

Caratteri composizionali delle porzioni pelitiche nella « Serie di Loiano » a sud di Marzabotto (Bologna)

ANTONELLA BERSANI, MICHELE DONDI,
ROMANO MEZZETTI, NORIS MORANDI

Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università, Piazza di Porta S. Donato 1, 40127 Bologna

RIASSUNTO. — Vengono esaminati gli aspetti composizionali dei sedimenti pelitici oligo-miocenici appartenenti alla Serie di Loiano esaminata in una delle più significative aree di affioramento a Sud di Marzabotto (Bologna). In quattro distinte sezioni stratigrafiche sono stati esaminati 76 campioni sulla cui frazione fine è stata eseguita l'analisi semiquantitativa dei minerali argillosi e, per i più rappresentativi, è stato ricostruito il chimismo (elementi maggiori e minori) della porzione fillosilicatica. I dati ottenuti hanno permesso di differenziare efficacemente tre litozone cui corrispondono altrettante unità litostratigrafiche distinte nelle osservazioni di campagna: 1) Formazione di Loiano con serpentino assente, prevalenza di smectite su illite, clorite e caolinite in tenori ridotti; 2) Argille Rosse con serpentino assente, prevalenza di illite su smectite (costantemente a 12,5 Å), clorite e caolinite più abbondanti; 3) Formazione di Antognola con serpentino sempre presente, talora in cospicue proporzioni, contenuti paragonabili di illite e smectite, clorite abbondante e caolinite presente solo sporadicamente; serpentino e clorite, per le caratteristiche cristallografiche emerse, denunciano una loro derivazione da rocce ofiolitiche. Nella Formazione di Antognola sono stati individuati livelli di zeolititi con alto contenuto in BaO e marne a prevalente serpentino e clorite. Sulla base dei dati raccolti vengono avanzate ipotesi sulle fasi evolutive del bacino di sedimentazione della Serie di Loiano e ne vengono sottolineate le peculiarità per quanto riguarda le provenienze dei materiali e le testimonianze di alcuni eventi vulcanici sotterranei.

Parole chiave: composizione mineralogica, peliti, Oligocene-Miocene, Serie di Loiano.

COMPOSITIONAL FEATURES OF PELITIC FRACTIONS IN THE « SERIE DI LOIANO », SOUTH OF MARZABOTTO (NORTHERN APENNINES)

ABSTRACT. — Within the research program on the sediments of the Regione Emilia Romagna, a detailed study was carried out using material from some good exposures of oligo-miocenic pelitic se-

diments, sampled in the Serie di Loiano, Marzabotto area (Bologna). XRD semiquantitative and chemical (major and trace elements) analyses of the layer silicate components were made on the clay fraction of 76 samples from four stratigraphic sequences. Clear differences in composition were found such that it was possible to distinguish three lithozones corresponding to lithostratigraphic units: 1) Loiano Formation with serpentinite absent, smectite prevailing on illite, chlorite and kaolinite with a low content; 2) Argille Rosse with serpentinite absent, illite prevailing on smectite (constantly at 12.5 Å), chlorite and kaolinite more abundant; 3) Antognola Formation with serpentinite always present and sometimes abundant, comparable illite and smectite contents, kaolinite almost always absent; serpentinite and chlorite show crystallographic characteristics that prove their origin from ophiolitic rocks. Zeolites with high BaO content and marls with prevailing serpentinite and chlorite are found in the Antognola Formation. On the basis of the collected data, hypotheses on the evolution of the considered basin are proposed and the contributions resulting from intrabasin volcanic activities are emphasized.

Key words: mineralogical composition, pelites, Oligocene-Miocene, Serie di Loiano.

Introduzione

Le serie sedimentarie oligo-mioceniche affioranti nel versante padano dell'Appennino settentrionale sono, ormai concordemente, interpretate come depositi tardorogeni, le cui caratteristiche sedimentologiche e composizionali sono state ampiamente condizionate dalla contemporanea evoluzione del quadro geo-strutturale in cui si andavano sviluppando.

Dato che questi condizionamenti si sono manifestati in modi (e forse anche in tempi) differenziati in varie aree geografiche, sono state distinte più « successioni tipo » che, in

linea generale, sono caratteristiche di determinati ambiti geografici. Procedendo da NW verso SE si può fare riferimento alla porzione orientale del Bacino terziario piemontese, alla successione Montepiano-Ranzano-Antognola-Bismantova, alla serie di Loiano e, infine, alla serie della Val Marecchia.

Queste successioni sono sostanzialmente correlabili per l'intervallo di tempo in cui si sono formate, ma sono sufficientemente differenziabili in base alle caratteristiche litostratigrafiche e sedimentologiche di una o più parti al loro interno.

Nell'area strettamente emiliana si riscontrano buone possibilità di correlazione litostratigrafica nelle province di Reggio, Parma e Piacenza, che portano ad inquadrare i sedimenti nella serie Montepiano-Ranzano-Antognola-Bismantova; nella provincia di Bologna è stata invece definita la serie di Loiano che nella sua parte più antica è litologicamente non equivalente alla porzione Montepiano-Ranzano, mentre nella sua parte più recente è ben assimilabile alla porzione Antognola-Bismantova delle province emiliane occidentali. Per la provincia di Modena sono state descritte situazioni assimilabili alla serie di Loiano ma, in qualche altro caso, sono emerse analogie con la serie Montepiano-Bismantova. Gli elementi a disposizione sono però ancora troppo frammentari per stabilire se costituisca un'area con caratteri di transizione graduale o se, invece, presenti porzioni riferibili in modo inequivocabile all'una o all'altra serie.

Tutte le aree in questione sono state oggetto di studi che tendono a chiarire aspetti sedimentologici dei depositi e il loro inquadramento in termini paleogeografici. In vari casi sono state sviluppate approfondite analisi che generalmente valutano solo situazioni locali e, pertanto, non sono ancora in grado di fornire un quadro d'insieme per tutto il versante padano dell'Appennino. D'altra parte i singoli termini delle successioni presentano spesso variazioni laterali talmente complesse ed articolate da rendere problematiche le correlazioni basate essenzialmente su valutazioni sedimentologiche e biostratigrafiche.

Non è certo questa la sede, nè il momento, per procedere ad una rassegna di tutti i risultati già acquisiti, anche perchè siamo del parere che qualunque tentativo di valu-

tare globalmente i rapporti tra le serie emiliane in questione sarebbe comunque prematuro, in quanto non sufficientemente suffragato da tutti i parametri necessari per sviluppare considerazioni di sintesi e temporalmente collocato nel pieno sviluppo di programmi di ricerca che affrontano il problema sotto molteplici punti di vista. Una corretta interpretazione dei risultati deve essere rimandata a quando sarà disponibile uno spettro omogeneo di conoscenze per tutte le serie emiliane.

È nostra convinzione che, per il raggiungimento di tale fine, non si possa prescindere da adeguate conoscenze sugli aspetti composizionali, basate su parametri di valutazione che siano applicabili a tutti i termini delle successioni e, quindi, verificabili in continuità su ciascuna serie.

Per questa ragione alcuni di noi si dedicano da vari anni ad un programma di ricerca che comporta lo studio sistematico, con criteri mineralogico-petrografici, delle componenti fini nei sedimenti oligo-miocenici del versante appenninico padano.

