arieti* cui fanno passaggio anche litologicamente. Alla Spezia poi gli *Psiloceras* sono contenuti negli stessi calcari ad *Angulati*.

Zona ad *Angulati*.

FIG. 4, 7.

All'Infralias succedono, nella regione settentrionale ed orientale, dalla Pizza a Tenerano, a Equi, Uglianaldo, Minucciano, Gramolazzo, Roggio, Careggine, Rontano, Sassi, degli strati litologicamente molto analoghi a quelli ad *Avicula contorta* ma più schistosi assai ed a volte anche finamente arenacei. Nell'Alpe di Sant'Antonio e nel Canale di Vagli in questi ultimi si notano piccole impronte di vegetali terrestri. A monte di Torrite presso Deccio e lungo il Canale Ricavoli abbondano *Pentacrini* con altri fossili, tra i quali sono *Terebratula*, *Rhynchonella* ed Ammonitidi: alla Pizza fra Tenerano e Castelpoggio si trovano Ammoniti piritizzati. La plaga con Brachiopodi è sottostante a quella con Cefalopodi. I Brachiopodi nelle Alpi Apuane come nel prossimo Apennino rispondono quasi tutti a specie del Lias inferiore dell'Europa centrale e settentrionale, fatto che si ripete pe' Brachiopodi degli strati più antichi del Lias medio. ³ Non

¹ P. Savi, *Tagli geologici delle Alpi Apuane e del Monte Pisano* (N. Giorn. d. Lett., t. XXVII), Pisa, 1883, p. 36.

² Tonini, *Form. marmi Alp. Ap.*

³ C. F. Parona, *I brachiopodi liassici di Saltrio e Arzo nelle prealpi lombarde* (R. Ist. lomb., Memorie, 1885, p. 232).

si può perciò sostenere, fondandosi sui medesimi, che i mari liasici mediterranei più antichi fossero geograficamente distinti e geologicamente diversi da quelli dell' Europa centrale.

Riporterò l' elenco delle specie che ho studiate.

1. *Terebratula punctata* Sowerby (*Min. Conchol.* Vol. I, p. 46, Tab. 15, fig. 4, 1812. Davidson *A Mon. of Brit. ool. and lias. Brachiopoda*, par. III, p. 45, pl. VI, fig. 1-6) Colletto al Corvo nel ravaneto la Fornace presso Uglianaldo (Cocchi), sotto Deccio sulla Torrite; Canale Ricavoli. È comunissima tanto da costituire una vera lumachella; ma quasi sempre in valve isolate.

Conchiglia inequivale, non molto convessa, oblunga, quasi di un terzo più alta che larga, liscia; valva perforata convessa, colla convessità a quasi un terzo dall' apice, che si abbassa poi alla fronte. Apice piccolissimo, robusto, incurvo, poco sporgente, senza traccia di carena ai lati; forame piccolo, quasi contiguo all' umbone; falsa area molto piccola. Valva brachiale assai poco convessa, colla convessità circa alla metà, congiuntura delle valve retta alla fronte, lateralmente un poco sinuosa verso gli apici, retta nel resto. Punteggiatura finissima irregolare. Sotto certi punti di luce alcune tenuissime strie raggianti dall' apice appaiono alla superficie di alcuni esemplari: oltre a ciò si vedono appena sottili linee di accrescimento. Gl' individui giovani sono alquanto oblungi e più depressi.

Non pochi individui mostrano un contorno alquanto subpentagonale, essendo il margine frontale per breve tratto quasi retto invece che regolarmente convesso; dalla fronte si parte un tratto non convesso, ma leggermente pianeggiante che si va perdendo verso l' apice. Questi individui acquistano una certa somiglianza colla *Waldheimia perforata* Piette; la linea congiuntiva frontale delle valve rimane invariata. Qualche rara volta le sottili linee di accrescimento si trasformano in grosse rughe.

Questa specie è certo vicinissima alla *T. punctata* propria del Lias inferiore e medio; nondimeno ne è forse una varietà per le sottili strie raggianti dall' apice che talora vi si vedono, per la punteggiatura disposta irregolarmente anzichè a linee ondulate, per la congiuntura frontale che è retta anzichè leggermente sinuosa. Lunghezza 13''; larghezza 11''; grossezza 6''.

2. *Rhynchonella plicatissima* Quenst. Colletto al Corvo nel ravaneto la Fornace presso Uglianaldo (Cocchi), rara.

Conchiglia piccola, non molto convessa, presso che triangolare, più alta che larga. Le valve sono a struttura fibrosa molto palese, e sono ornate da coste angolose, ben rilevate, le quali per lo più si partono direttamente dagli apici e vanno al margine. La grande valva, piuttosto depressa, presenta un seno che si estende per quasi tutta la larghezza della fronte nel quale scorrono 4 coste angolose e

che è lateralmente limitato da altre 2 coste alquanto più grosse; a queste ne succedono altre con caratteri alquanto diversi a ciascun lato, cioè 4 ben distinte da una parte e 3 dall'altra dopo delle quali rimane, liscio o solo con ottusa traccia di coste, un tratto quale potrebbe essere occupato da due coste ordinarie. Così le coste della grande valva negl'individui da me osservati sono 13. Nella piccola valva, alquanto più convessa della grande, in rispondenza al seno mediano di questa è un lobo ben distinto con 5 coste, cui ne succedono da un lato 3 ben marcate, dall'altro pur 3, di cui l'ultima è meno marcata; viene quindi, come nell'altra valva, uno spazio liscio; vi sono così 11 coste. Le coste partono direttamente dall'apice ed il loro rilievo aumenta coll'avvicinarsi alla regione frontale; però delle 6 coste che sono nel seno della grande valva partono dall'apice solo le 2 di mezzo e le 2 laterali, mentre le altre 2 intermedie partono dagli interstizii.

La congiuntura laterale delle valve è leggermente ondulata; l'apice della grande valva è ricurvo, acuto, con breve tratto di spigoli laterali. La falsa area è poco sviluppata; il forame è piccolo e compreso dalle due linee che limitano il deltidio. Lunghezza 9''' , larghezza 8''' ,5.

Questa specie diversifica dalla *R. portuvenensis* Cap. perchè più triangolare, colle coste angolose e direttamente irradianti dall'apice. Essa ha qualche somiglianza colla *R. calcicosta* Quenst. e colla *R. giovensis* Smithe, da cui la distinguono la forma più alta che larga, quasi triangolare, e il numero delle coste.

3. *R. subtriquetra* Can. (*Contribuzione alla fauna del Lias inferiore di Spezia*. Mem. Com. geol., III, 1888, p. 67). Deccio sulla Torrite secca.

4. *R. Deffneri* Opp. = *R. triplicata-iuvenis* Quenstedt. Colletto al Corvo nel ravaneto la fornace presso Uglianaldo (Cocchi) e Costa di Montemerlo presso Uglianaldo (Cocchi).

5. Un'altra *Rhynconella* piuttosto rara, in mal conservati individui, quasi orbicolare, a poche e grosse coste, mi sembra identica ad una forma nuova del Lias inferiore dell'Appennino di Resti.

6. *Rhacophyllites stella* Sowerby. Nel monte Elcio al Colletto al Corvo nel ravaneto la Fornace presso Uglianaldo (Cocchi). Trovati nel Lias inferiore alla Spezia, a Carenno in Lombardia, a Hierlatz, ad Enzesfeld, ec.

7. *Lytoceras Phillipsi* Sow. Montemerlo presso Uglianaldo (Cocchi), un cattivo esemplare.

8. *L. subbiforme* Can. Alla Pizza e nel Lias inferiore della Spezia.

9. *Ectocentrites Meneghini* E. Sism. Con la specie precedente e nel Lias inferiore della Spezia e d'Enzesfeld.

10. *Arietites Carusensis* D'Orb. Colletto al Corvo nel ravaneto la

Fornace presso Uglianaldo (Cocchi), e Ponte di Deccio (De Stefani). Si trova nel Lias inferiore alla Spezia e altrove.

11. *Schlotheimia catenata* Sow. Alla Pizza e nel Lias inferiore alla Spezia e al Colle di Pouriac.

12. *Pentacrinus* sp. ed altri Crinoidi. Sono comuni nel Canale Ricavoli e presso Deccio e Rontano come nell'Appennino di Lunigiana e Garfagnana; ma non li ho ancora bene studiati.

I Cefalopodi si trovano tutti nella zona ad *Angulati* della Spezia così riccamente fossilifera ed equivalente alle zone ad *Aegoceras planorbis* ed *angulatum* dell'Europa centrale e settentrionale. Nelle Alpi Apuane non conosco i tipici *Arietites* così abbondanti alla Spezia, per cui i predetti fossili sono con precisione anco maggiore attribuibili alla zona ad *Aegoceras angulatum*, che io, con la zona ad *Aegoceras planorbis* Sow., considero come parte inferiore del nostro Lias inferiore, mentre altri l'attribuirebbe ancora alla parte superiore dell'Infralias o Retico. Giova ricordare che mentre la nostra plaga a *Psilonoti* non ha esatti rispondenti litologici nel resto d'Europa, quella ad *Angulati* ne ha di abbondantissimi ed esatti. Anche fuori d'Italia nel Nord della Germania il Dunker¹ accenna trovarsi insieme *Psiloceras* e *Angulati*, come lo Schloenbach² ed il Brauns³ affermano parecchi fossili passare da una zona all'altra ed essere difficile perciò segnare i limiti. Così è nell'oriente della Francia.⁴

Zona ad *Arietis*.

FIG. 2, 3, 5, 7, 21, 22.

Da 4 a 6 metri al più, o quasi sempre meno, qualora non sia mancante, è alto un banco di calcare ceroide, roseo, ricco di crinoidi che trovasi nei colli di Vecchiano, presso Rotaio, nel Monte Matanna ed in pochi altri luoghi e che qui come in tutta Toscana segna un orizzonte poco alto ma notevolmente costante. Nei Monti di Vecchiano vi si contengono *Pentacrinus scalaris* Goldf., *Eugeniocrinus compressus* Münster.

Al di sopra si estendono calcari rossi o verdognoli, ceroidi e buoni ad uso di marmo, che si trovano quasi dovunque sopra l'Infralias, però in strati limitati. Quasi dappertutto contengono fossili, in qualche luogo ben conservati. Ad eccezione delle foraminifere e di qualche gasteropode o lamellibranco non ancora determinati che ho

¹ Dunker, *Lias bei Halberstadt* (Palaeontographica, I, 1846).

² U. Schloenbach, *Ueber den Eisenstein des mittleren Lias im nordwestlichen Deutschland*.

³ Brauns, *Die untere Jura*, 1871.

⁴ Terquem et Piette, *Le Lias inférieur de l'est de la France* (Mém. soc. géol. de France, S. 2, T. VIII, 1865).

trovato a Roggio, abbondano le Ammoniti cioè gli *Arietites* con *Phylloceras* e *Lytoceras*. Vi ho determinato le seguenti specie: indicherò in corsivo i luoghi notati ora per la prima volta.

1. *Aulacoceras orthoceroopsis* Mgh. *Monte dei Sassigrossi*.
2. *Arietites Conybeari* Sow. (De Stefani, *Lias inferiore ad Arieti dell' Appennino settentrionale*. Atti Soc. tosc. sc. nat., vol. VIII, 1886, p. 55, tav. IV, fig. 12-13). Abbondantissimo a *M. Matanna*, *Rontano*, *M. Corona* presso Roggio, *Bruceto* e *Sassigrossi*.
3. *Phylloceras convexum* De Stefani. *Monte dei Sassigrossi*.
4. *P. Partschi* Stur (De Stefani, *Lias inf.*, p. 44, tav. fig. 10-11). *M. Matanna*, *M. Corona* presso Roggio, *M. dei Sassigrossi*.
5. *Rhacophyllites libertum* Gemm. (De Stefani, *Lias inf.*, p. 48). *M. Corona* presso Roggio.
6. *R. Nardii* Mgh. *M. dei Sassigrossi*.
7. *Harpoceras* cf. *Actaeon* D' Orb. (De Stefani *Lias, inf.* p. 66, tav. II, fig. 12). *M. Corona*.
8. *Aegoceras Pecchiolii* Mgh. *M. dei Sassigrossi*.

Questa zona equivale alla parte superiore del nostro Lias inferiore abbondantemente fossilifero nel rimanente Appennino e cronologicamente risponde con esattezza alla zona ad *Arietites Bucklandi* delle Alpi orientali, della Francia orientale, della Mosella, della Costa d' Oro, del Lussemburgo, del Württemberg, del Baden, del Breisgau, della Svevia, della Germania settentrionale, dell' Inghilterra. Litologicamente è identica al *Plattenkalk* delle Alpi orientali. Paleontologicamente le maggiori affinità sono coi giacimenti della Svevia, dell' Inghilterra, delle Alpi orientali, della Mosella e principalmente con quelli della Costa d' Oro descritti dal Collenot.¹ Nell'insieme per questo terreno, come pegli antecedenti, non troviamo conferma dell' opinione esposta dal Neumayr che i mari liassici mediterranei fossero separati da quelli del resto d' Europa.

CAPO V.

Lias medio e superiore.

FIG. 3, 5, 7, 8, 21, 22.

Calcari con selce, talora assai alti (Valle del Pascoso e di Palagnana), talora ridotti a piccola altezza o per brevi tratti mancanti pur prescindendo dalle denudazioni, circondano i calcari della zona anzidetta, ai quali per analogia di elementi e per alternanza di strati

¹ I. I. Collenot, *Description géologique de l' Auxois*, 1873, p. 226, 235.

fanno passaggio. Vi si trovano nei monti oltre Serchio l'*Atractites orthoceropsis* Mgh. ed il *Lythoceras secernendum* De Stefani, ed il Meneghini vi ha indicato *Aegoceras Regnardi* D'Orb., *Coeloceras pettos* Quenst., come pure ha indicato l'*Harpoceras Ruthenense* Reynés a Sassorosso presso Pescaglia. Questi calcari insieme a quelli della Spezia, di Sassorosso in Garfagnana, di Cetona e d'altri luoghi del prossimo Appennino rappresentano la parte superiore del Lias medio, cioè la zona ad *Amaltheus margaritatus* ed hanno la più stretta affinità paleontologica con gli strati di Clapier, Bosc, Rivière,ournemire nel dipartimento dell'Avéyron descritti dal Reynés.¹

È probabile che anche nelle Alpi Apuane la parte superiore di questi calcari con selce, come a Sassorosso in Garfagnana, a Cetona, alla Spezia ed in altri luoghi dell'Appennino risponda al Lias superiore o Toarciano e propriamente alla zona ad *Harpoceras bifrons*, avente stretta rispondenza paleontologica nel Lias superiore dell'Avéyron, del Lozère, dell'Isère, dell'Yonne in Francia, del Württemberg, del Lincolnshire, del Rutland, dell'Oxfordshire in Inghilterra.

CAPO VI.

Giura.

FIG. 1, 3, 5, 7, 8, 21, 22.

I terreni delle Alpi Apuane e dell'Appennino circostante che più hanno bisogno di essere schiariti e ordinati, son quelli che si estendono dal Lias al calcare nummulitico.

Ai calcari rappresentanti del Lias medio e probabilmente anche del Lias superiore o Toarciano succede una zona di schisti a *Posidonomyae*, caratterizzata appunto dalla grande abbondanza e diffusione di questo fossile. Essa si trova più o meno estesamente nei colli di Vecchiano e Pietra a Padule, sul Serchio tra Val d'Ottavo e il Borgo, ne' monti di Camaione, Pescaglia, Convalle e Pascoso, sulla Torrite cava, nei monti di Vergemoli, sulla Torrite secca e nella valle del Lontron; in lembi interrotti e limitati trovansi da Carrara a Tenerano. L'altezza può giungere a qualche centinaio di metri (valli del Lucese e della Pedogna). La roccia è di rado un calcare marnoso, schistoso, più di sovente uno schisto lionato, o giallastro, o rossastro, alternante con calcari compatti, cerulei, talora alquanto cavernosi.

Il Coquand trovò pel primo consimili rocce nel 1845 a Campiglia, ed attribuì le *Posidonomyae* alla *P. Bronni* Quenst, per la qual

¹ Reynés, *Géologie et Paléontologie Aveyronnaise*, 1868, p. 50.

cosa attribui que' terreni al Lias superiore; il simile fece Cappellini nel 1862 quando ebbe trovato le *Posidonomyae* a Gambasana nel M. Pisano, a Repole nelle Alpi Apuane ed alla Spezia. Da allora in poi non si è più dubitato che questa zona rappresentasse la parte superiore del Lias superiore.

Ecco l'elenco dei fossili che fin qui sono stati trovati nelle Alpi Apuane.

1. *Eterodyction* sp. n. vicina all' *E. singulare* Heer dell' eocene. Colli di Pietra a Padule. Noto che il genere *Eterodyction* fu proposto dal Peruzzi (*Osservazioni sui generi Palaeodyction e Palaeomeandron*, Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Vol. V, 1881) per i *Palaeodyction* Heer, essendo questo nome già accaparrato dal Meneghini per un altro genere di alghe. Sinonimo di *Eterodyction* è il nome *Reticulum* che io pubblicai. (*La Montagnola senese*; Bull. Com. Geol. Vol. X, p. 446, 1879) nel tempo nel quale uscivano le copie a parte del lavoro del Peruzzi.

2. *Chondrites Savii* De Zigno, = *C. Meneghinii* De Zigno, (*Flora fossilis form. oolitichae*, Vol. I. 1855-68). Colli di Pietra a Padule. L' autore riguardò questa specie come oolitica, perchè Savi e Meneghini ritenevano allora oolitici i terreni in cui si trovava. Heer più tardi l' ha indicata nel Lias superiore, e con incertezza nel Giura bianco.

3. *C. aff. setaceus* Heer. Pescaglia, Convalle, Colle Panestra. Il tipo è indicato nel Calloviano e nell' Osfordiano.

4. *C. aff. divaricatus* Heer. Dintorni di Careggine, Pescaglia, Convalle, Colle Panestra, Alpe di Sant' Antonio. Questa specie serve a far ben riconoscere la zona quando manchino le *Posidonomyae*. Il tipo trovasi nel Lias superiore.

5. *Astarte* sp. Colli di Pietra a Padule; le sue impronte formano una specie di lumachella nello schisto. Determinai una volta questa specie come *A. minima* Quenst. che è l' *A. supracorallina* D' Orb., del Titoniano; ma essa rassomiglia piuttosto all' *A. minima* Philips, cioè *A. pumila* (non Sow.) Roemer e Bronn, del Giura bruno. Si tratta però di tante specie affini, sulle quali, a meno di perfettissimi esemplari e di attento studio, non ci si può fondare per distinguere un piano. Una specie molto vicina e meglio conservata, l' ho trovata nel Lias superiore dei colli di Sicille e nel M. di Cetona nel Senese.

6. *Posidonomya ornati* Quenst. Comune dovunque. Questa è la specie che Coquand, Capellini, Cocchi, Meneghini hanno denominata *P. Bronni* Quenst. Io ho esaminato anche esemplari del Monte Pisano, di Campiglia in Maremma, della Spezia, di Monsummano, di Montecatini. Tutti gli esemplari sono pessimamente conservati; sovente sono obliqui e molto inequilaterali talchè si prenderebbero senz'altro per la *P. alpina* Gras, o meglio per la *P. ornati* Quenst.,

che del resto alcuni ritengono sinonime; talvolta, sui medesimi campioni di roccia sono esemplari equilaterali e più alti che larghi, come nella *P. Bronni* ed anche nella *P. Parkinsoni* Quenst., degli strati a *P. alpina*. Le coste sono per lo più 7 od 8, ma anco 11; talora fra l'una e l'altra costa maggiore ho veduto 1 o 2 strie secondarie, ma non un gran numero di cotali sottili strie, come è carattere della



P. Bronni. Non ho veduto traccia del solco posteriore che è caratteristico di quest'ultima specie, e che ha indotto lo Steinmann a proporre per essa il nuovo genere *Aulacomya* (non Mörch). Ho figurato un individuo di Repole. Nell'insieme la specie risponde molto più alla *P. ornati* che alla *P. Bronni* e non prova punto che la zona in cui si trova sia la superiore del Lias superiore. In questa zona ben caratterizzata dalle ammoniti in altre parti di Toscana non ho trovato ancora un simile schisto a *Posidonomyae*: ho trovato solo una grossa specie simile alla seguente.

7. *Posidonomya* sp. Un grande individuo a grosse coste che potrebbe anche appartenere alla specie antecedente, di Torcigliano.

8. *Pecten* sp. Il Meneghini (*Cons. geol. d. Toscana*; pag. 381, 1851) lo cita nei monti di Repole o colli di Pietra a Padule.

In queste specie siamo ben lungi dal trovare la conferma che si tratti di terreni appartenenti al Lias superiore. Sarebbe più giustificato chi li attribuisse a qualche piano del Dogger superiore o del Malm inferiore. Se la *Posidonomya* è veramente la *P. ornati*, si potrebbe ritenere che questa zona rappresenti l'Osfordiano, e niuno degli altri fossili contraddirebbe a ciò. Le differenze litologiche della presente zona a *Posidonomyae* dal Lias superiore dell'Appennino centrale e delle Alpi, la stretta concordanza di essa con le rocce giuresi e cretacee, la sovrapposizione stratigrafica a rocce fossilifere equivalenti al Lias superiore, sono circostanze che provano come essa sia più recente del Lias.

CAPO VII.

Titoniano.

FIG. 1, 4, 6.

Nella regione orientale, da Massa alla valle di Tenerano, sopra la zona a *Posidonomyae* od anche sopra rocce antiche non più dell'Infra-lias, ho distinto dei diaspri rossi con ftaniti, con schisti argillosi e con alquanti calcari rossi o verdi (presso Mirteto, Foce, Peschini, valle di Gragnana, Maestà di Castelpoggio, della Spolverina, della Villa, valle di Tenerano, presso Monzóno, valle della Tassonara) analoghi alle rocce Titoniche di Giarreto in val di Magra. Alle Lame

di Tenerano vi si trovano dei fossili fra i quali l'*Aptycus Beyrichi* Oppel; ¹ la stessa specie fu trovata anche dallo Zaccagna sotto Casola in Lunigiana: ² ne' calcari, forse per l'alterazione loro, si trovano solo tracce di foraminifere. ³ Fin dal 1875 ⁴ ritenni che i diaspri rossi, gli schisti ed i calcari inferiori di Val d'Ottavo, analoghi agli strati Titoniani di Giarreto, appartenessero al medesimo piano. Quindi questi terreni rispondono a quel piano che fu detto Titoniano, Malm superiore, Kimmeridgiano superiore o dall'Oppel zona ad *Ostrea virgula*.

Probabilmente sono a riunirsi a questo piano i diaspri, i calcari con abbondante selce e gli schisti lucenti rossi, cupriferi, dei dintorni di Colle Panestra e S. Antonio a settentrione della Pania, i diaspri del fosso Canabbio nei monti di Maggiano e Compignano presso Lucca nei quali trovai delle *Nulliporites* e quelli che si estendono più a mezzogiorno dai colli di Balbano fino alla pianura di Vecchiano.

CAPO VIII.

Creta inferiore.

FIG. 3, 5, 7, 21, 22.

Nel Camaiolese ⁵ e nella regione orientale, specialmente lungo il Serchio da Val d'Ottavo al Borgo, nel monte di Pescaglia, e nella valle della Torrite Secca, con graduati passaggi e con alternanze di variate stratificazioni si va dagli schisti a *Posidonomya* a rocce più recenti costituite da schisti rossi e verdi, diaspri, selce nera, calcari rossastri o verdognoli, ma specialmente da calcari biancastri o cerulei compatti con selce ⁶ e da qualche banco di calcare sereziato con frantumi di rocce estranee e con foraminifere. Questa massa di rocce che si estende anche nei monti di Quiesa e d'Oltre Serchio, nelle valli della Torrite di Gallicano, della Torrite Cava e del Lontron ed

¹ In altri miei scritti questa specie è inesattamente nominata *Aptycus lamellosus* Münst. A Giarreto in Val di Magra, dove il Cocchi da molto tempo scoperse il Titoniano, coi diaspri alternano calcari selciferi identici pur essi a quelli delle Alpi Apuane. Ivi furono indicati *Belemnites* sp. ed *Aptycus punctatus* Voltz (*A. lamellosus* Münst); vi si deve aggiungere l'*A. sparsilamellosus* Gümbel.

² D. Zaccagna, *Lembi titoniani a Soraggio e a Casola in Lunigiana* (Proc. verb. soc. tosc., 14 gennaio 1883).

³ Pantanelli, *Note micr.*, p. 9.

⁴ C. De Stefani, *Geologia del Monte Pisano* (Mem. del R. Com. geol., vol. III, 1876).

⁵ B. Lotti, *Studi stratigrafici sulle formazioni liassiche e cretacee dei dintorni di Camaiole* (Boll. Com. geol., 1880).

⁶ Vedasi la composizione dei calcari scuri e chiari di Legnaia nel comune di Vecchiano in F. Stagi, *Ricerche chimiche sui calcari dei Monti Pisani* (Atti della soc. tosc. sc. nat., 1876, p. 80).

in altri luoghi indicati nella carta, è, relativamente alle altre, assai regolare e costante. Nella medesima, niuna distinzione fu fatta fin qui, ed è probabile che vi esistano alcuni piani del Giura. I calcari compatti selciferi, anche di vari luoghi lontani, come Pietra a Padule, Montramito, Col Sereno, Monte Palodina, Monte di Compignano, sezionati ed esaminati al microscopio, presentano una struttura uniforme, ¹ talora con frequenti mal conservate foraminifere dei generi *Orbulina*, ² *Textularia* ed altri, non sufficienti a determinare l'età precisa. Dalla forma bizzarra che talora assumono i nodi di selce parrebbe si avesse a trattare con resti di spugna tanto frequenti nella Creta, ma le sezioni della selce, le cui particelle furono sempre più o meno alterate e quasi rifuse insieme, non presentarono finora tracce di resti organici. Indecifrabili pure sono le tracce di fossili che nel calcare selcifero ho trovato sotto Careggine. Non mancano fucoidi in vari piani, impronte di anellidi, e *Gyrophyllites* sp. negli schisti alternanti coi calcari del M. Prano. Al Titoniano devono rispondere in parte i calcari, i diaspri e gli schisti della regione mentovata, tanto più che in rocce identiche e vicinissime, in Val di Lima nell'Apennino, alla Tana a Termini fu trovato un *Simoceras*. Gli strati meno antichi rispondono però forse al Neocomiano, di cui taluni fossili vennero trovati fuori di qui nell'Apennino settentrionale, solo entro rocce diasprine, a Monsummano nel Lucchese. Però qual sia il confine preciso fra Titoniano e Neocomiano non si può ora bene stabilire.

CAPO IX.

Aptiano.

FIG. 3.

Nella parte superiore, nei monti di Roggio e di Careggine, il calcare chiaro con selce è accompagnato da calcari schistosi rossi e verdi, tutti ricchi di variate fucoidi. Chi sia pratico nello studio di questi esseri ed accurato osservatore dei medesimi, sarà persuaso che essi bastano, quando altro manchi, a determinare l'età di un terreno, come più volte ne feci io stesso l'esperienza, confermata dal ritrovamento successivo di altri fossili coetanei.

Le nostre fucoidi, di cui ho trovato 12 specie (*Zoophycos*, *Fucoides*, *Chondrites* ed altro) sono disgraziatamente nuove: ma sono affatto identiche a quelle che si trovano in simili terreni alla Costa della Tecchia nel Reggiano, a Scansano e Castellazzara nelle Maremme.

¹ Pantanelli, *Not. micr.*, 7, 8.

² L. c. 10.

Ecco l'elenco delle specie raccolte da me, cui aggiungo quelle raccolte dal Cocchi a Roggio e conservate nel R. Museo di Firenze.

1. *Chondrites* sp. n. affine al *C. Targionii* Brongn. pelle dimensioni; con rami curvi, irregolarmente divaricati. Roggio (Cocchi), Careggine.

2. *Chondrites* sp. n. Del tipo del *C. intricatus* Brong., ma a fronde più rare e diritte; è vicino ad una specie del piano Turoniano a *Desmoceras Austeni* Sharpe, di M. Ripaldi nel Fiorentino. Roggio (Cocchi), Careggine.

3. *Chondrites* sp. n. Bellissima specie delle dimensioni del *C. Savii* De Z. e del *C. affinis* Stern., a lunghi rami, a fronde rade, lunghe, molto ricurve. Roggio (Cocchi e me), Careggine.

4. *Fucoides* sp. A fronde larghissime, molto affine al *F. latifrons* H. della Creta superiore. Roggio, Careggine.

5. *Halimenes* sp. n. Delle dimensioni dell' *H. flexuosus* Fisch. Oost. dell' Eocene. Roggio.

6. *Münsteria* sp.? Un esemplare per verità incerto, che cito solo per mettere in sull' avviso i futuri cercatori, si avvicina molto alla *M. cretacea* Fisch. Oost. della Creta superiore. Roggio (Cocchi).

7. *Zoophycos emarginatus* Cocchi (Alessandri, Grattarola e Momo, *Taglio del Viale dei colli*. Boll. Com. geol., I, 1870, p. 118). Questa bella e grande specie che non fu mai descritta ha il margine assai flessuoso e profondamente sfrangiato come il *Z. (Taonurus) temestriatus* H. della Creta superiore ed il *Z. flabelliformis* Fisch. Oost. dell' Eocene; ma le strie sono molto fitte. Comune a Roggio (Cocchi). *Zoophycos*, *Taonurus*, *Spirophyton*, sono sinonimi; però il primo nome è il più antico.

8. *Taenidium* sp. n. Simile al *T. Fischeri* Heer, ma con dimensioni maggiori e anelli più radi. Questo genere ha molta somiglianza coi viventi *Penicillum*. Roggio (Cocchi).

9. *Cylindrites* sp. Roggio.

Tra le innumerevoli fucoidi della Creta Senoniana e Cenomaniana che io ho osservato nella Provincia di Firenze, non ho trovato una sola specie identica a quelle sopra indicate, nè rammento di averne viste fra quelle molte di terreni più antichi che il De Bosniaski raccolse nei Monti di Civitavecchia. Nondimeno i loro rapporti maggiori sono con queste ultime e con specie della Creta superiore e dell' Eocene. D' altronde le relative rocce sottostanno direttamente a strati appartenenti alla Creta superiore ed al Cenomaniano e corrispondono pei caratteri litologici e per la natura dei fossili agli schisti a fucoidi non rari nell' Apennino settentrionale e meno ancora in quello centrale. Nei monti della Tolfa ed in qualche altro luogo negli strati con fucoidi alternano strati con pesci, i quali rendono assai precisa l' età che è del Neocomiano superiore o Aptiano. A questa medesima età vanno attribuiti gli strati predetti delle Alpi Apuane.

CAPO X.

Creta media e superiore.

FIG. 3, 4.

Nella parte superiore dei calcari suddetti, nelle valli del Ledron o Lontron e della Torrite Secca e nei Colli di Massaciuccoli alternano strati schistosi ed arenacei verdognoli, con *vermicolazioni* superficiali, i quali dominano talora anche da soli insieme con schisti argillosi scuri. Non vi mancano ancora de' calcari chiari o rosei con selce. Le analogie litologiche e spesso l'identità sono con le rocce fossilifere della Creta superiore e media dell'Apennino di Garfagnana.

Nei monti di Roggio nella Valle del Lontron vi ho trovato dei fossili, uno dei quali molto caratteristico; impronte vermiformi ho trovato anche nei Monti di Careggine e nella Valle della Torrite Secca: ecco i fossili più chiari da me notati.

1. *Cylindrites zik zak* H. Maestà di Foce nella valle della Torrite (Comune di Careggine): la specie trovasi pure nell'Eocene superiore: più che un'alga la crederei una impronta fisiologica.

2. *Gyrochorte porrecta* De Stefani (*Le alghe foss. n. rocce delle Alpi Apuane*. Proc. verb. Soc. tosc., 3 luglio 1881, p. 281; *Studi paleozoologici sulla Creta superiore e media dell'Apennino settentrionale*. Mem. Acc. Lincei, S. 4, vol. I, p. 32). Dubito che questa specie sia un Alcionario vicino alle *Stylatulae*. Comune assai nel Monte di Roggio.

3. *Inoceramus Crispisii* Mantell. (De Stefani, *Stud. pal. s. creta sup.*, p. 33) Monte di Roggio. In un frammento erratico ho trovato pure un'impronta assai incerta di *Ammonites*.

Si può ritenere perciò che quei terreni comprendano certo il Senoniano superiore, cioè la parte più recente della Creta, e forse il Cenomaniano.¹

È quasi certo che essi devono avere degli equivalenti nelle masse calcari del Camaiorese, della val di Serchio e d'altrove, e forse nei calcari superiori con schisti verdognoli; ma per le piccole diversità litologiche e pella mancanza di documenti paleontologici mi astengo dall'affermarlo.

Ritengo parimente incerto se alcune masse superiori di diaspri e di calcari screziati del Camaiorese e d'altrove debbano attribuirsi a qualche piano della Creta od al seguente sistema eocenico.

¹ V. anche C. De Stefani, *Il gault e la creta superiore nell'Apennino settentrionale* (Proc. verb. soc. tosc. 14 novembre 1880); *Ordin. cron. dei terr. delle Alpi Ap.* (Proc. verb. soc. tosc. 14 novembre 1880, p. 126); *Sugli studi dell'Ufficio geologico nelle Alpi Apuane* (Boll. soc. geol. it., 1884, p. 30 e seg.).

CAPO XI.

Calcarea nummulitica.

FIG. 1, 5, 7, 21.

