

PUBBLICAZIONE EDITA SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

GIULIO ELTER

OSSERVAZIONI SULLA TETTONICA DEL MONFERRATO ORIENTALE

(Con 1 figura nel testo e 2 tavole)



PADOVA

SOCIETÀ COOPERATIVA TIPOGRAFICA

1956

Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova
Volume XX

INTRODUZIONE (*).

Il complesso di strutture tettoniche che, nel Monferrato e nella Collina di Torino, caratterizza le formazioni terziarie, affioranti a Nord del bacino pliocenico di Asti, tra il corso del Po e l'estremo tratto inferiore di quello del Tanaro, viene generalmente considerato come il prolungamento oltre la piana di Alessandria del margine settentrionale dell'Appennino. Esso è però situato al centro dell'arco delle Alpi occidentali e probabilmente in corrispondenza della prosecuzione, sotto ai depositi recenti della pianura padana, delle unità tettoniche alpine più interne del Piemonte nord-orientale e della Lombardia. Non si può quindi escludere a priori che la sua tettonica sia in relazione, più o meno diretta, anche con le Alpi. E' possibile per esempio che il parossismo orogenetico alpino abbia agito in questa zona prima del deposito del « Tongriano », che ha, nel Monferrato, i caratteri di un deposito postorogenetico rispetto alle Alpi. Ne sarebbero state investite le formazioni preoligoceniche, che vi affiorano, oppure, se si accettano le ipotesi della loro alloctonia recente (R. REDINI [24 e 25]; E. BENE0 [2]), il loro substrato nascosto. I movimenti che hanno imposto l'attuale assetto tettonico del Monferrato sono tardomiocenici e sembrano corrispondere piuttosto alle fasi recenti dell'orogenesi appenninica, che non a movimenti postumi di quella alpina. La formazione delle strutture, dovute a questi movimenti recenti, può tuttavia esser stata influenzata, in modo più o meno notevole o per lo meno indiretto, da strutture più antiche sorte in seguito all'azione dell'orogenesi alpina. Il problema della pertinenza geologica del Monferrato è quindi molto complesso e si confonde con quello più vasto delle relazioni tra le Alpi e l'Appennino.

Il Monferrato e la Collina di Torino sono ancora poco conosciuti dal punto di vista tettonico, in buona parte per le difficoltà di studio di queste basse colline, poverissime di affioramenti ed incise per una profondità molto lieve. Si tratta di una tettonica molto complessa, come hanno messo in luce le ricerche recenti di C. BEETS [3], S. VAN DER HEIDE [46], C. SOCIN [39 e 40] e R. REDINI [25] e non di un insieme di pieghe semplici e regolari, come riteneva la maggior parte degli autori precedenti. Da questa complessità tettonica deriva l'esigenza di studi di dettaglio che, sino ad oggi, sono stati effettuati solo su una parte del Monferrato. La regione qui considerata, che ne rappresenta l'estremità orientale, compresa tra il torrente Rotaldo ed il Tanaro, era da questo punto di vista una delle meno conosciute. Essa presenta condizioni di studio particolarmente sfav-

(*) Lavoro eseguito e pubblicato col contributo finanziario del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

vorevoli; gli affioramenti sono infatti molto scarsi e mancano quasi completamente le sezioni naturali. Inoltre la profondità di indagine è limitatissima, per la modesta altitudine delle colline che costituiscono questa regione, e per l'insufficiente profondità delle incisioni naturali. Non era quindi possibile arrivare ad una conoscenza completa dei caratteri strutturali ed ho dovuto limitare la costruzione di spaccati geologici alla zona situata tra il Rotaldo ed il Grana, che rappresenta non più di 1/5 del territorio studiato. Nelle altre zone i dati stratimetrici erano assolutamente insufficienti.

I risultati di questo studio sono quindi per necessità di cose incompleti. Non per questo essi sono privi di interesse per una migliore comprensione del problema strutturale del Monferrato.

Le ricerche sul terreno attinenti al presente studio sono state compiute soprattutto nel 1955, secondo un programma di studi sovvenzionato dal C.N.R.; erano già però a mia disposizione dei dati di osservazione, raccolti in una precedente campagna di rilevamento compiuta in questa regione, per conto dell'A.G.I.P. ⁽¹⁾. Mi è grato ringraziare qui il Consiglio Nazionale delle Ricerche e la Direzione Mineraria dell'A.G.I.P. per gli aiuti di cui ho potuto usufruire. Ringrazio pure i Proff. Giambattista DAL PIAZ ed Angelo BIANCHI che hanno voluto accogliere questo lavoro nelle Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova da Loro dirette.

LA SERIE DEI TERRENI.

Non è negli scopi del presente lavoro, specificatamente tettonico, stabilire una stratigrafia di dettaglio e neppure una verifica sistematica delle serie locali. Ho quindi accettato provvisoriamente la suddivisione stratigrafica stabilita da F. SACCO [30 e 35] che, per l'area considerata, è la più recente e mi sono limitato ad introdurre qualche modifica suggerita per lo più da osservazioni effettuate sul terreno. In alcuni casi l'età di alcune formazioni è risultata diversa da quella indicata da SACCO. Però, dato il carattere provvisorio di questi riferimenti cronologici cui spero di poter sostituire presto, sulla base di uno studio stratigrafico sistematico, delle datazioni più attendibili, userò generalmente nel presente lavoro le suddivisioni del SACCO, ma senza dar loro un preciso significato cronologico. Per indicare ciò, i nomi dei piani verranno compresi tra virgolette.

1) « PRETONGRIANO ».

E' la formazione più antica dell'area considerata; F. SACCO [35] l'ha riferita all'Eocene inferiore-medio (Suessoniano-Parisiense), ma è probabile che essa sia in parte anche più antica dell'Eocene, mentre non è da escludere che vi sia compreso l'Eocene superiore. Per questo la indico con il termine più generico di « Pretongriano ».

⁽¹⁾ Tale rilevamento, effettuato nel 1951, faceva parte di ricerche geologiche compiute nel Monferrato dall'Istituto di Geologia della Università di Torino per conto e col sussidio della Direzione Mineraria dell'A. G. I. P.

I caratteri stratigrafici sono mal definibili per le intense dislocazioni che essa ha subito. In altre zone del Monferrato, meno dislocate, ed in cui le condizioni di osservazione sono migliori, questa formazione è costituita da strati argillosi alternanti con banchi o strati di rocce più resistenti: calcari più o meno marnosi, arenarie e brecciole ⁽¹⁾. Nell'area considerata si osservano solo dei frammenti di queste rocce, mentre la frazione argillosa, facilmente sgretolabile, è a mala pena distinguibile dal terreno agrario. I frammenti più diffusi sono di calcari marnosi di tipo alberese e di calcari marnosi a Radiolari ed a Furoidi. Si notano inoltre frammenti di arenarie feldispatiche talvolta a glauconite, di calcari arenacei pure a glauconite, e di due tipi di brecciola: il primo, con Orbitoline rimaneggiate, è composto da elementi di calcari a *Calpionella*, di rocce cristalline e di calcari oolitici; il secondo invece contiene Nummuliti, Discocicline e Litotamni ed elementi di rocce cristalline e di calcari.

In generale però tanto le argille quanto i frammenti di queste rocce non contengono fossili significativi dal punto di vista stratigrafico, o ne sono privi del tutto. Per la maggior parte questi costituenti sono probabilmente eocenici, e certamente lo sono alcuni di essi come le brecciole a *Nummulites* e le argille contenenti microfaune ad *Hantkenina* segnalate da C. SOCIN ([41] e dati inediti). Altri però, come i calcari arenacei a glauconite, in un campione dei quali ho osservato un esemplare di *Globotruncana* che non sembra rimaneggiata, e probabilmente anche le brecciole ad *Orbitolina*, sono più antichi e riferibili almeno in parte al Cretaceo superiore. I limiti cronologici del « Pretongriano » sono comunque indefinibili. Quello inferiore, perchè non ne affiora il substrato, quello superiore perchè la formazione è ricoperta dal « Tongriano » con contatto in generale tettonico, in alcuni punti forse stratigrafico, ma comunque senza che in nessun luogo si interponga il « Bartoniano » che, nel Monferrato centrale ed occidentale, affiora in questa posizione stratigrafica. Ora, se da un lato, la mancanza di quest'ultima formazione nelle località in cui il contatto tra « Pretongriano » e « Tongriano » sembra stratigrafico potrebbe essere dovuta ad un *hiatus*, non si può d'altra parte neppure escludere che essa sia dovuta all'esistenza di un « Pretongriano » comprensivo anche di quei livelli che vengono attribuiti al « Bartoniano » nel Monferrato occidentale e centrale.

2) « TONGRIANO ».

Il carattere prevalentemente detritico contraddistingue ovunque questa formazione, che presenta però notevoli variazioni locali di composizione litologica. All'estremità occidentale della regione, nelle colline di Vignale, essa è costituita quasi esclusivamente da un'alternanza fitta e piuttosto regolare di strati di argille e di sabbie, alla cui base si intercalano lenti poco potenti di puddinghe. Quest'ultime prevalgono invece nettamente in tutti i livelli della serie, con spessori e frequenze di gran lunga superiori e conseguente riduzione delle facies argillose e sabbiose, nelle colline poste tra Pavone di Alessandria, Valle S. Bartolomeo e Pecetto di Valenza, all'estremità orientale dell'area considerata. Altrove il « Tongriano » ha una costituzione di tipo intermedio rispetto a quelle che lo caratterizzano in queste due zone estreme.