La scelta di questo tipo di indagine è legata al fatto che, qualunque sia il tipo di litologie prevalenti nei vari termini delle successioni, sono sempre presenti componenti pelitiche; tutti gli altri tipi litologici hanno invece presenze talmente discontinue da risultare spesso mancanti su porzioni molto ampie delle singole serie. Le peliti offrono quindi la garanzia di poter studiare ogni serie in modo continuo e con parametri di valutazione assolutamente omogenei.

La presente nota costituisce il terzo stadio di attuazione del nostro piano di ricerca e si propone anche come contributo per l'interpretazione dei depositi tardorogeni nord-appenninici in chiave paleogeografica.

Analoghe finalità hanno ispirato due precedenti studi (MEZZETTI et al., 1980; BOLZAN et al., 1983) condotti essenzialmente sulla successione Ranzano-Bismantova, nella provincia di Modena e in quella di Reggio-Parma. I risultati conseguiti hanno permesso di individuare associazioni mineralogiche caratterizzanti e differenziate per la Formazione di Ranzano e per quella di Antognola, nonché aspetti peculiari nella porzione basale della Formazione di Bismantova; inoltre hanno portato al rinvenimento di livelli, con sviluppo laterale di interesse regionale, che

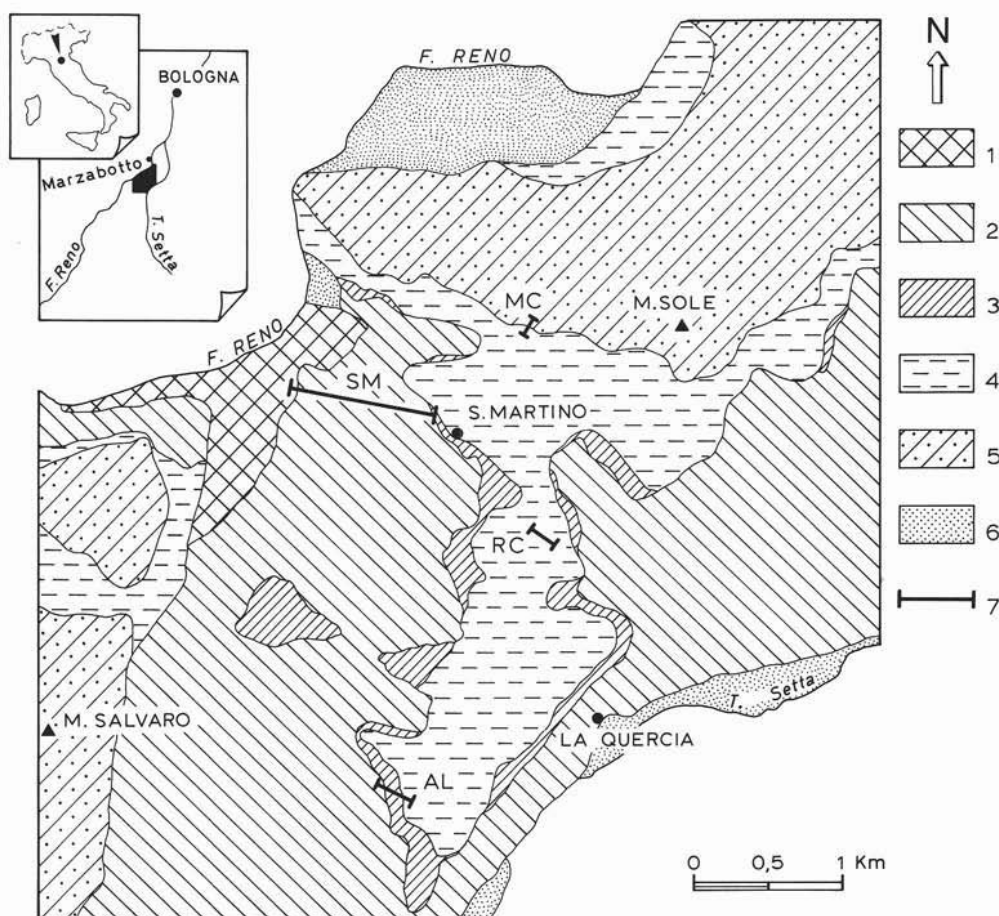


Fig. 1. — Carta geolitologica dell'area a Sud di Marzabotto (Bologna). 1) Complesso ligure; 2) Formazione di Loiano; 3) Argille Rosse; 4) Formazione di Antognola; 5) Formazione di Bismantova; 6) depositi alluvionali; 7) tracce delle sezioni stratigrafiche di S. Martino (SM), Albergana (AL), Rio Cavallaccio (RC) e Monte Caprara (MC). — Geolithologic map of the area near Marzabotto (Bologna). 1) « Complesso ligure »; 2) Loiano Formation; 3) « Argille Rosse »; 4) Antognola Formation; 5) Bismantova Formation; 6) alluvial deposits; 7) traces of the stratigraphic sections: S. Martino (SM), Albergana (AL), Rio Cavallaccio (RC) and Monte Caprara (MC).

segnalano episodi di attività vulcanica intrabacinale e sono potenzialmente utilizzabili come elementi di correlazione tra le varie serie.

Qui si riferirà sui risultati conseguiti in merito alla serie di Loiano, esaminata in una delle sue più significative aree di affioramento.

1. Inquadramento geologico

Nelle aree in cui si applica ai depositi oligo-miocenici la denominazione di «serie di Loiano», si ha una successione schematizzabile dall'alto verso il basso come segue:

- Formazione del Termina (Miocene);
- Formazione di Bismantova (Miocene);
- Formazione di Antognola (Oligocene-Miocene);
- Argille Rosse (Oligocene);
- Formazione di Loiano (Eocene-Oligocene).

Per una definizione di maggior dettaglio si può fare riferimento a quanto descritto da ANNOVI (1980), BONAZZI & PANINI (1981) e RICCI LUCCHI & ORI (1985).

I passaggi tra le varie Formazioni sono spesso caratterizzati da discontinuità non sempre facilmente apprezzabili; più netta-

mente valutabili sono invece due discordanze principali che interessano: 1) il passaggio fra la Formazione di Loiano e i sedimenti sovrastanti; 2) quello fra Antognola e Bismantova. Mentre la prima discordanza è quasi sicuramente tettonica, la seconda potrebbe essere imputata a modificazioni morfologiche sinsedimentarie.

Fra le aree di affioramento della serie, quella posta immediatamente a S di Marzabotto presenta termini riferibili alle Formazioni di Bismantova, Antognola, Argille Rosse e Loiano (fig. 1). Può essere quindi considerata molto favorevole per un'indagine su quasi tutta la successione ed è sicuramente una di quelle a più ampia esposizione.

In merito all'assetto strutturale è individuabile, per i termini oligocenici, un motivo sinclinalico asimmetrico con innalzamento del fianco occidentale che, in destra Reno, espone il complesso ligure del substrato. I termini miocenici sono disposti a monoclinale immergente verso N.

I rapporti giacaturali manifestano una netta discordanza tra la Formazione di Loiano e la coppia Argille Rosse-Antognola; questa è però caratterizzata da frequenti azzerramenti di spessore per le Argille Rosse. Il limite Antognola-Bismantova presenta buone concordanze angolari ma insufficienti indizi di continuità di sedimentazione.