Nei monti di Massaciuccoli, Compignano, Quiesa, Bozzano, Chia-tri, Stabbiano, sopra Torrite ed a ponente del M. Volsci sulla Torrite Secca, per tacere d'altri luoghi meno certi, le rocce cretacee, od anche qualche roccia più antica, sono coperte da galestri (schisti argillosi friabili) rosso-scuri, e da calcari *screziati*, compatti, cerulei, formati da un impasto variabile di frammenti più chiari o più scuri, per lo più di origine organica, ma ridotti a sì tenui particelle, che spesso manco se ne può distinguere la natura. Vi sono *Orbitoides* più sovente rotte che intere, insieme con parecchie altre foraminifere, e frammenti di Coralli, Briozoi, ec. Nel Monte Volsci (Pian di Lucca, Metello) i fossiletti sono ridotti a dolomite, la quale alterazione li rende meno facili a studiarli: pare che ivi siano anche de' frammenti di *Nummulites*, come ne sono nel Monte di Quiesa.¹

Questa roccia che da qualche tempo ho distinto dalla creta, colla quale, in addietro da me, e tuttora da altri venne confusa, forma il piano più antico del nostro Eocene. È contemporaneo a questa o in parte succede il calcarea Nummulitica, che meglio si direbbe una breccia calcarea più o meno, fina la quale occupa grandiose estensioni lungo le valli della Torrite Cava e della Pedogna,² nei monti di Sassi e di Molazzana,³ ed in quelli di Fiano, Loppeggia, Gombitelli, ec. Più limitati lembi forma nel M. Volsci, ne' monti di Roggio, di Balbano, di Mommio, di Pescaglia, sulla Parmignola, sotto Fiattono, ec. Abbondano varie specie di Nummuliti; cioè inferiormente la *Nummulites Leymeriei* Haime et D'Ar., a Pescaglia e Loppeggia: nel resto, quasi in ogni luogo, sebbene poco abbondante, si trova la *N. Ramondi* Def., con una specie assai comune vicina alla *N. striata* D'Orb., con *Orbitoides nummulitica* Gumbel, *Globigerina bilobata* D'Orb. Si potrebbero aggiungere parecchie altre foraminifere, con grosse *Nummulites* non ancora determinate, con *Dorocidaris*, Corallari talora determinabili almeno genericamente, e Briozoi, *Lithothamnium*, *Dactyloporae*.⁴

¹ Parecchie sezioni del calcarea screziato del Monte di Quiesa furono vedute anche dal Hantken che le ritenne eoceniche, confermando così l'opinione da me antecedentemente manifestata.

² Già notata dal Savi (Meneghini, *Nuov. foss.*, 1853, p. 20).

³ Notata già dal Pareto (*Descrizione di Genova e del Genovesato*, Genova, Ferrando, vol. I, 1846, p. 81), forse sulla fede del Savi.

⁴ Pantanelli, *Note micr.*, p. 14, 15.

Questi strati rappresentano uno de' piani inferiori dell' Eocene medio ed equivalgono almeno in gran parte agli strati di S. Giovanni Ilarione, Bolca e M. Postale, al calcare grossolano inferiore di Parigi, al piano Brusselliano dei belgi, a parte del piano Parigino del Mayer.

I calcari nummulitici sono accompagnati da marne giallastre ricche di foraminifere, da schisti rossi, da calcari compatti, ceroidi, rossi o verdi, come dirimpetto Equi, sotto Uglianaldo, alla Foce di Minucciano, nel monte Volsci, ¹ e talora da finissime arenarie. Non starò ad accennare tutte le Fucoidi (*Chondrites*, *Halimenes* sp., *Nulliporites tertiarius* H.) che vi si trovano, perchè non le ho tutte interamente studiate. Basti dire che vi sono varie specie peculiari e probabilmente esclusive a questo piano, insieme con altre in parte forse identiche, in parte analoghe ma pur diverse da quelle che si trovano negli strati sovrastanti dello stesso Eocene.

CAPO XII.

Eocene medio: zona superiore.

FIG. 1-8, 21.

Alcuni piccoli strati di calcare nummulitico con *Nummulites* cfr. *striata* D' Orb., ed *Orbitoides nummulitica* Gumb., presso il Mirteto alternano con gli strati inferiori di una arenaria che si estende quasi tutto intorno alle Alpi Apuane e che è ben conosciuta in tutto l'Apennino settentrionale di cui costituisce tanta parte. Essa è formata da minutissimi frammenti di quarzo, mica e feldspati, e talora da granelli più grossi di *gneiss* o di micaschisti verdognoli identici a quelli che abbondano nei conglomerati miocenici dell' Apennino settentrionale verso il Po, i quali alla lor volta mostrano massima analogia o perfetta identità con rocce cristalline del Tirolo, della Lombardia e delle Alpi occidentali non già con quelle dell' Italia meridionale. In quell' arenaria non si trovano frammenti di rocce che si possano dire provenienti dalle Alpi Apuane.

In queste arenarie sulla sinistra del Serchio, nella regione che geograficamente appartiene all' Apennino, ho trovato in varî luoghi abbondantissimi resti appartenenti al regno vegetale; nelle Alpi Apuane per ora, oltre alle foraminifere, non ho trovato che impronte di *Equisetum*.

Nell' Apennino di Massa, Reggio, Modena, Bologna, Perugia, Siena, sono frequenti nell' arenaria lenti di calcari screziati con *Orbi-*

¹ C. De Stefani, *Studi dell' Uff. geol. nelle Alpi Ap.*, 1884, p. 31.

toides e rare *Nummulites*. Sulla Dardagna a monte di Rocca Corneta il Capellini scoprì la *Clavulina Szaboi* v. Hantk.

Questi fossili fanno ravvicinare l'arenaria alla parte superiore dell'Eocene medio, ai tufi e calcari di Roncà e della Granella, alle sabbie di Beauchamp, e ad alcuni calcari nummulitici delle Alpi Marittime.

CAPO XIII.

Eocene superiore.

FIG. 1, 3-7.

La più recente zona dell'Eocene, quasi generalmente ricoprendo l'arenaria antecedente, occupa i sinclinali e le regioni più esterne delle Alpi Apuane. Questa zona che gli osservatori dell'Apennino, eccettuato il Savi, lo Scarabelli e quelli che studiarono la Toscana, riguardarono come costituita da rocce fangose eruttive, è invece una immensa congerie di esseri organizzati. Inferiormente dominano calcari marnosi ad *Helminthoida labyrinthica* H.: in mezzo galestri ed argille. Alle argille finissime, le quali hanno come il solito origine meccanica, si aggiungono poche arenarie o conglomerati nei quali prevalgono rocce eruttive, ed estesissimi calcari interamente costituiti da foraminiferi, specialmente della famiglia delle *Globigerinidae*, e da spicule di spugna; rarissimi nei dintorni del Cermaggiore od in ghiaiette ne' conglomerati della Val di Serchio sono i diaspri costituiti da radiolarie: più rare e solo nel colle Olivero presso Massa sono lenti calcaree con *Nummulites*.¹ Superiormente prevalgono calcari alberesi. Attesa la natura dei sedimenti mancano i fossili macroscopici; vi abbondano invece le alghe, delle quali accennerò le seguenti, tralasciando quelle che ho trovato, nella continuazione degli strati medesimi, nell'Apennino adiacente.

Nummulites sp. piccola. Colle Olivero (Lotti).

Cylindrites zik zak H. Poggio.

H. labyrinthica Heer (*Nemertilites meandrites* Meneghini). Indicata dal Capellini nei dintorni di Caniparola.² Comune dovunque nelle zone inferiori.

Zoophycos flabelliformis Fisch. Oost. Colli di Massarosa.

Chondrites intricatus Brong.

C. Fischeri H.

C. Targionii Brong.

¹ B. Lotti, *Sopra un nuovo piano di calcare nummulitico* (Boll. Com. geol., 1879 p. 583).

² G. Capellini, *Descrizione geologica dei dintorni del Golfo della Spezia e Val di Magra inferiore*, Bologna, Gamberini e Parmeggiani, 1864, p. 79.

C. inclinatus Brong.

Eterodictyon textum H.

Eterodictyon singulare H. Queste ultime specie sono comuni ovunque.

Taenidium Fischeri H. Caniparola.

Questi fossili si trovano tali e quali nel Flysch svizzero: i terreni equivalgono al piano di Priabona, all' Eocene superiore che risponde all'Oligocene inferiore del Belgio e di Prussia, al piano Modenese di Pareto ed al Liguriano del Mayer.

Gli studi paleontologici fatti qua e là nei terreni dell'Apennino, con grande fatica pella scarsità e pella natura dei fossili, sono conformi alle osservazioni stratigrafiche ed hanno affermato l'età da molto tempo da me stabilita per tutti questi terreni eocenici. I calcari ad *Orbitoides* ed *Alveolina* di Monte Sporno nel Parmense appartenenti alla presente zona, conformi a quelli di Rocca de' Giorgi, del Rio Maledetto e d'altri luoghi del Piacentino e del Bolognese e a quelli dell'Apennino di Arezzo e di Firenze, secondo il Fuchs ed il Karer, ignari de' miei studi, appartengono all'Oligocene inferiore.

Alcuni geologi, specialmente stranieri o non pratici della geologia apenninica, confondendo questa zona e quella delle arenarie antecedenti, e sovente anche quella degli alberesi e de' galestri della Creta superiore, ne fanno il piano unico detto del *Macigno*.

Nella parte media e superiore del terreno ora indicato, e specialmente in mezzo alle argille, sono estese le rocce eruttive che occupano le parti più esterne e superficiali de' sinclinali circostanti alle Alpi Apuane, e che da poche altre rocce vennero nel corso de' tempi successivi coperte e nascoste. A tre gruppi o centri di eruzione appartengono quelle rocce, e sono i gruppi del Sarzanese, della Lunigiana, della Garfagnana.

Il piccolo gruppo Sarzanese, in parte nascosto nel sottosuolo della Val di Magra, è formato da una Peridotite, cioè dalla varietà detta Saxonite dal Wadsworth ed Harzburgite dal Rosenbusch, formata da Peridoto ed Enstatite; essa è però ordinariamente trasformata in Serpentina bastitica e contiene banchi alternanti di Gabbro olivinico e di Ranocchiaia. Questo gruppo è una ultima piccola diramazione della estesissima regione serpentinoso di Liguria.

Del gruppo di Lunigiana appartengono alle Alpi Apuane solo le masse Diabasiche di Bibola presso Aulla nella continuazione di quelle più estese della Val di Magna.

Il gruppo della Garfagnana¹ appartiene quasi interamente alle

¹ C. De Stefani, *Le rocce serpentinoso della Garfagnana* (Boll. Com. geol., 1876); *Sulle serpentine e sui graniti eocenici superiori della Garfagnana* (Boll. Com. geol., 1878).

Alpi Apuane e solo una piccola porzione separata dal Serchio e nella continuazione di esse fa parte dell'Apennino. Pella natura delle rocce, la quale è però identica al gruppo di Lunigiana, pella posizione topografica affatto isolata, pella disposizione superficiale nella zona eocenica più recente senza copertura di altre rocce, e pella ampiezza del sinclinale in cui si trova, questo gruppo è uno dei più distinti fra le rocce eruttive dell'Eocene apenninico ed uno fra quelli che meglio conservarono tracce dell'aspetto primitivo. La massa più alta e più unita si trova fra le Verrucole, Piazza, Nicciano, Castagnola, le Verrucollette, Casciana, Casatico e Camporgiano e là forse fu il centro della eruzione. Questa sembra essere cominciata con limitatissime emersioni di Diabase, i cui conglomerati si trovano in molti punti entro la parte superiore delle rocce sedimentarie e sotto tutte quelle eruttive sul viottolo fra Casatico e Monte Venti. Succedette della Saxonite, ora trasformata in Serpentina bastitica identica a quella del gruppo Ligure e Sarzanese, limitata quanto mai, di cui si trovano però frequenti piccoli lembi, alti ed estesi pochi metri, sotto le altre rocce eruttive, sul viottolo predetto fra Casatico e Monte Venti, presso la Casa Carmagna sotto M. Merlo, sui due lati del Canalaccio a levante della Sambuca e più su a sinistra di esso presso le Capanne, al Pian di Lago e a N. E. della Villetta sotto il Colle Zaffareta, a ponente del Cermaggiore verso il fiume di Gramolazzo e Corfigliano e finalmente, unica massa un poco più estesa, maggiore di tutte le altre prese insieme, nel Bosco di Villa sulla destra della Mozzanella. Forse in origine la Saxonite era estesa a tutta la regione; ma pella poca sua altezza fu prestamente denudata.

Nel Bosco di Villa a levante del M. Castellare e del Sasso Caturino fin sulla Mozzanella e a sinistra di questa sotto la strada del Mulin di Villa, come pure sotto il Colle Zaffareta a N. della Villetta, sopra il Serpentino stanno delle Ranocchiaie alternanti con Diallagite e Gabbro-olivinic alterato in modi svariatiissimi ma sempre in banchi distinti.

Presso il Pontaccio sulla Mozzanella a valle del Mulino di Villa, al Camino sulla destra del torrente, e nella parte opposta a sinistra, come pure a sinistra del Canalaccio della Sambuca a settentrione delle Capanne e sul viottolo da Casatico a Monte Venti, sopra il Serpentino è Granito normale con Quarzo, Ortose, Albite e Mica, spesso alterata in Clorite; ovvero è della Petroselce, in lembi limitati come quelli del Serpentino. Nell'ultimo luogo fra Granito e Serpentino è un sottile banco di Diabase. Alla Rocca di Camporgiano e nel Canale di Comaiana il Granito riposa sulla roccia sedimentaria. Ad una roccia eminentemente basica ne succedette dunque una acida. Fin qui le rocce eruttive ricordano completamente quelle delle provincie di Reggio e di Parma e, salvo la molto minore estensione,

quelle della Liguria orientale e del Piacentino. Succede però il Diabase, che è un vero Basalte uralitizzato od alterato in Epidiorite. Esso ha grande estensione ed altezza e formò la parte massima della zona eruttiva di Val di Serchio. Le masse, per quanto molte ragguardevoli, sono in parte staccate ed isolate, ma salendo sulle alture maggiori facilmente si comprende come in origine formassero tutto un insieme, separato dalla denudazione, lungo il Serchio che ha raggiunto le rocce sedimentarie formanti il substrato. Il Diabase è granitoide, porfiroide, afanitico od ofitico, variolitico, varietà tutte che un attento studio comprova essere originali, non acquisite, e che tal quali si trovano nei conglomerati contemporanei. È ordinariamente molto alterato per uralizzazione del pirosseno, per cambiamento dell' Ilmenite in Sfenò, per trasformazione in Clorite o viridite, per sopra-ossidazione e idratazione del ferro e per altro, ed assume disposizione a grandi sferoidi; rimangono però resti conservati della composizione originale. Secondo il grado di ossidazione e idratazione del ferro rimane verde o diventa rosso e giallo; il primo si trova per lo più nei luoghi più profondi e messi allo scoperto da minor tempo lungo i fiumi; il secondo lo chiamano, con molte altre rocce, *Gabbro rosso*, ma dopo che io chiarii non esser desso che una lieve alterazione di quello verde si comprese che il nome vago di *Gabbro rosso* non era nemmeno a conservarsi.

Può darsi che Saxoniti, Gabbri e Graniti di Garfagnana abbiano fatto eruzione contemporaneamente alle stesse rocce del gruppo Ligure-Sarzanese, mentre il Basalte o Diabase, non mescolato con altra roccia, segna forse, con quello di Lunigiana, un periodo eruttivo posteriore indipendente. Diabasi, benchè proporzionatamente meno estesi, eruttarono però anche in Liguria. Allontanandosi dai tre gruppi ricordati le masse eruttive si fanno più limitate e più isolate e scompaiono poi, cedendo il posto ai conglomerati sedimentari costituiti dalle medesime rocce, i quali si estendono più o meno lontano.

Dal gruppo di Garfagnana i conglomerati con Diabase sembrano giungere fino a Pugliano a N., al M. Perpoli a S.; dal gruppo Ligure-Sarzanese fino a Nicola a S., presso la villa del Becco e altrove. I piccoli e limitati conglomerati con molti frantumi di Gabbro delle colline di Massarosa e di quelle circostanti alle Sei Miglia di Lucca sono a ritenersi invece derivati da masse diverse nascoste nel sottosuolo in continuazione di quelle liguri o de' monti Livornesi ricche appunto di Gabbro e di Saxonite.

CAPO XIV.

Miocene superiore.

Sull' Eocene superiore di Sarzanello, Caniparola, ed in generale nei dintorni di Sarzana, trovansi degli strati inclinati, talora fino 85°, di ghiaie ed argille con lignite, non molto elevati sopra il livello del mare. Il Capellini ¹ ha descritto i fossili di questi luoghi e li attribuì da primo al Miocene inferiore; le filliti furono anche in parte studiate da Bertoloni, Gaudin, E. Sismonda, Heer, Massalongo.

Riporto l'elenco dei fossili meglio noti; i molluschi sono stati esaminati da me, le filliti sono state raccolte e determinate gentilmente dal cav. De Bosniaski.

Tapirus sp. vicino al *T. hungaricus* Meyer ed al *T. minor* Ger. di Montpellier (Capellini) pliocenici. Non fu paragonato con le forme plioceniche della Valle d' Arno e della Val di Serchio.

Helix cfr. *Brocchii* Mayer.

Hydrobia sp. n.

Melanopsis sp. È una forma ornata, quale non fu ancora trovata nel Pliocene.

Valenciennesia sp. Pantanelli. ²

Dreissena Deshayesi Capellini (*Cenni geol. ligniti*, p. 21-33).

Osmunda sp. n.

Sapotacites minor Ung.

S. minusops.

Sequoia Langsdorfi Brong.

Glyptostrobus europaeus Brong.

Betula denticulata Göpp.

Carpinus pyramidalis Göpp.

C. chlorophylla.

Fagus Gussoni Mass.

Castanea Cubinyi Kov.

Grewia attenuata crenata H.

Quercus Bianconianus Mass.

Populus leucophylla Ung.

Platanus aceroides Göpp.

¹ G. Capellini, *Cenni geologici sul giacimento delle ligniti della bassa Val di Magra* (Mem. Acc. Sc. Torino, S. 2, T. XIX, 1860); *Resti di Tapiro nella lignite di Sarzanello* (Atti R. Acc. dei Lincei, 1880-81); *Descr. geol. Spezia*, p. 80.

² D. Pantanelli, *Monografia degli strati pontici del Miocene superiore nell' Italia settentrionale e centrale* (Mem. Acc. Sc. di Modena, S. II, T. IV, 1986), p. 86.

P. Sismondæ.
Liquidambar europæum A. Br.
L. protensum Ung.
Ficus lanceolata H.
Laurus princeps H.
Cinnamomum Scheuchzeri H.
Oreodaphne Heeri Gaud.
Andromeda protogea Ung.
Celastrus Capellinii H.
Berchemia multinervis A. Br.
Rhamnus ducalis Gaud.
Juglans acuminata A. Br.
Carya bilinica Ung.
Pterocarya Massalongi Gaud.
Hedera Strozzi Gaud.

I resti del *Tapirus* per ora non bastano a determinare l'età del terreno. Le filliti, a dire del De Bosniaski, sono identiche a specie plioceniche ed i medesimi caratteri della flora del Sarzanese, compresa la grande abbondanza del *Glyptostrobus europæus*, si ripetono nelle ligniti e nelle argille plioceniche della Val di Serchio. D'altra parte alcuni molluschi appartengono a tipi ignoti nel Pliocene e rappresentati invece nel Miocene superiore. Da questo insieme di circostanze possiamo dedurre che gli strati lignitiferi del Sarzanese appartengano verosimilmente alla parte superiore del piano pontico, che è l'ultimo orizzonte del Miocene, che ha pure gli svariati nomi di piano a Congerie o d'Inzersdorf, di Mio-pliocene, di Messiniano.

All'entrata del torrentello Sezza nel Serchio, poco lontano da Castelnuovo di Garfagnana, sulla sinistra di una limitatissima collietta di argille marnose cenerine, in strati pendenti da 28° a 75° coperti da terreni pliocenici orizzontali, sono tenui strati di lignite¹ che appaiono un poco anche a sinistra della Sezza. La fortissima discordanza dal terreno sovrastante mi fa dubitare che gli strati sieno coetanei a quelli di Caniparola anzichè a quelli pliocenici pur lignitiferi adiacenti.

¹ Vedi D. Vandelli, *Analisi d'alcune acque medicinali del Modanese*, Padova, 1760.

CAPO XV.

Pliocene.

FIG. 5, 7.

Ho detto a principio che grandiosi sinclinali o vallate longitudinali separano le Alpi Apuane dall'Apennino. Questi sinclinali sono quello della Val di Magra inferiore, fra i monti di Sarzana e quelli della Spezia, che è nella diretta continuazione del sinclinale di Val di Vara appartenente all'Apennino; quello dell'alta Val di Magra a monte di Aulla; quelli di Castelnuovo Garfagnana, di Barga, della pianura lucchese traversati dal Serchio. ¹ Questi sinclinali sono riempiti per l'altezza di parecchie centinaia di metri da ghiaie, da sabbie o argille talora lignitifere in strati non ancora spostati dalla loro situazione originale ed appartenenti al Pliocene. Nelle medesime circostanze si trova l'ampia conca di Camaione, prodotta da erosione.

Gli strati della pianura lucchese, dei quali sfuggirono alla denudazione, prodotta principalmente dal Serchio, solo pochissimi lembi a Mon San Quirico, nelle Valli della Freddana e di Balbano, sulla Contesora ed in qualche altro luogo, sono strati palustri o marini litorali come gli altri addossati all'Apennino e depositati nell'antico golfo di Val di Nievole. Si può ritenere che il mare durante il pliocene passasse dalla Valle della Freddana a quella di Camaione ed isolasse così la porzione più bassa e più meridionale delle Alpi Apuane. I dintorni della Pieve di Camaione sono occupati da strati ghiaiosi con piccoli banchi di lignite nei quali fu trovata la *Helix senensis* Pant.

Lacustri e depositati nell'interno delle terre furono i sedimenti degli altri sinclinali, i quali dai maggiori bacini sopraindicati della Magra, di Castelnuovo e di Barga, si estendono poi lungo tutte le vallate dell'Aulella e del Serchio occupando alcuni luoghi isolati nell'alto delle valli stesse ne' tratti intermedi fra i bacini principali.

Le valli principali che entravano direttamente nei bacini lacustri provenivano dalle Alpi Apuane, come la Torrite Secca nel lago di Castelnuovo, la Torrite di Galliciano e la Torrite Cava in quello di Barga: anche oggi le Alpi Apuane sono gioiata più massiccia del rispondente Apennino: perciò dalle medesime provennero per massima parte le materie plioceniche. ² È però completamente infondata la

¹ L. Pareto, *Nota sopra due spaccati dell'Apennino da Livorno a Forlì e da Modena a Massa di Carrara* (Atti d. settima riun. d. scienz. it. Napoli, 1846, p. 1194).

² C. De Stefani, *Le ligniti del bacino di Castelnuovo di Garfagnana* (Boll. Com. geol., 1887); *Sulle ligniti della valle di Serchio* (Atti R. Acc. d. Georgofili, 9 gennaio 1887).

supposizione che queste materie varcando l'Apennino si dirigessero verso la valle del Po, mentre tutto intorno ai laghi si trovano pure i depositi di quell'ultima giogaia. Gli strati più antichi sono di preferenza argillosi e contengono ligniti: in essi stanno ghiaie provenienti dalle parti più alte e più lontane delle relative valli apuane: gli strati più alti sono presso che unicamente ghiaiosi, senza ligniti, e formati da rocce delle parti inferiori delle valli: ciò attesta un successivo cambiamento nell'aspetto di queste, per cui mentre nei primi tempi del Pliocene esse erano rivestite di folta vegetazione, salvo nelle regioni più alte e più dirupate, da ultimo quella scomparve e tutte le vallate rimasero spoglie e sassose come sono anche oggi.

I depositi lacustri, tanto lungo il Serchio, quanto lungo la Magra, salvo nei dintorni di Sarzana dove formano le colline circostanti alla città, si estendono maggiormente dalla parte dell'Apennino; ma trattandosi, come ho detto, di masse orizzontali separate solo dall'alveo di un fiume e situate l'una in continuazione diretta dell'altra, potrò indicare tutti i fossili raccolti quando anche provengano dalla parte apenninica. Essi sono i seguenti, de' più caratteristici del Pliocene.

Nella Valle della Magra entro le argille formanti gli strati inferiori si trovarono i seguenti vertebrati indicati dal Cocchi¹ ed i molluschi studiati dal D'Ancona, questi ultimi quasi tutti negli strati più alti alla Quercia (com. di Aulla).

Elephas meridionalis Nesti.

Rhinoceros etruscus Falc.

Mastodon arvernensis Croiz. e Job.

Helix Brocchii Mayer. Quercia (De Stefani, *Molluschi continentali fino ad ora notati in Italia nei terreni pliocenici e ordinamento di questi ultimi*. Atti Soc. tosc. sc. nat. 1874-1884, p. 37).

Hyalinia olivetorum Gmel. var. *intermedia* D'Anc. Quercia (De Stefani *Moll. cont.* p. 39).

Glandina lunensis D'Anc. Quercia e Filattiera (De Stefani L. c. p. 27, 59, tav. II, fig. 13).

Unio sp. n. Quercia. Ne ho veduto di recente esemplari che fin qui inesattamente furono ravvicinati a specie note.

Nelle vicinanze di Pontremoli si trovarono *Mastodon arvernensis* a Casa Calvi² ed altri vertebrati assai nella valletta dell'Ardiola.³

Nelle ghiaie superiori e precisamente in alcuni strati interposti

¹ I. Cocchi, *Sulla geologia dell'alta Val di Magra* (Mem. soc. ital. sc. nat., T. II, Milano, 1866), p. 13.

² G. Capellini, *Sui resti di Mastodon arvernensis recentemente scoperti a Spoleto, Pontremoli e Castrocaro* (Mem. Acc. sc. Bologna, S. 4, T. IX, 1888).

³ Cocchi e Capellini, in *Boll. Soc. geol. it.*, vol. V, 1887, p. 489, 490.

di argilla gialla, talvolta sabbiosa, ad Olivola non molto lontano dalla Quercia, si ritrovano i seguenti vertebrati nominati dal Major. ¹

Rhinoceros etruscus Falc.

Sus sp.

Bos etruscus Falc.

Cervus sp.

Palaeoryx Meneghinii Rütimayer (*Die Rinder der Tertiär-Epoche*. Abh. d. schw. pal. Gesellsch, 1877, 78, p. 86).

Equus Stenonis Cocchi.

In Val di Serchio nella conca di Castelnuovo ho raccolto ed in gran parte io stesso determinato moltissimi fossili in orizzonti stratigraficamente ben precisati, per cui ne riporto l'intera serie.

I. — Nelle argille inferiori scavate per uso di fornaci presso il Ponte dei Sospiri, non lungi da Castelnuovo, sulla sinistra della Fossa del Bagno si trovarono *Emys* sp., denti di *Tapirus* sp. e di *Sus arvernensis* Dev. e Bouill. (Major).

Sulla sponda opposta, entro argille corrispondenti, alte 3 o 4 metri, mi furono indicate delle ossa piritizzate ed io stesso scavai:

1. *Emys* sp. n. e 3 m. sopra,
2. *Tapirus* sp.; indi mezzo metro sopra,
3. *Felis* sp. n. cfr. *issidorensis* Croiz. e Job.; e un metro sopra,
4. Ossa sparse e denti di *Cervus*, sp.

In altro luogo, ma in strati argillosi antichi quasi coetanei, alle Fornaci del Bianchi sulla destra del torrente di Castiglione, si trovarono una branca di mandibola di *Tapirus* sp. identico a quello del Ponte dei Sospiri e denti di *Sus arvernensis*.

II. — Sopra questi ultimi strati, presso le Fornaci del Bianchi succede un banco di lignite ² formata in massima parte dal *Glyptostrobus europaeus*, contenente resti di *Leuciscus* sp., coperto da argille cilestrine alte vari metri. In queste trovai molte foglie, a monte delle Fornaci del Bianchi, ai Campi Santi presso il Canale di Liana e nelle Mandrie lungo il Canale di Canottora: sono identiche a quelle di Caniparola presso Sarzana. Il De Bosniaski le determinò, salvo quelle dei Campi Santi denominate dal Ristori.

Osmunda Strozzi Gaud. Campi Santi.

Pinus oceanides Ung.

Taxodium dubium H.

¹ C. Forsyth Major, *Beitrag zur Geschichte der fossilen Pferde insbesondere Italiens* (Abh. d. schw. pal. Ges., 1880), p. 124.

² I. Russegger, *Geognostische Reisen im Modena in Jahr 1843* (N. Jahrb. für Min. geol. Stuttgart, 1844).

L. Carli e G. Campani, *Esposizione e Statuti della Società anonima per l'escavazione della lignite in Garfagnana*. Pisa, Valenti, 1873.

Glyptostrobus europaeus Brong. Le foglie e i tronchi costituiscono quasi pell' intero i banchi di lignite.

Cyperites sp. Campi Santi.

Fagus sylvatica L.

Quercus comp. sp.

Platanus aceroides Goepp.

Liquidambar europaeum Brong.

Planera Unger Ett.

Laurus princeps H. Campi Santi.

Persea speciosa H. Campi Santi.

Cinnamomum Scheuchzeri H.

C. lanceolatum H. Campi Santi.

Oreodaphne Heeri Gaud. Campi Santi.

Acer Ponzianum Gaud.

Sapindus falcifolia Brong.

Ceanothus ebuloides O. W. Campi Santi.

Cassia lignitum Ung.

C. hyperborea Ung. Campi Santi.

Leguminosites sp. Campi Santi.

Si aggiungono varie *Cypris* sp. e denti di *Leuciscus* sp. trovati ai Campi Santi.

III. — Poco sopra questi strati nel Canale di Canottora trovai *Hyalinia olivetorum* Gmel.

IV. — Succedono argille con ghiaie e sabbie alte una settantina di metri, in cui, alla Custia sulla sinistra del torrente di Castiglione fu trovata una zanna di *Mastodon arvernensis* Croiz. e Job., di cui ebbi la punta.

V. — Poco sopra le sabbie e le ghiaie della Custia, alle Fornaci del Ponte di Castiglione mi vennero portati o trovai io stesso i seguenti fossili.

Cervus sp. Alcuni denti in pessimo stato.

Mastodon arvernensis Croiz. e Job. L'estremità di una piccola zanna.

Tapirus sp.

Meganthereon Nestii Fabr. Due canini di due individui diversi.

Helix italica De St. (*Moll. cont.* p. 33, tav. III, fig. 3).

H. Brocchii May.

Hyalinia cfr. *Isseliana* Paul. (*H. obscurata* De St., non Porro). Quand'anche da individui fossili di perfettissima conservazione si deducessero differenze da quelli viventi rimarrebbe però sempre notevole il fatto della grandissima analogia fra i primi ed i secondi.

H. olivetorum Gmel.

Glandina lunensis D' Anc.

Carychium rufolabiatum De St.

Vivipara sp. n. Più piccola e con giri crescenti più lentamente delle altre specie plioceniche note.

Unio cfr. *Pillae* De St.

VI. — Qualche vertebrato si trovò alla Fornace più a monte, più bassa, ma in strati quasi contemporanei.

VII. — Succede un orizzonte di sabbie, talora ghiaiose, nella cui parte superiore, in più punti nel Canaletto di Liana, cioè quasi nell'alveo, sotto le case di Liana e nella sponda opposta trovai:

Neritina Bronni D' Anc. (De Stefani, *Moll. cont.*, p. 300).

Bythinia sp. Opercoli.

Nematurella ovata Bronn.

Melania sp. più vicina alla *M. curvicosta* Desh. che ad altre specie plioceniche.

Melanopsis sp. frammenti.

Unio sp. frammenti.

Superiormente sono *Cypris* e foglie mal conservate.

VIII. — Dalle più alte sabbie del Canale di Canottora presso i conglomerati il fu prof. Dini ebbe un molare di *Mastodon arvernensis*.¹

IX. — Un altro molare lo trovai negli alti conglomerati sovrastanti che formano la collina di Castiglione nella cava più bassa presso la Vignaccia.

X. — Altro molare di *Mastodon arvernensis*, che è il fossile più recente di que' luoghi, lo ebbe il Dini² dalle cave di ghiaia di Santa Lucia sotto Castiglione, con *Helix italica* De St.

Nella conca di Barga si trovano i seguenti fossili: cioè negli strati argillosi inferiori con lignite presso Ghivizzano sul Segone.

Hystrix sp. Ghivizzano (Meneghini, *Resti di tapiro e d'istrice nella lignite di Ghivizzano*. Proc. verb. soc. tosc., 4 luglio 1880).

Tapirus sp. Ghivizzano.

Dei conglomerati sovrastanti, qui, come nella conca di Castelnuovo, ho visto:

Equus Stenonis Cocchi, presso Barga (Salvi).

Rhinoceros etruscus Falc. presso Loppia (Salvi) e Fornaci (Museo di Pisa).

¹ C. Forsyth Major, *Considerazioni sulla fauna dei mammiferi pliocenici e postpliocenici della Toscana* (Atti soc. tosc. sc. nat., vol. I), 1876, p. 241.

² *Atti della Terza riunione degli scienziati italiani tenuta in Firenze nel settembre del 1841*. Firenze, 1848, p. 153.

CAPO XVI.

Postpliocene, Glaciale.

L'età quaternaria risponde ad un periodo di sollevamento delle Alpi Apuane maggiore che nell' antecedente epoca pliocenica: perciò i terreni che la rappresentano sono unicamente alluvionali e superficiali.

Lo Stoppani ¹ vi scoprì terreni glaciali, la cui estensione fu poi fatta comprendere dal Cocchi.