⁽¹⁾ Si tratta di arenarie conglomeratiche poligeniche, a cemento calcareo e ad elementi in parte calcarei, ricche in organismi.

I conglomerati sono composti da ciottoli di dimensioni variabili da pochi centimetri a qualche decimetro, che possono però localmente raggiungere e superare il metro, e da una matrice sabbiosa. Prevalgono i ciottoli di serpentina, ma vi è rappresentata tutta una gamma di altre rocce, e precisamente, in ordine di frequenza, calcari di tipo alberese, diaspri, eufotidi, graniti, porfidi, diabasi, gneiss, prasiniti, anfiboliti, micascisti, arenarie, conglomerati, marmi, calcescisti, ecc..... Le sabbie sono ricche di elementi serpentinosi e costituiscono strati potenti da pochi centimetri a qualche metro intercalati nelle argille. Queste sono a stratificazione più minuta e regolare, contengono sempre, in proporzioni variabili, un residuo sabbioso, e sono più o meno calcaree.

I fossili sono piuttosto scarsi nel « Tongriano ». Essi indicano genericamente un'età oligocenica, ma non provano che si tratti solo di Oligocene inferiore. La formazione è ricoperta con contatto trasgressivo dalla *pietra da cantoni* che, pur essendo probabilmente più antica dell'Elveziano a cui SACCO la riferisce, è certamente miocenica. Vi è quindi da chiedersi se nel « Tongriano » non siano compresi anche strati coevi dello « Stampiano » e dell'« Aquitaniano » del Monferrato occidentale, tanto più che la parte basale di quest'ultima formazione, in base a recenti ricerche di C. W. DROOGER [10] sulle Miogipsine della Collina di Torino, sembra riferibile al Cattiano. Non si può però seguire il SACCO nell'attribuire all'« Aquitaniano » gli strati tipicamente tongriani che affiorano a Nord della linea Conzano-Frassinello, poichè essi sono in contatto inferiormente con l'Eocene. Strati coevi dell'« Aquitaniano », se esistono, devono essere compresi nella parte superiore del Tongriano, e non solo in questa zona ma in tutte.

3) « ELVEZIANO ».

Nei terreni riferiti da SACCO all'« Elveziano » si possono distinguere in realtà due formazioni sovrapposte. L'inferiore corrisponde alla *pietra da cantoni* di Rosignano ⁽¹⁾ e Vignale, nota per le monografie paleontologiche di G. DE ALESSANDRI [7] e di G. D'ERASMO [8]. La formazione superiore è costituita da un complesso essenzialmente marnoso, che il DE ALESSANDRI, a differenza di SACCO, considera già di età tortoniana.

L'« Elveziano » affiora solo nelle zone di Vignale, Conzano e Pecetto di Valenza. Altrove manca per ragioni tettoniche o per erosione, ma in tutta una zona mal delimitabile, situata approssimativamente tra il Grana e le colline a Nord di Salcido, l'« Elveziano » ed il « Tortoniano » non sono stati depositi. Il « Messiniano » ricopre qui direttamente il « Tongriano ».

La *pietra da cantoni* è costituita da banchi di calcari marnoso-arenacei a glauconite, più grossolani e detritici alla base, più fini e marnosi in alto. In certe zone è evidente il carattere trasgressivo di questa formazione: gli strati di base contengono spesso ciottoli rimaneggiati dei conglomerati del « Tongriano » e sono separati talvolta dal « Tongriano » da una superficie irregolarmente ondulata. Frequentemente si osserva anche una discordanza angolare tra le due formazioni; essa è però dovuta, almeno in parte, a fenomeni di disarmonia tettonica. La *pietra da cantoni* è ricchissima in fossili, che sono stati descritti in modo molto esauriente nelle monografie già citate di DE ALESSANDRI e di

⁽¹⁾ Località situata a 7 Km circa a Nord di Vignale, al di fuori dell'area considerata.

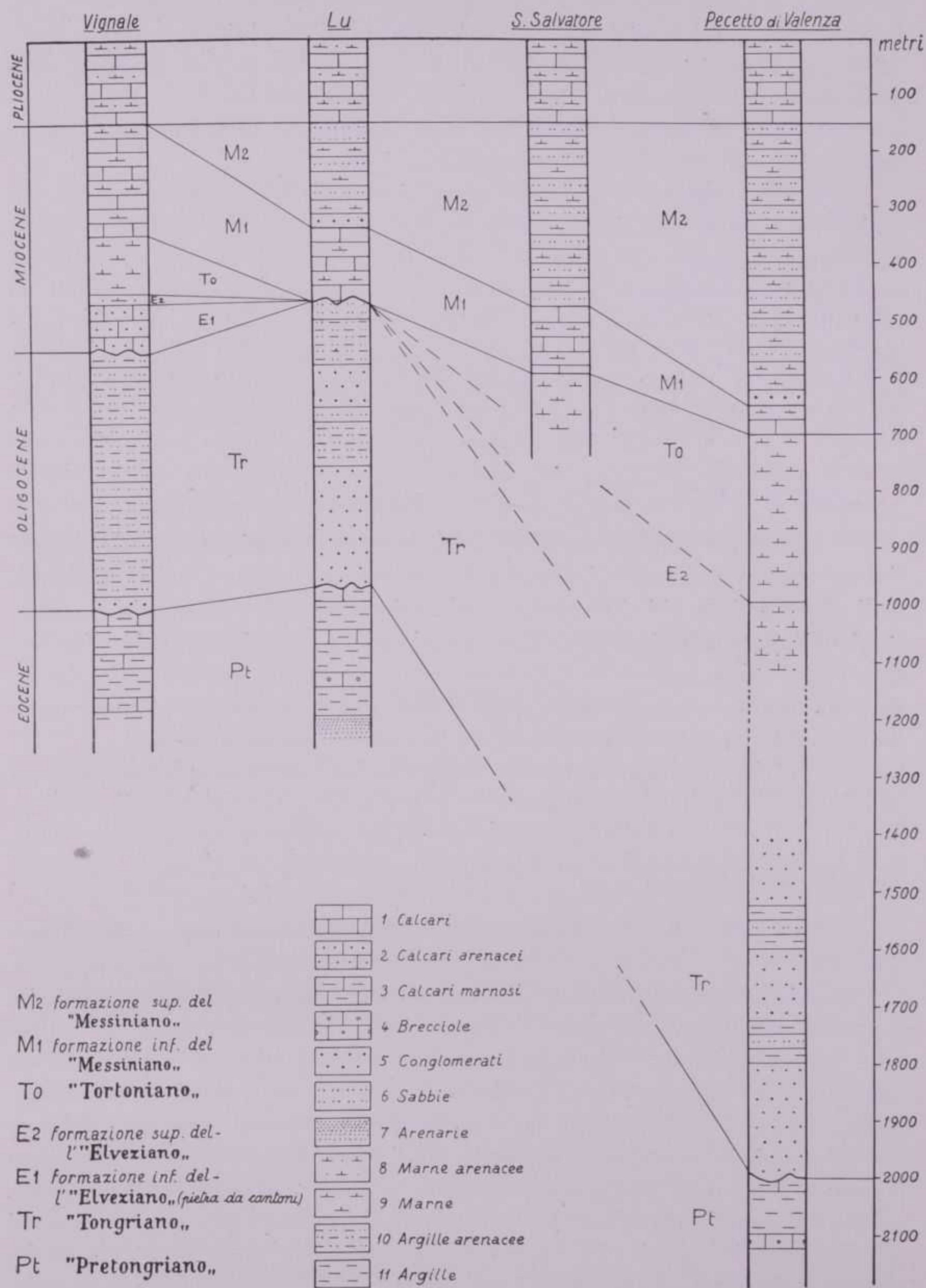


FIG. 1 - Profili colonnari delle serie litologiche e stratigrafiche del Monferrato orientale. Da sinistra a destra si susseguono in un ordine che corrisponde a quello topografico da Ovest (Vignale) ad Est (Pecetto di Valenza).

D'ERASMO. Mi limito qui a sottolineare la presenza, negli strati basali, di Miogipsine, in base alle quali questi livelli devono essere più antichi dell'Elveziano. Con ogni probabilità è esatta l'ipotesi avanzata da A. BONI & B. CAPETTA [5], dell'età langhiana della *pietra da cantoni*. Anche da G. TRABUCCO [45], R. DOUVILLÉ [9], P. L. PREVER [23] e G. D'ERASMO [8] questa formazione era stata attribuita al Langhiano; era prevalsa però l'opinione di SACCO in favore di un'età elveziana.

Il complesso marnoso della formazione superiore dell'« Elveziano » ricopre in concordanza la *pietra da cantoni* nelle zone di Vignale e di Conzano. Esso è meglio sviluppato nella zona di Pecetto di Valenza, dove non affiora la *pietra da cantoni*, probabilmente perchè laminata tettonicamente. Nell'insieme questa formazione superiore è costituita da strati di marne grigio-chiare un po' sabbiose, contenenti un'abbondante microfauna del Miocene medio. Nelle zone di Vignale e Conzano queste marne sono caratterizzate dalla presenza di piccoli ciottoli di serpentina. E' probabile che questa formazione marnosa superiore corrisponda cronologicamente, almeno in parte, al piano Elveziano.

4) « TORTONIANO ».