Nella fig. 1 sono riportati i risultati essenziali di un nostro rilevamento geolitologico e sono indicate le tracce di quattro sezioni da noi studiate; per queste ultime verranno esposti i particolari descrittivi nel paragrafo 3.

2. Criteri di campionatura e metodi analitici

La campionatura è stata condotta su quattro sezioni stratigrafiche (fig. 1) scelte laddove esisteva buona continuità di esposizione e potevano essere esclusi disturbi tettonici. Durante il lavoro di campagna ci siamo preoccupati di raccogliere, rispettando l'ordine di successione stratigrafica, campioni che fossero rappresentativi di tutte le Formazioni e di tutte le litologie presenti nelle singole serie stratigrafiche. Ogni campione è, comunque, il più possibile rappresenta-

tivo di un determinato intervallo stratigrafico.

Lo studio di laboratorio è stato eseguito sui campioni pelitici e su quelli di arenaria fine. Con l'esclusione dei campioni contenenti zeoliti, si è in generale proceduto alla separazione della frazione inferiore a 4 μ m ricorrendo al metodo della sedimentazione frazionata. Su questa frazione è stata eseguita la determinazione semiquantitativa dei minerali argillosi, seguendo i metodi proposti da JOHNS et al. (1954), BISCAYE (1965) e MEZZETTI et al. (1980). La presenza eventuale di cristobalite, zeoliti, analcime, dolomite⁽¹⁾, talco e feldspati è stata verificata per via diffrattometrica. Nei campioni di Argille Rosse è stata verificata la presenza di una smectite con riflesso 001 a 12,5 Å che si sposta a 17 Å dopo glicolazione. Per verificare indirettamente la natura del catione scambiabile presente nel reticolo di questa smectite, si è provocato lo scambio con trattamenti separati a base di cloruri monoionici di K, Na, Ca, Mg. In questo modo si è visto che esistevano inequivocabili analogie di comportamento ai raggi X tra il materiale Na-trattato e quello naturale.

Per i campioni di cui è stata sottoposta ad analisi chimica la frazione fine sono stati quantificati calcite (per gasvolumetria e per TG e DTG) e quarzo (verificando per via diffrattometrica l'intensità del riflesso 100 e seguendo le indicazioni proposte da BOCCHI et al., 1982). La determinazione, negli stessi campioni, degli elementi maggiori, minori ed in traccia è stata effettuata per mezzo di analisi XRF e AAS (per maggiori dettagli sulle metodologie vedere in BOCCHI et al., 1982, pag. 841). Alcuni campioni, con contenuti elevati in zeoliti, sono risultati particolarmente ricchi in BaO (anche oltre il 10 %). Risultando perciò inadeguata la determinazione di questo ossido in XRF, si è applicato il metodo ponderale sul composto insolubile BaSO₄, ottenuto e separato dopo attacco fluoridrico-solforico della polvere di roccia totale.

I dati diffrattometrici, ottenuti dai preparati orientati (naturali, glicolati e con quarzo come standard interno per le correzioni ango-

⁽¹⁾ La presenza della dolomite, in quantità sempre inferiori al 5 %, è stata confermata dalla scomparsa del suo riflesso principale 104 dopo trattamento con HCl diluito a caldo.

lari) della frazione fine dei campioni contenenti clorite e non caolinite, sono stati utilizzati per ricostruire la composizione della clorite stessa nelle Marne di Antognola, se-

guendo i metodi proposti da BRINDLEY & GILLERY (1956) e da PETRUK (1964). I dati ottenuti applicando i due metodi separati, pur rivelando alcune approssimazioni

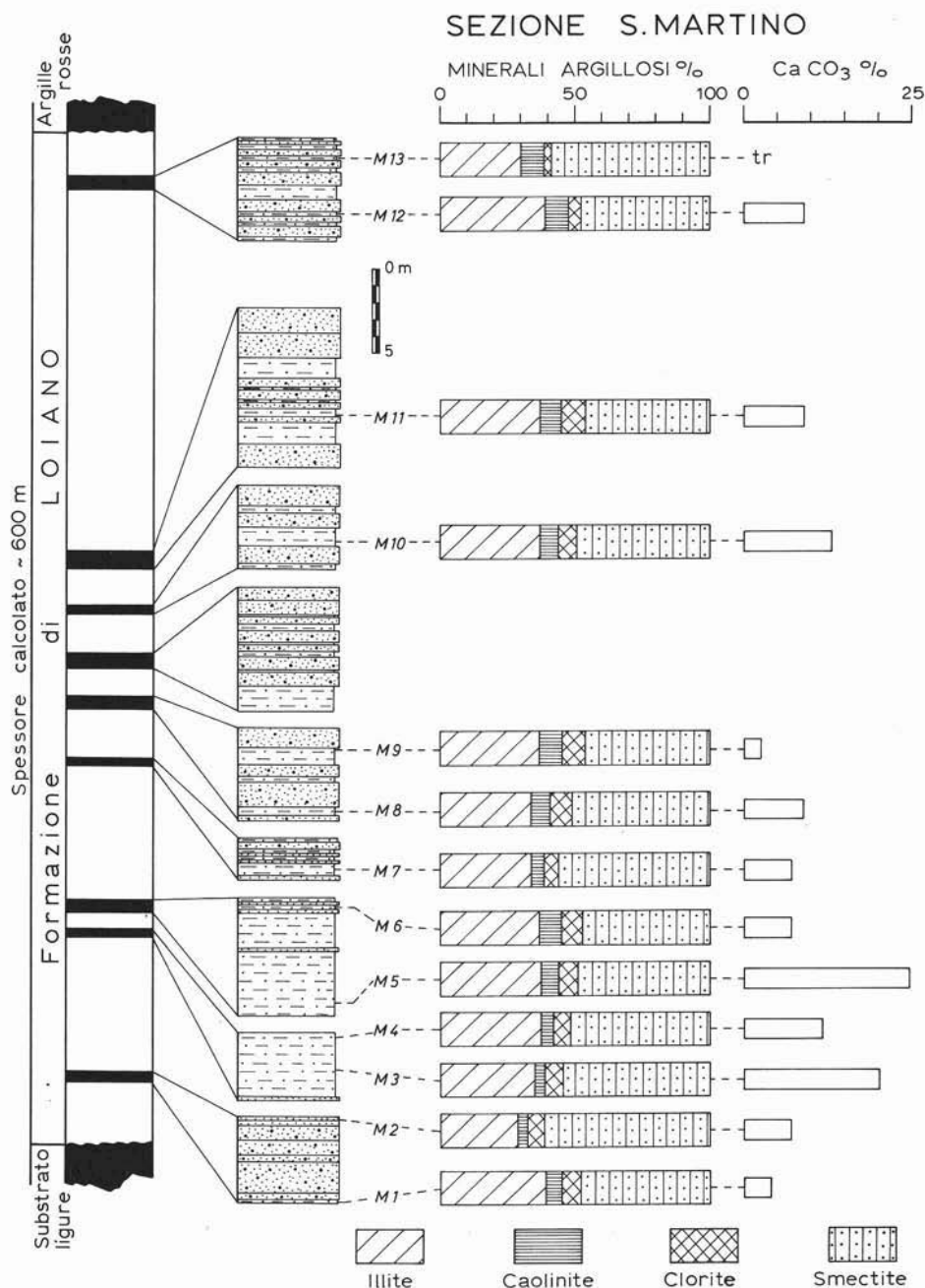


Fig. 2. — Schema della sezione stratigrafica di S. Martino. È diagrammata la composizione in minerali argillosi della frazione fine e la quantità percentuale di CaCO_3 sul totale delle peliti analizzate. — Clay minerals and CaCO_3 content of the fine fraction of the pelitic samples in the S. Martino stratigraphic section.

che poi si traducono in risultati non sempre omogenei, hanno permesso di caratterizzare con sufficiente attendibilità le cloriti considerate. Un esame comparato delle due meto-

dologie, applicate ad una popolazione omogenea di campioni di peliti oligo-mioceniche, è argomento di una ricerca in corso di elaborazione.