Nella regione orientale e marittima non si hanno tracce ben sicure di ghiacciai od almeno di ghiacciai estesi. Il Cocchi ricorda qualche gran masso erratico nel Canale del Biforco sopra il Forno, ed altre apparenze di fenomeni glaciali in altre vallecole del Massese e del Carrarese. Nel Canale suddetto infatti, sulla sinistra, a valle delle case del Biforco e quasi in fondo al torrente è un grandioso masso poco o punto ruzzolato, ² di schisti triassici verdognoli, che di recente è stato dimezzato per farne alcuni scalini. Esso proviene dagli schisti dell' alta crina fra M. Cavallo e Piastra Marina e potrebbe esser documento non dubbio di antico ghiacciaio. Frane calcaree più o meno estese, certo quaternarie e forse in parte in rapporto co' ghiacciai, si trovano nelle vallecole sopra Renara e Resceto. ³ Grandiose frane di quell' epoca si trovano pure nella valle d' Equi e specialmente in quella di Vinca, dove i cumuli propriamente glaciali mancano o rimangono nascosti dalle lavine, che tuttora, e più nei tempi passati, precipitano dalle dirupate e nude pendici delle vette calcaree, che coronano la vallata. Anco recentemente, il 7 settembre 1881, una frana di *grezzoni* prodotta dal rigurgito di un torrentello per improvviso acquazzone, seppellì due capanne presso le Capanne della Costa, ed uccise 30 pecore.

Nella regione orientale i ghiacciai scesero numerosi e con estesi apparati morenici; al qual proposito è utile ricordare che tuttora ad oriente delle Alpi Apuane, verso terra, durano le nevi nell' alto molta parte dell' anno, e più che in altra regione d' Italia abbondano le piogge; mentre nel lato occidentale, che dal Miocene in poi fu esposto al mare, vi è siccità relativa e talora mancanza di neve anche nelle stagioni più fredde.

¹ A. Stoppani, *Sulla esistenza di antico ghiacciaio nelle Alpi Apuane* (Rend. Ist. Lombardo e Atti soc. it. sc. nat., vol. XV, 1872).

² Ritenuto d' origine glaciale anche dal Cocchi (*Del terreno glaciale nelle Alpi Apuane*, Boll. Com. geol., 1872, p. 189) che però inesattamente lo dubita proveniente da terreno paleozoico.

³ Impropiamente son ritenute morene dal Cocchi (l. c., p. 188).

Dal Pisanino (1946 m.) scesero tre ghiacciai; uno, forse il maggiore di tutti ad O. fra il Pisanino, il M. Cavallo, il Garnerone ed il Pizzo d'Uccello, lungo la valle dell'Orto della Donna; esso lasciò la morena frontale ed i massi erratici (scisti, cipollini e calcari) nelle Mandrie di Gramolazzo intimamente commisti fino cogli strati più recenti delle alluvioni provenienti dai bassi colli eocenici. A N. del Pisanino, per la Valle del Piastraio fra la Mirandola e la Forbice, scese un ghiacciaio lungo da 3600 metri, che lasciò nel piano intorno a Gramolazzo gran banchi di scisto provenienti dalle cime del Pisanino o Pizzo Maggiore. A levante di questo, fra esso e la Tambura, lungo la valle dell'Acquabianca scese altro ragguardevole ghiacciaio, che lasciò nel piano di Corfigliano depositi caotici con ciottoli striati e massi erratici marmorei provenienti dalle cime di Piastra Marina e della Mirandola.¹ Questi ultimi sono però scomparsi da vari anni, avendone i paesani cavato delle colonnette bellissime di candido marmo per la chiesa di Corfigliano. Fra l'Acquabianca e la Valle di Vagli, nell'alto-piano di Campocatino² avente a base la superficie orizzontale degli schisti triassici lasciati a nudo per l'esportazione de' marmi sovrastanti, si fermò nel suo ultimo periodo il più breve de' ghiacciai apuani. Esso ha lasciate le sue tracce più intatte d'ogni altro, perchè più lontane dalla denudazione e dalla corrosione de' torrenti; con un corso di 1300 metri provenne dalle cime della Roccandagia (1700 m.) e dalla Penna di Campocatino, che sono l'estremità di una breve propaggine della Tambura o M. Prispole, e ne trasportò massi, grandi fin 10 metri cubi, di calcari marmorei a lastre zeppi talora di crinoidi. Due cerchie moreniche si notano in Campocatino, e l'illusione prodotta dalla loro vista è ancora maggiore, quando dopo le piogge d'autunno si osservino i prati interni coperti dalle acque a guisa di laghetto. All'esterno di Campocatino i trovanti marmorei ruzzolarono accatastati pel ripido pendio fino in fondo al Canale del Gruppo, e formano oggi un solo insieme colle case marmoree più basse di Vagli-sopra, che stanno qua e là appoggiate sui trovanti, e sembrano come questi precipitate dall'alto. Il paesaggio è certo uno dei più pittoreschi dell'Apennino. Ne' tempi di maggiore estensione il ghiacciaio giunse fino alla parte opposta, cioè sulla sinistra del Canale del Gruppo e vi lasciò lateralmente alcuni massi non grandi; a valle si estese poi seminando i colossi marmorei fino presso al Convento di Vagli-sotto, e quivi incontrò e si riunì al ghiacciaio della Tambura, serbando però distinti gli sfaceli suoi da quelli dell'altro.

Dalle cime tra Colle Gallone (M. Croce della carta topografica)

¹ V. Cocchi, l. c., p. 190-193.

² Cocchi, p. 193.

ed il Sella, e dal M. Tambura (1890 m.), per la lunga valle omonima scese altro importante ghiacciaio: questo, sulla sua sinistra, da sotto Castagnola fino al Vignale lasciò ciottoli e grossi trovanti di scisti diasprini portati via da Sonnero e di marmi bianchi del Sella e della Tambura; appena lasciato lo sperone sul quale è fabbricata la parte più alta di Vagli-sopra s'incontrò col ghiacciaio di Campocatino e procedendo parallelo terminò lasciando depositi caotici e ciottoli striati presso Vagli-sotto sulla sinistra della Valle.

Nei ripiani a levante e a mezzogiorno di Vagli-sotto si fermò un ghiacciaio lungo circa 3,300 m. proveniente lungo la Valle della Maccava dalle cime tra il Sombra (1765 m.) ed il M. Croce, le quali sono una propaggine derivata al Passo di Sella dalla cresta principale delle Alpi Apuane.

Nei ripiani sopra indicati sono grossi trovanti di marmi del Sombra, e specialmente di schisti quarzosi del M. Croce e del Fiocca.

Un altro ghiacciaio scese per 3,500 m. dal Passo di Sella e dai monti Macina e Fiocca, lungo la Valle d'Arni, fino a Campagrina, lasciando nella stretta valle altri depositi caotici cementati, formati da massi erratici calcarei e da abbondanti ciottoli striati di marmi bianchi e di schisti triassici del Fiocca.

Un ghiacciaio proveniente dai monti Altissimo, Vestito e Pelato lasciò le sue tracce nel Canale delle Gobbie.

Almeno due vedrette scesero dal monte Corchia (1677 m.) a N. E. Una, lunga poco più di 1 chilometro, lasciò alcuni piccoli massi erratici di *grezzone* nella parte più alta del Canale delle Fredde sui due lati del bacino detto dei Paduli. Un'altra scese dalla cima del Corchia per poco più di due chilometri, e lasciò il suo apparato che è pur uno dei meglio conservati, ne' ripiani di Puntato; quivi ne' momenti di maggiore estensione si divise in due contro il poggio che è a N. della chiesa, ed un ramo scese nel Canal delle Fredde, l'altro in Val Terreno. In Puntato si trovano grandi massi di marmi provenienti dalla cima del Corchia, di *grezzoni* scesi da alquanto più basso e di *gneiss* paleozoici provenienti dai monti laterali; que' massi sono spersi nel conglomerato caotico insieme con ciottoli, talora striati, delle stesse rocce.

Un ultimo e ben conservato apparato morenico è quello di Pianizza, formato dal ghiacciaio il quale scese dall'ampia conca fra il Piglionico, la Pania Secca o Paniella e la Grotta Bianca; vi sono ciottoli e massi di calcari cerulei con selce o ceroidi, provenienti dalla Pania, e di calcari cavernosi infraliassici venuti da verso le Rocchette.

Contemporanei ai terreni glaciali sono le frane dei dintorni di Carrara e gli estesi rigetti che si trovano all'uscita delle valli di Ser-

ravezza, del Frigido e del Carrione nel piano,¹ la cui formazione è oggi interamente cessata, come pure le alluvioni che coprono qua e là specialmente i terreni pliocenici nelle valli di Magra e del Serchio.

Alcuni straterelli argillosi con frammenti di legno fossile, alternanti o coetanei alle alluvioni, si trovano ai Peschini presso Carrara e nella valletta di Solaio in Versilia.

Sono d'epoca recentissima e tuttora in formazione i cumuli del Baccatoio, che ha seppellito con 4 o 5 metri di ghiaie un gruppo di sepolcreti liguri scoperto nel far la ferrovia, del Canal Magro e di altri torrentelli.

Ricorderò da ultimo i travertini con resti di vegetali e conchiglie (*H. nemoralis* L., ec.), che si trovano nel canale sotto Corsanico, sulla Rubiana presso Tenerano, e lungo il fosso Tufo presso il Ponte a Monzone, nel quale luogo si formano tuttora con qualche estensione.

Brecce e caverne dell'epoca quaternaria, ricche di mammiferi fossili come nel M. Pisano ed altrove nelle vicinanze, non ne furono ancora trovate, se non in poche tracce nelle fessure del bardiglio della Cappella con *Ursus* sp., *Cyclostoma elegans* Müll., *Helix planospira* Lck. *H. nemoralis* L. Son note però le caverne della Giovannina o dei Goti presso Farnocchia, di Grotta all'Onda nel M. Matanna, e di Vecchiano, descritte da Regnoli e D'Achiardi, le quali contengono abbondanti resti della più antica industria umana ed ossa fossili umane con specie di conchiglie, particolarmente l'ultima, che abitano tuttora le Alpi Apuane ma non più que' dintorni (*H. cingulata* Stud.). Quei resti umani appartengono ad una delle più antiche razze abitatrici del litorale ligure, la quale seppelliva interi i suoi morti e che lasciò abbondantissime tracce di sé dalla Provenza a Vecchiano e forse a Cucigliana nel Monte Pisano. In una grotta presso il Salto della Cervia il Regnoli trovò superficialmente delle ossa di *Canis lupus*, specie da pochi lustri spenta nella regione; nelle buche di Velichetta sopra Capezzano entro le brecce superficiali trovai fossili le seguenti specie tuttora viventi in quei luoghi, *Hyalinia lucida* Drap., *Helix obvoluta* Müll., *H. cinctella* Drap., *H. carthusiana* Müll., *H. planospira* Lck., *Pupa quinquedentata* Born, *Cyclostoma elegans* Müll.

¹ Cocchi (p. 189) impropriamente li ritiene depositi morenici.

CAPO XVII.

Interruzioni nella serie de' terreni.

Nella natura non sono interruzioni, ed una serie incessante di fatti lega il presente al passato. Il fenomeno della sedimentazione non essendo mai sospeso, avviene che se in un luogo possono essere discordanze ed intervalli tra formazioni diverse, altrove queste si succedono con perfetta concordanza reciproca. Però, se invece di considerare i sedimenti nel loro insieme, li esaminiamo partitamente, ci persuadiamo di leggieri che nei mari non fu una pioggia continua di depositi, e che in ogni epoca, fra sedimento e sedimento, corsero tempi più o meno lunghi e misurabili sovente colla durata della vita di parecchi esseri. Anche oggi la draga porta qualche volta, dalle profondità dei mari, fossili e tracce di terreni più o meno antichi rimasti scoperti, sui quali non si depositano strati del tempo nostro.

Ci troviamo dunque a due conclusioni contrastanti fra loro, benchè solo in apparenza, che cioè ogni sedimento di un'epoca è in qualche regione strettamente collegato coi sedimenti di epoche antecedenti e successive, e che d'altra parte un intervallo più o meno grande è passato pure fra strato e strato di ogni singola età.

La geologia si vale di parecchi criterii per iscoprire la lunghezza di questi intervalli. La presenza di esseri continentali è il più sicuro indizio dell'esistenza d'una regione emersa e d'interruzione fra sedimenti; la presenza di sabbie e di ghiaie è pure un buon indizio. Il diverso carattere delle faune marine, che è il più delicato termometro delle variazioni nella profondità dei mari, quindi il miglior segnale di discordanze e di intervalli che si verificano altrove, non è ancora sufficientemente studiato per modo che la geologia possa trarne il debito partito, salvo per i depositi terziari e specialmente per quelli più recenti. Le *discordanze* delle stratificazioni, che sono riguardate come il più importante documento d'interruzione nelle medesime, non hanno di per sè quel significato che loro viene comunemente attribuito. In quei modi netti e recisi quali vengono ordinariamente figurati nei trattati di geologia, esse si verificano ben di rado e per lo più nei rapporti fra terreni alluvionali o continentali ed altri marini. Fuori di questi casi soltanto lunghe e difficili ricerche e lo studio di tutto un insieme di complicate circostanze può decidere se la *discordanza* rimonti alla deposizione originaria dei sedimenti oppure sia dovuta a movimenti e spostamenti successivi dei medesimi. Se si verifica il primo caso esse sono della più straordinaria importanza per la storia de' continenti e della terra.

Premesse queste considerazioni elementarissime, ma indispensabili al mio argomento, verrò a considerare cogli' indicati criterii le interruzioni che si verificarono tra le formazioni nelle Alpi Apuane.

Dove la serie delle rocce descritte è regolare, si direbbe che concordanza e graduato passaggio siano fra le medesime, dalle più antiche siluriane alle più recenti dell'Eocene. Ciò si verifica tra il Paleozoico, il Trias, l'Infralias ed il Lias nella regione centrale; tra l'Infralias, il Lias, la Creta e l'Eocene, in tutta la regione orientale dalla Valle di Camaiore a quella di Vagli. È necessario dunque ricorrere agli altri criterii, non fallaci, sopraindicati.

L'abbondanza dei Cefalopodi e dei Crinoidi nei vari strati del Siluriano attesterebbe che questi si depositarono in mari piuttosto profondi. Ulteriore riprova della relativa uniformità e della profondità del mare di quei tempi è data dal fatto che il nostro Siluriano rientra nella grande serie la quale si estende dalla Sardegna alla Stiria e che, mediante i giacimenti di quest'ultima regione, è collegata con quella della Turingia e della Boemia. Però i conglomerati alternanti negli strati superiori di Levigliani e della Val di Serra attestano l'esistenza di non lontane isole elevate sopra il fondo del mare donde essi provenivano. L'esistenza di qualche terra è poi messa fuori d'ogni dubbio per età più recente, fuori delle Alpi Apuane, dagli strati carboniferi con flora terrestre delle Alpi Marittime, dagli strati antracitiferi del Monte Pisano e dalla flora assai prossima di Jano nella provincia di Firenze. A questa interruzione, probabilmente, risponde l'intervallo cronologico fra il Siluriano ed il Trias, il maggiore che si verifichi nelle Alpi Apuane.

La fauna triassica della zona a *Turbo solitarius*, giudicando dalle analogie colle circostanze odierne, e dalle alghe le quali ne fanno parte, è di mare meno profondo di quella successiva de' marmi con *Encrinus* che potrebbero avere origine coralligena e specialmente della successiva zona de' diaspri originata certamente a grande profondità. Ma lasciando questi indizi di successiva depressione nei mari durante la parte meno recente del nostro Trias, certo è che le successive arenarie o finissime *grauwacke* derivanti da rocce gneissiche o granitiche, ed i conglomerati della parte superiore del medesimo Trias attestano l'esistenza di nuove interruzioni e di non lontane isole la cui realtà sarebbe anche meglio comprovata quando si prendesse in esame eziandio il Trias delle regioni vicine.¹

Nella successiva epoca infraliassica non vengono meno i segni di queste oscillazioni nel fondo de' mari, indizio invariabile di più o meno lontane interruzioni dei sedimenti. Gli strati inferiori ad ab-

¹ C. De Stefani, *La Montagnola senese*, (Boll. Com. geol., vol. X, 1879, p. 210 e seg.).

bondantissime *Ledae* e *Myophoriae* di Miseglia indicano un mare più profondo di quello in cui vivevano le *Aviculae*, le *Plicatulae*, le *Carditae*; come i conglomerati di varie parti delle Alpi Apuane segnano la vicinanza ancora maggiore di litorali che non nell'età precedente.

Poco dissimili paiono le circostanze della successiva zona a *Psilonoti*, i cui calcari ceroidi ricchi di gasteropodi non è difficile abbiano origine pur essi da scogli di coralli. Lo stesso dicasi della zona ad *Angulati* in alcuni de' cui strati ricordai tracce di vegetali terrestri: vero è che simili tracce si trovarono in fondo ai mari odierni anche a più di 500 miglia dalla costa più vicina.

Però è già nota la grande limitazione dei mari del Lias inferiore in Europa, limitazione che andò velocemente scomparendo ne'successivi piani del Giura.¹ Durante il Lias inferiore erano terraferma la Scozia, la Scania, la Boemia e tutta l'Europa settentrionale ed orientale, la qual cosa spiega pure il carattere dei mari e dei depositi nostri.

Cambiarono le circostanze nelle epoche posteriori, e nella zona ad *Arietites*, nel Lias medio, negli schisti a *Posidonomyae* non notiamo alcuni indizi di litorali prossimi o lontani, ma con notevole uniformità gli strati di quelle epoche sembrano formati in mare alto e profondo.

Quando si vogliono escludere gli strati fossiliferi del Titoniano e dell'Aptiano, vi sono lunghe durate di tempo rispondenti a gran parte del Giura medio e superiore e della Creta inferiore delle quali non sono conosciuti fossili nelle Alpi Apuane e per gran parte nemmeno nelle regioni contigue. Però non possiamo parlare con precisione di interruzioni nei sedimenti, perchè della serie di questi, dal Lias superiore all'Osfordiano, da questo fino al Titoniano e da qui all'Aptiano, non si conosce l'età precisa, e non si conosce se e quali terreni manchino o quali vi siano rappresentati.²

Tutte le suddette rocce dal Lias alla Creta media si succedono apparentemente con perfetta concordanza e continuità, non mostrano tracce di arenarie o di conglomerati con frammenti estranei alla formazione, ma sono quasi interamente costituite da calcari compatti con minutissime foraminifere o da diaspri, terreni tutti che attestano un mare profondo e la continuazione delle circostanze cominciate colla zona ad *Arietites*.

¹ M. Neumayr, *Die geographische Verbreitung der Juraformation* (Denkschriften d. K. Ak., Wien, 1885).

E. Suess, *Das Anlitz der Erde*, vol. II, 1888, p. 341.

² Il Lotti, il Canavari (in Meneghini, *Sulla fauna del capo di San Vigilio, illustrata dal Vacek*, Proc. verb. soc. tosc. 14 novembre 1886, p. 155), ed altri suppongono che molti terreni manchino perchè attribuiscono gli schisti a *Posidonomyae* al Lias superiore e ritengono questi discordanti sotto ai terreni della Creta, supposizione non esatta.

Le medesime circostanze, della concordanza dei depositi tra il Lias e la Creta inferiore da una parte e della interruzione di parecchi depositi fossiliferi intermedi, si verifica pure nelle regioni circostanti, e piuttosto che attribuire tali fatti ad altre ragioni ¹ credo si debbano alle grandi profondità dei mari le quali, nell'Italia, in niun altro periodo arrivarono a quel grado. Durante il Giura, infatti, il mare si estendeva dalle regioni polari artiche all'Abissinia, dalle Indie all'Atlantico ed il Mediterraneo odierno rispondeva forse alle parti più centrali di esso. L'essersi i mari giuresi estesi successivamente, ricoprendo con discordanza sempre maggiori terreni che prima erano emersi, ha fatto credere impropriamente al Vacek che durante il Giura inferiore una emersione di suolo si fosse manifestata in quasi tutta Europa. ² Nel Tortoniano e nel Neocomiano inferiore estesi bacini salmastri si trovavano a N. di là dalle Alpi, a N. O. di là dal dipartimento dell'Yonne in Francia, ad O. di là da Valenza in Spagna; ma nelle nostre regioni seguitavano mari più profondi che non fossero stati nel Lias inferiore e nel Retico.

La Creta superiore colle sottili arenarie non infrequenti, colle frequenti tracce di vegetali terrestri e coi bassi fondi di luoghi apenninici non lontani, dà qualche accenno del ritorno d' un periodo continentale.

Anche lo studio delle regioni circostanti mostra che dopo la Creta media, in rispondenza a parte della regione che è oggi occupata dalle Alpi Occidentali e dal Tirreno e precipuamente dal mare Toscano e Ligure, fra l'Apennino settentrionale, la Corsica e la Sardegna, erano delle terre emerse estese. Allontanandosi da queste terre, sepolte oggi forse completamente dal mare, verso qualunque parte d'Europa, d'Asia, d'Africa o d'America si vada, troviamo fino a grandi lontananze depositi cretacei prettamente marini. Non è però esatto che durante il Cenomaniano e più durante il Senoniano, tutta Europa e principalmente le regioni mediterranee fossero sommerse. ³

Manca nelle Alpi Apuane, come in tutte le Alpi italiane, nell'Apennino e nelle isole tirrene grandi e piccole, ogni traccia sicura dell'Eocene inferiore, sicchè in questo tempo giungeva al suo culmine quel periodo di sollevamento che avea cominciato a manifestarsi colla Creta media. Una riprova di ciò l'abbiamo pure nel fatto che nelle regioni circostanti, ad O. ed a N. O., dalla Catalogna al Mezzogiorno della Francia fino al confine delle Alpi Marittime si estendevano du-

¹ A. Zittel, *Geologische Beobachtungen aus den Central Apenninen*, p. 138. Mojsisovics, *Dolom. Riffe*, p. 84, 85.

² M. Vacek, *Ueber die Fauna der Oolithe von Cap. S. Vigilio, verbunden mit einer Studie ueber die obere Liasgrenze*, Wien, 1886.

³ Suess, *Ant. d. Erde*, vol. II, p. 364.

rante l' Eocene inferiore gli strati d'acqua dolce costituenti il piano Garumniano di Leymerie:¹ mentre dall'altra parte dell' Adriatico, dalla Carinzia all' Istria, al Quarnero, a parte della Dalmazia si estendevano gli strati d'acqua dolce e salmastri appellati *Liburnici* dallo Stache.² È probabile che almeno gli strati Garumniani facessero corona ad isole e terre emerse rispondenti all' Apennino ed al Tirreno, invece di essere l' estremo limite meridionale della terra ferma d' Europa, come vuole Suess,³ mentre invece più a N. rispondono ad essi dei terreni marini.

Nella seguente zona ad *Orbitoides*, parte inferiore dell' Eocene medio, le argille rosse (e i diaspri del prossimo Apennino) sono depositi di mare molto profondo. I calcari screziati, i quali alternano con essi e che sono un immenso cumulo di resti organici (briozoi, foraminifere, coralli) dell' epoca, rotti e frantumati per forza di mare, provano almeno la vicinanza di masse rilevate d' origine animale, simili ad atolli, la cui esistenza, prima, e distruzione poi, si potrebbero connettere con oscillazioni del fondo marino. Poco diverse furono le circostanze del successivo calcare nummulitico dell' Eocene medio, nel quale, colle medesime argille e schisti denotanti un mare per lo più non litorale, alternano gli stessi calcari con frammenti di coralli, con foraminifere e con briozoi meglio conservati che non nell' epoca antecedente. Vi si aggiungono però alcune arenarie, e nel calcare nummulitico sono vere ghiaie di altri calcari più antichi e di selce. Per conseguenza si può credere che que' banchi d' origine organica formassero delle isolette sottomarine sul posto, scegliendo di preferenza, come oggi accade per animali consimili nel Pacifico ed altrove, fondi calcarei e stabili; si hanno prove adunque di sollevamenti sopravvenuti forse nella medesima regione, e d' interruzioni non lontane.

Queste prove sono anche maggiori nella successiva zona delle sabbie o arenarie. L' estensione e l' uniformità di queste sono argomenti sicuri che in regioni non troppo lontane si ergevano sul fondo del mare un' importante terra, o per lo meno grosse isole. Il luogo donde queste sabbie provenivano non era certo le Alpi Apuane nè le colline toscane formanti la *Catena metallifera* del Savi, giacchè queste erano allora sommerse e niuna delle rocce di questi monti vi si trova: ma le ghiaie grosse anco quanto una nocciuola, che nell' Apennino verso il Po vanno aumentando in dimensione e le solite finissime ma-

¹ P. Mathéron, *Note sur les dépôts crétacés lacustres et d'eau saumâtre du Midi de la France* (Bull. soc. géol. de France, 1875-76).

A. Leymerie, *Mémoire sur le type Garumnien* (Annales des sciences géologiques, IX, 1877).

² G. Stache, *Die liburnische Stufe* (Verh. d. geol. Reichsanstalt, 1880).

³ Suess, *Ant. d. Erde*, p. 364.

terie cristalline, mostrano che tutto derivava da una estesa regione emersa e coperta da vegetazione, formata da micaschisti, da *gneiss* e da altre rocce antichissime.

Le analogie, anzi l'identità, di certe rocce fanno ricercare questa regione nelle Alpi centrali ed occidentali, nella Sardegna e nella Corsica; quanto più ci allontaniamo da quelle regioni troviamo in allora il mare libero e più profondo.

Abbassamento o scomparsa dell'anzidetta regione emersa, oppure deviazione delle materie che ne provenivano, e mari piuttosto profondi, indicano le rocce calcaree ed argillose che accompagnano i terreni vulcanici del successivo Eocene superiore. Deve notarsi però che la tenuità de' sedimenti si fa sempre maggiore allontanandosi dalle Alpi Apuane, specialmente andando verso la vallata del Po; la qual cosa, molto più se si aggiunge la successiva maggiore estensione dei diaspri a ben conservate radiolarie, e dei banchi calcarei a spicule di spugna, può mostrare che quanto più si dilungavano dalle Alpi Apuane, tanto meno i sedimenti erano litorali, e che dove quelli si estendevano era una regione sottomarina meno profonda che non verso l'odierna valle del Po.

Dall'Eocene superiore alla parte superiore del piano Pontico mancano le rocce; se non che al terminare del piano Pontico troviamo la regione già sollevata e disegnata presso a poco come oggi, e da ciò potrebbe dubitarsi che i terreni dell'epoca miocenica, quand'anche si fossero depositati, fossero poi stati asportati dalle denudazioni. La parte superiore del piano Pontico ed il Pliocene (Fig. 5, 7) sono rappresentati da conglomerati e da strati con faune e flore continentali, per di più non concordanti, per regola quasi generale, colle rocce antecedenti, e tuttora presso a poco orizzontali. Nei medesimi abbiamo la prova più positiva del già avvenuto sollevamento e della forma già acquistata dalle Alpi Apuane.

Esclusivamente continentali sono le rocce quaternarie che ho descritto.

Nel seguente quadro ho riassunto la successione delle rocce che costituiscono le Alpi Apuane, aggiungendo le verosimili interruzioni e gl' intervalli verificatisi durante la loro formazione.

QUADRO DEI TERRENI DELLE ALPI APUANE.

.

Era o Periodo	Natura litologica	Zona o Piano	Interruzioni e circostanze batimetriche	
SILURIANO	Calcari a <i>Orthoceras</i> e crinoidi; calceschisti carboniosi a crinoidi; filladi, puddinghe, micaschisti, <i>gneiss</i> , alternanti fra loro.	Piano <i>E.</i>	Strati carboniosi (d'origine continentale?) e conglomerati sovrastanti a calcari con fauna di mare profondo. Litorali non lontani.	
TRIAS	<i>Grezzoni</i> compatti bituminosi.	Trias medio		
	<i>Grezzoni</i> chiari magnesiaci.	<i>(Muschelkalk, Norico).</i>	Mari non profondi con alghe calcarifere. Fauna con prevalenza di gasteropodi.	
	Dolomiti; calcari marmorei.	Trias superiore (<i>Keuper</i>) Carnico.	Mari più profondi con scogli di coralli? Faune a radiolarie e crinoidi. Depressione continuata.	
	Calcari ceroidi con selce e quarzo.			
	Diaspri e cipollini.		Strati ad <i>Encrinus granulosus</i> Münst.	Arenarie e conglomerati grossolani. Sollevamenti non lontani.
	Cipollini; marmi statuari; micaschisti damouritici e cloromicaschisti; arenarie e filladi a fucoidi.			
Schisti e calcari terrosi.	Infralias o Piano Reticco.	Zona ad <i>Avicula contorta</i> Port. Plaga Sveva.	Faune variate e locali, alternativamente litorali e di mediocri profondità (a <i>Leda</i>). Conglomerati. Emersione di terre estese non lontane.	
LIAS	Calcari cerulei semicristallini, bianchi o rosei e calcari cerulei schistosi.	Lias inferiore Zona a <i>Psilonoti</i> ed <i>Angulati</i> .	Zona a <i>Pseudomelania pseudotumida</i> e zona a <i>Psilonoti</i> . Zona a <i>Brachipodi</i> e zona ad <i>Angulati</i> .	Faune a gasteropodi, localizzate. Mari non molto profondi. Strati di mare piuttosto profondi, frammenti di vegetali terrestri. Litorali non lontani.
	Calcari ceroidi rosei a crinoidi.	Lias ad <i>Arietites</i> Bucklandi.	Strati a <i>Pentacrinus</i> , <i>Eugeniocrinus</i> , etc.	
	Calcari rossi ad <i>Arietites</i> .	Zona ad <i>Arietites</i> Bucklandi.	Zona ad <i>Arietites bisulcatus</i> Brug.	
	Calcari chiari con selce.	Lias medio.	Zona ad <i>Amaltheus margaritatus</i> .	Mari profondi e lontani da terre emerse.
	Calcari rossi e schisti calcarei.	Lias superiore o Toarciano.	Zona incerta ad <i>Harpoceras bifrons</i> , fossilifera nel contiguo Apennino ed alla Spezia.	

Era o Periodo	Natura litologica	Zona o Piano	Interruzioni e circostanze batimetriche
GIURA	Schisti calcarei.	Schisti a <i>Posidonomya ornati</i> Quenst.	
	Calcari compatti a foraminifere, diaspri e pochi schisti.	Probabilmente gli Schisti a <i>Posidonomyae</i> rappresentano l'Osfordiano. Non si conosce se e quali delle epoche comprese fra il Lias superiore e il Tortoniano siano rappresentate da questi terreni. Radiolarie incerte, Foraminifere (<i>Globigerinidae</i>) non studiate. Faune ignorate. Interruzioni ignorate. Sembra continuassero mari assai profondi e lontani da litorali.	
	Calcari ad <i>Aptycus</i> e diaspri.	Tortoniano.	Faune di Cefalopodi e Radiolarie. Mari profondi.
CRETA	Calcari compatti con spongieri? e foraminifere, diaspri; calcari schistosi a fucoidi.	Neocomiano inferiore e Aptiano.	Mari piuttosto profondi. Sembra seguitino con poche variazioni le circostanze cominciate nella zona ad <i>Arietites Bucklandi</i> del Lias. Non si conoscono però i limiti precisi de' terreni fra il Tortoniano e la Creta superiore.
	Calcari compatti; schisti argillosi; calcari arenacei.	Cenomaniano. Creta super. { Piano ad <i>Inoceramus Cripsii</i> Mant.	Arenarie sottili. Faune che sembra sieno di mari meno profondi. Emersione di qualche terra non lontana.
Manca l'Eocene inferiore probabilmente per emersione.			
TERZIARIO	Calcari frammentari screziati; argilla schistosa rossa.	Eocene medio.	Parte inferiore. Atolli e scogli d'origine organica in regioni non lontane.
	Calcari screziati, marne, schisti argillosi, arenarie fine.		Zona a <i>Nummulites Ramondi</i> Def. Mari meno profondi; denudazioni sottomarine; scogli ed isolotti aventi in parte origine organica nella stessa regione delle Alpi Apuane.
	Arenarie fine e grossolane; calcari screziati.		Flora di fucoidi, e vegetali terrestri forati da teredini, per lungo tempo galleggianti sui mari. Sabbie immense. Emersione di una estesissima e non lontana regione di rocce cristalline, probabilmente delle Alpi, della Sardegna e della Corsica. Minori profondità nei mari delle Alpi Apuane.
	Calcari compatti e marnosi; arenarie; argille; rocce vulcaniche acide e basiche.	Eocene superiore.	Limitazione della regione suaccennata o, meno probabilmente, deviazione delle materie che ne derivavano. Mari non prossimi a litorali estesi. Formazione di tre zone vulcaniche in massima parte almeno sottomarine.
Mancano i terreni intermedi, probabilmente per denudazione.			

Era o Periodo	Natura litologica	Zona o Piano	Interruzioni e circostanze batimetriche
TERZIARIO	Argille lignifere.	Miocene superiore { Parte superiore del Piano Pontico.	Fossili d'acque salmastre e terrestri. Conglomerati di rocce terziarie della regione. Emersione delle Alpi Apuane.
	Argille lignifere e conglomerati.	Pliocene. { Zona a <i>Mastodon Arvernensis</i> Croiz. e Job.	Fossili d'acqua dolce e terrestri. Conglomerati di rocce antiche della regione. Emersione e denudazione sempre maggiore delle Alpi Apuane.
	Conglomerati alluvionali e depositi glaciali.	Postpliocene, Glaciale.	Seguitano la denudazione ed il periodo continentale delle Alpi Apuane, con prosciugamento dei laghi che le circondavano.
	Alluvioni, travertini, frane, ravaneti; breccie ossifere.	Recente, Attuale.	Allontanamento del mare dalla spiaggia occidentale delle Alpi Apuane.

PARTE SECONDA.



CAPO I.

Descrizione delle pieghe.

Piega A.

FIG. 1-12, 20.

Esponendo io le circostanze delle pieghe con concisione quasi matematica, è necessaria la maggiore attenzione, colla carta alla mano, da parte di quelli che ne volessero seguire l'andamento. Gli altri possono andare oltre con sollecitudine.