Si tratta di un complesso marnoso, che dà luogo ad una tipica morfologia con colline depresse e valli ampie e poco profonde; estremamente esiguo è invece il numero degli affioramenti. In essi si osservano sempre unicamente delle marne grigio-azzurastre fossilifere, concoidali o fogliettate, con qualche sottile e rara intercalazione sabbiosa. Questi tipi litologici passano insensibilmente tanto a quelli dell'« Elveziano » che a quelli del « Messiniano » ed appartengono verosimilmente alla stessa formazione dei terreni affioranti nella zona di S. Agata Fossili, che rappresenta il Tortoniano tipico.

Si è già visto come esista una lacuna stratigrafica del Tortoniano nella zona posta tra la Val Grana e le colline di Salcido.

5) « MESSINIANO ».

I terreni compresi tra il « Tortoniano » ed il Pliocene appartengono a due distinte formazioni.

La prima, caratterizzata dalle facies evaporitiche di alcuni costituenti, è sviluppata soprattutto nella parte occidentale della regione, dove è direttamente ricoperta dal Pliocene. La seconda affiora solo nelle zone centrale e orientale dell'area considerata, dove ricopre la prima con spessore crescente da Ovest a Est, man mano che si riduce la potenza di questa. Quest'ultima è costituita da marne e sabbie alternanti, e alla base, da qualche intercalazione lenticolare di puddinghe ad elementi di rocce alpine. Nella prima formazione sono invece rappresentati soprattutto dei calcari evaporitici cariati, con intercalazioni di marne e, più raramente, di arenarie. Essi sono in contatto trasgressivo a Sud ed a Nord-Est di Lu con il « Tongriano »; altrove, associati a marne talvolta lignitifere, passano gradatamente al « Tortoniano ». Il passaggio al Pliocene della prima formazione, nella parte occidentale dell'area considerata, e della seconda, in quella centro-orientale, non è mai osservabile sul terreno.

I fossili sono scarsi nella prima formazione e rappresentati da alcune forme di Luci-

nidi, Pectinidi e da Nullipore, limitati a qualche rarissima lente di calcare organogeno situata alla sua sommità, e da resti di vegetali ⁽¹⁾. Nella seconda formazione non si osservano fossili.

6) PLIOCENE.

Il limite di erosione delle formazioni plioceniche è situato in genere a non grande distanza dal margine del complesso strutturale della regione considerata, in modo che esse non affiorano all'interno di questo. In vicinanza di questo limite il Pliocene è spesso costituito, anche alla base, da un complesso di calcari zoogeni giallastri e da marne e sabbie dello stesso colore, tutti estremamente ricchi in fossili litoranei. A distanze relativamente brevi dal limite suddetto appare invece la successione tipica con argille azzurre di facies piacentiana in basso e sabbie gialle di facies astiana in alto. Ciò indica che l'attuale limite di erosione del Pliocene non deve discostarsi di molto dal suo limite di deposito, e che la sua mancanza all'interno del complesso strutturale è dovuta al fatto che quest'ultimo era emerso nel Pliocene. Ne consegue che la struttura positiva in questione era allora già esistente e ciò è confermato dal fatto che nelle zone periferiche il Pliocene ricopre trasgressivamente, con giaciture nettamente discordanti, formazioni di età diversa.

CARATTERI TETTONICI DELLE FORMAZIONI.

ETÀ DEI MOVIMENTI.

Nello schizzo geologico della tavola I sono indicati, oltre agli assi delle strutture, i probabili limiti esterni di quelle periferiche, ossia i limiti del complesso strutturale del Monferrato orientale, nel settore compreso tra i corsi del Rotaldo e del Tanaro ⁽²⁾. Questi limiti sono in gran parte nascosti sotto alla copertura postorogenetica del Pliocene, dove questa ricopre trasgressivamente le strutture tettoniche. Il loro andamento è in questo caso indicato approssimativamente dal limite esterno delle facies litoranee della base del Pliocene, per le ragioni precedentemente esposte. Dove invece tutto è nascosto dai depositi quaternari della piana di Alessandria e del terrazzo di Valenza, non si può valutare di quanto il complesso strutturale si estenda sotto alla copertura quaternaria. Nelle zone in cui, in corrispondenza del limite, l'erosione permette di osservare le formazioni più antiche del Pliocene, queste passano gradatamente dalle giaciture più o meno fortemente inclinate delle zone dislocate ad una giacitura suborizzontale all'esterno di queste; spesso però questo passaggio si realizza in modo molto più brusco, per mezzo di faglie longitudinali.

⁽¹⁾ Quest'ultimi furono oggetto di uno studio di P. PEOLA [20].

⁽²⁾ Sullo stesso schizzo non sono state indicate le giaciture degli strati per due ragioni, perchè si tratta di valori variabili irregolarmente anche su distanze brevi, e perchè la densità degli affioramenti è assai diversa da zona a zona e soprattutto da formazione a formazione. Sarebbe stato quindi necessario riportare sullo schizzo quasi tutte le misure di giacitura effettuate, e poichè la cosa non era possibile per ragioni tecniche, ho preferito non falsare la rappresentazione delle condizioni strutturali, coll'indicare, come si fa di solito, solo un numero limitato di tali misure.

E' da notare come, nella parte occidentale dell'area considerata, il « Messiniano » ed il « Tortoniano » manchino nell'interno del complesso strutturale; essi affiorano però alla sua periferia, ove appaiono notevolmente dislocati. Nella parte centro-orientale della regione invece entrambi i terreni sono parte integrante delle strutture. La loro mancanza nella zona occidentale sembra quindi dovuta semplicemente ad erosione, tanto più che le strutture hanno qui in prevalenza il carattere di anticlinali.

L'area considerata è però contraddistinta da una notevole variabilità dei caratteri tettonici da una formazione all'altra che, ad un primo esame, si direbbe dovuta all'azione di fasi tettoniche distinte nel tempo. La mancanza del Miocene superiore, all'interno delle strutture della parte occidentale dell'area considerata, potrebbe quindi anche essere dovuta all'emersione di queste strutture in seguito a movimenti tettonici anteriori al « Tortoniano » ed al « Messiniano »; mentre le dislocazioni, che questi terreni presentano al margine, sarebbero da attribuire ad altra fase tettonica posteriore.

Nella ricerca dell'esatta interpretazione di questi caratteri tettonici locali del « Tortoniano » e del « Messiniano », e più generalmente di quella della genesi delle strutture della regione in esame è necessario, per prima cosa, cercare di stabilire, con la maggior esattezza possibile, l'età ed il numero dei movimenti tettonici che si sono prodotti. A tal fine esamineremo anzitutto le particolarità tettoniche delle singole formazioni.

Nella regione in esame non esistono affioramenti veri e propri di « Pretongriano ». Le zone costituite da questo terreno sono riconoscibili solo in base alla presenza di frammenti dei costituenti non argillosi, immersi in un materiale argilloso sfatto, che non presenta ormai più alcun accenno di stratificazione.

Questi caratteri superficiali, con ogni probabilità, dipendono da condizioni di caoticità della formazione. Lo conferma il fatto che le zone costituite dal « Pretongriano » sono sempre ricoperte da formazioni fortemente raddrizzate, rispetto alle quali questo terreno presenta contatti anormali. In queste zone sembra si possa ragionevolmente parlare di condizioni diapiriche del « Pretongriano » rispetto alla sua copertura e conseguentemente di una struttura caotica di esso.

La genesi della struttura caotica si può spiegare con la fratturazione degli strati delle rocce più resistenti e con la penetrazione, lungo i piani di rottura, delle argille, che ne hanno gradatamente inglobato i frammenti. Il comportamento diapirico della formazione è dovuto alla plasticità elevata della massa argillosa con inclusi, così prodottasi.

Queste considerazioni sulle condizioni tettoniche del « Pretongriano » non possono essere estese a tutta la formazione, ma hanno valore solo per quella parte che arriva in superficie. Infatti le condizioni di diapirismo, che questa parte presenta, non possono essersi prodotte in tutti i punti del « Pretongriano ». Ma la modestissima altitudine delle colline e la profondità insufficiente delle incisioni naturali di questa regione, in confronto allo spessore della serie dei terreni che la costituiscono, fanno sì che quella parte di formazione che non ha subito fenomeni di migrazione verso l'alto per diapirismo, non possa affiorare. Le sue condizioni tettoniche non possono quindi essere osservate. Ma poichè essa non è stata soggetta al diapirismo, queste condizioni tettoniche devono differire da quelle che si osservano in superficie e che sono proprie a quella parte di formazione, che a questo fenomeno è andata certamente soggetta.

Se la caoticità è dovuta agli stessi fenomeni che hanno provocato il diapirismo, si può affermare che la diversità di condizioni tettoniche consiste nella mancanza di strutture caotiche nella parte di formazione che non ha subito movimenti di ascesa diapirica. E' anche possibile tuttavia che la caoticità sia, almeno in parte, imputabile ad altri fenomeni indipendenti dal diapirismo e ad esso anteriori. Nel primo caso la caoticità sarebbe un carattere locale della formazione, limitato alle zone in cui essa costituisce strutture diapiriche, nel secondo invece si tratterebbe di un carattere più generale ed in ogni caso non esclusivo delle zone in cui si è verificato il diapirismo.