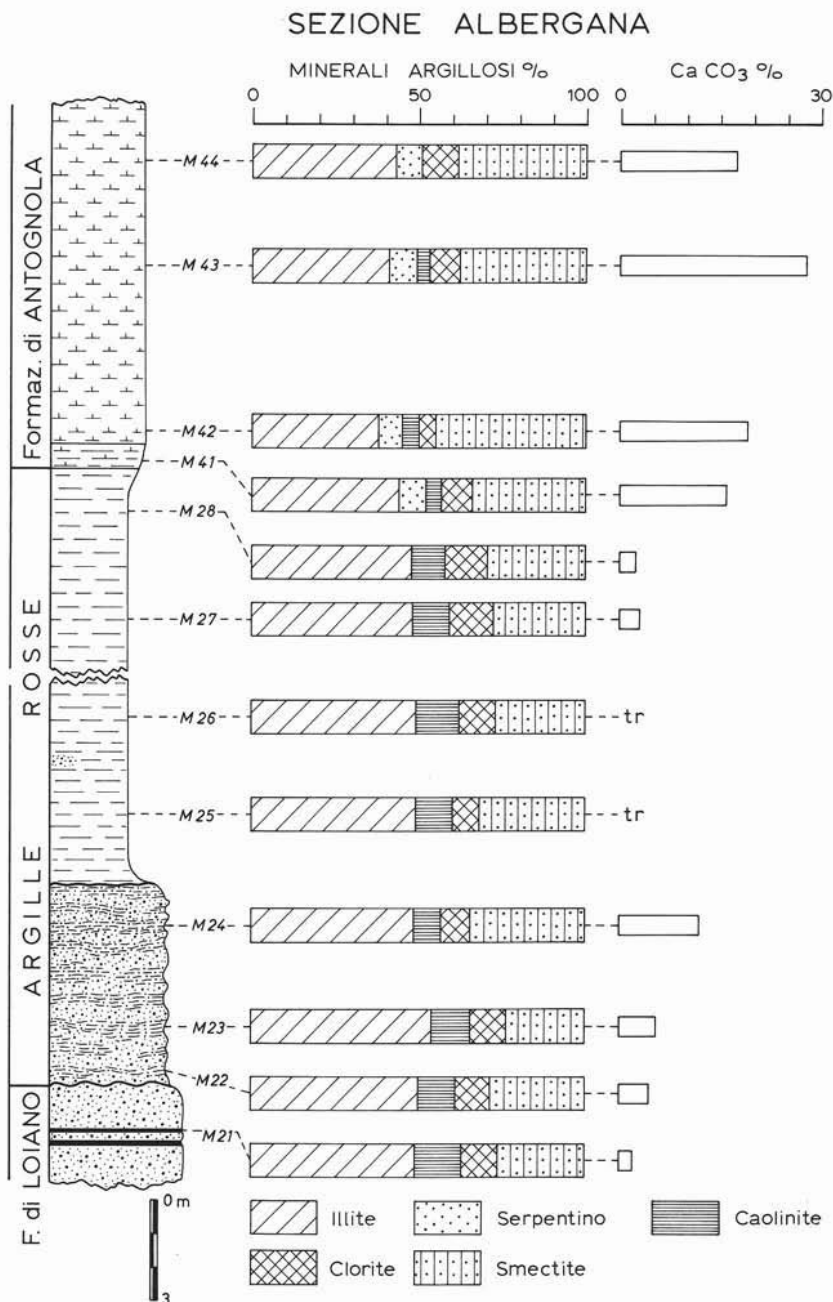


Fig. 3. — Schema della sezione stratigrafica di Albergana. È diagrammata la composizione in minerali argillosi della frazione fine e la quantità percentuale di CaCO₃ sul totale delle peliti analizzate. In nero sono indicati due livelli pelitici della Formazione di Loiano. — Clay minerals and CaCO₃ content of the fine fraction of the pelitic samples in the Albergana stratigraphic section. The dark levels in the Loiano Formation are pelites.

3. Descrizione delle successioni stratigrafiche

3.1. Sezione S. Martino

La sezione S. Martino (fig. 2) prende in considerazione la Formazione di Loiano, rappresentata da arenarie medie e grossolane predominanti su arenarie fini e peliti.

Le peliti sono classificabili come argille o argille marnose per un tenore di CaCO_3 generalmente non superiore al 20 %. La componente silicatica fine risulta caratterizzata da:

- 1) predominanza di smectite (45-65 %) su illite comunque abbondante (30-40 %);
- 2) presenza di clorite e caolinite mediamente in parti uguali (5-10 %);
- 3) totale assenza di serpentino.

3.2. Sezione Albergana

La sezione Albergana (fig. 3) interessa per pochi metri le Arenarie di Loiano, prosegue per tutto lo spessore delle Argille Rosse e termina nella parte basale delle Marne di Antognola. Il limite tra le Arenarie di Loiano e le Formazioni sovrastanti è in discordanza angolare, la transizione Argille Rosse-Marne di Antognola è apparentemente graduale e concordante.

Il termine Argille Rosse comprende in effetti un'alternanza arenaceo-pelitica seguita da argille rosse in senso stretto in apparente continuità di sedimentazione.

Dalla sommità delle Arenarie di Loiano fino alla transizione Argille Rosse-Antognola le peliti hanno un tenore composizionale, esprimibile in questi termini:

- 1) predominanza di illite (40-55 %) su smectite (15-35 %);
- 2) completa assenza di serpentino;
- 3) presenza, in analoghe proporzioni, di clorite (10-20 %) e caolinite (10-15 %).

Con la comparsa dei litotipi caratteristici della Formazione di Antognola si registra un brusco incremento di CaCO_3 (media 20 %) ed una mineralogia più complessa, che presenta:

- 1) contributi paragonabili di illite (40-45 %) e smectite (35-45 %);
- 2) costante ricorrenza di serpentino (~ 10 %);

3) modesti contenuti di clorite (5-10 %) e caolinite (0-5 %).

Limitatamente alle Argille Rosse s.s. la smectite risulta Na-scambiata, carattere che non compare nei sedimenti sottostanti e scompare rapidamente in quelli sovrastanti.

3.3. Sezione Rio Cavallaccio

La sezione Rio Cavallaccio riguarda unicamente le Marne di Antognola. Lo spessore misurato pare prossimo a quello totale della Formazione (circa 90 m).