Intorno ai terreni paleozoici delle Valli del Frigido e della Versilia, si estende la piega maggiore o centrale delle Alpi Apuane diretta presso a poco secondo il meridiano. La lunghezza per cui gli schisti paleozoici si estendono, da un estremo all'altro, cioè dalla Guardia sopra Vinca ai Quattro Metati sotto Monte Ornato, è di m. 20,500. Circa a metà di questa lunghezza la piega paleozoica, tra il Monte d'Antona e lo spartiacque tra la Versilia ed il Frigido, è divisa in due da una sella o depressione a sinclinale occupata da lembi di *grezzone* e da strati marmorei appartenenti al Trias e, per via di brevissime interruzioni prodotte da denudazioni e da piccole pieghe, staccati dalla massa dei calcari triassici, che fanno un giro completo intorno agli schisti paleozoici. Così, come già chiarii anni sono, ¹ la piega principale, che chiamerò piega A, ² è costituita da due pieghe od elissoidi, da quella del Frigido A₁, e da quella della Ver-

¹ *Consid. strat.*, 1874, p. 132 e seg. 206.

² Per indicare le varie pieghe in modo conciso e sicuro distinguo ciascuna di esse con lettere maiuscole, p. es. con A, B, ec. Nelle Alpi Apuane comincio a distinguere con A la piega maggiore ad oriente. Se le pieghe fossero moltissime, invece che con lettere, si potrebbero distinguere con numeri. I sinclinali intermedi alle varie pieghe li distinguo colle lettere delle rispettive pieghe unite da una lineetta, p. es. con A-B, CD-E, ec.

silia A_2 , separate da piccolo sinclinale A_1-A_2 : esse hanno per *nucleo* schisti paleozoici e sono collegate a cifra 8 dai calcari triassici.

La parte settentrionale della piega A_1 , dalla Guardia sopra Vinca nella Valle del Lucido (ed anzi poco più a N., quando si volesse considerare l'anticlinale formato dai *grezzoni* triassici) fin sotto al Forno nella Val del Frigido, per circa 7,500 m., si dirige presso a poco da N. a S. ed è rovesciata contro levante per guisa che le pendenze degli strati sono tutte verso ponente (Fig. 1-3). Il rovesciamento che è maggiore nella parte settentrionale e centrale,¹ va divenendo minore passando a mezzogiorno verso il Forno, per guisa che ivi intorno gli strati sono verticali o quasi (Fig. 4-6).² Parimente il rovesciamento va diventando maggiore negli strati dall'altezza di circa 800 m. sul livello del mare in su; cosicchè, nel lato O. nel quale le pendenze si conservano regolari, ed alquanto meno nel lato E. che è quello rovesciato, gli strati più alti del Trias e dell'Infralias sono orizzontali o quasi; mentre inferiormente, nell'atto che scendono ad immergersi sotto l'orizzonte, si piegano e vanno avvicinandosi alla verticalità: perciò, se si trattasse di strati regolari invece che d'una piega rovesciata, si direbbe che i detti strati occidentali, scendendo, formassero una piega isoclinale (*flexure*) o un *ginocchio* (Fig. 1-3).

In Val delle Rose si può bene osservare il quasi improvviso cambiamento d'inclinazione degli schisti paleozoici, de' *grezzoni* e de' marmi, pendenti nell'alto, a M. Rasori ed alla Tecchia de' Farinosi, anco solo di 35 e 40°, e verticali nel basso (Fig. 3). Gli strati del lato O. assai raddrizzati e talora anco rovesciati con pendenza ad E. nella Valle di Torano, seguitando a scendere sotto l'orizzonte riacquistano naturalmente la regolare pendenza ad O.; gli strati del lato E. seguitano il loro giro e li vedremo ricomparire in altri anticlinali più ad oriente. La larghezza del *nucleo* formato dagli schisti paleozoici nelle valli di Vinca e del Forno, quale appare alla superficie, è di almeno 1250 m.

A S. del Forno la piega A_1 diventa più regolare, si fa più estesa, e deviando contro le masse calcaree triassiche di Pruneta che la separano dalla piega A_2 , si dirige da N. O., anzi quasi da O. N. O. ad E. S. E. obliquamente alla direzione primiera (Fig. 7, 8). Gli strati del fianco E. sono più raddrizzati di quelli ad O., ed anco qui si osserva la medesima tendenza degli strati triassici più alti, nelle cime, a rovesciarsi maggiormente degli strati inferiori. Nella direzione degli strati del lato occidentale è notevole la stretta curva o sinuosità che si manifesta fra Cagliaglia ed Altagnana, dove essi

¹ B. Lotti e D. Zaccagna, *Sez. geol. Alpi Ap.*, p. 10, sez. 1.

² C. De Stefani, *Consid. strat.*, 1874, p. 133; Lotti e Zaccagna, *Sez. geol.*, p. 18 e seg., sez. 2, 4.

rientrano verso N. N. O., cioè verso la regione centrale della piega. Ivi, per effetto di un grandioso spostamento negli strati calcarei triassici come si dirà a p. 95, 106, gli schisti del Trias vengono per breve spazio a diretto contatto con quelli del Paleozoico (FIG. 7).

Intorno Gronda, dalla massa degli schisti paleozoici, si diparte verso N. una piccolissima piega a mo' di curva parabolica, la quale, come vedremo, non è senza importanza pe' fenomeni di quei luoghi; la chiamerò per ora flessione di Gronda (FIG. 6).

La piega A_2 (Versilia) diretta da N. N. O. a S. S. E. è sufficientemente regolare, particolarmente nel fianco O. (FIG. 9, 10). Nel suo estremo N. gli strati sono però raddrizzati e verticali, e nel tratto intermedio verso la piega A_1 si verificano delle minori flessioni aventi direzione parallela alle altre, quale sarebbe la flessione che divide la massa calcarea del Carchietto da quella del Carchio (FIG. 10). Nel fianco E., nella parte più settentrionale, gli strati sono al solito quasi verticali e rovesciati in parte contro E.,¹ come nella porzione più meridionale a S. della Croce di Zani, ed il rovesciamento, al solito, è maggiore in alto che in basso, almeno nella parte settentrionale.

A S. di Falcovaia, presso la Croce di Zani terminano gli strati triassici che formano il fianco E. nella porzione settentrionale della piega A ; e soltanto schisti paleozoici seguitano a formare quel fianco più a S. fino al termine di essa. La uniformità nella natura litologica degli schisti, e il rovesciamento con uniforme pendenza circa a S. O. o S. S. O., mi hanno impedito di determinare in modo assoluto quale sia la linea di separazione fra gli schisti appartenenti al fianco E. della piega A_2 già descritta e gli schisti appartenenti al fianco O. della piega anticlinale B che si stende più ad oriente e che, come si vedrà, è rovesciata pur essa contro E.²

¹ C. De Stefani, *Consid. strat.*, 1874, p. 137, 205.

² Mi sono più volte domandato se per avventura ad occidente della piega principale A verso il mare, si svolgessero pieghe rovesciate contro E. pendenti ad O. e addossate a quella. Ho udito talora manifestata a guisa d'ipotesi l'idea che i grezzoni talora cavernosi e gli statuari superiori ai marmi nel Carrarese fra la Valle di Colonnata e il Castellaccio di Vinca appaiano per via d'una forte piega. Essi però sono talmente connessi ed alternati coi calcari a selce, che se ne debbono ritenere una semplice plaga come gl' identici calcari fra Puntato e l' Isola Santa nella Valle della Torrite Secca. D'altronde *grezzoni* ne appaiono anche negli strati superiori degli schisti presso Capezzano e marmi *statuari*, benchè limitati, si trovano in molti altri luoghi negli strati più recenti, fra la Brugiana e Strettoia e al Capo Corvo presso la Spezia: que' calcari poi sono litologicamente diversi dagli altri più antichi. Siccome inoltre fra la Valle del Salto e il Castellaccio sono molte le alternanze di piccoli banchi marmorei in mezzo ai cipollini con selce ed agli schisti cui fan passaggio, come fra la Brugiana e Strettoia, bisognerebbe venire all' assurdo di ammettere tante infinite pieghe a raggio minimo quante sono le alternanze eteropiche. Mi domandai altre volte se per via d'una piega rovesciata, tra il Frigido e il Canale delle Frane, si ripresentassero gli schisti siluriani a diretto contatto con quelli triassici, con mancanza di tutti i calcari intermedi. Infatti, come già notai,

Sinclinale A-B e piega B.

FIG. 1-12, 15-18.

Tra la piega anticlinale *A* e quella più orientale *B*, si estende il sinclinale *A-B*, interamente rovesciato pur esso contro E. e diretto da N. a S. con leggera deviazione verso S. 20 E. nella porzione più meridionale a mezzogiorno di Resceto. La lunghezza per la quale è formato da rocce triassiche, dalle Mandrie di Minucciano fin quasi alla Croce di Zani in Versilia è di 14,750 m.

La maggiore larghezza del sinclinale si verifica nella parte settentrionale nella Valle dell'Orto della Donna (FIG. 1), dove esso comprende pure tutte le rocce triassiche schistose, le quali si estendono nella regione settentrionale delle Alpi Apuane: soltanto gli strati infraliassici sovrastanti acquistano regolare andamento intorno alle pieghe delle rocce più antiche.

Dall'Orto della Donna verso S. il sinclinale va restringendosi, ed il fondo schistoso, a partire dal Monte Cavallo, si riduce a larghezza di pochi metri. Gli strati più alti verso le cime sono, anco in questo sinclinale, più rovesciati, essendo la loro pendenza di 40° e

gli schisti stratigraficamente superiori ai marmi della regione occidentale sono notevolmente diversi da quelli della regione orientale ed alcuni strati, anco fatte le esclusioni che il Lotti fa, come dirò più sotto, somigliano molto a quelli siluriani. Nelle vicinanze di Seravezza poi, l'affinità degli strati contigui è tale che non si può segnare il confine fra Trias e Siluriano. Altra cosa singolare è la interruzione delle zone calcaree nella regione occidentale, disposte a lembi isolati, interrotti, quali si palesano nel mezzo di sinclinali molto stretti. Il Lotti (B. Lotti, *Sulla separazione degli schisti triassici da quelli paleozoici nelle Alpi Apuane*, Boll. Com. geol., 1882, p. 82) portò in campo anche la presenza di strati di *gneiss*, che egli credeva mancante al Trias, a ponente del marmo del Carchio, l'apparente sottoposizione di alcuni tratti di schisto a ponente del Carchio ai marmi, la presenza di *grezzoni* in quello stesso lato e l'inversione delle stratificazioni dell'idromicaschisto presso Canevara sul Frigido. Egli suppose che le pendenze dei citati luoghi fossero regolari anziché rovesciate, che comprovassero l'esistenza di un anticlinale siluriano dilungato fra gli schisti triassici dal Carchio al Frigido, che gli *gneiss* predetti ed una gran parte degli schisti nell'alto del Canale di Montignoso e sul Frigido appartenessero al Siluriano, che i calcari del Carchio fossero disposti in ampio e regolare sinclinale. Però d'altra parte i numerosi calceschisti contenuti negli schisti della regione occidentale non contengono *Orthoceras* e nulla hanno che fare coi calceschisti siluriani, per cui se ne può indurre anche una differenza d'età: gl'idromicaschisti feriferi e cloritici somigliano litologicamente a quelli siluriani, benchè contengano d'ordinario l'otrelite in grossi cristalli, ma nella Brugiana p. es. alternano con cipollini fossiliferi certamente triassici: scendendo negli schisti siluriani o salendo in quelli triassici s'incontrano rocce mancanti a vicenda nel terreno diverso, come gli schisti cerulei, macchiati del Siluriano, gli schisti quarzosi, verdi, a lastre ed i cipollini ferruginosi del Trias. I pochi *gneiss* del Carchio somigliano a quelli siluriani, ma si trovano identici ed anche meno limitati negli strati più recenti del Trias, a Stazzezza, al Forno ed in Val di Castello. Il Lotti li conosce pur qui; ma erratamente li chiamò prima *porfirite* o *sienite*, per uno scambio della tormalina che essi contengono

meno verso O., come si può vedere lungo tutta la cima dalla Forbice al Monte Girello sopra il Forno; gli strati più bassi diventano verticali o quasi (FIG. 2-6).¹

Notai già la flessione di Gronda ad oriente dell' anticlinale A_1 , la quale sembra formare una piccola curva rientrante verso N. nella zona delle rocce spettanti al sinclinale $A-B$, accompagnata ai due lati da due piccoli e brevi sinclinali. Sembra che il sinclinale $A-B$, provenendo da N., di fronte all' accennata flessione si biforchi. Il ramo occidentale, avente il *fondo*² costituito da schisti e calcari quarziferi triassici assai rovesciati contro E., termina dopo breve tratto nel M. Girello sopra il Forno (FIG. 6): gli schisti di esso sono nella diretta continuazione di quelli che costituiscono il *fondo* alla parte più settentrionale del sinclinale prima della sua biforcazione.

D' altra parte il ramo orientale, costituente la vera continuazione del sinclinale principale, seguita a levante di Gronda e della piega A fino a S. dell' Altissimo col *fondo* formato non più dagli schisti ma soltanto dai calcari marmorei, e più esternamente dai *grezzoni* (FIG. 7, 12). Il sinclinale di queste ultime rocce termina a bietta, anzi a guisa della chiglia di un vascello, in mezzo agli schisti paleozoici (FIG. 12). Nella porzione meridionale da Renara all' Ometto nell' Altissimo, gli strati vanno diventando sempre meno fortemente

con anfibolo e della idromica con talco, e più tardi *roccia granitoide*. Le pendenze degli strati invertite presso il Carchio ed a Canevara sul Frigido sono affatto parziali; la prima inversione particolarmente è quale si verifica presso che generalmente verso il mare all' esterno delle Alpi Apuane e del M. Pisano, in specie presso il contatto fra rocce litologicamente molto diverse (p. 106): essa è limitata a strati alti poche decine di metri, lunghi poche centinaia, dalla parte del Forcone a S. e verso il Colle Scritto a N., mentre nell' alto del Canale di Montignoso lo schisto copre regolarmente e con forte pendenza i marmi dello stesso Carchio. Quelle inversioni non attestano l' esistenza di un anticlinale regolare, di cui d' altronde non si ha cenno nella ripetizione avvicinata di strati litologicamente e paleontologicamente identici. Gli strati calcarei del Carchio sono tutt' altro che disposti in ampio sinclinale visibile sulla vetta; ma hanno pendenze fortissime di 70 e 75° verso S. O. ed O. S. O., verso l' interno del monte; i *grezzoni* che il Lotti afferma essere fossiliferi e trovarsi in strati molto limitati sul confine occidentale dei marmi, ciò che nel Carchio non vidi, non continuano sicuramente in modo palese all' occhio a fondo di battello, avente ampia e manifesta curva, con quelli assai alti ad oriente. Essi e quelli del Campaccio, sovrastano ai bardigli scuri compatti, con raro quarzo, che formano la parte più recente dei marmi con qualche piccola lente di statuario, fanno parte forse della zona dei calcari con selce nel quale caso risponderebbero per posizione stratigrafica ai *grezzoni*, che nel loro immediato prolungamento, nel Carrarese, coprono gli stessi bardigli con selce. Mette poi sempre più in forse l' esistenza di nuove pieghe la disposizione de' calcari di M. Costa, di Trambiserra, della Rocchetta e direi dello stesso Carchio, i cui strati (*Grezzoni*, Marmi, Calcari con selce, Cipollini) si succedono con ordine naturale, senza ripetizione di serie, sotto gli schisti stratigraficamente sovrapposti. Pella Brugiana e pella stessa regione del Cartaro e di Canevara lungo il Frigido, che il Lotti attribuisce al Siluriano, questo terreno viene perentoriamente escluso dalla presenza degli *Encrinus* nei cipollini certamente triassici.

¹ Lotti e Zaccagna, *Sez. geol.*, sez. 1-4.

² Lotti e Zaccagna, *Sez. geol.*, sez. 4, 5, 7.

rovesciati contro E. e quasi verticali. Ho già detto che non ho potuto seguire la linea precisa del sinclinale fra le pieghe A e B entro agli schisti paleozoici a mezzogiorno della Croce di Zani. In conclusione però le rocce triassiche situate fra le due pieghe anticlinali A e B formano come un gigantesco V coll'angolo diretto a mezzogiorno e con un piccolo ramo che si parte dal fianco occidentale intorno a Resceto.

La piega anticlinale B, lunga quanto la piega A, si estende dalla Valle di Gramolazzo alla Versilia, rovesciata in gran parte pur essa non fortemente contro E. (Fig. 1-12, 15-18). La lunghezza che corre tra l'estremità degli schisti triassici sotto l'Infralias e l'estremità S. degli schisti paleozoici in Versilia è di circa 19,250 m. Il *nucleo*,¹ dall'Acquabianca fin sopra Arni, per circa 7,625 m. è formato dai *grezzoni* triassici colla potenza di circa 500 m. (Fig. 2-8); per circa 2,250 m. a N. dell'Acquabianca è formato da calcari marmorei, poi da calcari quarziferi, e da schisti triassici (Fig. 1); da sopra Arni alla Valle del Giardino, per almeno 4,500 m. lo è dagli schisti paleozoici (Fig. 9, 11).² Più a S., come già ho accennato dianzi, il sinclinale A-B non è più segnalato da rocce eterotipiche triassiche e non si può precisare in qual punto il lato occidentale della piega B si unisca e si confonda col lato orientale di A.

La direzione di B è da N. a S. con una leggera convessità nella sua porzione mediana, rivolta contro ponente; questa direzione è quindi inclinata di almeno una ventina di gradi sulla direzione della piega A. La sezione orizzontale dei suoi strati sembra formare una curva parabolica.

Nella massima parte, specialmente nella porzione settentrionale dalla Valle di Gramolazzo a Betigna, l'anticlinale è al solito rovesciato o pendente di 55° o più verso E.; solo per un breve tratto a S. (Fig. 1-11) della Mirandola i calcari dolomitici sono rovesciati leggermente contro O., cioè in senso contrario al rimanente, ma sollecitamente raddrizzandosi tornano alla solita pendenza ad E. A ponente del M. Macina il *nucleo*, che ivi è formato dai *grezzoni*, è rovesciato più che altrove, ed intorno alla Chiesa del Diavolo forma dei notevoli avvolgimenti con la zona sovrastante dei marmi (Fig. 8). A S. di Betigna,

¹ Trattandosi di questioni nuove per la scienza conviene fare come ha fatto Heim ed introdurre nomi nuovi o adoperare i nomi vecchi che abbiano il significato più prossimo a quello che si vuole intendere. Io, piuttosto che applicare di peso parole straniere convenzionali, adopererò parole vecchie italiane e dirò p. es. con Leymerie e Heim *nucleo* della piega o dell'anticlinale per significare la parte centrale, e *fondo* del sinclinale per indicare le rocce più recenti serrate nel mezzo (*Muldenkern*): dirò poi piega, o anticlinale, o sinclinale, *regolari*, *verticali*, o *rovesciati*, e dirò lato *rovesciato*, o *regolare*, ec.

² L. c., sez. 8.

dove gli strati sono più contorti e tormentati, sebbene il rovesciamento occupi la gran massa degli strati paleozoici, pure nei fianchi più esterni dove s'immergono sotto il Trias essi riacquistano una pendenza regolare (FIG. 11).

Piega C e sinclinale B-C.

FIG. 12-18.

Come dalla regione meridionale ed orientale di *A* si diparte la piega *B*; così questa, quasi a metà della sua lunghezza, si biforca, e ad oriente dagli strati paleozoici, nella Valle del Freddone tra il Monte dei Ronchi ed il Corchia, si diparte un'altra piega con *nucleo* pure costituito da scisti paleozoici, che è quella di Mosceta o *C*. Questa, se non fosse la estrema irregolarità del suo andamento, si potrebbe veramente dire una curva parabolica sulla piega anticlinale *B*: la proiezione orizzontale ne apparisce come ramo scontorto sopra grandioso albero.

La piega *C* è regolare sul principio, salvo la contorsione di vari suoi strati, piuttosto larga, e diretta circa da S. S. O. a N. N. E. (FIG. 13). Dopo brevissimo tratto gli strati si fanno più diritti sull'orizzonte; quantunque acquistino andamento più regolare, l'anticlinale si restringe e si rivolta da N. O. a S. E. passando fra le rocce triassiche della Bassa e dell'Alpe di Puntato e quelle del Corchia. (FIG. 12, 14). A S. dell'Alpe di Puntato esso seguita a descrivere un semicerchio dirigendosi da N. N. E. a S. S. O., rovesciandosi con pendenza di 45° e più verso E (FIG. 15-18). In conclusione questo anticlinale, diretto prima circa verso N., gira poi a S. e quivi termina, e mentre sul principio accennava a dirigersi parallelamente alla parte settentrionale di *A* e *B*, tornando indietro termina parallelo alla loro parte meridionale; l'asse ideale del medesimo, cioè l'arco da esso descritto, ponendo mente soltanto agli schisti paleozoici, è lungo circa 6,250 m.; ma la corda che sottende quell'arco dall'uno all'altro estremo limite degli schisti paleozoici non ha più di 2,250 m. Esso anticlinale *C*, che è regolare nella metà settentrionale, nella porzione meridionale è rovesciato contro O.; cioè in senso contrario a quello delle regioni settentrionali delle pieghe *A* e *B*, le quali, è bene ricordarlo, nella porzione meridionale parallela a *C*, sono, almeno nei lati più esterni, regolari. A cagione di quel rovesciamento di *C*, le rocce della regione occidentale pendenti ad E. ebbero la loro posizione invertita, mentre quelle del lato orientale conservarono le pendenze regolari, tantochè andando all'esterno della piega, perpendicolarmente alla direzione degli strati, s'incontrano successivamente e regolarmente l'*Infralias* e gli altri terreni più recenti.

La larghezza del *nucleo* paleozoico di questa piega *C* è variabile assai; si può ritenere in media di circa 500 m. ¹

Il sinclinale *B-C* (Fig. 12, 15-18) è formato dagli strati triassici del M. Corchia. A N. è chiuso dalla curva che fanno gli schisti paleozoici dell'anticlinale *C*, quando cambiano la direzione dal N. al S., ed a S. termina prima del M. Alto con una estrema punta di *grezzone*.

Esso è disposto come una mandorla diretta circa da N. a S. con leggera convessità contro levante, ed è lungo circa 3,250 m. Regolare e più ampio nella porzione settentrione, come gli anticlinali che lo circondano (Fig. 12), si va restringendo e rovesciando contro O., come fa in quel tratto l'anticlinale *C* (Fig. 15-18).

Piega *D*.

Fig. 5, 7, 8, 19.

Come a levante della piega centrale *A* si diparte la piega *B* ed a levante di *B* con bizzarra direzione parte la piega *C*; così nel fianco orientale di *C* e per meglio dire da quel punto in cui *C* comincia a deviare verso S. S. O., si origina una nuova piega *D*. Talora dubitai si trattasse di una semplice alternanza naturale di rocce eterotipiche piuttosto che di uno stretto anticlinale calcareo serrato in mezzo a rocce schistose; come un'alternanza descrissi e figurai quella piega

¹ Questa piega fu primieramente notata dal Lotti (Meneghini, *Not. Triboliti Sard. e foss. pal. Alpi Ap.* e Lotti, *Ibidem*, p. 236; B. Lotti, *Sopra una piega con rovesciamento degli strati paleozoici e triassici fra il M. Corchia e la Pania della Croce presso Mosceta*, Boll. Com. geol., 1881, p. 85) messo in avviso dai fossili paleozoici di Mosceta studiati dal Meneghini (*Nuov. foss. Alpi Ap.*, p. 104). Egli però fu tratto in inganno dal non avere osservato le rocce triassiche in Franchino, e dal locale rovesciamento dei calcari con selce di Culicchiaia (p. 91, 92, 94); perciò credette che i marmi del sinclinale di M. Corchia seguitassero con quelli di M. Alto, dello Stazze-mese e del resto della Versilia (p. 88), che i cipollini e gli schisti in Franchino e nell'alto del Canale delle Piastre fossero triassici invece che siluriani e si manifestassero in mezzo alla continuazione del sinclinale di Monte Corchia (p. 94), e che gli schisti refrattari del Cardoso fossero siluriani invece che triassici formando un supposto anticlinale rovesciato in continuazione a quello paleozoico di Mosceta. In conseguenza le circostanze dell'estremità meridionale della piega sono diverse da quelle che stabilisce il Lotti; essa non si raccorda ad una superficie piana verso Cardoso (p. 94), come d'altra parte nella sua estremità settentrionale essa non forma il seguito della piega *B* (p. 95). I tagli 1 e 2 del Lotti combinano sufficientemente coi miei: non così gli altri; il taglio 3 non riproduce al vero la posizione dei calcari con selce più alti, parzialmente rovesciati a E. S. E. ma regolari a O. N. O., perciò vengono alterate tutte le circostanze a levante dei *grezzoni* che acquapendono al Canale delle Volte; il taglio 4 è poco meno che parallelo agli strati; il tratto più orientale del cipollino *cp* che è localmente rovesciato, benchè non quanto pare dalla figura, nel fatto si connette in alto, non in basso, col cipollino regolare sottostante del Canal delle Piastre e negli schisti *ar* non vi ha sinclinale nè anticlinale. Gli ultimi estremi della piega di Mosceta e del sinclinale del Corchia si svolgono nei *grezzoni* sottostanti al marmo di M. Alto. Anche il taglio 5 è quasi parallelo agli strati.

vari anni sono; ¹ ma la regolare ripetizione nella serie delle rocce triassiche, e la reale disposizione ad anticlinale della porzione più settentrionale di questi strati, mi hanno persuaso trattarsi di una piega distinta.

Questa piega si parte da *C* nel Canal delle Verghe con direzione da S. 30 O. a N. 30 E., perciò alquanto divergente da quella delle pieghe più occidentali *A* e *B*, le quali, come vedremo, ne sono separate da largo spazio; essa direzione è piuttosto nella continuazione della porzione meridionale di *C*. Il *nucleo* della piega *D*, dal Canal delle Verghe al Balzo della Scala ed al Venale sopra le Capanne di Careggine, cioè per 3,125 m. è formato dai calcari con selce e quarziferi del Trias superiore (Fig. 19, 8). Non ho ancora ben chiarito come con questa piega stiano in rapporto i *grezzoni* superiori, facenti parte della zona dei calcari con selce, della Borra.

Il *nucleo* calcareo, più esteso al Balzo della Scala, è sottilissimo e ridotto a pochi metri nella parte meridionale al Col di Calcina ed a levante del Col di Favilla. In questa parte meridionale, nell'alveo del Canal delle Verghe, per causa di una interruzione di poche diecine di metri prodotta dalle frane calcaree delle Mura del Turco, non ho osservato come quel *nucleo* di calcare selcifero della piega *D* si connetta coi calcari selciferi e cogli schisti a destra del Canale delle Verghe. Questi ultimi, seguitando verso S., formano il lato orientale di *C* e separando il Paleozoico dall'Infralias della Pania, con un'altezza alle volte di solo 2 o 3 m., rappresentano tutta la serie altrove grandissima degli strati triassici. A sinistra del medesimo canale il lato esterno o settentrionale di *C* è formato dagli schisti triassici, che senza intermezzo del calcare con selce o di altra roccia coprono direttamente gli strati paleozoici. Da quel lato perciò il *nucleo* calcareo di *D* rimane interrotto.

Nella porzione settentrionale, cioè sopra le Capanne di Careggine, il *nucleo* calcareo del suddetto anticlinale *D* è coperto dagli schisti triassici evidentemente disposti ad anticlinale pur essi; ivi fu tanto forte la compressione dell'anticlinale, che nella parte più alta del *nucleo* calcareo, sotto il Monte Grotti, vari lembi degli strati calcarei rimasero strozzati ed isolati in mezzo agli schisti, formando il rarissimo esempio di nodi anticlinali staccati per istrangolamento ² (Fig. 8).

A N. delle Capanne di Careggine l'anticlinale ricordato seguita verso il Monte Porreta e poi a destra della Tassetora fino al Rio verso Vagli per circa 2 chilometri e mezzo; ma svolgendosi intera-

¹ *Consid. strat.*, 1874, p. 211, fig. IV.

² E. De Margerie et A. Heim, *Les Dislocations de l'écorce terrestre*, Zürich, 1888, p. 60.

mente in mezzo alla zona superiore degli schisti triassici a *Eterodictyon* riesce difficile distinguerlo dalle numerose pieghe prossime che poi esaminerò (FIG. 7, 5). La direzione in quell'ultimo tratto è da S. 30 E. a N. 30 O.

Esso sparisce poi in mezzo agli schisti triassici i quali, regolarmente sottoposti alle masse infraliassiche e liassiche, chiudono il giro più esterno delle rocce del Trias dalla Valle della Tassetora a quella di Gramolazzo. Sicchè questa piega *D*, diretta in generale circa da N. a S., descrive pur essa un leggero semicerchio con piccola convessità rivolta a levante.

Tutti gli strati della piega sono rovesciati contro O. con pendenza ad E., vale a dire nello stesso verso della porzione meridionale di *C* ed in verso contrario alle parti settentrionali di *A* e *B* alle quali la piega *D* è quasi parallela. Anco in *D* gli strati più alti sull'orizzonte, come si può vedere nel Monte delle Capanne, sono più rovesciati di quelli inferiori (FIG. 8).

Sinclinale *BCD-E*.

FIG. 2-12, 14, 19.

Parallelamente e ad oriente della porzione settentrionale di *B* e per un certo tratto anche parallelamente a *C* e a *D* comparisce una nuova piega anticlinale *E* sempre rovesciata, che è però meno regolare e meno ampia delle altre fin qui accennate. Esaminerò prima il sinclinale intermedio *BCD-E*.

Questo sinclinale si può seguire per lungo tratto parallelamente a *B* a cominciare da Rossolichella sull'Acquabianca, dove comincia pure l'anticlinale *E*, fino al passo di Sella: solo pel tratto di pochi metri intorno all'Acquabianca, dove sono molteplici e limitatissime flessioni fra scisti e calcari, si può essere incerti sul vero punto nel quale comincia la piega, circostanza del resto poco importante. Nel tratto sopra indicato, lungo 5,375 m., il sinclinale è rovesciato regolarmente di 40° a 55° contro E. (FIG. 2-7): il *fondo* è costituito da schisti e da calcare quarzifero triassico ed è molto regolare e diretto circa da N. 10 O. a S. 10 E., perciò quasi esattamente parallelo alle pieghe *A* e *B*. Esso *fondo* è strettissimo, tanto che le suddette formazioni triassiche inclusevi, le quali hanno d'ordinario larghezza di qualche chilometro, quivi, quantunque raddoppiate, formano una larghezza di poche decine di metri al più. Anco in questo caso, come al solito, gli strati più alti del sinclinale sono maggiormente rovesciati di quelli più bassi, che tendono a diventar verticali, come si può verificare nella Valle dell'Acquabianca, nel canale di Romiciaia e negli altri che

scendono dalle creste della Tambura. Io ho seguito il sinclinale per tutto il tratto dianzi indicato, salvo per circa 400 m. nel rovinoso canaletto che scende dalla Focoletta.

A mezzogiorno del Passo di Sella per un chilometro non si vedon più tracce del sinclinale, perchè gli schisti ed i calcari quarziferi che ne formavano il *fondo* sono scomparsi, salvo poche tracce al Prà Loré ed alle Pennacce (Fig. 8), ed i calcari marmorei degli anticlinali *B* ed *E* vengono ad immediato contatto con eguali caratteri e con eguali pendenze, per cui non sembra possibile discernere quel che spetta ad una piega e quel che spetta all'altra.

A. S. del M. Macina sopra Arni riprincipia il *fondo* schistoso parallelo all'anticlinale *B* fino in rispondenza al punto in cui da questo si diparte la piega *C* (Fig. 9-11). Esso si estende tutto intorno ad Arni e si dilunga per 3,250 m. almeno, a principio con direzione da N. 10 O. a S. 10 E., poi, lentamente curvandosi, da Campagrina in giù va diretto da O. 20 N. ad E. 20 S. Esso *fondo* forma come una mandorla ampia nel mezzo e molto assottigliata all'estremità, specialmente alla Canala nel M. Tiévora o Freddone dove lo schisto ha larghezza di soli due o tre metri. Gli strati, come in tutti gli anticlinali circostanti, sono dovunque molto scontorti, onde le loro svariate pendenze locali non danno la pendenza della massa del sinclinale. Ne' suoi strati superiori esso è assai più ampio che non in quelli inferiori, ed anche perciò, ad onta delle compressioni laterali cui fu soggetto, si può ritenere come sufficientemente regolare.

Sulla sinistra del Canale del Freddone, che traversa la sua estremità meridionale, si può vedere che il sinclinale schistoso comincia a manifestarsi soltanto all'altezza di circa 850 metri sul livello del mare, vale a dire presso a poco a 125 m. sul livello del torrente, e posa sugli strati marmorei più recenti, che formano ivi tre piccole pieghe assai distinte. Soltanto alla Fossa Ghiraia sulla sinistra (Fig. 11)¹ ed alla Canala sulla destra del torrente Freddone, pochi metri di schisti che costituiscono la parte più profonda del sinclinale scendono ad immergersi verticali fin sotto l'alveo del torrente, per cessare verosimilmente a poco maggiore profondità.

Dalla Canala alla cima del M. Freddone (detto pure di Tievora o di Campanice), per 1500 m. non ho verificato se fra le serie de' marmi dei due anticlinali *C* ed *E*, che ivi, lasciato omai l'anticlinale *B*, corrono paralleli e vengono ad immediato contatto, si interponga in qualche punto qualche particella di schisto come rimasuglio del fondo del sinclinale *C* — *E*: è probabile che un rimasuglio sia rappresentato da alcuni schisti fra la casa del Freddone e il Gerbassoio. Gli strati in quel tratto son verticali o quasi, ed hanno direzione da O. ad E.

¹ Leggermente diversa dalla Fig. 4 in Lotti e Zaccagna, *Sez. geol.*, p. 31.