Da quanto si osserva nell'area considerata delle condizioni tettoniche del Pretongriano non è dato stabilire quale delle due ipotesi sia più vicina al vero. Tuttavia, dall'esame delle particolarità tettoniche delle altre formazioni e dei caratteri strutturali dell'area considerata, che verrà fatto più innanzi, si possono trarre alcuni elementi in favore della prima ipotesi, nessuno in favore della seconda. Tali elementi consistono essenzialmente nel fatto che nella regione in esame si osservano, accanto alle strutture diapiriche, delle anticlinali che, per i caratteri tettonici delle formazioni da cui sono costituite, sono da considerarsi non diapiriche, anche se non si possono osservare le condizioni tettoniche del loro nucleo di « Pretongriano » che non affiora, e dei termini di passaggio da queste strutture a quelle di tipo diapirico. Ciò porta a credere che queste ultime si siano formate in seguito all'accentuazione di anticlinali a nucleo di Pretongriano, per fratturazione nelle loro cerniere, al di là di un certo limite di curvatura, degli strati di questa formazione seguita, perdurando il fenomeno di accentuazione, dalla formazione di una massa caotica e dalla conseguente ascesa diapirica di questa massa. Il diapirismo e la formazione della caoticità sarebbero quindi fenomeni in stretta relazione genetica e pressoché contemporanei. Ne deriva che il carattere caotico è probabilmente limitato alla parte di « Pretongriano » che ha costituito strutture di tipo diapirico. Altrove questo terreno dovrebbe presentare condizioni tettoniche di altro tipo, di cui, per quanto ci è dato di osservare nell'area considerata, si può peraltro solo affermare che esse debbono differire da quelle proprie alle strutture caotiche.

Il « Tongriano », ovunque intensamente dislocato, ha caratteri tettonici sensibilmente diversi a seconda della sua costituzione litologica. Nelle zone in cui prevale la serie argilloso-sabbiosa, questa presenta dei ripiegamenti frequenti ed irregolari, disarmonici rispetto all'andamento tettonico più regolare dei conglomerati, che si trovano qui, come si è visto, solo alla base della formazione; essi sono disarmonici anche rispetto alle giaciture dei terreni che ricoprono il « Tongriano » rappresentati, a seconda dei casi, dalla *pietra da cantoni* o dai calcari cariatati del « Messiniano ». Questa disarmonia tettonica è evidentemente dovuta alla maggior plasticità della serie argilloso-sabbiosa del Tongriano, rispetto ai conglomerati della stessa formazione ed ai calcari arenacei e cariatati dei terreni che la ricoprono. Il maggior coefficiente di rigidità dei conglomerati è messo in evidenza dalle diaclasi e dalle faglie a piccolo rigetto che li caratterizzano e che mancano invece nella serie argilloso-sabbiosa.

La *pietra da cantoni* ed i calcari cariatati del « Messiniano » hanno un andamento tettonico più regolare della serie argilloso-sabbiosa del « Tongriano », nelle località in cui sono in contatto con questa. Ma ciò è dovuto alla disarmonia tettonica di quest'ultima

serie, e non a differenze di intensità di sollecitazioni tettoniche subite. A conferma di questo sta il fatto che la serie marnoso-sabbiosa del « Messiniano », che ricopre i calcari cariati e presenta caratteri litologici assai simili alle facies arenaceo-argillose del « Tongriano », sembra a sua volta più dislocata della formazione sottostante e della *pietra da cantoni*. Ma poichè le dislocazioni, che la caratterizzano, sono dello stesso ordine di intensità di quelle del « Tongriano », è evidente che queste dislocazioni dovrebbero essere altrettanto intense nelle due formazioni interposte della *pietra da cantoni* e dei calcari cariati messiniani, nelle quali la minore intensità dei fenomeni di ripiegamento non può essere dovuta ad altro che ad un più elevato coefficiente di rigidità. La presenza in esse di un fitto sistema di diaclasi, subperpendicolari alla superficie di stratificazione, conferma questa interpretazione.

La scarsità di affioramenti non permette di stabilire quale sia il comportamento tettonico delle marne a ciottoli serpentinosi elvezie e del Tortonian.

Nelle zone in cui il Pliocene è in contatto con le formazioni che fanno parte del complesso strutturale della regione considerata è evidente la giacitura discordante dei suoi strati rispetto a quelli delle formazioni dislocate prima del suo deposito. Esso è generalmente suborizzontale, con deboli inclinazioni verso l'esterno del complesso strutturale. Nell'area compresa tra Valmadonna e Pavone di Alessandria si osservano però inclinazioni più forti del normale, che aumentano gradatamente di valore da Ovest ad Est e raggiungono, in corrispondenza del Tanaro, angoli di 40°-45°. Ma anche in queste zone esso mantiene la giacitura discordante ed il carattere trasgressivo rispetto alle formazioni che ricopre.

Dalla precedente analisi dei caratteri tettonici delle diverse formazioni si possono trarre le seguenti conclusioni:

1) Il Pliocene è posteriore alle dislocazioni delle formazioni che ricopre e quindi è postorogenetico rispetto alle spinte tettoniche che le hanno provocate. A sua volta ha però subito dei movimenti che hanno generato le inclinazioni anormali che si osservano nella zona di estensione limitata posta tra Valmadonna e Pavone, ed il sollevamento alla posizione attuale con giaciture suborizzontali nelle altre zone. Si tratta probabilmente di fenomeni distinti, in quanto il primo ha carattere locale e può essere interpretato come dovuto ad una ripresa attenuata e circoscritta dei movimenti anteriori che hanno generato le dislocazioni delle formazioni preplioceniche, mentre il secondo è dovuto a movimenti di carattere generale e molto estesi, che hanno operato in particolare in tutto il bacino terziario piemontese, in zone completamente estranee al complesso strutturale del Monferrato. Il sollevamento del Pliocene suborizzontale dell'area considerata è quindi dovuto a movimenti, che sembrano indipendenti da quelli che hanno generato le strutture di cui ci stiamo occupando;

2) I caratteri tettonici delle formazioni preplioceniche sono in stretta relazione con i rispettivi caratteri litologici e del tutto indipendenti dalla loro età. L'intensità delle dislocazioni non può essere considerata minore, nelle formazioni del Messiniano, di quella che caratterizza le formazioni più antiche. Un'unica intensa fase tettonica alla fine del Miocene superiore, operante su di una serie di terreni di composizione litologica e con coefficiente di rigidità diversi, è quindi sufficiente a spiegare la variabile intensità

delle deformazioni che caratterizza il complesso. A questa fase tettonica sono dovuti, in particolare, i movimenti di ascesa diapirica del « Pretongriano », poichè questa formazione è in più punti in contatto tettonico con il « Messiniano ». Alla stessa fase è quindi riferibile anche la formazione della struttura caotica di questo terreno, dato che, per le ragioni già esposte, i due fenomeni sono, con ogni probabilità, in stretta relazione genetica. Nelle formazioni della regione non esiste quindi alcuna documentazione diretta, ricavabile con lo studio delle deformazioni differenziali, di eventuali movimenti tettonici terziari anteriori alla fase del Miocene superiore.

Non si può però per questo affermare che essi non si siano prodotti. Infatti è da notare anzitutto che i fenomeni che hanno provocato la caoticità del « Pretongriano » possono aver cancellato le tracce di movimenti anteriori al « Tongriano ». Queste potrebbero essersi conservate in quella parte di formazione non visibile, che probabilmente non è caotica. Esistono poi alcune particolarità stratigrafiche della serie dei terreni, che indicano l'esistenza di movimenti anteriori alla fase tardomiocenica. Esse sono: il carattere trasgressivo della *pietra da cantoni* nella parte occidentale dell'area considerata, la lacuna stratigrafica dell'« Elveziano » e del « Tortoniano » in quella centrale, ed infine la presenza nei conglomerati e nelle arenarie conglomeratiche tongriane di elementi di calcari di tipo alberese, litologicamente analoghi a certi costituenti della formazione pretongriana.

Le prime due particolarità stratigrafiche indicano genericamente l'esistenza di movimenti tra il « Tongriano » ed il « Messiniano ». Esse possono venire interpretate in due modi. Potrebbero essere dovute all'emersione del « Tongriano » per effetto di un movimento prodottosi prima dell'« Elveziano », che avrebbe avuto diversa durata a seconda delle zone, più lunga, fino al « Messiniano », nella parte centrale dell'area considerata, più breve in quella occidentale dove è cessata con il deposito della *pietra da cantoni*. Ma si può anche considerare la possibilità di esistenza di due fasi tettoniche distinte; la prima, tra il « Tongriano » e l'« Elveziano », avrebbe provocato l'emersione del « Tongriano » sino al deposito della *pietra da cantoni*; la seconda, della fine del « Tortoniano », avrebbe prodotto nella parte centrale della regione, oltre all'emersione, l'erosione completa dell'« Elveziano » e del « Tortoniano ».

Delle due ipotesi la prima è a mio giudizio più plausibile. Oltre ad essere più semplice e più logica essa è convalidata dal carattere sempre più litoraneo e detritico e da una parallela diminuzione di potenza sino a riduzione totale, che si osservano nella *pietra da cantoni*, man mano che ci si sposta dalla parte occidentale a quella centrale dell'area considerata. Questi caratteri indicano infatti l'esistenza di una zona emersa in corrispondenza della parte centrale dell'area considerata all'epoca di deposito della *pietra da cantoni*, in accordo con quanto prevede la prima ipotesi. In base ad essa questa zona dovrebbe essere rimasta emersa anche nel « Tortoniano »; analoghi caratteri dovrebbero riscontrarsi quindi in questa seconda formazione. Il numero troppo scarso di affioramenti non permette però di verificarlo.