Si riscontra una monotona successione di termini marnosi (CaCO_3 dal 30 al 65 %) in cui possono fare rilievo numerosi straterelli meno erodibili. Questi ultimi presentano in genere composizioni assolutamente anomale rispetto a quelle dei termini marnosi.

Nella presentazione dei dati analitici si utilizzano due rappresentazioni grafiche. Quella di fig. 4 riguarda le marne e alcuni livelli « anomali » litologicamente analoghi, mentre nella fig. 5 sono raccolte le composizioni di strati « anomali » di litologia differente.

Fra le marne si può sottolineare:

- 1) la costante presenza di serpentino (15-20 %);
- 2) un rapporto illite/smectite prossimo all'unità, con illite (30-45 %) mediamente prevalente su smectite (25-40 %);
- 3) un'omogenea distribuzione di clorite (5-15 %);
- 4) la sporadica ricorrenza di caolinite (al massimo 5 %).

Gli strati « anomali » possono essere distinti in due gruppi:

a) 4 livelli, di potenza variabile da 10 a 40 cm, caratterizzati da basso tenore in carbonati e, per quanto concerne la componente argillosa, da:

- 1) un singolare arricchimento in serpentino (40-50 %) e clorite (15-20 %);
- 2) presenza, in proporzioni ridotte, non quantificabili, di talco;

3) un impoverimento relativo negli altri componenti argillosi.

b) 8 livelli contraddistinti dalla presenza dominante di zeoliti e carbonato di calcio (fig. 5). La potenza dei singoli orizzonti, assai

variabile lateralmente, è di alcuni cm; in un solo caso si registra uno spessore prossimo al m.

La caratterizzazione composizionale è la seguente:

1) presenza di diverse fasi zeolitiche

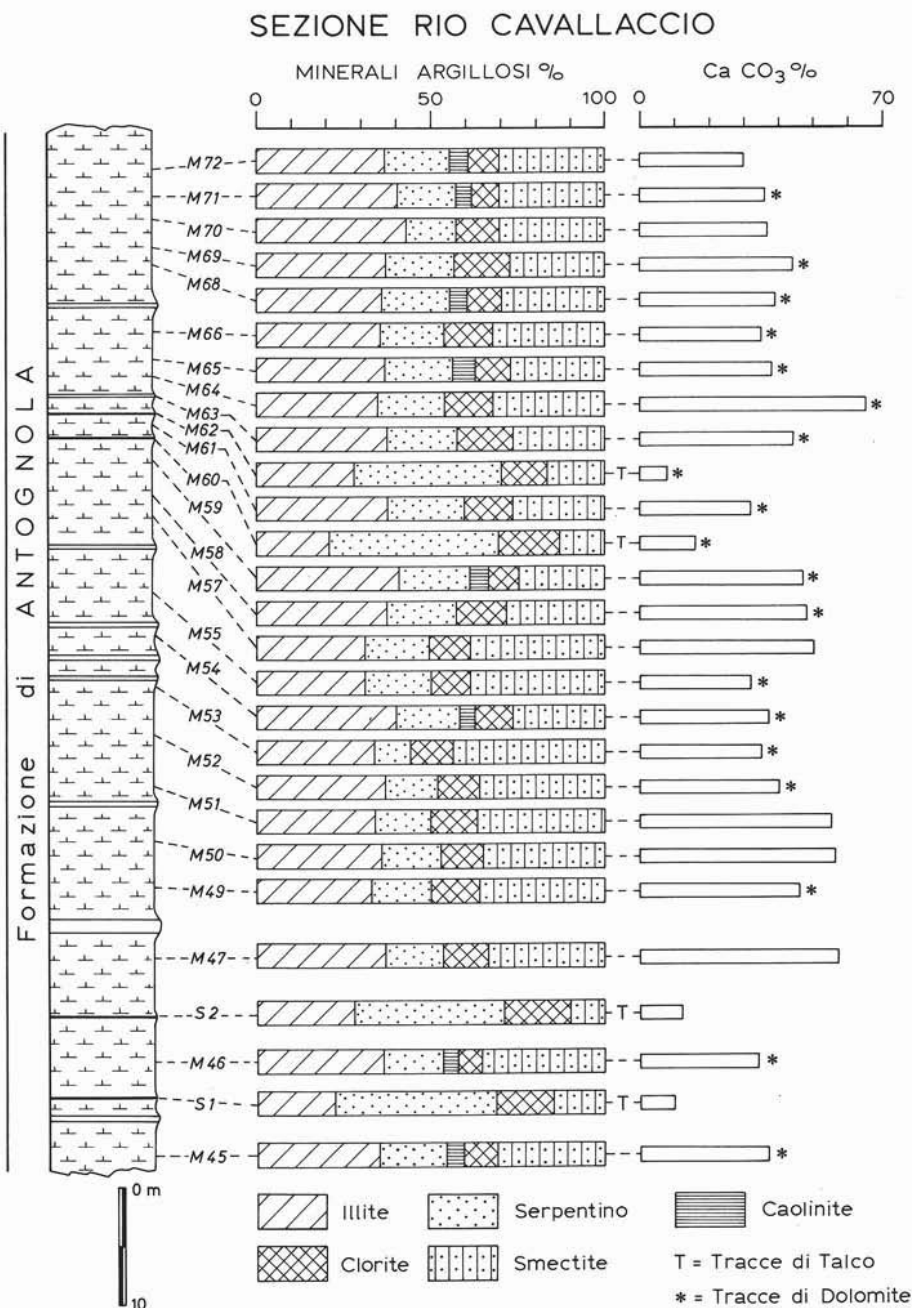


Fig. 4. — Schema della sezione stratigrafica di Rio Cavallaccio. È diagrammata la composizione in minerali argillosi della frazione fine e la quantità percentuale di CaCO₃ sul totale delle peliti analizzate. — Clay minerals and CaCO₃ content of the fine fraction of the pelitic samples in the Rio Cavallaccio stratigraphic section.

(phillipsite-armotomo, analcime) in costante associazione con subordinata smectite;

2) ricorrenza di termini della serie armo-

tomo-phillipsite in tutti i livelli; l'analcime, che compare saltuariamente, caratterizza in particolare quello di maggiore spessore;