Sulla cima del Freddone riappare il *fondo* schistoso del sinclinale *C—E* che vi raggiunge la larghezza di qualche decina di metri (Fig. 12). Quel *fondo* ivi è verticale e diretto da O. ad E. Esso ben presto scompare di nuovo in mezzo ai marmi che lo racchiudono. Però ricompare più largo sulla sinistra del Canale delle Fredde, nascosto dalle frane e dalle faggete fino in Val Terreno, nell'Alpe di Puntato, con direzione da N. O. a S. E. (Fig. 14).

Occorre premettere che in quella ristretta regione di Val Terreno e dell'Isola Santa, nelle frequenti e limitate pieghe le quali vi si trovano, vengono ad immediato contatto terreni delle zone più distanti, estremamente ridotti nella loro potenza e con mancanza dei termini intermedi, la qual cosa rende necessario uno studio molto minuzioso.

A destra dell'ora accennato Canale delle Fredde seguita il sinclinale nella continuazione di quello fin qui indicato; esso ha il *fondo* degli schisti triassici più largo che nei tratti esaminati fin qui, ed ancora rovesciato, con pendenza verso N. N. E. parallela alla parte settentrionale della piega *C*; in vari luoghi gli schisti triassici si sovrappongono a quelli paleozoici, con estrema riduzione prima e con mancanza poi di tutte le altissime zone triassiche intermedie.

In Val Terreno il sinclinale bruscamente si rivolta ad angolo retto e, lasciata omai la piega *C*, si dirige da S. 30 O. a N. 30 E., parallelamente alla piega *D*, con cambiamento altrettanto brusco nella direzione del rovesciamento il quale è contro ponente, con pendenza di 25 e più gradi a E. od a S. E., come l'anticlinale *D* (Fig. 8). Alla Borra esso si restringe di molto, e di lì passa alla Torrite secca, sulla sinistra del quale torrente si estende molto pelle Capanne di Careggine e pelle Coste del Giovo sino a coprire una piccola parte della crina del Sumbra a ponente dell'Uccelliera (Fig. 8). Di qui si estende a formare la crina dall'Uccelliera a Colla Piana ed alla Maestà del Tribbio fin sulla Tassetora, nel quale luogo il sinclinale resta confuso coll'altra piega *D* che si svolge interamente pur essa nella parte superiore degli schisti triassici (Fig. 7, 5). Probabilmente a N. O. della Tassetora il sinclinale si fa più largo ed il suo *fondo*, fino a Vagli-sopra e forse fino al Giovo è costituito da conglomerati calcarei più o meno cavernosi dell'Infralias o della parte più recente del Trias. Il rovesciamento del sinclinale è massimo sulla crina del Sumbra e dell'Uccelliera, (Fig. 8) dove gli strati hanno una pendenza di non più che 25° a levante od a N. E., mentre più in basso verso la Torrita, come di solito, si raddrizzano maggiormente fino a 65° e di rado a 85°.

Esaminato nel suo insieme, il sinclinale ora indicato forma una grandiosa curva, come un U colla convessità rivolta a S. e le due aste dirette da S. a N. Uno spaccato e qualsiasi linea condotti in quella regione da O. ad E. traversano dunque quel sinclinale due volte, come

due volte attraversano ciascuno degli anticlinali e dei sinclinali che vedremo essere concentrici a questo ora esaminato.

Piega E.

FIG. 2-12, 14, 19.

La piega *E* comincia a settentrione, a destra dell' Acquabianca, parallelamente a *C*, con direzione da N. a S., e rovesciata contro E. Essa comincia con piccola larghezza (FIG. 2); ma ben tosto si estende e rimane complicata da pieghe secondarie che non tutte si possono distinguere, perchè si svolgono per entro a calcari quarziferi o marmorei uniformi. Però sulla cresta della Serraccia a N. O. di Campocatino le tracce di una piega alquanto più profonda delle altre, che quasi separa in due la grande massa calcarea, rimangono attestata da alcuni rimasugli di schisti rossi e diasprini i quali formano il fondo di un piccolo sinclinale schistoso limitato a quella crina più alta (FIG. 3). A settentrione di Campocatino il rovesciamento degli strati diviene talmente considerevole che essi sono pendenti di 20° od anche meno verso ponente: gli strati posti più verso il fondo della vallata si raddrizzano come è solito (FIG. 3, 4). Al Passo di Sella, dove, come dianzi indicai, sparisce per un certo tratto il fondo schistoso del sinclinale *B-E*, la piega *E*, che verso S. va sempre più limitandosi, si riduce ad assai piccola larghezza (FIG. 5, 9, 7). Ivi, alla foce tra le Valli d' Arni e d' Arnetola, sebbene per brevi tratti, sono limitate ma intime flessioni fra marmi e schisti che danno luogo ad almeno tre alternanze principali della zona schistosa con pochi metri di strati calcarei (FIG. 7). La curva degli strati evidente in alcuni casi lascia ragionevolmente indurre che eziandio negli altri il variare degli elementi calcarei e schistosi sia dovuto a ripiegamenti anzichè a naturali alternanze. Più a mezzogiorno del Passo di Sella la piega si estende di nuovo (FIG. 8). In rispondenza di Arni essa comincia a curvarsi ed a cambiar direzione, per deviare verso E., parallelamente a *C*, tra Campagrina e le Rave lunghe nel pendio settentrionale del Freddone: il rovesciamento ivi è contro N. con pendenza verso S. (FIG. 9-12), e gli strati, come è in generale a mezzogiorno di Prà Loré, sono molto scontorti e costituiti da gran numero di pieghe secondarie, alcune delle quali più palesi delle altre si possono osservare a S. del M. Macina ed intorno alla Foce del torrente Freddone (FIG. 10, 11).

Dall' Acquabianca alle Rave lunghe, per una lunghezza di almeno 11,000 m., la piega *E*. si svolge interamente nella zona de' marmi triassici. Alle Rave lunghe a N. del Freddone si restringe di molto e il *nucleo*, strettissimo e turbato da molte contorsioni quali si pos-

sono vedere lungo la cima N. E. del Freddone, seguita formato dalla zona più recente dei marmi, che fa passaggio ai calcari quarziferi, fino alla sponda destra della Torrite ed all' Isola Santa. Sulla sinistra la piega riprende la direzione da S. a N., parallela a quella del primo tratto fra l' Acquabianca e Campagrina; ivi però lo strettissimo anticlinale, avente il *nucleo* formato dai calcari con selce, è rovesciato contro O. con pendenza verso E. cioè contrariamente alla pendenza del primo tratto fra l' Acquabianca ed Arni (Fig. 19, 8, 7). Gli strati più alti, sulla crina del Sombra, sono fortemente rovesciati e pendenti di circa 35° a levante, mentre quelli più bassi sono più raddrizzati. A settentrione della crina di Sombra le tracce della piega si perdono e si confondono con la piega *G*, che tra poco esaminerò, nei dirupi i quali per breve tratto si estendono fin quasi al Colle Piana.

Concludendo, questa piega anticlinale *E* è pur essa disposta a guisa di U colla convessità rivolta a mezzogiorno e coll' asta orientale assai più breve dell' altra; tutti gli strati della piega sono rovesciati contro la parte concava o interna, talchè le pendenze sono costantemente verso la parte esterna.

Sinclinale *E-F* e Piega *F*.

FIG. 3-5.

A levante del ramo orientale dell' anticlinale *E* nella sua parte settentrionale, sorge un nuovo anticlinale *F* quasi parallelo. Il sinclinale interposto *E-F* dirigesì da N. a S., dalla destra dell' Acquabianca ad Arnetola, per poco meno di 4,250 m., e, come tutte le altre pieghe esaminate fin qui, in quel tratto, è rovesciato contro levante: il *fondo* ne è formato dagli schisti triassici (Fig. 4, 5).

L' anticlinale *E*, rovesciato come si è visto in modo da diventar quasi orizzontale, nasconde sotto Campocatino il sinclinale *E-F*, i cui strati, intorno a quella regione, sono piegati a volta e quasi orizzontali pur essi (Fig. 3). A Nord di Campocatino sull' Acquabianca esso sinclinale non si può ben distinguere giacchè le rocce sono tutte ugualmente schistose ed il suolo è coperto da rigetti morenici. Alcuni minimi lembi del suo fianco occidentale, rappresentati da scisti diasprini metalliferi, si manifestano in basso sotto le piane a ponente della conca morenica di Campocatino. A S. di Campocatino poi lo si distingue assai bene: alquanto più largo in Sonnero e sopra S. Viano, va diminuendo a guisa di bietta verso Arnetola a mezzogiorno. Intorno al piano di Arnetola gli schisti di questo sinclinale sono al solito scontorti e ripiegati (Fig. 5) ed in mezzo ad alcune delle contorsioni, p. es. nel fosso di Romiciaia, spuntano piccoli lembi di calcari marmorei evidentemente ripiegati ad anticlinale.

La piega anticlinale F , la quale è costituita alla sua volta da pieghe e ondulazioni minori, è diretta da N. a S. parallelamente alla piega E , e si manifesta da S. Viano a Ripanaia per 2,250 m.: il suo *nucleo* è marmoreo. Essa apparisce con forma regolare quantunque con strati molto raddrizzati. È regolare sulla sinistra del Fosso Tambura sotto S. Viano, dove sta sottoposta alla grandiosa volta formata dal sinclinale $E-F$ e dall' anticlinale marmoreo E , che le stanno rovesciati al di sopra, per modo che salendo lungo una linea verticale si attraversano due volte strati costanei della zona marmorea. A cagione appunto di quel rovesciamento che nasconde il suolo non si può determinare in qual proporzione il *nucleo* marmoreo vada abbassandosi sotto l'orizzonte a N.; a giudicare però dalle apparenze, siccome esso va scendendo dalla Pallerina verso S. Viano, si può fermamente ritenere che la scomparsa sotto l'orizzonte avvenga sotto Campocatino poco più a N. di S. Viano; certamente esso non viene a giorno lungo l'Acquabianca.

Nello spaccato naturale che è sulla sinistra del Fosso Tambura si possono osservare parecchie pieghe secondarie più o meno profonde le quali contribuiscono a costituire la massa calcarea principale (Fig. 4); p. es. nel lato occidentale, oltre la piega primaria se ne notano altre due; di cui una separata da piccolo sinclinale avente *fondo* schistoso e l'altra più esterna e più piccola, separata da quella antecedente da un limitato sinclinale di calcare selcifero. Sulla destra del Fosso Tambura, nel M. Pallerina, il *nucleo* marmoreo nella sommità e nella pendice orientale è coperto dagli schisti; nella porzione più meridionale sotto il Faeto esso è rovesciato con ripida pendenza al solito verso O.; anche lì intorno alla Caprareccia son manifeste delle flessioni secondarie (Fig. 5). Tra Ripanaia e la Caprareccia esso si riconnette colla piega E , formando così a quanto pare una curva parabolica sul fianco orientale di essa. Più a S. non è alcuna traccia da cui si possa dedurre che questa piega continui ad oriente delle pieghe F ed E . Ivi sorge invece altra piega G ; ma prima di esaminare questa piega ed il sinclinale interposto $FE-G$, accennerò brevemente alle tracce di alcune altre piccole pieghe le quali si trovano ad oriente della parte settentrionale di F , e che non si possono agevolmente connettere con le pieghe maggiori che indicherò fra poco.

Pieghe secondarie ad oriente di F .

Ad E. dei marmi appartenenti all' anticlinale rovesciato E di Campocatino ed alla cupola regolare F di S. Viano, si estende, prima di giungere all'Infralias, una serie di rocce quasi unicamente schistose. Ad E. del Giovo sotto il Tonterone, in mezzo agli schisti appartenenti alla zona triassica superiore a *Eterodictyon* ne compaiono

di quelli rossi e grigiolati rappresentanti per solito della zona inferiore, immediatamente sovrapposta ai calcari: è probabile che questi vi formino un piccolo anticlinale rovesciato, con pendenza a levante, contrariamente agli altri anticlinali paralleli *A*, *B*, *E*. Però la mancanza di un *nucleo* costituito da rocce eterotipiche appartenenti ad una zona meglio precisata, lasciano incerto l'osservatore se si tratti di un vero anticlinale o di una semplice alternanza di schisti di varia natura.

Poco più a S., sulla sinistra del Fosso della Tambura presso la chiesa di Vagli-sopra, apparisce in mezzo agli schisti un banco largo una cinquantina di metri, e quasi verticale come le rocce circostanti, di un calcare magnesiaco simile a quello spesso dolomitico che si trova fra i *grezzoni* ed i marmi triassici (Fig. 4). Dubitavo prima che si trattasse di una naturale intercalazione di roccia eterogenea; ma ora parmi verosimile che si tratti di un piccolo anticlinale con *nucleo* calcare in mezzo agli schisti; infatti, ad ambedue i lati quel banco calcare è coperto dai diaspri costituenti di regola la porzione inferiore della zona schistosa.

Come poi a levante, dopo altri terreni, succede l'Infralias, così a ponente lungo la strada Vandelli, nel luogo detto al Tufo sopra Vagli-sopra, e lì intorno, trovansi banchi di quel calcare terroso e cavernoso che in certi tratti suole star sopra gli ultimi strati del Trias e che là deve star chiuso in mezzo agli strati schistosi triassici per effetto di un sinclinale strettissimo fra la piega *F* ed il piccolo anticlinale che ha il suo *nucleo* nel calcare magnesiaco della chiesa di Vagli. Ritengo che questa piccola piega nulla abbia a fare colle altre che verrò ad esaminare tra poco, giacchè il calcare terroso e cavernoso, costituente il *fondo* del sinclinale al Tufo, seguita senza interruzione verso S. E. fino alla Tassetora, esternamente alla piega *G* che tra poco esaminerò, come esternamente alle altre pieghe più occidentali *A*, *B*, *E*, *F*, che già ho esaminato. In quest'ultimo tratto esso calcare terroso sembra costituire il *fondo* di un sinclinale giacente appunto fra la piega *G* e quella massa uniforme di schisti che sono nella continuazione dell'anticlinale *D*.

Ancora più ad oriente di Vagli-sopra, in mezzo alla zona degli schisti a *Eterodictyon*, compare lungo il viottolo per Vagli-sotto, passato di poco il Canale del Gruppo, un piccolo banco di calcari con selce (Fig. 4) che probabilmente sono il *nucleo* di una nuova piega piccola e limitata, giacchè a levante di essi appaiono in mezzo ai rigetti morenici, coll'ordine voluto, cipollino, diaspro e filladi.

Sinclinale *EF-G*.

(Fig. 3-12, 19).

Veniamo ora al sinclinale, *FE-G* che ha un andamento concentrico più interno delle pieghe *EBCD* dianzi mentovate, le quali, come dissi, sono disposte a ferro di cavallo, e lasciamone l'origine prima e più incerta a N. di Bascugliani. Esso comincia ben manifesto, a chi esamini l'andamento degli strati, tra il M. Pallerina e la Croce di Gian Santi (Colle Gallone della gran Carta) e va da N. a S. per circa 3,750 m. fino in Fatonero, formando una dolce curva colla convessità a ponente (Fig. 5-9). Il *fondo* del sinclinale in quel tratto è formato dallo schisto triassico, ed è assai ampio nelle parti più alte; ma nel Fatonero, lungo i fossi di Fatonero e dell'Anguillaia, inferiormente si restringe, per modo che dall'altezza di circa 1,150 m. sul mare in giù tutta la zona schistosa scompare, sorretta da ben distinte e non piccole pieghe delle rocce calcaree (Fig. 10-12), ed il *fondo* rimane costituito da strati di calcare con selce, i quali, oltrepassando la Valle della Torrita, vanno a terminare sotto l'orizzonte alla destra di questa. Il sinclinale si potrebbe quasi dir verticale nel tratto fino a Fatonero; però gli strati, molto scontorti, sono rovesciati tuttora in prevalenza contro E. con pendenza ad O.; soltanto intorno al Faeto vi si può notare comune la pendenza anche di 50° ad E., ma per brevi tratti. Intorno al Fatonero il sinclinale seguita la sua curva e la sua direzione da N. O. a S. E. come le altre pieghe cui è parallelo, per circa 2,500 m., fino alla sinistra della Torrita, con rovesciamento piuttosto forte e regolare contro N. e pendenza anco minore di 45° a S. Giunto alla Torrita gira da ponente a levante. La valle della Torrite Secca tra Campagrina ed il Campaccio corre parallela alla direzione ivi acquistata dal sinclinale, ed attesa la poca pendenza di questo traversa gli strati del calcare con selce che ne costituiscono il *fondo* intaccando anche una parte dell'anticlinale *G* sottogiacente.

Dalla Torrite Secca a valle del Campaccio il sinclinale, serbandosi stretto ancora ed esteso fin sotto l'alveo della vallata, con pendenze non forti, seguitando la sua convessità, devia di nuovo, da S. a N. fino al Fornacchio con rovesciamento avente al solito pendenza dolce verso E. Presso il Campaccio in mezzo al *fondo* del calcare quarzifero apparisce un'ampia mandorla di cipollino ed in mezzo a questo intorno l'Isola Santa ne è un'altra di schisto, sicchè queste rocce costituiscono in que' luoghi il *fondo* del sinclinale (Fig. 19): ma per trovarsi strette e compresse nel punto della massima curvatura delle pieghe, sono talmente pieghettate e scontorte, che in molti punti, per esempio fra il Campaccio e le Comarelle, presentano parecchi sistemi

di pieghe a zig-zag ortogonali fra loro. Questi cipollini e gli schisti sono estesi fino ai dirupi che stanno sulla cresta a ponente della Fontana del Cerro, e largamente interrotti poi dal Canale della Cerreta, ripiegandosi dopo di questo a N. O., giungono con ispessore di 10 a 40 m. sulla crina del Sombra (Fig. 8), donde si perdono nei calcari dei dirupi a S. di Colle Piana (Fig. 7). La pendenza loro colà è di 20° a 35° ad E. 10 N.

Piega *G* e sinclinale *G-G*.

FIG. 5-12, 19.

Concentrica all' ora detto sinclinale è la piega anticlinale *G*, la più breve e la più bizzarra di tutte, che forma come il nucleo intorno al quale si sono ravvolte le altre pieghe menzionate, eccetto quelle principali *A* e *B*. Essa pure è disposta a ferro di cavallo; ma è più breve di tutte le altre, ed i suoi strati sono pur essi rovesciati contro la parte interna.

Essa comincia a manifestarsi parallelamente ad *F* un poco più a S. della Croce di Gian Santi con notevole ed improvvisa altezza sull' orizzonte: probabilmente il *nucleo* marmoreo che la costituisce si spinge sotto la copertura degli schisti un poco più a N. (Fig. 5). Si dirige da primo, fino al M. Fiocca, da N. a S. per 2,250 m. (Fig. 6-8), poi devia da O. ad E. lungo la cresta del Sombra per 2,500 m. (Fig. 9-12, 19), indi torna da S. a N. fino al Colle Piana per 1,250 m. (Fig. 8, 7). Nel tratto orientale la larghezza del *nucleo* calcareo è relativamente grande, anche pel numero delle pieghe secondarie che lo costituiscono e pella contorsione degli strati. Molte flessioni che si svolgono nel mezzo de' calcari selciferi si possono notare nel Canale di Cima; altre fra i calcari suddetti e gli strati marmorei si verificano a N. del Colle Gallone (M. Croce) (Fig. 6), ed una a S. di questo monte, più estesa delle altre, implica lunga zona di scisti in mezzo ai calcari selciferi. Le pendenze di quel primo tratto sono verso O. ma per lo più prossime alla verticale;¹ nel tratto meridio-

¹ Il Lotti suppose che gli strati sulla sinistra della Valle d'Arni fino alla vetta del Sombra inclinassero costantemente verso E. N. E. (B. Lotti e D. Zaccagna, *Sez. geol. Alpi Ap.*, 1881, p. 5, T. II, p. 7, 8; B. Lotti, *La dopp. piega d'Arni*, p. 419 e seg., f. 2), quindi dedusse che le pieghe *E* e *G* fossero rovesciate contro ponente, oppostamente alla piega *B*, e che in rispondenza alla Valle d'Arni si avesse una doppia piega paragonabile a quella del Glarn descritta dal Heim. In realtà però le pendenze della piega *E* e del lato occidentale della piega *B* sono perpendicolari a quelle indicate dal Lotti, salvo qualche specialissima e limitata inversione verso Ripanaia e verso il Fatonero, ciò che risulta pure dalla disposizione topografica degli schisti. La doppia piega paragonabile a quella del Glarn è a N. del Sombra. Il Lotti suppone pure che la piega di S. Viano continui sotto la cresta schistosa fra la Pallerina ed il Colle Gallone o M. Croce (*Dopp. piega d'Arni*, 421), mentre questa è traversata dal sinclinale *F-G*.

nale, dal Fiocca al Sombra, specialmente lungo i Canali dell'Anquillaia e delle Comarelle, le pendenze sono regolari verso S.; dal Sombra al Colle Piana il rovesciamento contro O. è molto forte, talchè le pendenze ad E. sono dolci per modo che non superano 20° o 30°, ed il *nucleo* marmoreo comparisce ancora più a levante al di sotto di una estesa serie di schisti, sulla Tassetora ed alle Tre Piastre.

Rimarrebbe a parlare della concavità o sinclinale che rimane in mezzo ai due rami della piega *G*, cioè tra la Croce del Gian Santi e Colle Piana; sinclinale che può essere indicato con *G-G*. Esso è occupato in parte da roccia schistosa triassica, ed in parte da calcari selciferi, e potrebbe riguardarsi come una semplice sinuosità degli schisti i quali costituiscono la zona esteriore del Trias nelle Alpi Apuane, ed in mezzo ai quali si svolgono gli anticlinali ricordati fin qui.

La cima del M. Sombra o Sumbra (1765 m.), formata da piccola zona di calcari con selce sovrastanti ai marmi, costituisce il vertice dell'anticlinale *G* (Fig. 9-12, 19). A ponente, a settentrione e a mezzogiorno la denudazione, la quale scopre i marmi, impedisce di vedere la continuazione di quei calcari con gli altri del Fiocca e di Fatonero. A levante invece o meglio a N. E. la zona de' calcari suddetti continua a traverso i dirupi che scosendono alla Maccava, e forma il termine meridionale del sinclinale *G-G*; la sua pendenza in quei dirupi è di circa 25° ad E. 10 N.; essa ha per *letto* il lato occidentale dei marmi dell'anticlinale *G*, e per *tetto* il lato meridionale ed orientale. Quei calcari selciferi della cima del Sombra e delle sue adiacenze formano per così dire il perno attorno al quale ha girato l'anticlinale *G*, e la regione centrale di tutte le altre pieghe ricurve delle Alpi Apuane che sono più esterne di *G*.

Piega del Teverone.

Ad oriente della piega *G*, la quale chiude a levante tutte le ricordate pieghe delle rocce triassiche conformate ad U o a ferro di cavallo, si svolge una nuova piccolissima piega anticlinale. Il suo nucleo è formato dagli schisti paleozoici con calcari cerulei grafitici e ferruginosi simili a quelli ad *Orthoceras*, i quali, senza intermezzo di alcun'altra roccia, si manifestano in mezzo agli schisti triassici per brevissimo e limitato tratto alle Fontanacce presso il Teverone (Fig. 19). La piccola piega è, come le altre di quella regione, rovesciata contro O. con pendenza ad E.

I miei studi per ora non mi permettono di determinare se e come un'altra piccola piega si svolga nei calcari con selce del Ca-

nale di Capricchia, ad oriente della piega *D*, più a settentrione del Teverone.¹

Così nelle rocce che costituiscono la regione centrale delle Alpi Apuane si è veduto svolgersi la piega principale *A* (Frigido-Versilia) formante due irregolari ellissoidi, divisa a mezzo da un piccolo sinclinale e rovesciata contro *E*. nella sua parte settentrionale. A mezzogiorno essa si bipartisce e ne deriva la piega quasi parallela *B*, pure rovesciata contro *E*., da cui irregolarmente si ramificano le pieghe *C* e *D* rovesciate anch'esse ma contro *O*. Le pieghe *B*, *C* e *D* descrivono un gran semicerchio a ferro di cavallo, il quale chiude nell'interno buon numero di altre pieghe (*E*, *F*, *G*) similmente disposte, e tutte pell'intero o quasi pell'intero rovesciate nella metà occidentale contro *E*., e nella metà orientale contro *O*. Il nucleo di quel ferro di cavallo, che è il sinclinale *G-G*, costituito da schisti tra la Croce del Gian Santi e Colle Piana, segna la zona di divisione, a ponente della quale gli strati paleozoici e triassici sono rovesciati contro *E*. con pendenza verso *O*., mentre a levante gli strati anzidetti lo sono contro *O*. con pendenza ad *E*.: in esso è dunque l'asse di un doppio rovesciamento sinclinale.² Per tal modo a quel nucleo, che non è punto nella parte geograficamente centrale delle Alpi Apuane nè sullo spartiacque idrografico, convergono, come al vertice di un anticlinale, le pendenze delle rocce situate ad ambedue i lati, le quali poi nelle zone più esterne delle pieghe *A* e *D*, ad ambedue i lati delle Alpi Apuane e specialmente nelle rocce posteriori al Trias, hanno pendenze regolari come se la giogaia fosse costituita da un anticlinale unico.

Passiamo ora a parlare delle pieghe le quali si manifestano al di fuori della regione centrale e principalmente nelle rocce posteriori al Trias.

Pieghe laterali secondarie.

A levante delle pieghe *A*, *B*, *E*, *F*, lungo il Lontron havvi una ragguardevole estensione di rocce infraliassiche assai poco pendenti sull'orizzonte, nelle quali tra la Fabbrica e le Ferriere si palesa una nuova piega, con direzione circa da N. N. O. a S. S. E., assai rego-

¹ Se si verificasse il fatto che nella regione N. E. delle Alpi Apuane presso Corfigliano ed in Capradosso si trovano strati di calcari mummulitici alternanti in mezzo agli schisti triassici, come afferma il Canavari (*Di alcuni tipi di foraminifere appartenenti alla famiglia delle Nummulinidae raccolti nel Trias delle Alpi Apuane*, Proc. verb. soc. tosc. 9 gennaio 1837) bisognerebbe credere che all'esterno di tutte le pieghe fin qui descritte ne siano altre, rovesciate contro *O*., per le quali l'Eocene medio è rimasto replicatamente chiuso ed alternante nel Trias superiore.

² De Margerie et Heim, *Les disl. de l'écorce terr.*, p. 86.

lare ed a curva molto ampia (Fig. 4). Fuori di ciò, apparendo essa nel fondo del torrente, non si può dir altro. A N. però essa è certo molto limitata, perchè l'Infralias va abbassandosi verso quel lato: nè vi sono apparenze che si debba connettere con altre pieghe, le quali si notano più a S. Più a levante s'incontra il grandioso sinclinale della Valle del Serchio, che separa le Alpi Apuane dall'Apennino dell'Emilia.

Più a mezzogiorno, lungo la Valle della Torrita Secca, a levante delle pieghe *A, B, E, G, D* ne sorgono altre. Fra il Canale Ricolti ed il Canale della Tinta vi ha forse una piega con *nucleo* infraliassico, limitata però a quella regione; ma avendo imperfettamente studiato gli svariati fenomeni che si manifestano in quei luoghi a S. della Torrite ne tacerò: ricorderò soltanto il sinclinale dell'Alpe di Sant'Antonio, diretto circa da N. a S., il cui *fondo* formato da schisti titoniani e cretacei è ad ambedue i lati cinto da rocce liassiche ed infraliassiche in parte rovesciate sopra di esso.

Più a levante della regione ora accennata è la piccola piega regolare con *nucleo* infraliassico, che s'incontra lungo il corso inferiore della Torrite Secca fra Deccio e Torrite con direzione circa da N. N. O. a S. S. E. (Fig. 7). Anco questa piccola piega comparisce solo in fondo alla vallata, e non si può dire quali ne siano i limiti a N. e a S. A N. però deve essere molto limitata, perchè non ricompare nelle altre vallate e perchè le rocce si abbassano verso quella direzione. A S. potrebbe anche essere connessa colla piega avente *nucleo* infraliassico, la quale si trova lungo la Torrite di Gallicano tra Calomini e Verni (Fig. 22); ma atteso la diversa situazione di questa ciò mi par poco probabile. Il suolo che ora esaminiamo è formato da strati piuttosto regolari e non è traversato da quei profondi solchi lungo i quali si palesa l'intima struttura di tutte le pieghe, d'altronde assai più grandiose, che tormentano le rocce più antiche.

Ad E. della nominata piega Deccio-Torrite, è il sinclinale della Val di Serchio.

Più a S. lungo la Torrite di Gallicano, a levante delle pieghe *A, B, C*, è la piega del Forno Volasco avente per *nucleo* schisti triassici, la quale si manifesta lungo il torrente per 3,500 m. (Fig. 22). Essa è regolare e con curva assai ampia, e sembra aver l'asse maggiore diretto circa da N. E. a S. O., sebbene la solita difficoltà del trovarsi nel fondo alla vallata impedisca di studiarne tutte le circostanze. Essa è parallela all'estremità meridionale della piega *C* ed in parte alla piega *D*; quantunque non sia come queste rovesciata e ne sia separata dalla massa dei calcari liassici della Pania.

Più a levante è una piega con *nucleo* infraliassico tra Verni e

Calomini (Fig. 22) diretta circa da N. a S. e decomponibile in vario numero di altre pieghe secondarie, in parte verticali, per effetto delle quali si notano strati liassici alternanti in mezzo a quelli dell'Infralias. A levante è il sinclinale della Val di Serchio.

A mezzogiorno della Torrite di Gallicano si apre la valle della Torrite Cava. Nel fondo di questa, parallelamente ed a levante dell'estremità meridionale di *A*, sorge una piccola piega con *nucleo* di calcare nummulitico eocenico tra Gragliana e Campolemisi. Poco più a levante è altra piccola ondulazione con *nucleo* cretaceo sotto il Monte dei Frati. A levante ancora sorge una delle pieghe più grandi delle Alpi Apuane, cui per ora darò il nome di Serchio-Turrite Cava, ampia e molto regolare. Lungo la Torrite Cava se ne vede il *nucleo* costituito da rocce del sistema liassico; ma la piega, con direzione circa da N. N. O. a S. S. E. si dilunga alquanto più a N. sotto il Monte Palòdina, ed a S. giunge fino ad Aquileja sul Serchio con lunghezza di circa 13,500 m. A N. del Ponte a Calavorno la detta piega termina verso levante col sinclinale della Val di Serchio; ma a S. del Borgo a Mozzano essa devia a levante e seguita come parte dell'Apennino confinando la pianura lucchese e terminando verso le colline pistoiesi: il fiume Serchio vi penetra in mezzo formando una vallata di erosione, in fondo alla quale si scoprono terreni giuresi, e divide la piega, rimanendo alle Alpi Apuane la parte che è sulla destra del Serchio ed all'Apennino Lucchese quella che è sulla sinistra.

Tuttora a levante della piega principale *A*, ed a S. delle piccole ondulazioni di Gragliana-Campolemisi e del Monte dei Frati sorgono altre notevoli pieghe con *nucleo* infraliassico.

Nella parte più alta del Canale di Pascoso tra Mezzana ed i Riccioni intorno al Fanieto si verifica una piccola piega relativamente regolare, con strati assai contorti, e limitata, non essendo maggiore di 625 m. la lunghezza del *nucleo* infraliassico e liassico (Fig. 21). La direzione è circa da N. O. a S. E.

Poche centinaia di metri più a S. presso le Capanne del Pascoso comincia una nuova ed importante piega, in massima parte rovesciata, che di là si dilunga fin sotto Torcigliano sul Lucese. Presso le Capanne, nel fondo del torrentello che scende al Pascoso ed alla Torrite Cava, ne rimane scoperto solo per breve tratto il *nucleo* infraliassico, formante una piccola piega apparentemente isolata in mezzo al Lias medio (Fig. 27). Esso però ricomparisce più a S. per grande estensione nel Rio delle Campora, sulla Pedogna e sul Lucese. Dalle Capanne del Pascoso alla Pedogna, per circa 4,500 m. la piega si dirige da N. 20 O. ad S. 20 E. Dalla Pedogna fin sotto Torcigliano per circa 2,875 m., curvandosi a poco per volta, si dirige circa da N. 45 E. a S. 45 O. La massima ampiezza è lungo la Pedogna, donde la piega considere-

volmente si assottiglia ad ambedue le estremità. Questa piega adunque si presenta falcata, a guisa di semicerchio convesso verso levante, e devia verso ponente, porgendo con ciò un esempio che per solito non ci è dato dalle altre pieghe delle Alpi Apuane, le quali deviano verso levante. Nella parte settentrionale, alle Capanne, alla Parte, a Ritrogoli, la piega è rovesciata contro E., onde gli strati pendono ad O.; nel mezzo essa è più regolare; ma a mezzogiorno del Lucese è rovesciata contro N. O., onde gli strati pendono a S. e a S. E. Il rovesciamento non è dunque uniforme verso la parte interna della curva, ed anche questo è un esempio che non ci è offerto dalle altre pieghe maggiori delle Alpi Apuane. Giova ricordare che gli strati più recenti di questa regione non partecipano, o partecipano solo in modo secondario, alle curve ed ai rovesciamenti che si verificano negli strati infraliassici e liassici più interni. Nella parte settentrionale è da notarsi la posizione del *nucleo* infraliassico isolato delle Capanne, rovesciato come dicevo contro E. sopra la piccola piega contigua e parallela, quasi regolare, indicata al Fanieto.

A levante della piega Capanne di Pascoso-Torcigliano ne è un'altra diritta, che dall'Ajola presso il Pascoso si estende fino alla Pedogna e forse alquanto più a mezzogiorno. Essa è diretta circa da N. 40 O. ad S. 40 E. ed è lunga presso a poco 4,500 m. tra l'Ajola ed il Pascoso. All'Ajola il *nucleo* è formato dal Lias inferiore, sopra Pescaglia dall'Infralias, e lungo la Pedogna dal Giura. Alle due estremità la curva anticlinale è regolare, e specialmente a S. è assai ampia; nel mezzo, in quel di Villabuona e di Pescaglia, è rovesciata contro E. con pendenza ad O. Non è impossibile che una piccola piega con *nucleo* cretaceo, la quale apparisce sotto Loppeggia e termina ivi a S. sulla Vinciola, sia l'estrema continuazione meridionale dell'anzidetta piega Ajola-Pedogna.