Le particolarità stratigrafiche indicanti l'esistenza di movimenti tettonici tra il « Tongriano » e l'« Elveziano » sono osservabili, a causa della scarsità di affioramenti e della profondità di indagine troppo limitata della regione in esame, in un numero di punti in-

sufficiente, per poter stabilire la loro natura. Potrebbe trattarsi di semplici sollevamenti verticali non accompagnati da deformazioni vere e proprie degli strati, come della formazione di strutture. Nella seconda eventualità, a mio giudizio più probabile, l'assenza nella serie dei terreni di caratteri tettonici che possano documentare l'esistenza di queste possibili dislocazioni può essere spiegata solo ammettendo, da una parte, che la fase tettonica tardomiocenica abbia ricalcato le loro linee e, dall'altra, che l'influenza di queste eventuali strutture sull'assetto tettonico definitivo della regione sia stata di scarsa entità, tanto da non essere attualmente avvertibile con l'osservazione diretta. L'eventuale formazione di strutture all'inizio del Miocene potrebbe quindi essere considerata come il risultato di fasi precursorie ed attenuate dei movimenti tettonici che, alla fine del Miocene, hanno determinato le attuali linee strutturali della regione. Se invece l'emersione del « Tongriano » all'inizio del Miocene è avvenuta per semplici sollevamenti verticali, l'influenza di questi sulla genesi delle strutture attualmente osservabili è stata nulla, in quanto lo spessore e le facies dei terreni post-tongriani dimostrano che questi sollevamenti furono seguiti da fenomeni di sussidenza, che ne hanno annullato ogni effetto.

La presenza, nei conglomerati del « Tongriano », di ciottoli di calcare di tipo alberese, analoghi a certi costituenti del Pretongriano, indica che quest'ultima formazione ha subito dei movimenti, che ne hanno provocato, con ogni probabilità, l'emersione nel « Tongriano ». Questi conglomerati contengono però, come si è visto in precedenza, numerosi ciottoli di provenienza alpina, e, d'altra parte, è noto che la ripartizione geografica di conglomerati con elementi di rocce alpine e di calcari di tipo alberese è molto vasta nel « Tongriano » del Monferrato ed anche di altre zone del bacino terziario piemontese. Questi fatti indicano che l'emersione della formazione pretongriana è probabilmente contemporanea di quella delle unità alpine, da cui provengono i ciottoli dei conglomerati, e che esse sono dovute a movimenti che hanno operato, in stretta relazione genetica, su vaste estensioni. Esiste anche la possibilità che questi movimenti non si siano prodotti proprio nell'area considerata, in quanto i ciottoli di calcare alberese dei conglomerati tongriani potrebbero provenire, alla pari di quelli di origine alpina, da zone emerse situate al di fuori di essa. Se si considera però la posizione di questa regione, in rapporto all'area in cui questi movimenti preoligocenici devono comunque essersi prodotti, appare più probabile che essi abbiano operato anche nell'area considerata. Quale rapporto esiste tra le dislocazioni prodotte da questi movimenti e le strutture di età tardomiocenica dell'area considerata? E' pressochè impossibile rispondere a questa domanda poichè, per le ragioni già esposte, ogni traccia eventuale delle prime è nascosta o è stata cancellata da fenomeni posteriori. E' da osservare però che le dislocazioni preoligoceniche sono in relazione genetica con fenomeni legati all'orogenesi alpina, mentre le strutture tardomioceniche ne sono con ogni probabilità indipendenti. Occorre quindi prendere in considerazione la possibilità che le eventuali dislocazioni pretongriane e quelle tardomioceniche appartengano a due diversi sistemi e tenerne conto nell'interpretazione delle strutture attuali. Alcuni caratteri strutturali di queste potrebbero derivare in parte dall'influenza più o meno indiretta di dislocazioni più antiche a direzione tettonica diversa dalle attuali. Ma questa influenza non può essere stata però di importanza determinante sull'insieme dei caratteri strutturali, poichè le strutture tardomioceniche,

costituite soprattutto da terreni, posteriori alle dislocazioni pretongriane, di notevole spessore sono, come si vedrà in seguito, piuttosto superficiali.

In conclusione, dall'esame dei caratteri tettonici delle formazioni dell'area considerata e da considerazioni su alcune loro particolarità stratigrafiche si deduce che l'assetto tettonico attuale della regione è stato imposto, nelle sue linee essenziali, da movimenti tardomiocenici, che però sono stati preceduti e seguiti da altri movimenti. Questi ultimi hanno operato prima del « Tongriano », tra il « Tongriano » e l'« Elveziano », e dopo il Pliocene. I primi hanno costituito probabilmente un sistema tettonico indipendente da quello sorto alla fine del Miocene, mentre gli altri due si possono considerare come delle fasi, rispettivamente precursorie e di ripresa, di quella principale tardomiocenica. Non vi è invece nessun indizio, nè stratigrafico nè tettonico, che indichi l'esistenza di movimenti tra l'« Elveziano » ed il « Tortoniano ». La mancanza del « Tortoniano » e del « Messiniano », all'interno del complesso di strutture della parte occidentale dell'area considerata, è quindi dovuta, con ogni probabilità, all'erosione delle due formazioni.

LE STRUTTURE.

Le strutture della regione in esame, confrontabili in prima approssimazione generica a delle anticlinali ed a delle sinclinali, sono sensibilmente diverse da zona a zona per forma, dimensioni, disposizione planimetrica degli assi ed altre caratteristiche. Si possono infatti distinguere nella regione tre zone a diversi caratteri strutturali, che verranno descritte successivamente: una zona occidentale compresa tra il Rotaldo e le colline a Nord di Salcido, una zona orientale situata ad Est della linea Valle S. Bartolomeo-Valenza, ed una zona centrale compresa tra queste due. La scarsità di affioramenti permette in genere di stabilire appena nelle grandi linee queste caratteristiche strutturali, con la sola eccezione della porzione occidentale, compresa tra il Rotaldo ed il Grana, in cui si è riusciti a costruire una serie di spaccati geologici (tav. I). Essi sono sufficienti ad illustrarne le caratteristiche strutturali, che sono determinate in primo luogo da una serie di anticlinali a nucleo di Pretongriano, grosso modo parallele, le quali hanno, in corrispondenza delle zone di affioramento di questa formazione, un carattere diapirico più o meno accentuato. Un secondo carattere evidente di queste strutture è dato dalla disarmonia tra le parti costituite dalla serie argilloso-sabbiosa del « Tongriano », che in questa zona prevale nettamente, e quelle formate dai conglomerati dello stesso terreno e dalla *pietra da cantoni*. Un terzo carattere di questa zona è rappresentato da faglie longitudinali, situate per lo più in corrispondenza od in vicinanza dei limiti settentrionali e meridionali del complesso strutturale, e da faglie trasversali, in parte nascoste sotto alle alluvioni del Rotaldo e del Grana.

Ad Est del Grana (vedi tav. I) gli assi delle strutture anticlinali tendono a divergere man mano che si inflettono, passando dalla direzione NW-SE, che avevano ad Ovest del Grana, a quella SW-NE. Il loro andamento planimetrico è confrontabile a quello di una virgazione aperta a NNE. Le strutture che corrispondono alla porzione settentrionale di questa virgazione sono tagliate quasi normalmente dal limite del Quaternario del terrazzo di Valenza, che ne nasconde la prosecuzione. Gli affioramenti, meno numerosi in questa

zona che in quella situata ad Ovest del Grana, non permettono di interpretarne i particolari. Nelle loro grandi linee, quelle di tipo anticlinalico sono prevalentemente a carattere diapirico. Esse tendono ad aumentare di dimensioni e nello stesso tempo a diminuire di numero verso NE, man mano che crescono la frequenza e lo spessore delle intercalazioni conglomeratiche nel « Tongriano ». Parallelamente si attenua, fino a scomparire, il carattere disarmonico a livello di questa formazione. All'aumento delle dimensioni ed alla diminuzione della frequenza delle strutture di tipo anticlinalico corrispondono, ovviamente, caratteri analoghi di quelle sinclinaliche che le separano.

La zona situata ad Est della linea Valle S. Bartolomeo - Valenza è estremamente povera di affioramenti. Molti dei caratteri strutturali non sono quindi visibili; si può soltanto affermare che quest'area è costituita da una grande struttura anticlinale diapirica ⁽¹⁾ il cui fianco orientale presenta due ondulazioni trasversali all'asse. La struttura è diretta nell'insieme da NNW a SSE, ma l'asse presenta delle inflessioni locali e tende a biforcarsi, verso l'estremità sud-orientale, in due diramazioni (vedi tav. I). Il carattere diapirico è dimostrato dalla disposizione anormale delle formazioni attorno al nucleo pretongriano, che è in contatto tettonico, a seconda delle zone, con il « Tongriano », l'« Elveziano », il « Tortoniano » ed il « Messiniano ». Questa struttura è per dimensioni la più importante dell'area considerata. I terreni tongriani, che vi prendono parte, sono formati in netta prevalenza da lenti conglomeratiche di grande spessore e ciò conferma quello che già si era notato nella zona occidentale dell'area in esame: le dimensioni delle strutture tendono ad aumentare, mentre ne diminuisce il numero, man mano che nella serie tongriana aumenta la proporzione dei conglomerati. Le ondulazioni trasversali del fianco orientale della struttura corrispondono probabilmente alle culminazioni ed alle depressioni assiali di questa, a seconda del loro carattere di anticlinali e di sinclinali rispettivamente.