SEZIONE RIO CAVALLACCIO

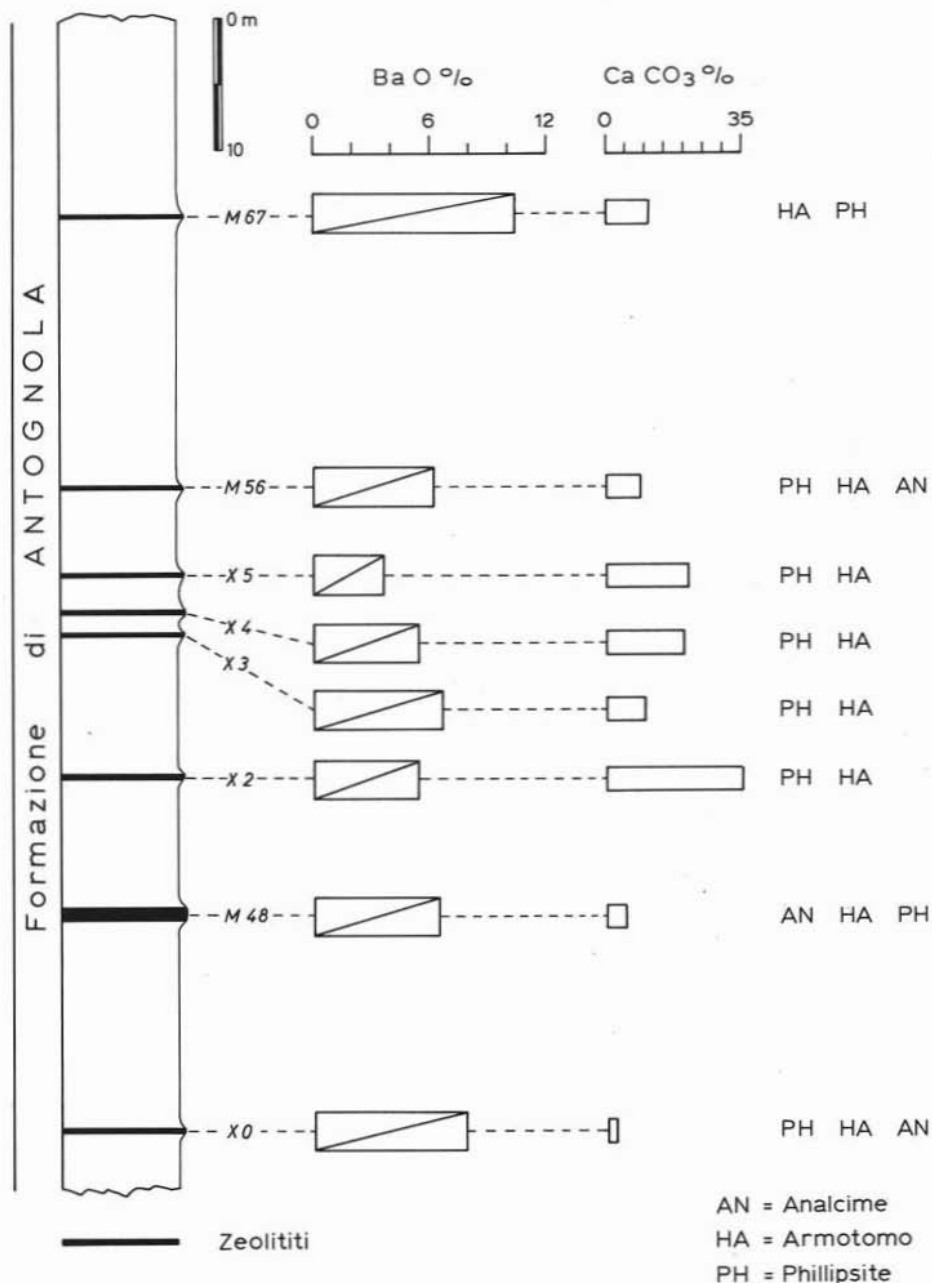


Fig. 5. — Dati composizionali relativi alle zeoliti della sezione stratigrafica di Rio Cavallaccio. Sono rappresentati i loro contenuti percentuali di BaO e di CaCO₃ e sono indicati, in ordine decrescente di abbondanza, i componenti zeolitici. — BaO and CaCO₃ content of zeolitites in the Rio Cavallaccio stratigraphic section. The zeolitic constituents are ordered with decreasing content.

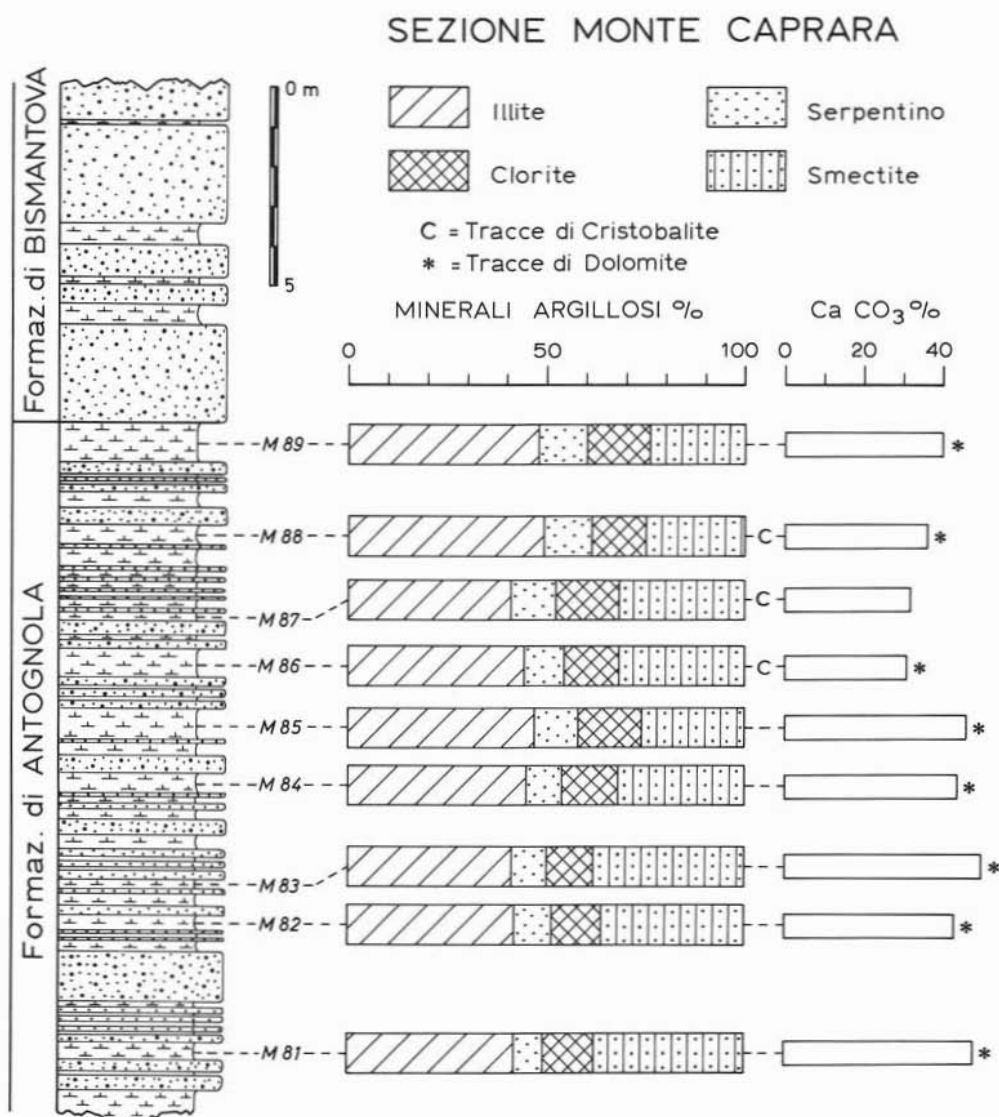


Fig. 6. — Schema della sezione stratigrafica di Monte Caprara. È diagrammata la composizione in minerali argillosi della frazione fine e la quantità percentuale di CaCO₃ sul totale delle peliti analizzate. — Clay minerals and CaCO₃ content of the fine fraction of the pelitic samples in the Monte Caprara stratigraphic section.