A levante di queste pieghe è quella già menzionata Turrite Cava-Serchio.

A ponente delle pieghe Turrite Cava-Serchio, Ajola-Pedogna e Capanne-Torcigliano, a S. dell'estremità meridionale della piega principale *A* è una piccola ondulazione regolare con *nucleo* di grezzoni triassici nel Canal d'Angina.

Poco più ad O. e a S. è la piega con *nucleo* di schisti triassici che da Val di Castello si estende a Camaiore. Questa piega regolare è diretta circa da N. N. O. a S. S. E. La sua lunghezza è di almeno 5,500 m. Sul prolungamento della sua direzione a S. sono le piccole pieghe regolari con *nucleo* cretaceo di Col Sereno e Montramito.

A ponente di queste pieghe è il grande sinclinale del Mare Tirreno: a levante, nei Colli di Bargecchia e Stiava, è altra piccola piega con *nucleo* di *macigno* eocenico.

Più a S. le Alpi Apuane si assottigliano grandemente e, salvo lievissime ondulazioni di terreni eocenici, sono costituite da pieghe uniche e brevi. Più meridionale dell'ondulazione di Montramito è la piega regolare di Monte Bozzapila con *nucleo* di diaspri giuresi più volte contorti e ripiegati. Essa è diretta da N. a S. ed il manto dei calcari cretacei si dilunga per circa 3,875 m. A levante sono piccole ondulazioni di terreno eocenico a Santa Maria a Colle e di calcare cretaceo in strati molto turbati a Nozzano, ultimo rimasuglio della denudazione d'una piega maggiormente estesa: vien quindi il grande sinclinale della pianura lucchese.

A mezzogiorno ed un poco più a ponente, nel termine meridionale della piega di M. Bozzapila, sorge la nuova piega che per conservare un nome da me usato in altri scritti dirò piega delle Avane. Questa è piuttosto ampia; nella porzione settentrionale dal M. di Massaciuccoli al M. Bozzi è diretta circa da N. 20 O. a S. 20 E. ed a mezzogiorno dirigesì da N. a S., talchè fa una leggerissima curva convessa a N. E. La lunghezza apparente è di 6,500 m.: essa dovea continuare oltre il Serchio parallela ad occidente del Monte Pisano; ma la denudazione marittima e fluviale l'ha scoperta ed interrotta anteriormente al Postpliocene, giacchè sedimenti di questa età coprono il suolo circostante. Di questa piega, per effetto di antiche denudazioni o d'altro fenomeno, non rimane se non la metà occidentale dal lato del mare, mancando la metà verso il Serchio: dalla parte di questo si osserva verso Filettole e le Avane il *nucleo* più antico che è infraliassico. Gli strati di questa metà occidentale pendono regolarmente verso il mare ad O. Però io dubito che la piega fosse tutta rovesciata contro E.: infatti supponendo che la piega e gli strati avessero avuto tutti le pendenze regolari, non vi sarebbe stato posto sufficiente pei medesimi nel breve spazio percorso dal Serchio, che separa la piega predetta da quella adiacente, triassica, delle Mulina nel Monte Pisano. Inoltre nell'estremo più settentrionale, a Spazzavento, sotto i diaspri titoniani compaiono dei calcari con selce, e sotto a questi dei calcari screziati eocenici, pendenti, come tutte le altre rocce, ad O. Taluno potrebbe dubitare che quei calcari a selce rispondessero ad una zona che a volte si trova sotto ai diaspri, perciò titoniana: nondimeno il vederli a contatto coi calcari screziati mi fa dubitare che essi rappresentino la zona cretacea sovrastante ai diaspri; che ivi si manifestino ambedue i lati della piega completamente rovesciata ad E. con pendenza ad O.; che perciò il *nucleo* titoniano più a mezzogiorno, sotto l'arenaria eocenica, si apra e lasci apparire le rocce più antiche mancanti per denudazione nel lato orientale della piega, rovesciata o regolare che sia.

Siffatta piega rovesciata, come credo, è parallela a quella pure rovesciata contro E., avente per *nucleo* schisti triassici, delle Mulina

sulla sinistra del Serchio¹ ed ambedue sono addossate alla regolare ellissoide centrale del Monte Pisano, avente per *nucleo* terreni pre-carboniferi. Le pieghe del Monte Pisano, perciò, benchè indipendenti, si possono considerare come una continuazione delle Alpi Apuane alla cui estremità meridionale sono contigue e parallele. Fra la piega apuana delle Avane e quella pisana delle Mulina è la stretta valle del Serchio, la quale corre in mezzo alle arenarie eoceniche disposte certamente a sinclinale, per cui si capisce che i fenomeni i quali interruppero la piega delle Avane e la separarono da quella delle Mulina furono anteriori all' Eocene medio.

A ponente delle pieghe di Avane, Monte Bozzapila, Montramito, Col Sereno, Camaiore, come a ponente della parte meridionale e principale della piega *A*, è il sinclinale del mare Tirreno, sotto al quale con regolarità s'immergono gli strati. A ponente della parte settentrionale di *A*, cioè in quel tratto parallelamente al quale si dispongono le pieghe dei monti della Spezia e dell' Apennino Ligure, la piega suddetta è accompagnata da ondulazioni minori. Una piega con *nucleo* infraliassico si estende lungo la Pesciola fra Pulica e Marciaso: altra avente per *nucleo* l'arenaria eocenica si estende lungo la pianura dal Castellaro sulla destra del Carrione, a Nicola, a Castelnuovo di Magra ed oltre Fossdinovo. Il sinclinale della Val di Magra separa poi queste pieghe delle Alpi Apuane da quelle dell' Apennino e dei monti della Spezia; ma tra l' Aulla e Santo Stefano la Magra traversa una valle di erosione, come il Serchio fra Borgo a Mozzano e il piano di Lucca, la qual valle interrompe e solca l' anticlinale di rocce eoceniche che ivi termina le Alpi Apuane e seguendo diritto oltre la destra della Magra va a finire nel M. Gottero. Così la massa delle Alpi Apuane, considerata come unità orografica, e comprendente le singole innumerevoli pieghe che la compongono, comincia dal M. Gottero ai confini della Provincia di Parma e termina nel Monte Pisano e nella pianura omonima; essa è dunque diretta da N. O. a S. E.: però una delle principali sue pieghe laterali a ponente, quella Serchio-Turrite Cava devia da O. ad E. e va fino alle colline pistoiesi. Presa nell'insieme la giogaia è costituita da strati, rovesciati o no, i quali pendono dall'interno verso l'esterno, cioè verso il mare o verso i sinclinali che separano le Alpi Apuane dall' Apennino.

Le pieghe dell' Apennino hanno la medesima direzione e la medesima struttura; anche in esso gli strati esteriori pendono verso i due mari, Adriatico e Tirreno. Anche in esso le pieghe esteriori sono assai frequentemente rovesciate contro la parte interna dei monti e pendono verso il mare, come le pieghe delle Alpi Apuane e del Monte

¹ B. Lotti, *Un problema stratigrafico nel Monte Pisano* (Boll. Com. geol. 1888).

Pisano: tali sono le pieghe della Liguria, cioè quella con *nucleo* di terreni cristallini del Savonese, quelle con *nucleo* d'arenaria eocenica della Riviera di Levante, pendenti verso il Tirreno e quelle, con *nucleo* cretaceo od eocenico, delle Romagne, delle Marche, e della Calabria-ultra, rovesciate e pendenti verso l'Adriatico. Però nel tratto dell'Apennino che è parallelo alle Alpi Apuane, le pieghe, sebbene in gran parte del loro cammino rovesciate in vario senso, e sebbene più volte bruscamente variabili nelle loro direzioni, sono spesso più lunghe di tutte le Alpi Apuane prese insieme, e come queste hanno direzione prevalente da N. a S. La disposizione che tutti gli strati hanno all'esterno dell'Apennino, come delle Alpi Apuane, mostra che da quella parte si aprono grandi sinclinali, o massime depressioni laterali, le quali ricettano l'Adriatico ed il Tirreno.

Ho portato altrove troppo lunga serie di argomenti contro la supposizione manifestata da alcuni geologi che nelle pieghe delle Alpi Apuane e nell'Apennino esista un lato di troncamento e di sprofondamento dalla parte del mare.¹ Non conosco in tutta la penisola un solo caso in cui questo fatto si verifichi, e non starò perciò a discorrerne, fin tanto che almeno qualcuno non mostri che le mie osservazioni sono errate. Ciò premesso non potrei accordarmi colla supposizione del Suess, che le montagne derivino dalla pressione di una regione contro uno dei fianchi beanti di una spaccatura o rottura penetrante sino a grande profondità nella terra, teorica la quale sembra essere ultimo rimasuglio di quella che attribuiva ad improvvisi sconvolgimenti la conformazione della superficie terrestre.

Vari geologi parlano volentieri di una regione montuosa sprofondatasi in un'epoca qualsiasi non determinata entro il mare Tirreno, di cui sarebbero ultimi resti i terreni antichi, i quali affiorano con pieghe regolari e perfette in Toscana.

Io credo che il Tirreno non rappresenti una regione di sprofondamento, ma, piuttosto, di mancato sollevamento, la qual cosa è ben diversa. Se qualche lembo di terra che prima vi emergeva è ora sommerso, la qual supposizione è secondo l'ordine naturale delle cose, quella sommersione si deve spiegare col criterio dei tempi incommensurabili, durante i quali sopra qualche terra possibilmente emersa operò la corrosione del mare.

¹ C. De Stefani, *Sull'asse orografico della Catena metallifera* (Nuovo Cimento, serie 2^a, vol. X, Pisa, 1873); *Geol. del Monte Pis.*, parte 2^a, capo II, Roma, 1876); *La Mont. sen.* (Bull. Com. geol., vol. X, XI, Roma, 1879, 1880, capo X); *Quadro comp. dei terr. Ap. sett.* (Atti soc. tosc. sc. nat., Pisa, 1881, parte 1^a); *Molluschi viventi nelle Alpi Apuane, nel Monte Pisano e nell'Apennino adiacente. Origine geologica* (Bull. soc. malacologica it., vol. IX, 1883, p. 219 e seg.); *Escursione scientifica nella Calabria. Iejo, Montalto e Capo Vaticano* (Atti R. Acc. Lincei, serie III, vol. XVIII, 1884, cap. XIX, § 3, p. 283); *L'Apennino fra il Colle dell'Altare e la Polcevera* (Boll. soc. geologica it., vol. VI, 1887, p. 260 e seg.).

CAPO II.

Conseguenze dei movimenti negli strati.**Spostamenti.**

Per rendere meno imperfette le mie osservazioni sarà utile notare le modificazioni che le piegature hanno portato all'andamento delle rocce ed ai rapporti reciproci di queste.

La regolare sovrapposizione delle rocce da me descritte a principio manca in quei luoghi nei quali furono maggiori le piegature ed i movimenti. Di questo appunto ho atteso a parlare ora, perchè si tratta di fatti complicati, a farsi migliore idea dei quali occorre conoscere la successione e l'intima natura delle stratificazioni, come pure i movimenti successivamente sofferti dalle medesime.

Cominciamo dagli strati più antichi.

Nella piccola piega del Teverone il *nucleo* formato dalla parte superiore degli schisti paleozoici si presenta con concordanza almeno apparente di stratificazione, in mezzo alla parte superiore degli schisti triassici. Lo stesso avviene nel lato N. E. della piega *C* dal Canale delle Verghe verso Puntato; da Puntato al M. di Tievora (M. Freddone) i *grezzoni*, i marmi, ed i calcari selciferi triassici, tanto estesi nelle vicinanze, sono alti pochi metri. Dal M. di Tievora suddetto al Canale del Freddone mancano sovente i *grezzoni* che poi sono rappresentati a volte solo da pochi metri nel lato orientale della piega *B*, la quale si svolge al N. del Canale del Freddone. Tutte le stratificazioni nei casi suddetti sono reciprocamente concordanti. A mezzogiorno del Canale delle Verghe nel lato orientale della piega *C* suddetta fino a Mosceta, l'immensa serie delle rocce triassiche è rappresentata a mala pena, quando non manca, da pochi metri di calcari selciferi o di schisti; il Paleozoico si può dire sottostante immediatamente agli strati infraliassici, che costituiscono la Pania. La linea di contatto visibile sotto le estese frane sembra non essere molto irregolare; però mentre gli strati della piega *C* pendono di 40 a 85°, quelli sovrastanti della Pania sono quasi orizzontali. A S. di Mosceta gli schisti triassici che stanno fra l'Infralias ed il Paleozoico appaiono d'improvviso in tutta la loro altezza superiore a varie centinaia di metri; però i sottostanti *grezzoni* mancano ancora per un bel tratto, e poi sono rappresentati da pochi metri fino al Montalto: poco più alti sono i calcari con selce si estesi altrove, e mancano, salvo per limitati tratti, i marmi. Ad O., a N. e a S. delle

pieghe *B* e *C* i *grezzoni* ed i marmi hanno quasi sempre l'altezza normale.

Considerando una superficie molto ragguardevole, si potrebbe comprendere come una roccia altissima in un punto possa altrove diminuire od anche scomparire; ma la difficoltà diventa maggiore, qualora si noti la concorde diminuzione o la vicendevole scomparsa d'interi piani di rocce in regioni limitate.

Vero è che quando si considerino i lembi di una determinata roccia sui due lati di una piega profondamente scoperta e denudata, come son tutte queste delle Alpi Apuane, bisogna pensare che quelle unità di metri che corrono oggi in linea retta da un lato all'altro erano un tempo per lo meno centinaia, e che quanto più una roccia è esterna e lontana dal *nucleo*, tanto più aumentano le sproporzioni fra le lontananze odierne e quelle anteriori alla compressione e al denudamento delle pieghe; cioè aumenta il valore assoluto della compressione orizzontale. È pur vero che della piccola ed isolata piega del Teverone non si conosce l'estensione nelle regioni inferiori, e che la mancanza di tante rocce intermedie fra il Paleozoico e gli schisti triassici, sebbene non si verifichi nelle regioni prossime, si potrebbe spiegare, con ipotesi però strana e poco verosimile, col supporre una grandissima distanza originale fra la regione in cui si formarono le rocce di quella piega e le regioni oggi circostanti. Ma poi l'identità o grande affinità di caratteri litologici e principalmente l'andamento degli strati delle pieghe *B* e *C* sopra considerate, provano che i calcari triassici dei due lati non potevano nemmeno in origine essere troppo distanti gli uni dagli altri, nè molto meno essere depositati in regioni diverse. Vi è poi il fatto che nella continuazione immediata di un medesimo lato intere formazioni, altissime in un punto, vengono a diminuire o a dirittura a mancare a pochi metri di distanza.

Evidentemente questo fatto non si può nemmeno attribuire a denudazioni locali di origine marina od atmosferica: nè si può parlare di passaggi di una roccia ad altra eterotipica, giacchè gli argomenti paleontologici e stratigrafici li escludono. Convien dunque ricorrere a criteri diversi da questi. È utile rammentare che nelle formazioni in massima parte argillose, come ad esempio in quelle dell'Eocene superiore di gran parte dell'Apennino, le quali abbiano sofferto dei movimenti, i banchi di calcare compatto si trovano spezzati in frammenti che serbano l'andamento primitivo ma sono più o meno lontani gli uni dagli altri ed isolati dall'argilla, onde nacque l'erronea supposizione che fossero eruttivi in mezzo a questa. Si verifica così quel medesimo fatto sperimentato in piccolo dal Daubrée, che rinchiusa una Belennite in una massa di piombo e sottopostala a forte pressione, quella si rompe in frammenti i cui intervalli furono

riempiti dal piombo. Se tali fenomeni si verificano in piccolo, quali non saranno quelli che hanno luogo in grande nelle masse delle rocce soggette a pressioni come quelle constatate nelle Alpi Apuane? Per le quali cose ritengo che gli assottigliamenti e le mancanze quasi improvvisi di tanta serie di rocce, specialmente de' calcari, ne' luoghi da me indicati, non possano essere dovuti che a spostamenti prodotti dalle pressioni.

Simili spostamenti e discordanze possono verificarsi, quando le pieghe si vengono formando nell' interno del suolo, senza comunicarsi alla copertura più o meno alta di rocce compatte sovrastanti. Un esempio di ciò lo abbiamo a quanto sembra nella notata discordanza degli schisti paleozoici della piega *C* sotto i calcari infraliassici e liassici della Pania nei dintorni di Mosceta. Questi ultimi, specialmente gli strati superiori, sono quasi orizzontali; ma se si restaurasse la parte distrutta dalla denudazione verso Mosceta ad O., il Canale delle Verghe a N. ed il Canale del Cardoso, prolungandola come doveva essere in altri tempi poco più di mezzo chilometro ad O. e a N.; ne verrebbero almeno in gran parte coperte e nascoste con discordanza le pieghe *C* e *D*; anche oggi quasi immediatamente coperta da quei calcari è la piccola piega del Teverone. In molti altri casi del resto si vede che ravvolgimenti e flessioni le quali turbano rocce schistose sottostanti non si propagano a rocce calcaree superiori. Ciò si verifica per esempio fra gli schisti giuresi a *Posidonomyae* ed i calcari con selce del M. Prana; fra gli schisti diasprini e i sovrastanti calcari cretacei nella piega del M. Bozzapila, ¹ in più luoghi fra gli schisti paleozoici ed i *grezzoni*. Solo, presso il piano di contatto, le piegature degli schisti si fanno di solito minori, perchè le masse calcaree ne proteggono l' andamento.

Così nella parte meridionale della piega *D*, dal Canal delle Verghe fin verso la Torrita, il *nucleo* è costituito per notevole altezza da piccolissima serie di calcari selciferi triassici senza rocce più antiche nel mezzo, e con poche tracce appena o a dirittura senza que' cipolini e que' diaspri che insieme a tutta la massa de' calcari con selce si trovano nella diretta continuazione della piega a settentrione. Lo stesso dicasi de' calcari con selce della piega *E* a levante del Sombra e della piccolissima piega a levante del Canale del Gruppo nel territorio Vaglino.

Tra le dolomiti marmoree triassiche dell' altra piccolissima piega di Vagli-sopra e gli schisti triassici circostanti, mancano la parte superiore de' marmi e tutta la serie de' calcari con selce, oltre ad una gran parte degli schisti.

¹ C. De Stefani, *Pieghe dei terreni apuani fra l' infralias ed il terziario* (Proc. verb. soc. tosc. sc. nat. 8 maggio 1881, p. 252).

Lo strettissimo e lungo sinclinale *B-E* presenta la grande serie schistosa triassica e quella de' calcari con selce che ne formano il *fondo*, ridotte tutte insieme a pochi metri, saltuarie, e per vari tratti mancanti del tutto, come fu detto a suo luogo; soltanto nei dintorni d'Arni la serie schistosa è meno scompleta. Nel suo prolungamento, nel lato occidentale, concavo, del sinclinale *CD-E*, i calcari con selce discretamente alti in Val Terreno diminuiscono assai sulla sinistra della Torrita. I *grezzoni* e le dolomiti del *nucleo* di *B* sembrano abbastanza complete, come per lo più i marmi del *nucleo* di *E*. Però fra i marmi e gli schisti triassici della piega *B* mancano sovente i calcari con selce, anche dove pochi passi lontano sono assai alti. Nel sinclinale *GF-E* gli schisti ed i cipollini triassici d'ordinario assai alti, scompaiono tra il Fatonero e il Campaccio.

Nei lati meridionale ed occidentale della piega *A* si notano parecchie interruzioni, una parte della quali almeno è dovuta a spostamenti prodotti dai moti del suolo. Dalle Mulina ai Corsinelli e all'Argentiera, i *grezzoni* sono straordinariamente ridotti o mancanti; come assai limitata è la zona triassica de'marmi; per breve tratto poi, dalla Porta all'Argentiera, gli strati marmorei vengono a contatto immediato di quelli infraliassici, con mancanza degli schisti intermedi assai alti nelle vicinanze e più in basso, ripetendosi con identiche circostanze il fatto già notato a Mosceta sotto la Pania. Assai ridotte prima, ed al tutto mancanti poi, sono la zona de'marmi ed altre zone triassiche, dall'Argentiera al M. Costa, talchè gli schisti paleozoici vengono ad immediato contatto con quelli triassici. La cessazione improvvisa de' calcari di cui è tanta l'altezza nel M. Costa non si può spiegare se non con un'interruzione prodotta da movimenti. Ho già illustrato altrove¹ il fatto pel quale, andando dall'Anchiana al M. Ornato, si passa improvvisamente dagli schisti triassici a quelli paleozoici, che hanno pure pendenze diverse dai primi, e accennai come soltanto varie centinaia di metri più in basso, nel Canal delle Frane, fra le due serie degli schisti si pongano alcuni strati marmorei. Anche la suddetta discordanza non si può spiegare se non con uno spostamento degli strati.

Anche il Savi parlando di questi luoghi, con parole applicabili a tutti gli altri casi, diceva, siccome la mancanza di tanti strati intermedi « non si può attribuire, nè a denudazioni, nè al non essersi effettuato in quel sito il deposito di detti due membri della serie, giacchè questi si trovano con tutto il loro sviluppo a piccolissima distanza, penso che l'indicato fenomeno si debba ritenere come effetto degli

¹ C. De Stefani, *Note sul calcare cavernoso dei Colli di Pietrasanta nelle Alpi Apuane* (Nuovo Cimento, serie 2^a, vol. V, 1870).

sgusciamenti avvenuti nei terreni stessi nell'atto in cui si sollevò quella porzione della scorza terrestre. » ¹

In questa medesima regione, sotto la copertura degli strati infra-liassici, che, poco pendenti, formano le cime dalla Pania a Matanna, a M. Gabberi, a M. Leto (M. Lieto della Carta), si manifesta la piega del Canal d'Angina nella quale i calcari triassici vengono sovente ad immediato contatto coll'Infralias, sebbene gli schisti triassici intermedi siano tanto estesi nella contigua piega A.

Seguendo il giro intorno a questa piega A, gli schisti triassici vengono di nuovo a contatto cogli schisti paleozoici, senza intermezzo di calcari, nei tratti fra il M. Costa ed i marmi della Cappella e di Trambiserra, e fra questi ed il M. Carchio. Dal Carchio ad Altagnana le zone calcaree intermedie vanno sempre più diminuendo od a vicenda scomparendo. Anche fra Altagnana e le masse calcaree della Rocchetta le due zone schistose triassica e paleozoica sono ad immediato contatto. L'osservazione di questo tratto è delle più adattate a far concepire come l'interruzione delle masse calcaree, che ivi ha luogo per poco più di 1000 metri, sia stata prodotta da spostamenti. Infatti gli schisti ed i cipollini con *Enerinus*, i quali s'incontrano intorno Canevara lungo il Frigido ed il suo confluyente Naro, sono nella immediata continuazione di quelli che sovrastano ai *grezzoni* ed ai marmi nelle due estremità ad Altagnana e nel Canale del Cartaro; non v'è dunque luogo a ritenere che gli schisti di quel tratto rappresentino nemmeno in parte i calcari mancanti: d'altronde se nell'estremità meridionale la massa calcarea è assai piccola, nell'estremo settentrionale invece, alla Rocchetta, i *grezzoni* ed i marmi sono assai alti e tornerrebbe impossibile lo spiegarne l'improvvisa cessazione con denudazioni e col supporre non avvenuta la deposizione. Il più notevole si è che nel tratto suddetto gli schisti triassici, per solito sì regolari e pendenti circa a S.-O. nella regione circostante, si sono piegati e spostati per modo da formare una *borsa*, avente la sua convessità rivolta agli schisti paleozoici: essa si protende in questi per circa 500 metri più a levante della linea retta ideale che prima doveva segnare il confine orientale degli schisti triassici suddetti e che riunisce le due masse calcaree interrotte, le quali limitano a N. e a S. la intrusione o *borsa* descritta. Lo spostamento degli schisti, con parziale inversione e rovesciamento di alcuni strati, naturalmente dura poi per altre centinaia di metri a ponente della linea ideale suddetta. Convien dire dunque che una causa qualsiasi comprimesse in senso verticale la regione oggi circostante a Canevara, che le grandi masse calcaree per la loro compattezza e tenacità, non potendo adattarsi alla pres-

¹ P. Savi, *Sulla costituzione geologica delle ellissoidi della catena metallifera ed in particolare di quella delle Alpi Apuane* (Nuovo Cimento, vol. XVIII, Pisa, 1864, p. 34).

sione, si rompessero e si scostassero, mentre gli schisti sovrastanti ne occuparono il posto e con molti avvolgimenti formarono una convessità verso gli schisti paleozoici.

Terminata l'osservazione delle principali interruzioni fra i terreni del Paleozoico, del Trias e dell'Infralias, veniamo ad esaminare quelle che si trovano tra l'Infralias, il Lias e le altre rocce più recenti.

I calcari della zona ad *Angulati*, che sono assai estesi nelle Valli della Torrite Secca e del Lontron, mancano del tutto o sono rappresentati da pochi ed incerti strati fra l'Infralias e le successive zone del Lias inferiore nei monti di Camaiore e di Pescaglia, nel lato S.-E. della piega A, nelle pieghe Capanne di Pascoso-Torcigliano, Ajola-Pedogna, Torrite Cava-Serchio, Avane, ed in altri luoghi: però per la lontananza di queste regioni dalla Torrite Secca, e per l'altezza non grande della zona, non terrò conto di questi fatti, come non terrò conto della mancanza quasi generale o dei pochissimi strati che si possono ritenere rappresentanti della zona a *Pseudomelania pseudotumida*, la quale acquista sì ragguardevole altezza tra l'Infralias e la zona ad *Arieti* nei monti delle Avane e nella Pania. Assai piccola è la zona ad *Arieti* e poco più alta è quella successiva del Lias medio: pur l'una o l'altra od ambedue queste zone mancano assai di frequente tra l'Infralias e gli schisti a *Posidonomyae*, anche a brevi distanze, intorno alla piega A ed alle altre pieghe nel Carrarese, nelle valli della Pesciola, di Vagli, della Torrite Secca, della Torrite di Gallicano, della Torrite Cava, della Pedogna, della Pescagliora, del Lucese, ed è probabile che la mancanza sia dovuta varie volte a spostamenti.

Gli schisti a *Posidonomyae* raggiungono un'altezza ordinariamente maggiore alla media delle rocce anteriori liassiche, e con uniformità relativamente maggiore si estendono intorno all'Infralias e sotto ai calcari giuresi e neocomiani ricordati a suo tempo. In vari luoghi però essi mancano del tutto e l'Infralias, o più raramente il Lias inferiore e medio, vengono coperti direttamente dagli accennati calcari. Ciò si verifica, tralasciando alcuni luoghi incerti o secondari, nel Tenterone, nel M. Corona (Comune di Vagli), presso Torrite (Comune di Castelnuovo), nell'Alpe di Sant'Antonio (Comune di Molazzana), nei monti di Vergemoli, e sotto Calomini, Verni e Chieva (Comuni di Vergemoli, Gallicano, Trassilico), come pure nei dintorni di Pescaglia, sul Rio delle Campore (Comune di Pescaglia), nel M. Valimona e nei dintorni di Lombrici (Comune di Camaiore). Nei numerosi luoghi che ho indicati sono frequentissime le pieghe che tormentarono e strinsero i terreni infraliassici e più recenti; e gli schisti a *Posidonomya* del Giura, per solito uniformemente alti ed estesi dovunque, s'interrompono bruscamente e vengono a mancare. Queste interruzioni locali sono connesse colle più forti contorsioni (Calomini, Verni), o con interruzioni che si verificano pure, per cause non originali ed insite alle rocce, in

altri strati (Torrite), o con ispostamenti, pei quali le rocce sottostanti sono con discordanza coperte da roccie più recenti, assai poco inclinate (M. Valimona), per cui è a dirsi che quelle sieno state prodotte unicamente dai movimenti del suolo. Lungo il Lucese, nel M. Pedone gli strati schistosi del Giura non mancano; ma, con le rocce più antiche fino all'Infralias, che formano il *nucleo* della piega Capanne-Torcigliano, sono, come già dissi, rovesciati contro N. e con forte inclinazione pendenti a S. Sono apparentemente discordanti sotto i calcari giuresi e cretacei assai poco inclinati del M. Pedone, ma solo per effetto di movimenti locali simili a quelli che accaddero tra il Paleozoico e l'Infralias nella Pania, giacchè nella continuazione dei medesimi strati e lungo i piani di contatto il Giura apparisce perfettamente concordante ed unito ai sovrastanti calcari. Dal M. Croce a Mezzana (Comuni di Stazzema e di Pescaglia) i calcari più volte menovati coprono direttamente l'Infralias od il Lias inferiore e medio, con mancanza o con limitatissima presenza degli schisti a *Posidonomya* che molto si estendono a S. di Mezzana, ed anche quella interruzione, sebbene sia in un tratto isolato e dove le rocce sono piuttosto regolari, credo si possa logicamente attribuire a movimenti.

Nel lato occidentale della piega *A* lo schisto predetto, in strati molto limitati, sembra trovarsi qua e là, a Castelpoggio, alla Maestà della Villa, intorno a Tenerano, concordante coi diaspri, cogli schisti e coi sovrastanti calcari d'età incerta; in qualche altro luogo lo stesso schisto sembra in certo modo discordante sotto alle suddette rocce; come queste ultime in molti luoghi, alla Spolverina, in vari punti nei dintorni di Gragnana, ai Peschini, alla Foce di Massa, al Mirteto, posano con poca concordanza di stratificazione sull'Infralias o sul Lias inferiore e medio. Ritengo che eziandio in questi casi le apparenti discordanze e le interruzioni frequenti siano prodotte da movimenti degli strati; al quale proposito è opportuno aggiungere, che massima è la diversità litologica fra le rocce suddette prevalentemente schistose e la gran massa compatta de' calcari liassici ed infraliassici; sicchè più facilmente sul confine fra i due terreni possono accadere, come infatti accadono, numerose contorsioni, accompagnate da spostamenti.

Si potrebbe aggiungere che nelle colline di Mommio presso Viareggio, la piccola piega dei calcari cretacei al Col Sereno è in grande vicinanza agli schisti triassici che formano la piega di Camaiore, sopra ai quali non appare nei dintorni di Mommio altra roccia se

¹ Il diverso grado di parvenza delle stratificazioni lontane degli schisti a *Posidonomya* e de' calcari fece credere al Lotti (*Studi strat. sulle form. dei dint. di Camaiore*, 1880) ad una discordanza originale e generale di stratificazione che però non si verifica nemmeno nel Camaiorese,

non eocenica. Però siccome quest'ultima nasconde i rapporti fra i calcari cretacei ed il Trias, è prudente tacere sulla possibilità che quivi pure siano spostamenti od altri fenomeni.

Verrò per ultimo ad esaminare le interruzioni che sono fra le rocce terziarie e quelle anteriori.

Sulla sinistra del Lontron (Com. di Vagli e Camporgiano) gli strati quasi orizzontali dell'arenaria dell'Eocene medio stanno sulla Creta superiore, o direttamente, o coll'intermezzo di limitati lembi dell'Eocene inferiore e della zona del calcare nummulitico. Sulla destra del Lontron fino alla Torrite Secca le arenarie suddette, pur poco inclinate nel M. Volsci, con regolarità e concordanza posano sugli strati inferiori dell'Eocene, quindi sulla Creta e sopra le altre rocce più antiche. Nella parte inferiore della Valle del Lontron invece, ad E. della Ferriera, dove, in strati quasi orizzontali, scendono sotto l'orizzonte, esse arenarie coprono l'Infralias con stratificazione discordante. Parimente, lungo il Serchio, nei dintorni del Colle Altissimo, di Sillicano, e di Cerretoli, le arenarie eoceniche quasi orizzontali che formano l'alto del M. Volsci vengono a mancare, e negli strati di quei luoghi che, con pendenza forte e talora con rovesciamento all'esterno, scendono al sinclinale verso il Serchio, si nota che la parte inferiore del nostro Eocene ed il Neocomiano sono ricoperti dalle rocce dell'Eocene superiore, le quali a breve distanza verso N. seguitano coprendo l'altissima formazione arenacea. Nella parte inferiore della Torrite Secca, presso Torrite, l'Eocene inferiore copre con notevole discordanza il Lias inferiore e l'Infralias, e lo stesso notammo in addietro avvenire fra quest'ultime rocce e quelle cretacee e giuresi; mentre più in alto, dove gli strati sono regolari e poco pendenti, Infralias, Giura, Creta, Eocene inferiore ed Eocene medio si succedono con perfetta concordanza e con regolarità.

Tutti questi luoghi che ho ultimamente indicati nella parte inferiore del Lontron e della Torrite Secca, ed a levante del M. Volsci, sono lungo il sinclinale del Serchio e nella parte più esterna dell'anticlinale delle Alpi Apuane. In tutti questi casi gli strati più alti sono regolari e poco meno che orizzontali, quelli più bassi sono fortemente pendenti e, fra una formazione e l'altra, più o meno interrotti e discordanti; non sarà quindi fuori di luogo ritenere che le interruzioni e le discordanze sieno state prodotte dai movimenti e dagli scorrimenti degli strati. Non vi sono però affatto faglie nè rotture nel significato comunemente inteso, perchè gli strati di molte formazioni dell'alto seguitano senza minima interruzione nel basso: gli strati sono disposti bensì a pieghe isoclinali (*flexure*).