Nella zona centrale dell'area in istudio, compresa tra quelle di cui sono già stati analizzati i caratteri strutturali, affiorano solo il « Tortoniano » ed il « Messiniano ». Non si può dire molto sulle strutture di questa zona, in cui le formazioni più antiche non affiorano, e quelle visibili danno luogo ad un numero troppo ridotto di affioramenti. Si tratta probabilmente di anticlinali e sinclinali, meno accentuate di quelle precedentemente descritte, e caratterizzate dalla disarmonia tra la formazione marnoso-sabbiosa del « Messiniano » ed i sottostanti calcari evaporitici cariati. E' notevole la disposizione planimetrica degli assi, a forma di archi aperti a Sud. Questi archi si raccordano, o comunque diventano paralleli, alle loro estremità, agli assi delle strutture della parte occidentale e della parte orientale della regione considerata.

INTERPRETAZIONE DEI CARATTERI STRUTTURALI.

Le strutture, che abbiamo analizzato zona per zona, presentano nell'insieme una notevole variabilità di caratteri, ma hanno tutte in comune la particolarità di non essere mai costituite da formazioni più antiche di quella, che abbiamo distinto con la denomi-

⁽¹⁾ Il carattere diapirico di questa struttura era già stato indicato da G. ROVERETO ([28] pp. 728-730).

nazione di « Pretongriano ». Il substrato di questo terreno non è stato quindi corrugato assieme alla copertura terziaria che costituisce queste strutture; esse sono dunque di carattere superficiale. Si può ammettere che questo substrato non sia stato deformato; oppure che lo sia stato, ma in modo diverso dalla sua copertura. In entrambi i casi è molto probabile che quest'ultima abbia subito dei movimenti di distacco dal substrato, in corrispondenza di un livello particolarmente plastico del « Pretongriano », che possiamo supporre situato verso la base della formazione, per quanto non sia possibile stabilirlo con sicurezza.

L'intensità di dislocazione delle strutture non è costante ma varia da zona a zona. Solo le strutture più accentuate hanno carattere diapirico. Esse caratterizzano, come si è visto, le zone occidentali ed orientali della regione, ma mancano in quella centrale, dove si osserva uno stile tettonico più tranquillo.

Le disposizioni planimetriche degli assi degli elementi strutturali della regione considerata indicano, nel loro insieme (vedi tav. I), che le strutture hanno subito dei movimenti di traslazione verso Nord ⁽¹⁾ di diversa entità a seconda delle zone e precisamente più grande nella parte centrale dell'area considerata che non alle sue estremità. Si nota quindi una certa relazione tra intensità di dislocazione ed ampiezza delle traslazioni verso Nord, nel senso che la prima aumenta al decrescere della seconda e viceversa. Ne deriva che le strutture sono tanto più accentuate quanto maggiore è stata la resistenza al loro libero movimento verso Nord.

Le differenze nei caratteri strutturali dell'area considerata, per quanto riguarda l'intensità delle dislocazioni e l'andamento planimetrico degli assi, devono quindi dipendere dalle diversità di resistenza al libero movimento verso Nord delle strutture, resistenza che deve esser stata ovviamente maggiore nelle zone orientali ed occidentali della regione, minore in quella centrale. E' impossibile però stabilire le cause di queste diversità di resistenza, poichè in questa regione, come del resto in tutto il Monferrato, affiorano solo le formazioni che costituiscono strutture di carattere superficiale o dei terreni postorogenetici. Questi, in particolare, potrebbero nascondere degli ostacoli rigidi situati a Nord del complesso strutturale. L'esistenza di tali ostacoli è suggerita da una certa analogia che l'andamento planimetrico degli assi delle strutture presenta con una doppia virgazione forzata (vedi lo schizzo geologico della tav. I). Le strutture della parte centrale della regione potrebbero infatti corrispondere alla parte interna della porzione centrale di una doppia virgazione, di cui la parte esterna, nascosta sotto la copertura recente del terrazzo di Valenza, dovrebbe raccordare le strutture della zona orientale ed occidentale. Queste ultime corrisponderebbero a loro volta alle due estremità della doppia virgazione ed indicherebbero in tal modo l'esistenza di due promontori rigidi posti rispettivamente a NE ed a N di esse. Altra causa possibile di una resistenza differenziata a seconda delle zone ai movimenti di traslazione verso Nord è anche l'influenza delle strutture di formazione anteriore al Tongriano, che probabilmente costituivano, come si è visto, un sistema indipendente da quello delle dislocazioni attuali. Notiamo che, se questa seconda ipotesi fosse esatta, le particolarità strutturali che abbiamo considerato fin'ora,

⁽¹⁾ Resi possibili dall'esistenza di un livello di distacco alla base del complesso di terreni, che deformandosi ha dato origine a queste strutture.

vale a dire il carattere superficiale delle strutture, il diapirismo, l'intensità delle dislocazioni e l'andamento planimetrico degli assi, sarebbero tutte in relazione più o meno diretta con le proprietà stratigrafiche e tettoniche della formazione pretongriana. Ne dipendono comunque i primi due. Il carattere superficiale delle strutture è infatti legato all'esistenza di un livello particolarmente plastico di questa formazione, che ha determinato i fenomeni di distacco, a cui si è accennato. Il diapirismo è dovuto, come si è visto, alla proprietà del « Pretongriano » di trasformarsi in una massa argillosa caotica, sotto l'azione delle spinte tettoniche.

Altri caratteri strutturali della regione considerata, quali la forma e le dimensioni delle strutture, e la disarmonia nei terreni tongriani o più recenti, dipendono invece dalla successione litologica della serie ricoprente il « Pretongriano », in quanto variano da zona in zona in stretta relazione con le variazioni di questa. Poichè questa successione non è costante, ma subisce cambiamenti notevoli, sia per il variare della composizione litologica di alcune formazioni, sia per il fatto che alcuni terreni mancano localmente per lacuna stratigrafica, questi caratteri strutturali sono diversi da una zona all'altra. Queste variazioni sono del tutto indipendenti dall'andamento planimetrico delle strutture e dall'intensità delle dislocazioni. Ciò spiega perchè la zona occidentale e la zona orientale dell'area considerata, che hanno in comune il diapirismo delle strutture anticlinali, differiscano profondamente per la forma, le dimensioni ed il numero delle strutture, che le costituiscono. Nella prima infatti queste sono piccole e serrate, nella seconda se ne nota, come si è visto, una sola ma di dimensioni rilevanti.

CONCLUSIONI.

Il complesso strutturale del Monferrato, nel settore compreso tra il Rotaldo ed il Tanaro, è definitivamente emerso alla fine del Miocene, tra il deposito del « Messiniano » e quello del Pliocene, sotto l'azione di forze orogenetiche di origine e natura sconosciuta. Fasi tettoniche anteriori, che hanno agito al principio del Miocene e forse all'inizio dell'Oligocene, hanno avuto un'influenza secondaria e probabilmente indiretta, sulle caratteristiche strutturali. La ripresa dei movimenti tettonici alla fine del Pliocene, le cui tracce esistono localmente, non deve aver prodotto cambiamenti essenziali nei caratteri d'insieme del complesso strutturale.

Le strutture che si sono formate alla fine del Miocene sono relativamente superficiali. I loro caratteri sono in stretta relazione con quelli particolari della formazione anteriore al « Tongriano », che costituisce la base dei terreni corrugati in tutta la regione, con l'esistenza di resistenze variabili da zona a zona alla libertà di traslazione verso Nord, e con la natura litologica della serie dei terreni.

Torino - Istituto di Geologia dell'Università - Giugno 1956.

BIBLIOGRAFIA.