3) generale arricchimento in BaO, legato alla cospicua presenza di arnotomo-philipsite (*);

4) ampie oscillazioni del contenuto in CaCO₃ (2-35 %).

(*) Il BaO dosato per via ponderale risulta attribuibile ai soli termini zeolitici, ad eccezione dei campioni M56 e X4, nei diffrattogrammi dei quali sono individuabili i riflessi principali della barite, sia pure di debole intensità.

3.4. Sezione Monte Caprara

La sezione Monte Caprara (fig. 6) prende in esame un'alternanza di marne e calcari arenacei (Formazione di Antognola?) delimitata al tetto da una sequenza in calcareniti e calcari arenacei attribuibile alla Formazione di Bismantova.

Gli strati pelitici sono essenzialmente marnosi (CaCO₃ dal 31 al 49 %) e appaiono

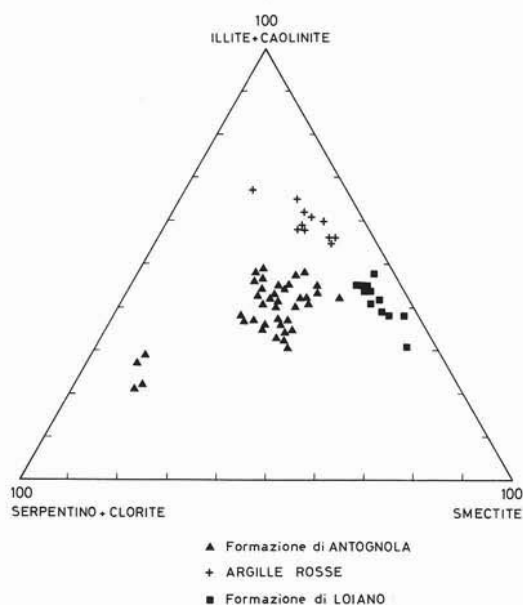


Fig. 7. — Diagramma smectite - illite + caolinite - serpentino + clorite dei campioni pelitici della serie di Loiano a Sud di Marzabotto (Bologna). — Smectite - illite + caolinite - serpentino + clorite diagram of the pelitic samples of the Loiano series near Marzabotto (Bologna).

molto omogenei per quanto riguarda la componente argillosa. Questa è caratterizzata da:

- 1) prevalenza di illite (40-50 %) su smectite (25-40 %);
- 2) prevalenza di clorite (10-15 %) su serpentino (5-10 %);
- 3) totale assenza di caolinite;
- 4) presenza, in alcuni campioni, di cristobalite, a testimonianza di un modesto fenomeno di silicizzazione.

4. Dati composizionali globali

I dati relativi alla composizione mineralogica della frazione fine dei campioni esaminati sono riportati nel diagramma ternario (smectite - illite + caolinite - serpentino + clorite) di fig. 7. Nel terzo vertice sono riportati serpentino e clorite per le seguenti ragioni: *a*) il primo minerale risulta discriminante per definire le provenienze da rocce ofiolitiche serpentinosi; *b*) il secondo (che potrebbe venire associato a illite + caolinite per la sua natura spesso detritica) risulta

poco discriminante per la sua presenza quantitativamente costante in tutti i litotipi; quando però è associato a serpentino appare legato parzialmente alle stesse provenienze.

La distribuzione dei punti di fig. 7 dimostra una sostanziale omogeneità compositiva delle peliti all'interno delle singole Formazioni e una buona caratterizzazione delle stesse indicata da tre distinti addensamenti dei punti. Le poche eccezioni (i quattro triangoli isolati in basso a sinistra) rappresentano la composizione di livelli « anomali »

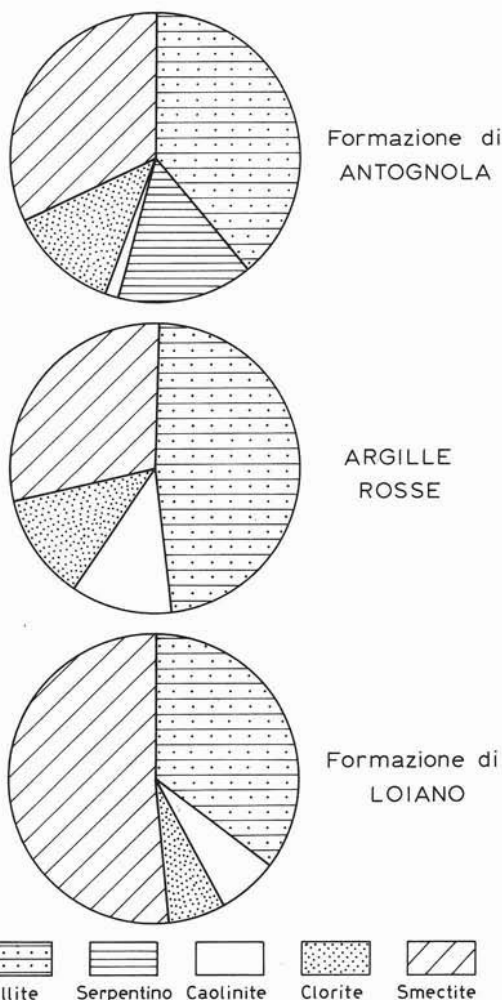


Fig. 8. — Rappresentazione della composizione mineralogica media della frazione fine della Formazione di Loiano, Argille Rosse e Formazione di Antognola. — Schematic representation of the average clay mineralogical composition of the pelitic samples in Antognola, Argille Rosse and Loiano Formations.

della sezione Rio Cavallaccio. La caratterizzazione composizionale appare poi ancora più specifica per ciascuna Formazione se si osservano i diagrammi di fig. 8 che rappresentano la composizione globale desunta dalla media dei contenuti nei singoli componenti argillosi.

Sulla base dei dati emersi le singole Formazioni presentano le seguenti caratteristiche:

Formazione di Loiano: serpentino assente, prevalenza di smectite su illite, clorite e caolinite in tenori ridotti;

Argille Rosse: serpentino assente, prevalenza di illite su smectite (Na-scambiata), clorite e caolinite con maggiore incidenza percentuale;

Formazione di Antognola: serpentino sempre presente, talora in cospicue proporzioni, contenuti paragonabili di illite e smectite, clorite abbondante e caolinite presente solo sporadicamente.

Sulle peliti della Formazione di Antognola risultate ricche in clorite e senza caolinite, sono stati ottenuti dati cristallografici volti a classificare le cloriti stesse nell'ambito della sistematica convenzionale. In fig. 9 sono riportati i valori di Si(IV) e del rapporto $Fe''/(Fe''+Mg)$ ricavati seguendo il metodo di BRINDLEY & GILLERY (1956) (cerchi e triangoli pieni) e di PETRUK (1964) (cerchi e triangoli vuoti).

La distribuzione dei punti dimostra:

1) scarsa sovrapposibilità dei dati ottenuti con le due distinte metodologie;

2) addensamento dei punti in corrispondenza del campo compositivo del clinocloro (secondo FOSTER, 1962) con qualche esempio (soprattutto per le composizioni ricavate secondo BRINDLEY & GILLERY, 1956) nella zona di confine con la brunsvigite;

3) contenuto in Fe'' regolarmente più elevato per le cloriti dei livelli « anomali » (triangoli).