A S. della Valle della Torrite Secca i terreni dell'Eocene inferiore e medio acquistano estensione considerevolissima, e verso il Lucchese vi si aggiungono i terreni dell'Eocene superiore. Per solito

la serie degli strati eocenici vi è più completa che altrove, e vi è perfetta concordanza con gli strati cretacei più antichi; ma in qualche luogo, come in Val d' Ottavo, presso Castagnori, presso Stabbiano, nei dintorni di Pescaglia, di Visperiglia, del Pascoso, di Palagnana, ec., manca l'uno o l'altro, oppure vi è estrema riduzione di qualcuno de' termini intermedi, la quale in molti casi può spiegarsi con spostamenti degli strati, in altri con naturali diminuzioni di essi.

Nei dintorni di Nocchi presso Camaiole, l'arenaria copre con discordanza i calcari cretacei, mentre poco lontano v'han di mezzo molti strati diasprini e calcari nummulitici; ma più importanti e più estese sono le interruzioni che vengo ad esaminare, e che s'incontrano tutte nella regione orientale e settentrionale delle Alpi Apuane.

Nei Colli di Pedona presso Camaiole l'arenaria dell'Eocene medio copre gli schisti triassici direttamente o coll'intermezzo del calcare nummulitico. Il Colle di Pasta presso Massa, che è di arenaria, s'innalza a poca distanza dall'Infralias di Massa vecchia; non si può vedere la linea di contatto, nè se qualche altra roccia vi sia di mezzo, ma oltre alla discordanza delle stratificazioni, il brevissimo spazio palesa che lunghissima serie di strati intermedi deve qui mancare. Nelle Colline di Piana Maggio tra Massa e Carrara, le marne dell'Eocene medio sottostanti alle arenarie coprono alternativamente i piccolissimi lembi de' diaspri titoniani, dei calcari rossi, giuresi o cretacei, del Lias medio, della zona ad *Arietites bisulcatus*, ma più specialmente stanno sopra l'Infralias. Da Carrara alla Maestà di Castelpoggio le stesse marne o le arenarie sovrastanti coprono i calcari e gli schisti rossi giuresi; nella Valle della Pesciola quelle rocce coprono il Lias; dalla Maestà di Castelpoggio alla Caldia l'arenaria copre di solito l'Infralias, salvo pochi schisti calcarei rossi intermedi alla Maestà della Spolverina. Dalla Caldia a Tenerano, le marne più volte ricordate, che formano lembi piuttosto frequenti, e le arenarie, stanno sopra calcari rossi più volte ricordati, che alla loro volta ricoprono, con qualche interruzione, gli schisti a *Posidonomya*, il Lias medio ed inferiore o l'Infralias. Da Tenerano a Monzone, all'Ajola, ad Equi, ad Uglianaldo, alla Tassonara, al Pian di Mandria, a Corfigliano e fino al Tonterone nel territorio di Vagli, donde cominciai il mio giro, vale a dire nella parte N. e N. E. delle Alpi Apuane, le arenarie stanno sopra l'Infralias, e talora sul Lias inferiore, direttamente, e rare volte con l'intermezzo delle marne dell'Eocene medio, più spesso con la interposizione di piccoli ma non infrequenti lembi di rocce titoniane o di calcari rosei, forse analoghi ai calcari eocenici del Monte Volsci.

In tutta la regione rammentata, dai Colli di Pedona a Tenerano ed al Tonterone, la discordanza delle arenarie e delle marne che

rappresentano la zona nummulitica dell'Eocene medio, con le rocce sottostanti, è continua ed assai grande per interruzione di stratificazioni più che per differenza nelle pendenze di queste. Quest' esempio non si ripete in tal modo nelle rimanenti regioni delle Alpi Apuane e nel prossimo Apennino lucchese, ma come più volte ho accennato ne' miei scritti lo si incontra in moltissimi altri lembi dell'antica *Catena metallifera*. La generalità del fatto vieta, a mio credere, di spiegarlo, almeno nella massima parte dei casi, con spostamenti prodotti dai moti del suolo, e richiede verosimilmente il ricorso ad altri criteri. Ho già accennato in addietro, fondandomi sopra altri fatti, come a partire dalla Creta superiore si notasse una diminuzione di profondità nei mari delle Alpi Apuane, e come a partire dall'Eocene medio potesse esservi qualche sollevamento con denudazione delle rocce. La discordanza ultimamente rammentata delle arenarie e delle marne potrebbe in questo caso veramente derivare dall'esistenza di sollevamenti e di contemporanee denudazioni.

Quando si giunge a parlare di sollevamenti e di antica terraferma in una data epoca, l'argomento non può più essere limitato ad una sola regione, ma conviene partirsi dall'esame comprensivo della geologia di estese contrade. Questo ho tentato di fare per la *Catena metallifera* in altri miei scritti, e ad essi rimetto il benevolo lettore.¹

Qui, dopo accennati semplicemente i rapporti possibili con altre regioni, conviene arrestarsi; soggiungerò solo che i terreni pliocenici coprono per lo più l'Eocene con discordanza, essendo essi in masse orizzontali, quasi nella posizione primitiva; de' terreni miocenici del Sarzanese, che scendono profondi sotto la superficie, non si può ben vedere il rapporto coll'Eocene superiore, sebbene da quel poco che si vede appaia palese la *trasgressione*: il Postpliocene ed i terreni continentali recenti, stanno con la massima discordanza, naturale ed originale, sopra quasi tutti gli altri terreni.

Esporrò ora le seguenti conclusioni:

Fra i terreni di tutte le epoche possono essere discordanze di stratificazione ed interruzioni, senza che da ciò si possa dedurre l'esistenza di movimenti anteriori all'epoca del terreno discordante più recente.

Quelle discordanze ed interruzioni si verificano costantemente qua o là nei terreni più ripiegati e sconvolti. Esse hanno luogo specialmente ne' tratti intermedi alle rocce più eterogenee (cioè di natura litologica più diversa) e sembrano prodotte da rotture ed interruzioni laterali avvenute ne' singoli strati per forza meccanica, o per mancanza di uniformità ne' movimenti delle varie rocce, oppure

¹ C. De Stefani, *Geol. M. Pis.*, capo II, p. 96 e seg.

per lentissimi scorrimenti degli strati ripiegati e scontorti sotto la copertura di rocce eterogenee che vennero meno disturbate.

Non conosco in tutte le Alpi Apuane esempio di schistosità diversa da quella della stratificazioni, dovuta cioè a pressione e laminazione delle rocce; ¹ la stessa osservazione è stata fatta dal Lotti. ² Conosco però alcuni esempi nei quali la pressione che agì fra gli strati fu talmente forte, da costringere alcune rocce a penetrare sotto forma di filone in altre sovrastanti. Nel lato occidentale del M. Corchia, alle Vargine ed altrove, le quarziti paleozoiche compattissime penetrano a guisa di ristretti ed irregolarissimi filoni e di piccole masse, a volte strozzate ed isolate, nel *grezzone* triassico. Sotto Monte Ornato invece, verso i tre Metati, e sotto il M. Gabberi nell' alto Canal d' Angina strati della zona marmorea triassica penetrano in eguale modo; perdendo ogni traccia di stratificazione, negli schisti triassici soprastanti.

Supposti cambiamenti molecolari nelle rocce.

Ai movimenti risentiti sono state attribuiti pure alcuni cambiamenti molecolari delle rocce, come la formazione dei marmi della zona a *Psilonoti* nel Lias inferiore e specialmente del Trias superiore, e la *uralitizzazione* delle diabasi nell' Eocene superiore. Una volta la purezza e il carattere cristallino dei marmi triassici nelle Alpi Apuane erano attribuiti ad una concentrazione molecolare cristallina del carbonato di calcio, accompagnata da eliminazione di tutte le altre materie impure, le quali si sarebbero unite in piccole masse o in veli creduti sferoidali od in altro modo irregolari, appellati *madrimacchie*. Questa era l' opinione dei cavatori portata poi nella scienza da Guidoni, Pilla, Savi e messa in dubbio da Repetti, Simonda, Omalius d' Halloy; opinione partecipata dai cavatori e lavoratori di molte altre sostanze minerali, ma non applicata ai marmi di altre regioni. Io mostrai che simile ipotesi non stava d' accordo coi dettami della fisica, della chimica e della mineralogia; che geologicamente, i marmi non erano disposti a sferoidi ma a strati regolarissimi; che le *madrimacchie* non erano concentrazioni di carattere minerale macrocristallino come avrebbero richiesto i lenti moti molecolari supposti, ma erano vere filladi microcristalline; che formavano veri strati; che la loro presenza non era affatto in rapporto coi marmi, essendovi marmi purissimi ed altamente cristallini senza *madrimacchie*, e *madrimacchie*, cioè schisti, alti ed abbondanti, con calcari niente

¹ C. De Stefani, *Studio sulla stratigrafia degli schisti di Ripa e dei marmi del Monte Costa, della Cappella e di Trambiserra* (N. Cimento, S. 2, vol. V-VI, 1872, p. 10).

² Lotti, *La dopp. piega d' Arni*, 427.

puri ed anche poco o punto cristallini; che vi erano calcari molto cristallini chimicamente assai impuri, e che i marmi più puri, come gli statuari esterni del Carrarese, non sono affatto tra i più cristallini.¹

Il Tonini² ed il Lotti³ hanno supposto più tardi che la formazione dei marmi puri e cristallini fosse dovuta o favorita da un dato grado di pressione, non troppo forte nè troppo debole, conseguente ai movimenti risentiti dalle rocce apuane, e questa opinione è in parte d'accordo con quelle manifestate da molto tempo sui marmi delle altre regioni. Per le Alpi Apuane essa è però assolutamente insostenibile. I marmi delle regioni che risentirono più movimenti e maggiori pressioni, come quelli della Val d'Arni e dei dintorni del Sombra sono tra i più impuri; quelli della regione esterna del Carrarese, della Brugiana, del Canal Magro, di Strettoia che furono soggetti alle minori pressioni sono quasi sempre i più puri e talora sono tra i più altamente cristallini. I marmi occupano un orizzonte costante nel Trias superiore, non solo nelle Alpi Apuane ma nelle Alpi Marittime e nelle Occidentali, e non solo dove le pressioni furono massime o medie ma anche dove furono minime; una roccia calcarea che tenga il posto del marmo nei luoghi che non avrebbero risentito quelle opportune pressioni, non si conosce. Vi sono bensì, coi marmi, calcari di tutti gli altri orizzonti contigui, che non sono diventati marmorei, nei luoghi i quali risentirono pressioni minime o medie; servano d'esempio i *grezzoni* ed i calcari con selce adiacenti agli statuari del Carrarese, dell'Altissimo, ec., ovvero i calcari delle zone ad *Angulati* e ad *Arieti* del Lias inferiore: come simili calcari non divennero marmorei in luoghi soggetti a pressioni massime, p. e. i calcari a selce circostanti al Monte Sombra. D'altronde hanno natura cristallina anche molti calcari terziari e calcari recenti d'origine coralligena. Bisogna credere dunque che il carattere cristallino e la relativa purezza dei marmi siano conseguenza della struttura originale della roccia e non affatto dei movimenti sofferti dopo o di pretese concentrazioni molecolari successive.

Moltissimi litologi (Rosenbusch, Teall, Bonney, Streng, Lossen, Schliemann, Hatch, Williams, ec.) finalmente attribuiscono l'alterazione del Pirosseno delle diabasi in Uralite ed in Anfibolo alla grande antichità della roccia, alla vicinanza di graniti o schisti cristallini antichi ed ai movimenti risentiti. Niuna di queste cause vale per le diabasi terziarie delle Alpi Apuane, anzi di tutto l'Apennino;

¹ C. De Stefani, *Consid. strat.*, 1874; *Dell'epoca geologica dei marmi dell'Italia centrale* (Boll. Com. geol. 1875, p. 225).

² Tonini, *Marmi Alpi Ap.*, p. 36.

³ Lotti, *Sur les roches métamorphosées pendant les âges tertiaires dans l'Italie centrale* (Bull. soc. géol. de France. P. XVI, 1888, p. 4061).

esse sono d'età geologica assai recente, sono lungi da graniti e da schisti cristallini, e nelle Alpi Apuane, come in altri luoghi, sono fra le rocce le quali hanno risentito minori spostamenti e minori pressioni. La loro uralitizzazione dunque è dovuta solo a lentissimi cambiamenti molecolari prodotti o favoriti dalle acque circolanti e dalle circostanze trasformatrici ordinarie.

Fessure delle rocce.

I movimenti delle rocce, la perdita dell'acqua di cava presso la superficie, e verosimilmente anche le pressioni degli strati sovraincombenti, formano quasi sempre delle fessure variamente inclinate sulle stratificazioni. Esse sono palesi specialmente nelle arenarie triassiche ed eoceniche e nei marmi triassici e liassici ed i cavatori ne traggono partito per facilitare il lavoro. Spesso le fessure maggiori e più appariscenti furono scambiate colle stratificazioni, le quali nei marmi non sono palesi a prima vista, e ne furono ingannati anche scienziati valenti come Savi, Pilla, Lotti ed altri. Ve ne sono sempre parecchi sistemi più o meno inclinati fra loro, con parallelismo, non però assolutamente costante, delle fessure appartenenti allo stesso sistema; non corrispondono però da un luogo all'altro, specialmente quando le masse, ancorchè vicine, sono separate dalla denudazione, come ho riscontrato ne' marmi della Cappella e di Trambiserra in Versilia; ciò mi fa credere che la loro origine sia posteriore alle denudazioni ed anche attuale e conseguente forse alla pressione delle rocce sovrastanti via via che le denudazioni resero instabile il loro equilibrio.

I cavatori chiamano *pelo* ogni fessura, o come altrove dicono *giunta*, negli strati del marmo: quando essa è microscopica e si manifesta solo allorchè si cominci a lavorare il marmo, la chiamano *pelo furbo*: se ne accorgono però bagnando o sputando sul marmo, giacchè l'acqua penetrando nella fessura per capillarità la manifesta in nero. Le fessure sono talora accompagnate da faglia, cioè da abbassamento di una delle pareti; se queste sono lisce e rigate le chiamano *strusci*: queste parole applicate in un paese nel quale i cavatori accumularono un capitale di cognizioni pratiche antichissimo perchè rimonta ai tempi romani ed in parte del quale si parla la più pura lingua toscana, dovrebbero essere adottate senz'altro dai geologi italiani. *Peli* e *strusci* nei marmi sono però sempre limitati ad uno od a pochi banchi.

Non intendo toccare la questione se i movimenti e gli spostamenti delle rocce siano avvenuti per naturale plasticità senza o mediante rotture. Le discussioni di Heim, Pfaff, Stapf, Gumbel, Baltzer,

Lehmann, von Lasaulx ed altri, e gli esperimenti fatti non mi pare abbiano schiarito a fondo l'argomento, per risolvere il quale occorre tener conto di innumerevoli circostanze diverse, e converrebbe farne' laboratorii delle prove rispondenti precisamente a tutte le circostanze che si possono verificare nella natura. Converrebbe cioè tener conto non solo delle enormi pressioni, ma degli altri fatti donde queste possono essere accompagnate, della lunghezza dei tempi, della immensa lentezza dei movimenti, delle trasformazioni molecolari contemporanee, della elasticità naturale delle rocce e d'infiniti altri elementi.

Se vi ha roccia nella quale il minimo *pelo* e la più piccola vena di calcite o d'altra materia estranea abbiano a rendersi indubbiamente manifesti, questa è il marmo soggetto a lavorazione, pienamente inutile quando uno di quei fatti si presenti. Or bene, poche rocce furono soggette a piegature e pressioni come i marmi di alcuni luoghi, per esempio del Freddone e del Sumbra; nondimeno, anche esaminandone parecchie sezioni al microscopio, non vi si scorgono tracce dei fenomeni sopra accennati. Nello stesso tempo è noto che sovente, quando i cavaatori hanno scoperto e scalzato un banco de' marmi più saldi che si presenti *al contro*, cioè alla testata, se non pongono mano a cavarlo, dopo otto o dieci ore vanno a rischio di trovarlo rotto e crepato coi frammenti fuori di posto per la pressione dei banchi sovraincombenti: lo scalzamento infatti rompe l'equilibrio degli strati. Anche in altre rocce, per esempio nei calcari con selce della Creta, si vedono talora nelle sezioni microscopiche o ad occhio innumerevoli screpolature piene di calcite, sebbene gli strati siano diritti e regolari (Monti di Pietra a Palude), mentre quei fenomeni mancano talora o sono più rari in strati che soffrirono maggiori piegature (Monti di San Romano). Mi sembra dunque non essere fuori di ragione se dico che la questione non fu ancora studiata sotto tutti gli aspetti, e che per risolverla occorreranno non solo studi generali e fatti sul terreno, ma osservazioni analitiche a tavolino.

Faglie limitate, oltre che nei marmi, ne sono sovente in ogni luogo. Una bella e numerosa serie si può osservare sulle superfici snudate degli schisti triassici a settentrione del Colle del Castello presso Seravezza. Queste faglie però hanno cagioni e caratteri differenti da quelli degli spostamenti esaminati in addietro (pag. 91).

Le FAGLIE, secondo il loro significato primitivo, sono *interruzioni limitate e relativamente superficiali delle rocce, secondo un piano avente inclinazione più o meno prossima alla verticale, prodotte da abbassamento di una delle masse circostanti al piano predetto appetto all'altra.*

Gli SPOSTAMENTI, nel significato da me inteso, sono invece, *interruzioni più o meno estese, e non superficiali, delle rocce, secondo tutte le direzioni possibili, prodotte da pressioni e movimenti interni del suolo.*

Non occorrerà insistere maggiormente sulle differenze molteplici e sostanziali tra le *faglie* o *salti* e gli *spostamenti*, che possono in taluni casi essere collegati da termini intermedi.

Di faglie estese e perturbanti intera serie di strati, non è traccia palese nelle Alpi Apuane. Forse ad una faglia, prodotta da limitato abbassamento degli schisti triassici verso l'esterno della giogaia, potrebbe essere attribuita l'interruzione fra quelli e gli schisti paleozoici di Monte Ornato. Ad una faglia, che supponevo avvenuta per abbassamento delle masse esterne verso il Serchio, credevo dapprima potesse attribuirsi l'interruzione che ha luogo fra le rocce liassiche, cretacee e terziarie da Torrite fino a N. di Sillicano in Garfagnana: se non che l'interruzione si verifica lungo una superficie oltremodo irregolare, con ispostamento di molta serie di rocce, e lungo una linea che risponde alla massima curvatura degli strati, i quali da pressochè orizzontali nell'alto diventano molto inclinati al basso; si tratta insomma d'una vera e propria curva monoclinale (*flexure*) rotta, cioè accompagnata da spostamenti, come tutti i ripiegamenti degli strati.

Origine delle valli indipendenti dalle faglie.

Delle faglie che il Savi ed altri antichi autori supposero esistere lungo la Valle della Serra ed in qualche altro luogo delle Alpi Apuane, discorsi già in altri scritti e mostrai che non esistevano.² Nessuna delle valli che solcano le Alpi Apuane segue il corso di faglie e di *salti* negli strati; in tutte, fino quasi alla pianura, salvo per brevi tratti, si possono osservare le nude rocce che ne formano l'alveo, e non si palesa nelle medesime la menoma interruzione, cosa del resto superflua ad osservarsi per qualunque abbia alquanto pratica di osservazioni geologiche.

Non parlo delle valli longitudinali di sinclinale del Serchio e della Magra. L'andamento di queste, che durante il pliocene furono bacini lacustri, venne segnato dallo stesso sollevamento; la corrosione le scavò maggiormente e le approfondò, facendo strada alle acque anco a traverso ai più bassi anticlinali che chiudevano i bacini lacustri. Fuori di queste vallate, le altre furono prodotte per intero dalla erosione. Soltanto la natura litologica delle rocce, facilitando l'erosione in un luogo piuttosto che in un altro, ne tracciò talora il corso e ne segnò i confini. Le valli di Gragnana, di Tenerano, della Foce tra Massa e Carrara, il Canale di Percinacchia sopra

¹ De Margerie et Heim L. c., p. 27.

² C. De Stefani, *Studio strat. d. schisti di Ripa*, p. 18.

Carrara, la Valle dell'Orto della Donna, e tante altre furono approfondate nelle masse degli schisti più facilmente erodibili delle rocce circostanti; lo stesso può dirsi dell'alta Valle d'Arni. Sovente poi vediamo un torrentello ed una vallecola seguire i confini fra una roccia e l'altra per l'unica ragione che una roccia è più compatta, resiste meglio alle forze atmosferiche, e si lascia corrodere dalle acque meno facilmente dell'altra.

Sfiancamenti.

Sovente nelle pendenze degli strati regolari o rovesciati di una regione si osservano cambiamenti considerevoli ed inversioni parziali, prodotti dalla natura stessa dei movimenti sofferti, dalla eterogeneità degli strati, dagli spostamenti, e parecchi autori errano nel considerarli senz'altro quali prove dell'esistenza di volte anticlinali e di conche sinclinali. Siffatte parziali inversioni sono poco frequenti nella regione interna delle Alpi Apuane: se ne hanno esempi specialmente negli schisti paleozoici della Versilia ed in quelli triassici più interni ad occidente del sinclinale *G-G*. Una simile inversione rispondente allo spostamento dei calcari triassici, come si è detto a pag. 95, si trova lungo il Frigido a monte di Massa, dove gli strati più esterni degli schisti paleozoici e quelli più interni dei cipollini triassici ad essi direttamente soprastanti, invertendosi, pendono, per non breve tratto, a monte invece che a valle. Il Lotti perciò credette che in rispondenza a Canevara fosse un anticlinale con nucleo paleozoico, ¹ idea insostenibile, perchè i cipollini predetti, in continuazione a quelli della Brugiana, presso il Cartaro contengono *Encrinus*. Importanza maggiore, pella natura loro, hanno le inversioni, che quasi ordinariamente si verificano in proporzioni variabili, non solo nelle Alpi Apuane, ma in tutte le giogaie antiche, nelle regioni superficiali, lungo il pendio esterno dei monti o nel contatto colla pianura, fra gli strati delle rocce aventi reciprocamente maggiore eterogeneità, come fra schisti e calcari o fra i terreni compatti della giogaia e le alluvioni della pianura. Per queste inversioni, quando le rocce abbiano direzione presso a poco conforme a quella della montagna o della vallata in cui si trovano ed inclinazione più o meno conforme al pendio, quando cioè pendano dalla parte più alta della montagna verso il basso, gli strati esteriori del terreno più alto si rovesciano superficialmente sopra il terreno più basso e le pendenze si dirigono apparentemente verso l'interno del monte. Questo fenomeno, poco frequente verso

¹ Lotti, *Sep. schisti triass.*, p. 89.

terra lungo il Serchio, cioè nella parte orientale, è invece comunissimo verso la pianura ed il mare.

Cominciando da settentrione, nella valle di Tenerano, i calcari liassici ed infraliassici esteriormente si rovesciano, con inversione degli strati, sopra gli schisti argillosi e calcarei rossi del Titoniano, roccia la più eterogenea appetto alle altre della regione occidentale apuana. Lo stesso fenomeno ha luogo in quasi tutta la valle di Gragnana, dalla Pizza verso Carrara. I calcari predetti, assai alti e potenti, formano tutta la montagna elevata e dirupata ad E. mentre gli schisti si trovano con molta ampiezza, assai più bassi, per denudazione, nel fondo della vallata.

Inversioni dello stesso genere, ma assai più parziali, si verificano lungo il Canale di Percinacchia sopra Carrara, nei calcari più esterni del Trias superiore scendenti dall'alta montagna del Sagro, i quali si rovesciano in alcuni punti sopra gli stretti ed interrotti lembi degli schisti e de' calcari terrosi sottostanti all'Infralias, che formano qua o là il fondo della vallata.

Medesimamente, lungo la pianura fra Sarzana ed il Carrione, simili rovesciamenti molto parziali degli strati eocenici più esterni e più bassi si manifestano in più punti sotto Castelnuovo Magra, ¹ sotto Nicola, intorno alla Villa Lazzoni. ²

Fra il Carrione ed il Frigido, lungo la pianura, sopra la villa Sarteschi e in Candia gli strati più recenti dell'Eocene superiore sono quasi continuamente rovesciati verso l'esterno. Nelle vallate interne del Massese non ne è alcuna che presenti le stesse circostanze di quelle di Tenerano e di Gragnana; però nella massa marmorea della Rocchetta alcuni degli strati esterni sono rovesciati sopra i successivi schisti triassici, i quali si trovano in basso.

Nel territorio di Montignoso, fra il Carchio e la pianura, è tutta la serie degli schisti triassici, chiusa fra i marmi del Trias superiore formanti la vetta del Carchio ed i calcari infraliassici. Sul confine tra il marmo e gli schisti, in più punti, quello è parzialmente rovesciato su questi, per modo che il Lotti credè scorgere nei marmi una disposizione a sinclinale assai ampia, ³ mentre essi pendono ordinariamente di 70 o 75° verso S. O.

Le immersioni contro l'esterno, sopra gli schisti, durano anche nei *grezzoni* che formano la contigua cresta del Forcone. Scendendo in basso, verso la pianura, gli schisti triassici sono rovesciati all'esterno, in rispondenza al paese di Sant'Eustachio, pell'altezza di alcune centinaia di metri. Finalmente gli strati più esterni de' cal-

¹ Lotti, *La doppia piega d'Arni*, sez. 1.

² Zaccagna, *Una escursione nella regione marmifera del Carrarese* (Boll. Com. geol., 1881, sez. 3).

³ Lotti, *Sep. degli schisti triassici da quelli paleozoici*, p. 88, fig. 2.

cari infraliassici e liassici, sulla pianura, alla Costa della Baccanella, sono parzialmente invertiti e rovesciati.

Passando in quel di Seravezza, nella valle di Serra la quale in vari punti ha direzione parallela agli strati, nell' unico tratto in cui degli schisti, cioè quelli paleozoici, si trovano sur una pendice sovraincombente ai calcari triassici, cioè a Rio ed alla Cappella, essi sono esternamente rovesciati su questi; così che il Puggaard¹ potè credere che i calcari uscissero, come roccia eruttiva, dal disotto degli schisti. Lungo la destra della Versilia sopra Pruno, i calcari con selce delle pendici del Montalto si rovesciano sopra gli schisti triassici (Fig. 18) per modo che il Lotti credè questi siluriani. Sulla pianura si notano inversioni piuttosto ragguardevoli degli schisti triassici, all' esterno, presso la villa Albiani sotto Capriglia. Presso il Borello, lungo il Canale delle Frane, gli schisti triassici sono parzialmente rovesciati sopra i calcari ceroidi e cavernosi, per cui credetti da principio che questi ultimi uscissero di sotto a quelli.²

A mezzogiorno della Versilia le pendici delle Alpi Apuane diventano basse, e gli strati sono d' ordinario meno inclinati, per cui le circostanze non sono favorevoli al ripetersi dei fatti sopra accennati: nondimeno a Pietra a Padule nel territorio di Vecchiano si osservano rovesciati contro la pianura gli strati più estremi del calcare con selce.

Verso il fiume Serchio si presentano strati poco inclinati, o molto spesso testate di pieghe rovesciate contro la valle del Serchio, rotte dalla denudazione; perciò le circostanze non sono favorevoli. Però in più punti nel fondo della valle si vedono parzialissimi rovesciamenti contro di essa, negli strati più esterni dei calcari con selce cretacei fra Torrite Cava e Gallicano, nei calcari a *Helminthoida* dell' Eocene superiore tra Filicaia ed il Poggio, nei conglomerati diabasi tra il Poggio e Camporgiano.

Una regione in cui que' fatti si ripetono con grande costanza e chiarezza la cito perchè confinante colle Alpi Apuane, ed è il Monte Pisano. Nel suo lato occidentale, da Pugnano alle Mulina, a Rigoli, Corliano, Asciano, Agnano, Caprona, Cucigliana, S. Giovanni alla Vena si estendono sugli schisti triassici altrettanti lembi isolati di calcare infraliassico, che scende direttamente alla pianura. Gli strati altimetricamente superiori degli schisti sono immancabilmente rovesciati, sebbene per poca altezza, sopra i calcari. Andando ad altre regioni questi esempi si potrebbero moltiplicare assai.

In tutti i casi accennati si hanno le seguenti circostanze comuni; montagne massiccie a pendenze piuttosto forti; direzione degli strati

¹ Puggaard, *Mémoire sur les calcaires plutonisés des Alpes Apuennes et du Monte Pisano* (Bull. soc. géol. de France, § 2, T. XVII, 1860).

² De Stefani, *Note sul calc. cav.*, p. 6, fig. 1.

secondante la superficie della montagna; pendenza originale degli strati piuttosto forte; contatto fra due rocce litologicamente eterogenee, p. e. fra rocce compatte ed alluvioni della pianura. Nei casi indicati si può dire che quasi generalmente *gli strati altimetricamente superiori al contatto si rovesciano parzialmente sopra gli inferiori*. Questo fatto, secondo ogni verosimiglianza, è dovuto ad una specie di sfiancamento degli strati più alti, conseguente all'instabilità dell'equilibrio derivante dalla denudazione, alla stessa forza di gravità ed all'espansione o al disfacimento che possibilmente vengono prodotti nelle rocce nelle alterazioni a contatto coll'atmosfera od anche alla persistenza dei moti di sollevamento. Questi sfiancamenti non si manifestano naturalmente che sulle superfici esteriori e dopo le denudazioni: gl'insensibili ma incessanti movimenti di espansione che li producono non si propagano uniformemente in tutte le varie rocce; ma incontrando ostacolo in una roccia più eterogenea, invece di seguitare a propagarsi in questa rimangono interrotti e si convertono in moto di massa superficiale rovesciando gli strati più alti sui più bassi. L'ampiezza del rovesciamento rappresenta il coefficiente di espansione della massa montuosa sovrastante.

Fatti identici si possono osservare e produrre anche artificialmente negli scavi e nelle trincee.¹

È probabile che molti rovesciamenti i quali si manifestano all'esterno delle grandi montagne e parecchie strutture a ventaglio di queste siano dovute a semplici sfiancamenti della natura di quelli descritti.

Conclusioni.

Innumerevoli ed importantissime conclusioni si potrebbero dedurre dalle osservazioni che ho qui esposto.

Eccone alcune:

I. — Le Alpi Apuane sono costituite da innumerevoli pieghe rovesciate e compresse in vario senso. Questa struttura è partecipata da tutto l'Appennino settentrionale, nel quale però le pieghe intaccano anco i terreni miocenici recenti, comprimendoli e rovesciandoli in mezzo a terreni più antichi.

II. — La formazione delle vallate nelle Alpi Apuane è nel modo più assoluto indipendente dalla formazione delle singole pieghe. Soltanto i grandi bacini e le grandi vallate longitudinali rispondono ai sinclinali che separano le giogaie maggiori.

¹ V. Stuart-Menteath, *Relations entre la géologie et l'art des mines* (Bull. soc. géol. de France, S. 3, T. XVII, p. 157, 1889).

III. — Con la formazione delle pieghe nelle Alpi Apuane non si connette la produzione di faglie nel significato ordinariamente inteso nelle scuole passate, bensì quella di discordanze e di molteplici spostamenti interni, irregolari e variabili, fra strato e strato.

IV. — Gli strati discordanti fra loro, lo sono per lo più non per originaria disposizione, ma per movimenti successivi.

V. — Le massime discordanze hanno luogo fra zone che hanno la massima diversità litologica.

VI. — I vicendevoli spostamenti distendono la superficie degli strati presi nelle pieghe; perciò l'ampiezza di una piega, qualora si potesse svolgere, è maggiore che l'ampiezza della superficie anteriore al ripiegamento, ed il calcolo della prima non può dare da sé indizio sufficiente della seconda né del valore assoluto della compressione orizzontale.¹

VII. — Le pieghe maggiori sovente (nelle Alpi Apuane quasi sempre) sono costituite da variabile numero di ondulazioni minori più o meno profonde.

VIII. — Le pieghe più semplici, nel loro andamento più regolare, rispondono ad ellissoidi, e le sezioni orizzontali dei loro strati rispondono ad ellissi.

IX. — Spesse volte però le pieghe si biforcano e si ramificano colla massima irregolarità.

X. — L'uniformità nella direzione delle pieghe è cosa eccezionale, ed è più frequente nelle pieghe regolari.

XI. — L'andamento orizzontale di una piega può deviare verso tutte le direzioni possibili, anche ad angolo retto; può tornare verso la stessa parte d'orizzonte donde prima era partito, e descrivere un semicerchio, un ferro di cavallo, una curva qualsiasi anche a raggio molto ristretto.²

XII. — Nelle pieghe curve a raggio molto ristretto gli strati pendono per lo più verso l'esterno della curva.

XIII. — Anche in senso verticale una piega può deviare in tutti i modi possibili, cioè rovesciarsi da una parte in una regione, rovesciarsi in senso opposto altrove, ed altrove divenir verticale o regolare.

XIV. — Una linea perpendicolare alla direzione delle pieghe in una data regione può incontrare pieghe rovesciate in senso contrario.

XV. — Possono esservi pieghe dirette anche perpendicolarmente l'una all'altra; nondimeno quando vi sieno parecchie pieghe

¹ V. pure T. Mellard Reade, *The origin of Mountain Ranges*, London, 1886, p. 170, 210.

² V. pure M. Bertrand, *Allure général des plissements des couches de la Provence* (Ac. d. Sc. Comptes rendus 4 juin 1888).

in ogni singola regione, esse sono disposte presso a poco parallelamente, ed anche le pendenze derivanti dai rovesciamenti tendono ad essere fra loro parallele, ciò che mostra esservi de' rapporti fra le une e le altre.

XVI. — Essendo rovesciate soltanto le pieghe più strette e più compresse, si può dire che il rovesciamento sia effetto della compressione.

XVII. — La massima compressione ed il massimo rovesciamento hanno luogo in una zona superiore al livello dei sinclinali e delle depressioni orografiche circostanti. Questo fatto, insieme con la lunghezza verticale, con la strettezza e compressione delle pieghe rovesciate, mostra la impossibilità che le pieghe siano prodotte da attivo sollevamento della loro parte centrale: e mostra piuttosto che i fenomeni i quali produssero le pieghe furono tangenziali alla superficie terrestre e manifestarono i massimi effetti al di sopra delle massime depressioni della medesima.