1. ARGAND E. - *Sur l'arc des Alpes occidentales*. Ecl. Geol. Helv., 14, 1916, 145-191, tt. 3-4.
2. BENEQ E. - *Tentativo di sintesi tettonica dell'Italia peninsulare ed insulare*. Boll. Soc. Geol. Ital., 68, 1949, 66-80, 1 t.
3. BEETS C. - *Die Geologie des westlichen Teiles der Berge von Monferrato zwischen Turin und Murisengo. Ein Beitrag zur Geologie des Nordapennins*. Leid. Geol. Med., 12, 1940, 195-250, tt. 2-3, 16 ff. n. t.
4. CHELUSSI I. - *Sulla natura e sulla origine dei conglomerati terziari delle colline di Torino*. Boll. Soc. Geol. Ital., 32, 1913, 391-397.
5. BONI A. & CAPETTA B. - *Osservazioni litologiche e stratigrafiche sulla formazione miocenica di Mombisaggio (Tortona)*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 4, 1950, 69-84, t. 4.
6. DAL PIAZ GB. - *Rapporti e differenze fra la formazione pennidica dei calcescisti alpini e la formazione argilloso ofiolitifera dell'Appennino settentrionale*. Atti R. Acc. Sc. Torino, 78, 1942-43, 6 pp.
7. DE ALESSANDRI G. - *La pietra da cantoni di Rosignano e Vignale (Basso Monferrato)*. Mem. Mus. Civ. St. Nat. Milano, 6, 1897, 98 pp., 2 tt., 1 carta geol. alla scala 1 : 25.000.
8. D'ERASMO G. - *Ittioliti miocenici di Rosignano Piemonte e Vignale*. Mem. per serv. alla descr. Cart. Geol. Italia, 9, 1924, 37 pp., 4 tt.
9. DOUVILLÉ R. - *Observations sur les faunes à Foraminifères du sommet du Nummulitique italien*. Bull. Soc. Géol. France, ser. 4, 8, 1908, 88-95, 2 ff. n. t.
10. DROOGER C. W. - *Miogypsina in Northern Italy. I*. Proc. Kon. Ned. Ak. Wetensch., 1954, ser. B, 57, 227-248, 2 tt., 5 ff. n. t.
11. GIGNOUX M. - *Alcune riflessioni sulle condizioni di giacimento dei petroli emiliani e sulla tettonica dell'Appennino*. Boll. Soc. Geol. It., 41, 1922, 234-245, 3 ff. n. t.
12. GIGNOUX M. - *La Tectonique des terrains salifères; son rôle dans les Alpes françaises*. Livre jub. cent. Soc. Géol. France, 2, 1930, 329-360, t. 38, 5 ff. n. t.
13. GOGUEL J. - *Remarques sur la tectonique du massif de Gigondas et des régions voisines*. Bull. Soc. Géol. France, ser. 5, 8, 1938, 355-362, 3 ff. n. t.
14. GOGUEL J. - *Traité de Tectonique*. Paris, Masson et C.^{ie}, 1952, 383 pp., 203 ff. n. t.
15. LOVARI D. - *Descrizione dei giacimenti calcareo-marnosi delle colline di Casale Monferrato ed alcuni cenni sulla loro utilizzazione per la produzione della calce idraulica e del cemento*. Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, Ispettorato delle Miniere, Roma, Tipografia Nazionale di G. Bertero, 1912, 54 pp., 2 tt., 25 ff. n. t.
16. MARTINIS B. - *Ricerche stratigrafiche e micropaleontologiche sul Pliocene piemontese*. Riv. It. Pal. Strat., 60, 1954, 45-114 e 125-188, tt. 4-7, 9 ff. n. t.

17. MERLA G. - *Geologia dell' Appennino settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., 70, 1951, 95-382, 4 tt., 11 ff. n. t., 1 carta geologica alla scala 1: 400.000.
18. MIGLIORINI C. - *Sunto geologico del sistema appenninico e gli idrocarburi*. Atti 7° Conv. Naz. Met. e Petr., 1, 1952, 163-188.
19. PARONA C. F. - *Affioramento di terreni mesozoici presso Lavriano Po nella collina di Torino*. Atti Acc. Scienze Torino, 65, 1929-30 (1930), 213-223, 1 f. n. t.
20. PEOLA P. - *Florula messiniana di Monte Castello di Alessandria*. Boll. Soc. Geol. It., 18, 1899, 44-51.
21. PEOLA P. - *Flora tongriana di Pavone di Alessandria*. Boll. Soc. Geol. It., 19, 1900, 36-62, 1 f. n. t.
22. PREVER P. L. - *Aperçu géologique sur la colline de Turin*. Mém. Soc. Géol. France, ser. 4, 1, 1907, 48 pp., 1 t., 7 ff. n. t.
23. PREVER P. L. - *Le formazioni ad Orbitoidi di Rosignano Piemonte e dintorni*. Boll. Soc. Geol. It., 28, 1909, 145-156, 2 ff. n. t.
24. REDINI R. - *La struttura di Salsomaggiore ed i suoi riflessi sulle strutture petrolifere dell'Italia settentrionale*. Riv. It. Petrolio, 123, 1943, 14 pp., 1 f. n. t.
25. REDINI R. - *Su di una struttura dei dintorni di Villadeati nel Monferrato (Alessandria) e in merito ai suoi riflessi sulla struttura del sistema collinare Torino-Valenza e di altre zone*. Boll. Serv. Geol. Italia, 74, 1952, 235-239.
26. *Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France en Italie, à Turin et à Gênes*. Bull. Soc. Géol. France, ser. 4, 5, 1905, 809-852, tt. 27-31.
27. ROCCO T. - *Comparative geological and geophysical study of the Po basin*. Atti IV Congr. Mond. Petrolio, Roma, 1955, Sect. I/F, Prepr. 2, 14 pp., 1 carta alla scala 1: 1.000.000.
28. ROVERETO G. - *Liguria geologica*. Mem. Soc. Geol. It., 2, 1939, 743 pp., 13 tt., 190 ff. n. t.
29. SACCO F. - *Il seno terziario di Moncalvo*. Atti R. Acc. Sc. Torino, 24, 1888, 562-575, t. 7.
30. SACCO F. - *Il bacino terziario e quaternario del Piemonte*. Milano, Tip. Bernardoni di C. Rebeschini e C., 1889, 634 pp.
31. SACCO F. - *La géo-tectonique de la Haute Italie occidentale*. Bull. Soc. Belge Géol., 4, 1890, 3-28, t. 1.
32. SACCO F. - *Les rapports géo-tectoniques entre les Alpes et les Appennins*. Bull. Soc. Belge Géol., 9, 1895, 39-49, t. 2.
33. SACCO F. - *Les Alpes occidentales*. Torino, Tip. Collegio Artigianelli, 1913, 196 pp., 1 carta geol. alla scala 1: 500.000, 1 carta tettonica alla scala 1: 1.000.000., 1 tav. di profili.
34. SACCO F. - *La trivellazione profonda di Valle S. Bartolomeo (Alessandria)*. Atti R. Acc. Sc. Torino, 70, 1935, 552-562.
35. SACCO F. - *Note illustrative dei Fogli di Torino, Vercelli, Mortara, Carmagnola, Asti, Alessandria, Cuneo, Ceva, Genova N. e Voghera O., costituenti il bacino terziario del Piemonte*. Note Ill. Carta Geol. It., 1935, 85 pp., 5 tt.
36. SCHAFFER F. - *Beiträge zur Parallelisierung der Miocänbildungen des piemontesischen Tertiärs mit denen des Wiener Beckens*. Jahrb. k. k. Geol. Reichs., I: 48, 1898, 389-424, 2 ff. n. t.; II: 49, 1889, 135-164, 2 ff. n. t.
37. SOCIN C. - *Osservazioni geologiche preliminari sulla collina torinese*. Boll. Soc. Geol. It., 67, 1948, 193-200.

38. SOCIN C. - *La collina torinese ed i suoi problemi geologici*. Boll. Soc. Geol. It., 69, 1950, 19-25.
39. SOCIN C. - *La serie stratigrafica dei dintorni di Villadeati (Monferrato)*. Pubbl. Ist. Geol. Univ. Torino, 2, 1953, 69-78, 2 ff. n. t.
40. SOCIN C. - *Carta geologica della Valle Stura di Murisengo tra Montaldo e Villadeati (Monferrato)*. Pubbl. Ist. Geol. Univ. Torino, 3, 1954, 7-23, 1 carta geol. alla scala 1: 25.000.
41. SOCIN C. - *Microfaune terziarie del Monferrato*. Pubbl. Ist. Geol. Univ. Torino, 3, 1954, 25-50.
42. STAUB R. - *Über die Beziehungen zwischen Alpen und Apennin und die Gestaltung der alpinen Leitlinien Europas*. Ecl. Geol. Helv., 44, 1951, 29-130, tt. 4-5.
43. STAUB W. - *Über die Entstehung von Quersalten und über Rahmenfaltung*. Ecl. Geol. Helv., 19, 1925, 98-126, 10 ff. n. t.
44. SUESS ED. - *La Face de la Terre*. Trad. franc. di Emm. de Margerie. Paris, Libraire Armand Colin, vol. III, 1913, 1708 pp., 14 tt., 423 ff. n. t.
45. TRABUCCO G. - *Fossili, stratigrafia ed età del calcare di Acqui (Alto Monferrato)*. Boll. Soc. Geol. It., 27, 1908, 337-400, tt. 11-14.
46. VAN DER HEIDE S. - *Contribution à l'étude géologique des collines de Monferrato (Italie)*. Leid. Geol. Med., 13, 1942-1943 (1943), 172-188, t. 22, 3 ff. n. t.
47. VECCHIA O. - *Sui principali caratteri strutturali dell'Italia settentrionale dedotti dalle misure gravimetriche*. Riv. Geof. Appl., 13, 1952, 33-67, 1 f. n. t., 2 carte gravim. alla scala 1: 2.000.000.
48. VIRGILIO F. - *La collina di Torino in rapporto alle Alpi, all'Appennino ed alla pianura del Po*. Torino, Vincenzo Bona, 1894 (1895), 152 pp., 13 ff. n. t., 1 carta tett.

CARTE GEOLOGICHE.

(oltre a quelle comprese nelle opere sopracitate)

49. *Carta geologica d'Italia* alla scala 1: 100.000: *Foglio 69 Asti*. Rilievi di F. SACCO (1885-87 e 1921). R. Ufficio Geologico, Roma 1922.
50. *Carta geologica d'Italia* alla scala 1: 100.000: *Foglio 70 Alessandria*. Rilievi di F. SACCO (1887-88 e 1922). R. Ufficio Geologico, Roma 1923.
51. *Carta geologica d'Italia* alla scala 1: 100.000: *Foglio 57 Vercelli*. Rilievi di F. SACCO (1887-88 e 1922). R. Ufficio Geologico, Roma 1924.
52. *Carta geologica d'Italia* alla scala 1: 100.000: *Foglio 58 Mortara*. Rilievi di F. SACCO (1887-88 e 1922). R. Ufficio Geologico, Roma 1928.