XVIII. — Anche la grande estensione delle rocce compresse e limitate a piccolo spazio, prese entro le pieghe descritte, dimostra che la formazione delle pieghe non è dovuta all' azione diretta di un sollevamento verticale, il quale avrebbe prodotto un distendimento delle rocce, ma piuttosto a spinte ed a compressioni laterali che hanno costretto alcune regioni della superficie terrestre a restringersi in minore spazio.

XIX. — Viceversa poi il maggior numero delle pieghe e la loro maggior compressione non sembra abbiano luogo nelle masse immediatamente contigue alla superficie, ma come si verifica in tutte le pieghe meglio conservate delle Alpi Apuane, ad una certa profondità. La denudazione togliendo in molti casi, specialmente ne' sollevamenti più antichi, i terreni più esterni, può nascondere in parte l' esistenza di questo fatto.

XX. — L' assoluta mancanza di tracce di denudazione sulla superficie degli strati più recenti nelle concavità tra una piega e l' altra, e l' impossibilità che le pieghe lunghissime, strette, e rovesciate abbiano acquistata la loro forma presente ad immediato contatto colla superficie terrestre, mancando alle leggi fondamentali dell' equilibrio, provano che quei fatti, dell' origine, della reciproca compressione e del rovesciamento delle pieghe si sono lentamente verificati al di sotto della superficie e dentro la massa terrestre senza spazi vuoti intermedi fra una piega e l' altra.

XXI. — Gli sconvolgimenti e gli accartocciamenti delle Alpi Apuane in ogni senso e con ogni direzione, mostrano che le compressioni ivi furono multiple e multilaterali.

XXII. — La direzione predominante delle pieghe delle Alpi Apuane è però secondo il *meridiano*, onde secondo il *meridiano* si ma-

nifestarono le compressioni prevalenti; perciò le forze componenti ebbero la direzione principale ma non esclusiva dei *paralleli* tra E. ed O.

Questi fatti possono indurci a credere che le grandi pieghe come le piccole flessioni e ondulazioni secondarie delle rocce, debbano spiegarsi coll' intervento di forze *tangenziali*, i cui massimi effetti appunto si manifestarono alla superficie ed esteriormente.

Secondo le mie osservazioni *le pieghe* delle Alpi Apuane e di altre simili giogaie si sarebbero formate per compressione e restringimento delle zone superficiali della terra, le quali, accorciandosi nelle singole regioni di questa, avrebbero stretto e compresso le masse rocciose sottostanti, fino ad una certa profondità, obbligandole a contorcersi ed a r avvolgersi in vario senso. Le pressioni perciò che produssero le pieghe secondarie di ogni giogaia sarebbero state non unilaterali ma multilaterali.

Per maggiore chiarezza ripeterò la stessa idea con poco diverse parole. Le variazioni accadute nel volume della massa terrestre avrebbero prodotte le ondulazioni più estese designanti le singole giogaie; *le pieghe subordinate costituenti le varie montagne non sarebbero se non fenomeni relativamente secondari verificatisi a non grande distanza dalla superficie, ¹ nell' interno delle ondulazioni maggiori e più generali, per effetto delle compressioni prodotte dal loro involuppo esteriore.*

In conseguenza dei fatti indicati nei paragrafi IV, V e VI, un restringimento radiale ed una pressione tangenziale limitati possono bastare a produrre sulla superficie terrestre ripiegamenti ragguardevoli.

¹ V. anche C. Davison, *On the secular straining of the Earth* (Geol. Magazine, May 1889).

INDICE.



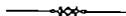
PARTE PRIMA.

Descrizione geologica sommaria.....	Pag.	5
CAPO I. Siluriano medio.....		ivi
» II. Trias medio e superiore.....		9
» III. Infralias.....		22
» IV. Lias inferiore.....		25
Zona a <i>Pylonoti</i>		ivi
Zona ad <i>Angulati</i>		26
Zona ad <i>Arieti</i>		29
» V. Lias medio e superiore.....		30
» VI. Giura.....		31
» VII. Titoniano.....		33
» VIII. Creta inferiore.....		34
» IX. Aptiano.....		35
» X. Creta media e superiore.....		37
» XI. Calcarea nummulitico.....		38
» XII. Eocene medio: zona superiore.....		39
» XIII. Eocene superiore.....		40
» XIV. Miocene superiore.....		44
» XV. Pliocene.....		46
» XVI. Postpliocene, Glaciale.....		51
» XVII. Interruzioni nella serie de' terreni.....		55
Quadro dei terreni delle Alpi Apuane.....		61

PARTE SECONDA.

CAPO I. Descrizione delle pieghe.....		65
Piega <i>A</i>		ivi
Sinclinale <i>A-B</i> e piega <i>B</i>		68
Piega <i>C</i> e sinclinale <i>B-C</i>		71
Piega <i>D</i>		72
Sinclinale <i>BCD-E</i>		74
Piega <i>E</i>		77
Sinclinale <i>E-F</i> e Piega <i>F</i>		78
Pieghe secondarie ad oriente di <i>F</i>		79
Sinclinale <i>EF-G</i>		81
Piega <i>G</i> e sinclinale <i>G-G</i>		82
Piega del Teverone.....		83
Pieghe laterali secondarie.....		84

CAPO	II. Conseguenze dei movimenti negli strati.....	Pag.	91
	Spostamenti.....		ivi
	Supposti cambiamenti molecolari nelle rocce.....		101
	Fessure delle rocce.....		103
	Origine delle valli indipendente dalle faglie.....		105
	Sfiancamenti.....		106
	Conclusioni.....		109



NOTA BENE.

Fino dal 1869 cominciai lo studio delle Alpi Apuane, guidato dalla Carta topografica dello Stato Maggiore Austriaco. Nel 1880, appena uscita la Carta del R. Istituto Geografico Italiano, portai a fine il rilevamento geologico particolareggiato di cui qui pubblico una parte formata dalle tavolette Monte Sagro, Vagli di Sotto, Monte Altissimo e parzialmente Castelnuovo di Garfagnana e Galliciano.

Il disegno del confine dei terreni, come pure tutte le indicazioni geologiche, alcuni cambiamenti di nome e piccole correzioni topografiche furono eseguiti con ogni maggior cura possibile, nel gabinetto geologico del R. Istituto Superiore, dal signor Enrico Minezzi addetto al R. Istituto Geografico, della cui opera non ebbi che a lodarmi. La coloritura della Carta venne eseguita nello stabilimento litografico Paris in Firenze e non corrispose alle infinite cure che mi ero dato perchè riuscisse perfetta.

Le tavole degli spaccati ridotti al 50 mila, furono incise in pietra nel gabinetto geologico sopra accennato, dal sig. Antonio Cocchi, sotto la mia direzione: le parole furono litografate nello stabilimento Paris. Le due incisioni in legno nel testo sono del sig. Odiardi.

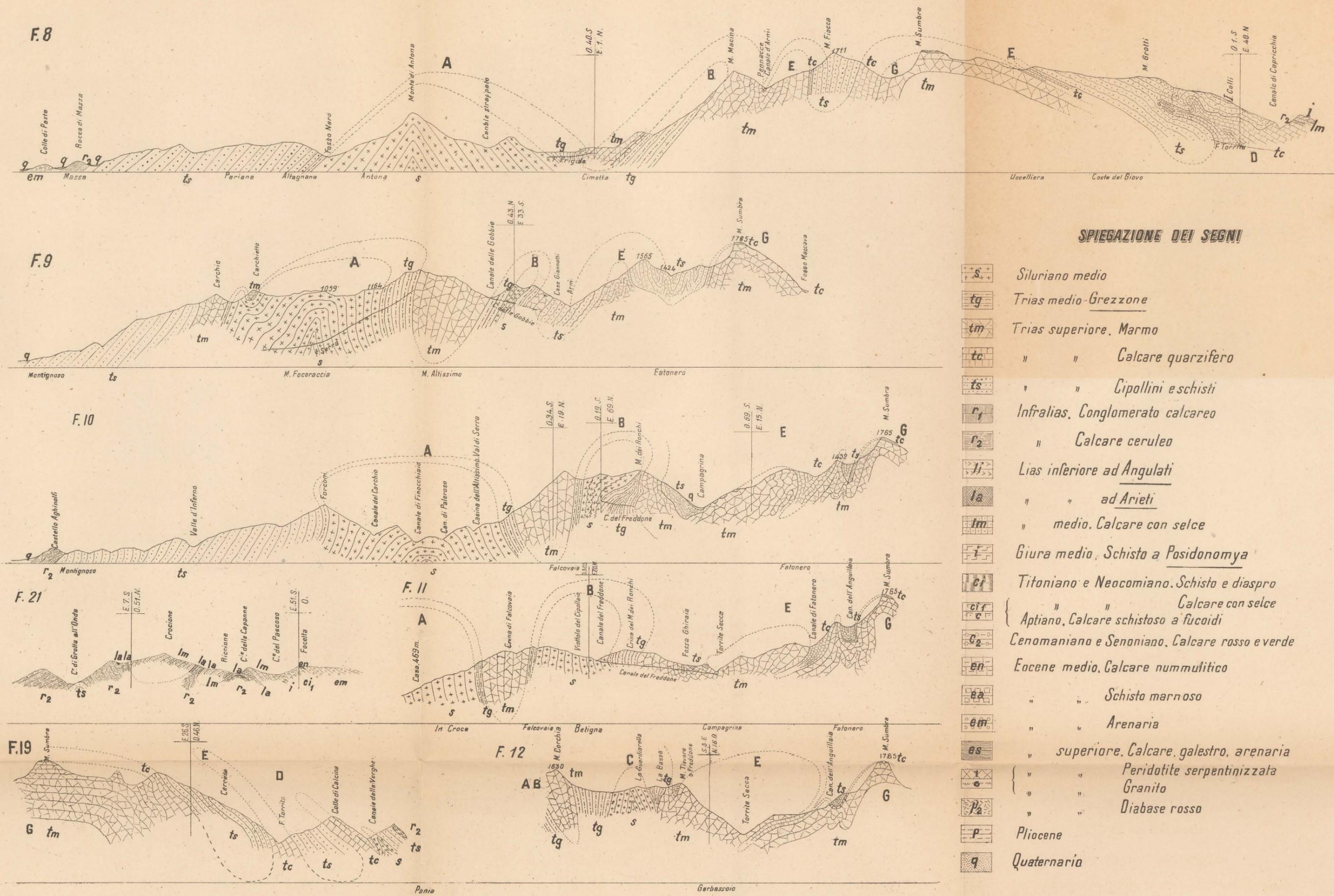
Il rilevamento geologico fu fatto pell'intero a mie spese; la pubblicazione è fatta a spese del R. Istituto di Studi Superiori di Firenze.

Si noti che ad E. di Careggine, sul confine fra Creta ed Eocene, ed a N. E. della Ferriera sul Ledron, sul confine tra Lias ed Eocene, sono segnati dai confini ma non sono opportunamente colorati, due lembi di schisto argilloso-rosso dell' « Eocene medio. » Il « Granito », il cui colore riuscì assai poco distinto, trovasi a N. di Casatico ed a Camporgiano.

La metà settentrionale del lato E. della Carta è la continuazione immediata della Carta geologica, rispondente alla restante parte della tavoletta Castelnuovo di Garfagnana, da me rilevata e pubblicata negli Atti della R. Accademia dei Georgofili di Firenze (*Sulle ligniti della Valle del Serchio*, 1887 e 1889).

Disegni in nero e colori di questa vennero lodevolmente eseguiti nel R. Istituto Geografico.

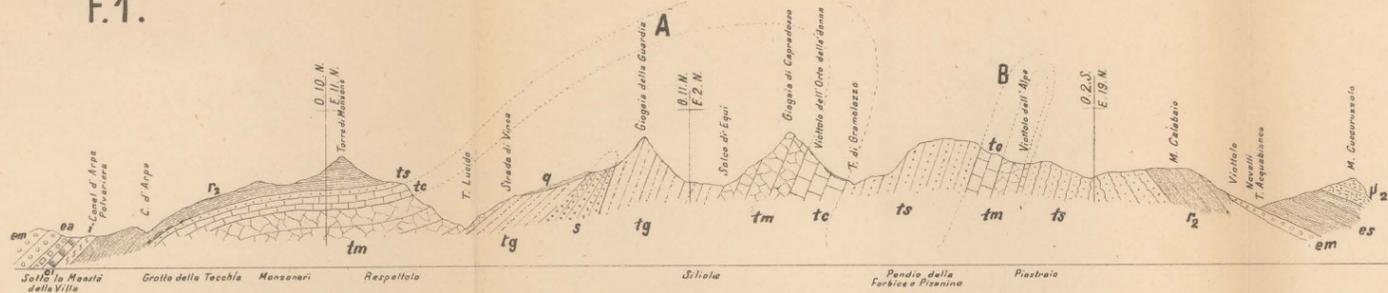
In quest'ultima Carta si può vedere parte dell'ampio sinclinale pliocenico di Val di Serchio che separa le Alpi Apuane dall'Apennino; in essa continuano gli spaccati 4, 5, 7, 8 indicati in numeri romani, pubblicati nel presente lavoro. Gli spaccati 1, 2, 3, 4 indicati in numeri arabi vennero pubblicati in altro lavoro (*Le ligniti del bacino di Castelnuovo di Garfagnana*. Boll. del R. Com. geol. Roma, 1887).



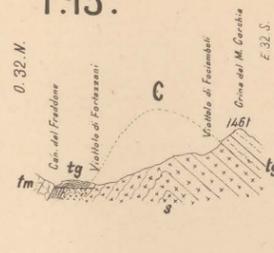
SPIEGAZIONE DEI SEGNI

- s Siluriano medio
- tg Trias medio-Grezzone
- tm Trias superiore, Marmo
- tc " " Calcare quarzifero
- ts " " Cipollini e schisti
- r₁ Infralias, Conglomerato calcareo
- r₂ " " Calcare ceruleo
- la Lias inferiore ad Angulati
- lm " " ad Arieti
- i " medio, Calcare con selce
- ci Giura medio, Schisto a Posidonomya
- ci₁ Titoniano e Neocomiano, Schisto e diaspro
- ci₂ " " Calcare con selce
- en Aptiano, Calcare schistoso a fucoidi
- ea Cenomaniano e Senoniano, Calcare rosso e verde
- em Eocene medio, Calcare nummulitico
- es " " Schisto marnoso
- p₁ " " Arenaria
- p₂ " superiore, Calcare, galestro, arenaria
- p " " Peridotite serpentizzata
- q " " Granito
- q " " Diabase rosso
- p Pliocene
- q Quaternario

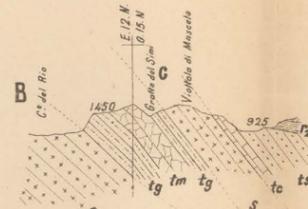
F.1.



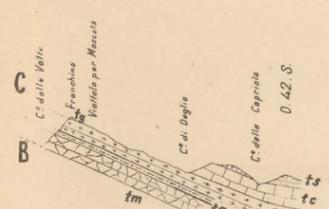
F.13.



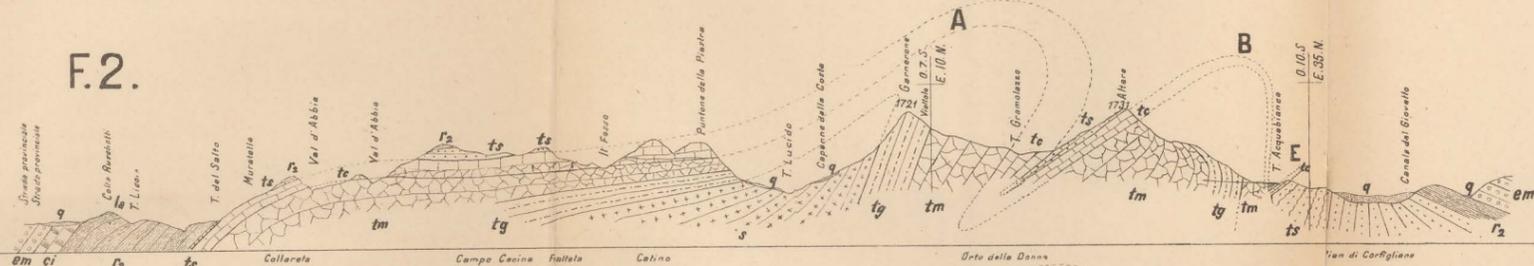
F.15.



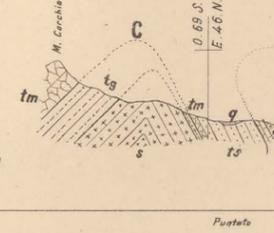
F.16.



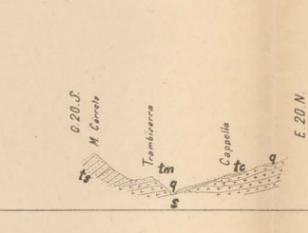
F.2.



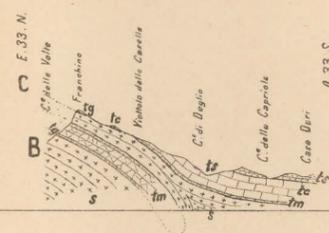
F.14.



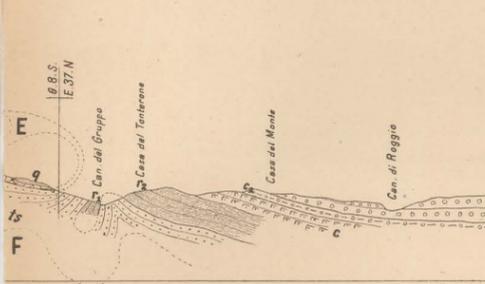
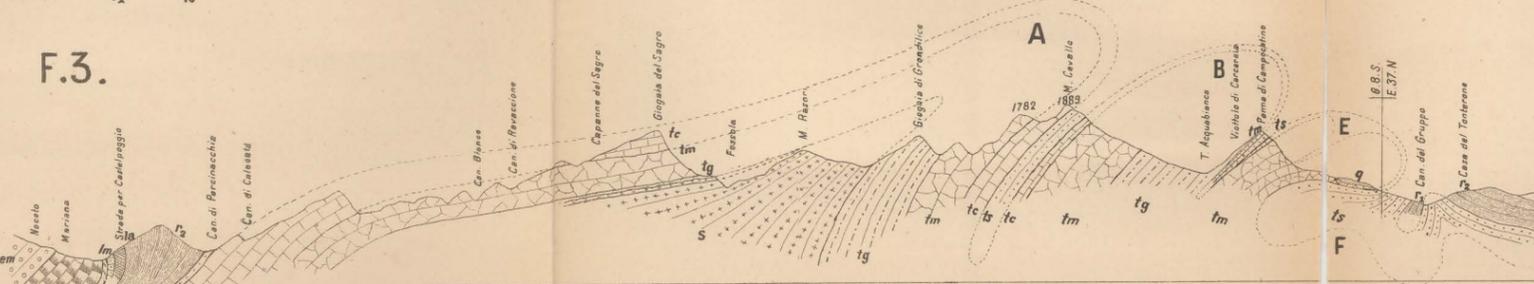
F.20.



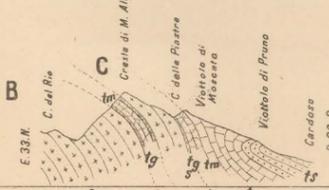
F.17.



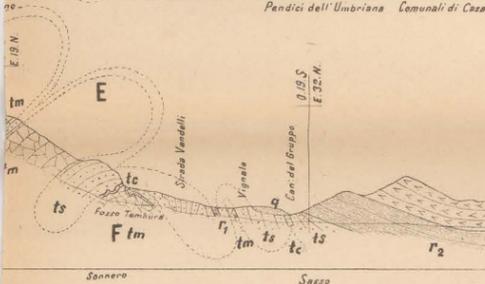
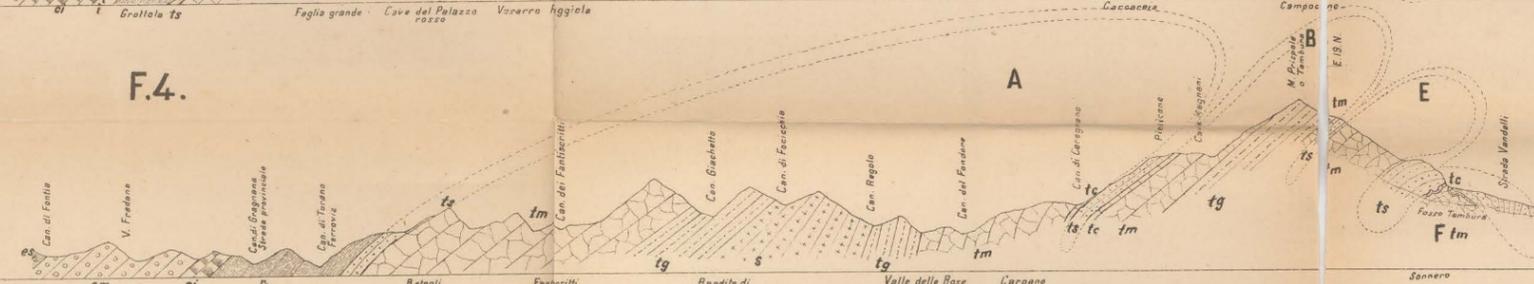
F.3.



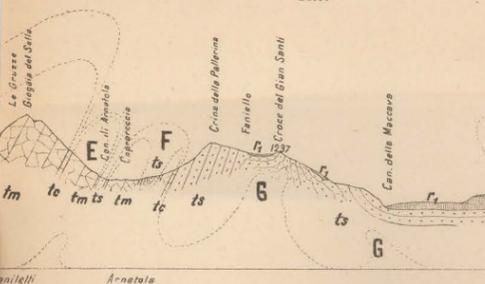
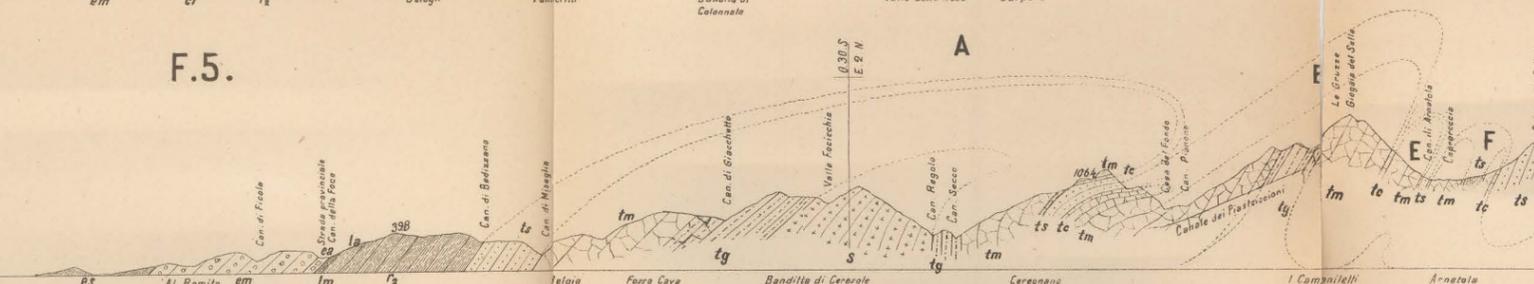
F.18.



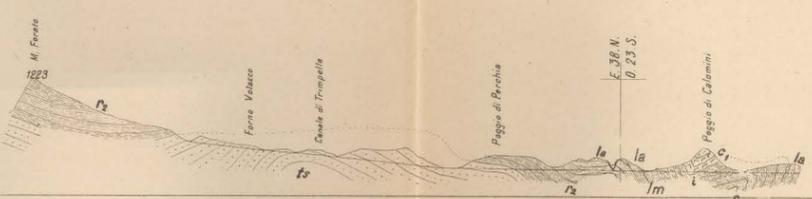
F.4.



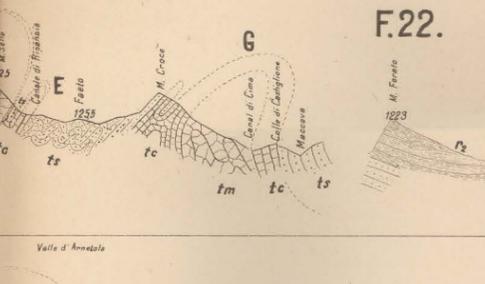
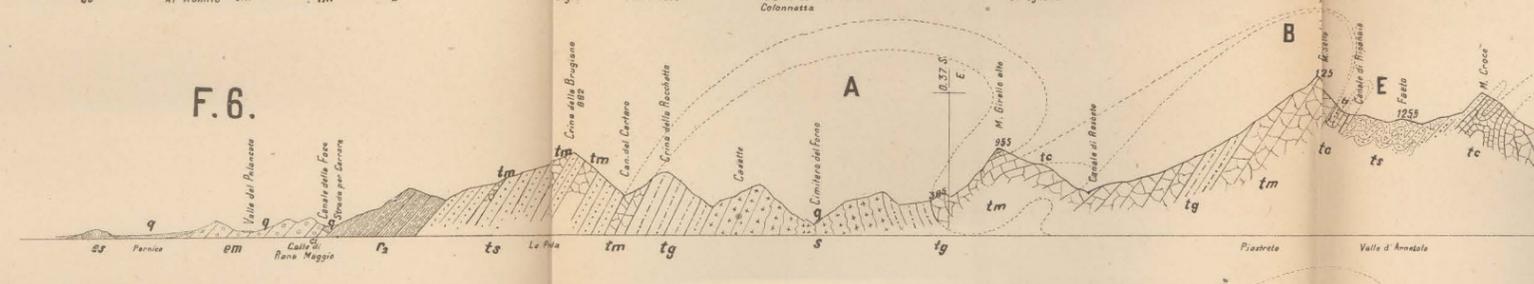
F.5.



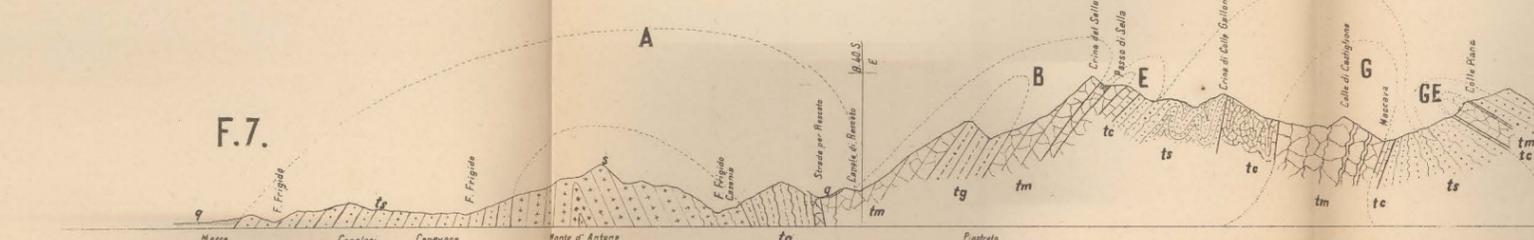
F.22.



F.6.



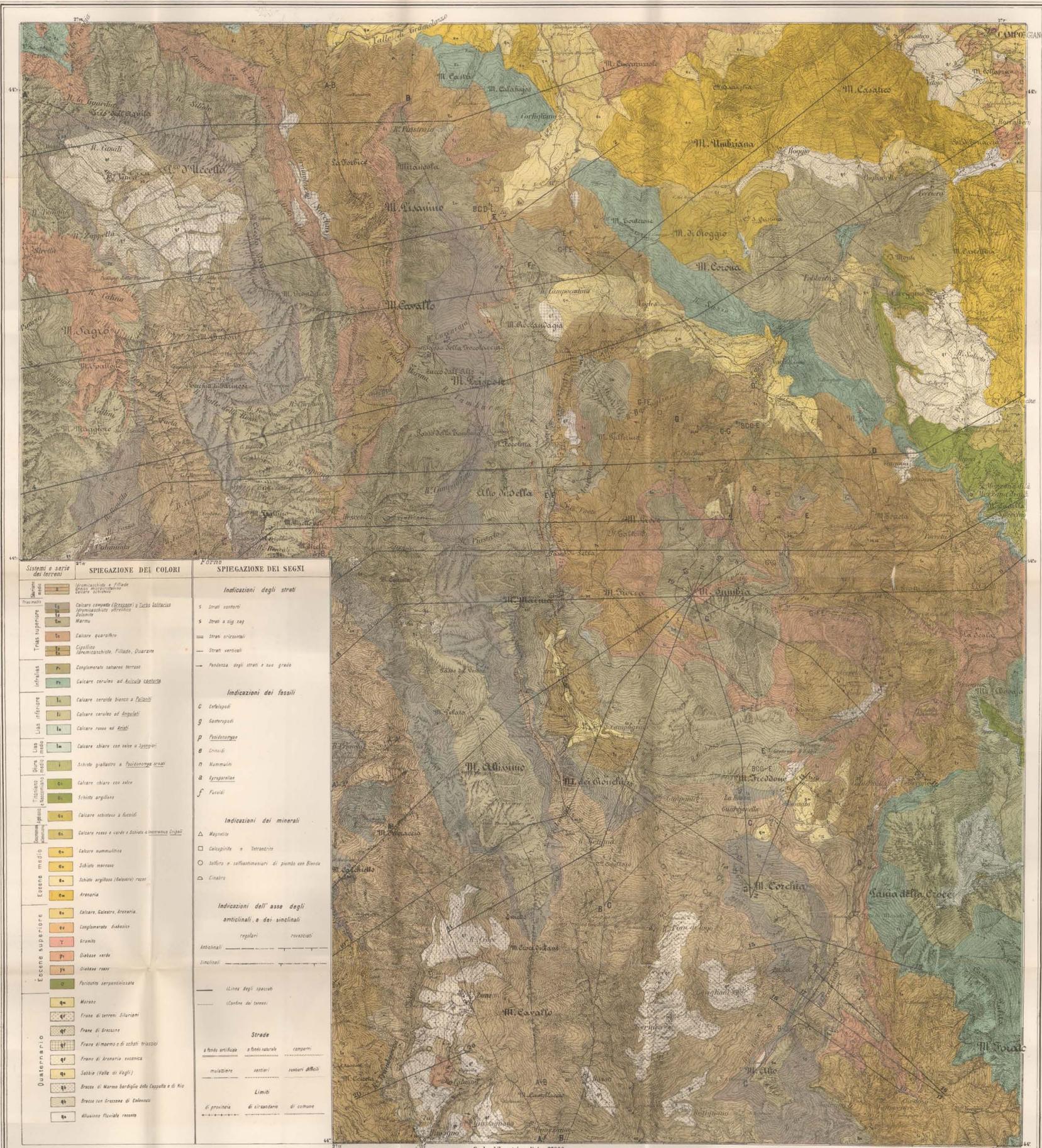
F.7.



CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE CENTRALE DELLE ALPI APUANE

Pubbli del R. Ist. di Studi Sup.

Tavole del R. Istituto Geografico Militare



Sistemi e serie dei terreni	SPIEGAZIONE DEI COLORI	SPIEGAZIONE DEI SEGNI
Marmifera	Irrombicolato e Filade Galea marmifera Sabbie calcaree	Indicazioni degli strati
Trias superiore	Calcare arenaceo (Grosseto) e Salsola Grosseto Marmo	S Strati costanti
Trias inferiore	Calcare quarzifero	S' Strati a zig zag
Trias inferiore	Capolino Alfoncinochisto, Filade, Quarzite	— Strati orizzontali
Trias inferiore	Calcare arenaceo	— Strati verticali
Trias inferiore	Calcare arenaceo ad Alzola costata	— Pendenza degli strati e suo grado
Trias inferiore	Calcare arenaceo bianco e rosato	Indicazioni dei fossili
Trias inferiore	Calcare arenaceo ad Anguillara	C Corallo
Trias inferiore	Calcare rosso ad Anghi	g Gastropodi
Trias inferiore	Calcare chiaro con teca e sottop.	p <i>Psalidoceras</i>
Trias inferiore	Sabbie giallastre e <i>Psalidoceras</i> arcaici	B Corallo
Trias inferiore	Calcare chiaro con sabbie	n Nummuliti
Trias inferiore	Sabbie argillacee	a <i>Atrypa</i>
Trias inferiore	Calcare scabbioso a fucoidi	f Fucoidi
Trias inferiore	Calcare rosso e verde e Salsola e <i>Stromatolite</i> Copoli	Indicazioni dei minerali
Trias inferiore	Calcare mammillare	Δ Magnesite
Trias inferiore	Sabbie marmifere	□ Calcopite e Tetradrite
Trias inferiore	Sabbie argillacee (Bastardo) rosso	○ Solfuro e solfocianuri di piombo con Blanda
Trias inferiore	Arenaria	○ Cinabro
Trias inferiore	Calcare, Calcare, Arenaria	Indicazioni dell'asse degli anticlinali, e dei sinclinali
Trias inferiore	Conglomerato diabasi	regolari rovesciati
Trias inferiore	Granito	Anticlinali sinclinali
Trias inferiore	Diabasi verde	— Linea degli spaccati
Trias inferiore	Diabasi rosso	— Contorni dei terreni
Trias inferiore	Peridotite serpentizzata	Strade
Trias inferiore	Micasa	a Reti artificiali
Trias inferiore	Frane di terreni Siluriani	a Reti naturali
Trias inferiore	Frane di granito	comperti
Trias inferiore	Frane di marmo e di scisti trassici	mutilate
Trias inferiore	Frane di arenaria essicca	senzari
Trias inferiore	Sabbie (Valle di Vagli)	senzari difficili
Trias inferiore	Bracce di Marmo Bardiglio della Cappella e di Rio	Limiti
Trias inferiore	Bracce con Strasse di Colanuco	di provincia
Trias inferiore	Alluvioni fluviali recenti	di cantone
Trias inferiore		di comune

Scala chilometrica di 1 a 25000