I N D I C E

INTRODUZIONE	pag.	3
LA SERIE DEI TERRENI	»	4
1) « Pretongriano »	»	4
2) « Tongriano »	»	5
3) « Elveziano »	»	6
4) « Tortoniano »	»	8
5) « Messiniano »	»	8
6) Pliocene	»	9
CARATTERI TETTONICI DELLE FORMAZIONI. ETÀ DEI MOVIMENTI	»	9
LE STRUTTURE	»	15
INTERPRETAZIONE DEI CARATTERI STRUTTURALI	»	16
CONCLUSIONI	»	18
BIBLIOGRAFIA	»	19

TAVOLA I.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA I.

SCHIZZO GEOLOGICO DEL MONFERRATO ORIENTALE TRA IL TANARO ED IL ROTALDO, Scala 1: 100.000.

- | | |
|---------------------|---|
| 1. Quaternario. | 8. Assi delle principali strutture di tipo anticlinalico. |
| 2. Pliocene. | 9. Contatti anormali e faglie. |
| 3. « Messiniano » | 10. Limiti individuabili del complesso strutturale. |
| 4. « Tortoniano » | |
| 5. « Elveziano » | |
| 6. « Tongriano » | |
| 7. « Pretongriano » | |

PROFILI GEOLOGICI DELLA REGIONE TRA IL ROTALDO ED IL GRANA. Scala 1: 37.500 (relativi alla carta geologica della Tav. II).

- | | |
|-------------------|--|
| 1. Pliocene. | 5. « Tongriano » : serie argilloso-sabbiosa. |
| 2. « Messiniano » | 6. « Tongriano » : conglomerati. |
| 3. « Tortoniano » | 7. « Pretongriano ». |
| 4. « Elveziano » | 8. Contatti anormali e faglie. |

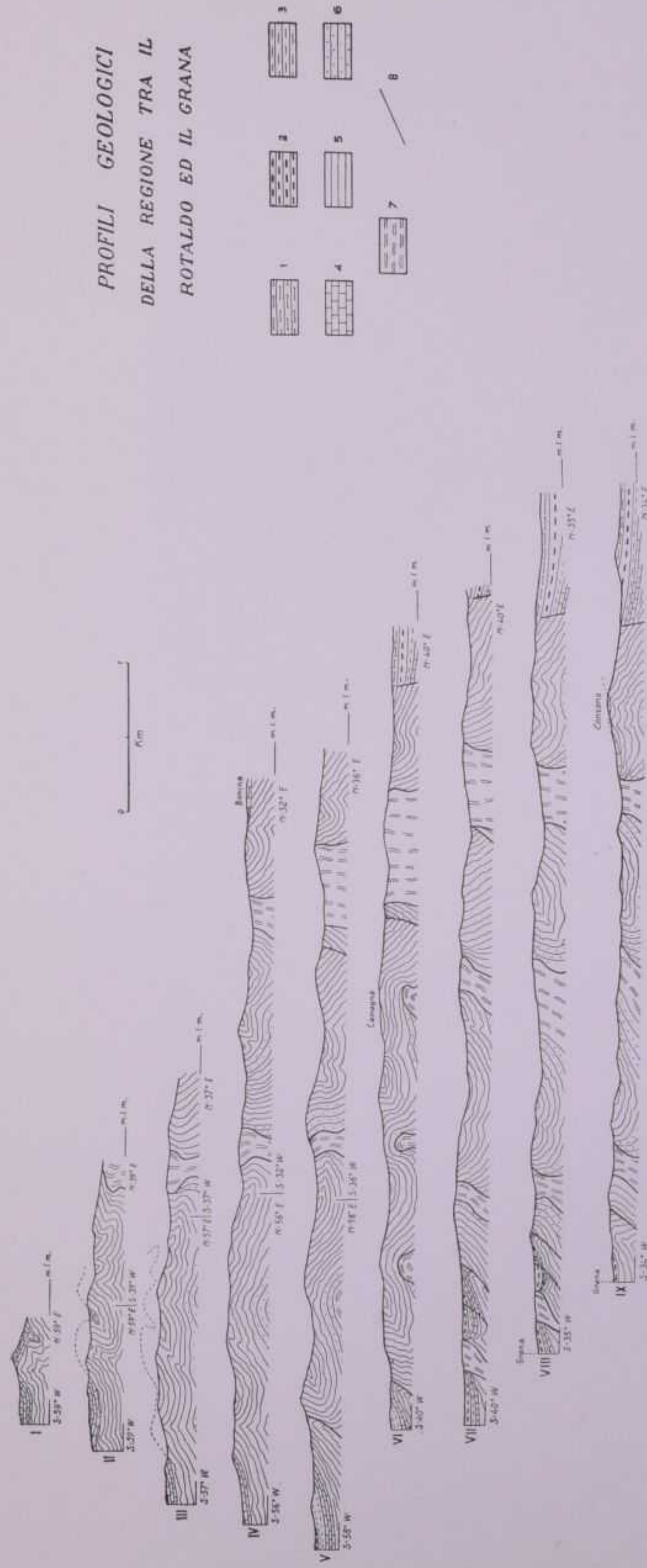
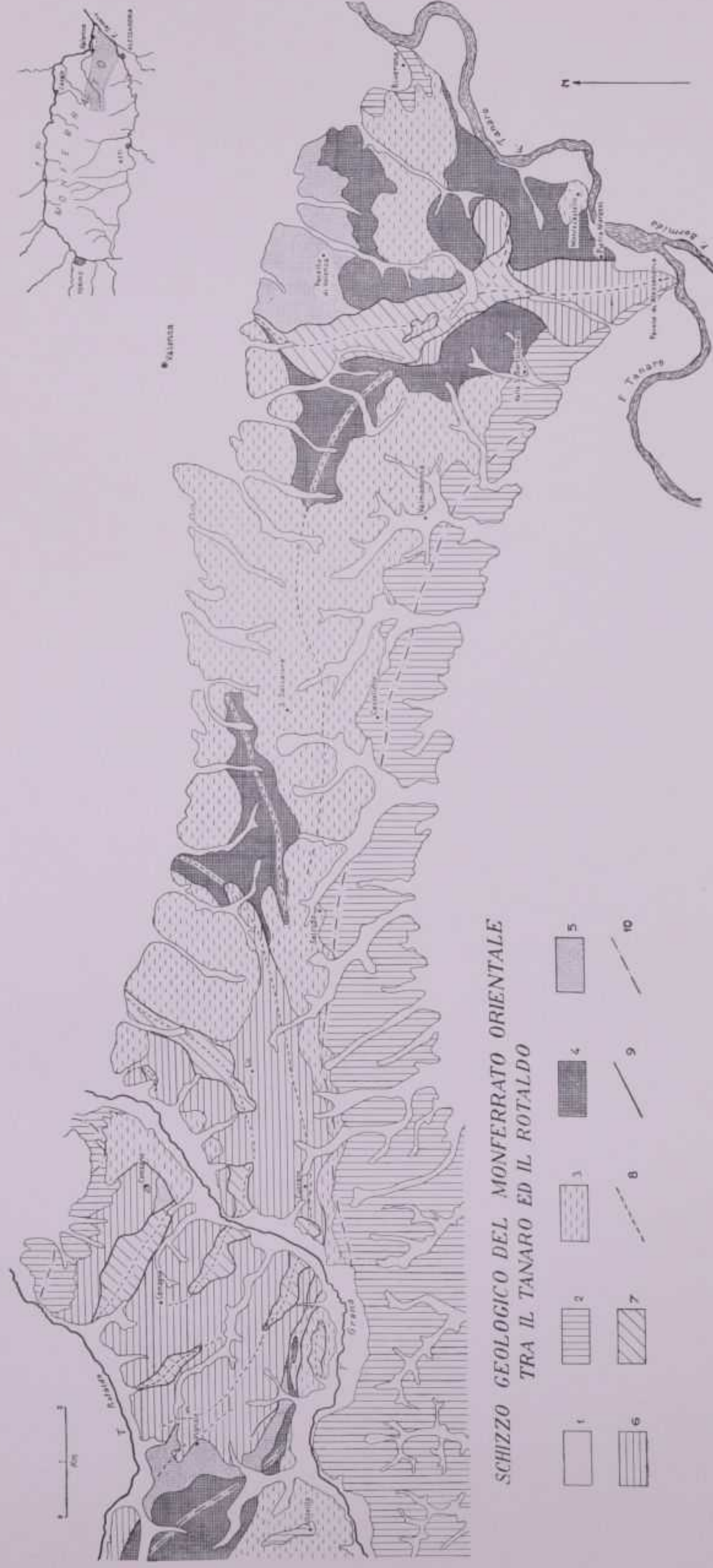


TAVOLA II.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA II.

CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE TRA IL ROTALDO ED IL GRANA.

Scala 1: 37.500.

- | | |
|--------------------|--------------------------------|
| 1. Quaternario. | 5. « Elveziano ». |
| 2. Pliocene. | 6. « Tongriano ». |
| 3. « Messiniano ». | 7. « Pretongriano ». |
| 4. « Tortoniano ». | 8. Contatti anormali e faglie. |