Nella Formazione di Antognola sono stati individuati otto livelli di zeoliti per i quali la composizione mineralogica è ridotta a due componenti principali: zeoliti (phillipsite-armotomo e, a volte, analcime) e $CaCO_3$ nel rapporto visibile in fig. 5. Sono presenti quantità subordinate di smectite, di quarzo

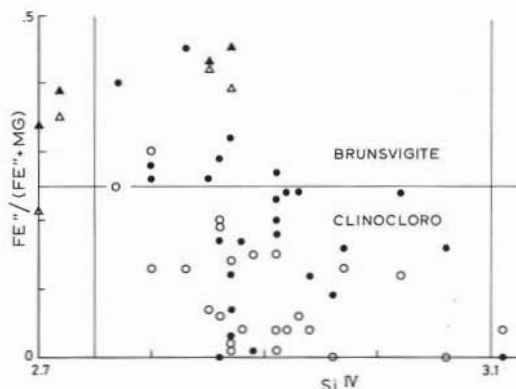


Fig. 9. — Diagramma Si(IV) - $Fe''/(Fe''+Mg)$ (da FOSTER, 1962). Sono indicate le composizioni della clorite presente nelle marne (● ○) e nei livelli arricchiti in serpentino (▲ △) della Formazione di Antognola della serie di Loiano a Sud di Marzabotto (Bologna). Le composizioni sono state ottenute seguendo il metodo di BRINDLEY & GILLERY (1956) (● ▲) e quello di PETRUK (○ △). — Si(IV) - $Fe''/(Fe''+Mg)$ diagram (after FOSTER, 1962). Chlorite compositions from marls (● ○) and serpentinite-rich levels (▲ △) in Antognola Formation are plotted. The compositions are obtained following the BRINDLEY and GILLERY (1956) (● ▲) and the PETRUK (1964) (○ △).

e di feldspati (minerali, questi ultimi, presenti normalmente in quantità elevate nello scheletro delle peliti di Antognola) e non è stata individuata traccia alcuna di frammenti di roccia o di granuli di vetro vulcanico. In questi livelli a composizione peculiare sono osservabili strutture che testimoniano meccanismi normali di deposizione idrodinamica.

Le analisi chimiche, condotte sulla frazione fine dei campioni più rappresentativi delle tre Formazioni esaminate, sono riportate in tab. 1 e indicano il chimismo maggiore e minore della frazione fillosilicatica di ogni campione, essendo state ricalcolate a cento dopo aver sottratto i contributi dei minerali principali dello scheletro (quarzo e calcite; i feldspati sono presenti in quantità trascurabili ai fini delle valutazioni sul chimismo).

L'esame comparativo dei dati chimici (tab. 1 e figg. 10 e 11) porta alle seguenti considerazioni:

1) le variazioni degli ossidi principali sono qualitativamente coerenti con quelle relative alle composizioni mineralogiche. Si riscontrano comunque tenori particolarmente

TABELLA 1

Composizione chimica della frazione fine fillosilicatica
Chemical composition of the phyllosilicatic fine fraction

	---FORMAZIONE			DI			LOIANO---			--ARGILLE-- ROSSE			-----FORMAZIONE			DI			ANTOGNOLA-----		
%	M 2	M 7	M11	M12	M13	M23	M27	M43	M55	M58	M62	M66	M71								
SiO ₂	54.41	51.78	52.02	50.68	52.72	44.45	46.58	44.13	51.56	43.09	38.73	43.65	43.59								
TiO ₂	1.03	0.92	0.95	1.04	0.97	0.90	0.79	0.66	0.81	0.61	0.59	0.61	0.63								
Al ₂ O ₃	22.85	23.28	23.71	25.16	24.33	33.19	31.31	31.52	21.61	32.09	27.50	29.96	30.41								
Fe ₂ O ₃	7.29	8.44	7.31	7.30	7.76	6.46	8.29	7.60	9.54	6.71	7.85	7.16	6.91								
MgO	3.66	3.96	3.26	2.95	3.03	3.54	3.55	5.37	6.29	5.57	14.04	5.96	7.10								
MnO	0.09	0.11	0.11	0.07	0.09	0.11	0.14	0.23	0.23	0.34	0.11	0.21	0.20								
CaO	0.59	1.40	1.43	1.52	1.32	0.54	0.00	0.00	0.60	0.38	0.31	1.36	1.16								
Na ₂ O	1.70	1.87	1.65	1.40	1.40	1.58	1.50	1.28	1.73	1.23	2.57	2.02	2.07								
K ₂ O	3.61	3.57	4.18	4.40	4.10	3.84	3.56	3.50	4.03	3.37	2.48	2.96	3.02								
P ₂ O ₅	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.07	0.21	0.08	0.11	0.05	0.11	0.11								
H ₂ O ⁺	4.70	4.60	5.30	5.40	4.20	5.30	4.20	5.50	3.50	6.50	5.77	6.00	4.80								
ppm																					
Sc	17	24	32	13	17	13	13	16	24	11	13	11	19								
V	159	157	156	178	171	183	166	128	116	104	160	117	118								
Cr	132	130	123	132	133	140	142	151	178	140	647	134	137								
Co	7	15	11	8	4	19	24	17	19	21	99	29	25								
Ni	40	43	36	41	47	45	84	100	137	133	647	134	139								
Cu	14	16	16	-	7	33	24	66	54	71	68	61	49								
Zn	101	100	103	98	125	92	123	113	104	100	127	85	79								
Ga	37	35	37	36	39	22	19	14	20	11	15	12	13								
Rb	192	178	220	223	211	241	204	144	122	109	134	126	137								
Sr	271	325	292	132	118	341	315	753	669	853	294	845	784								
Y	27	24	29	28	33	30	29	28	17	15	20	20	22								
Zr	123	106	115	130	129	148	144	96	85	70	74	100	94								
Nb	25	21	23	25	25	23	19	13	18	10	13	15	13								
Ba	360	423	347	371	373	424	375	307	410	255	349	223	264								
La	33	34	42	39	36	44	44	28	30	25	21	22	33								
Ce	72	85	89	90	82	88	94	53	60	52	25	43	53								
Pb	33	26	60	33	42	22	12	24	32	17	25	19	9								
Th	23	25	22	21	27	25	16	15	12	11	17	9	17								

elevati di allumina (oltre il 30%) in alcuni campioni di Argille Rosse e Marne di Antognola. Le variazioni nel contenuto di Al₂O₃ sono comunque coerenti con quelle della somma dei contenuti percentuali di illite e caolinite (fig. 10);

2) le variazioni di TiO₂, V, La, Ce, Zr, Y, Nb e Ga mediamente più abbondanti nella Formazione di Loiano e Argille Rosse che

nella Formazione di Antognola (fig. 10), ripetono le variazioni del contenuto in caolinite: evidentemente le fasi mineralogiche a cui è legato ciascuno o gruppi dei suddetti elementi chimici risultano geneticamente legate alle stesse rocce primarie che hanno contribuito a fornire caolinite al bacino. Ga, V e Th appaiono anche correlati positivamente con i contenuti in smectite, coeren-

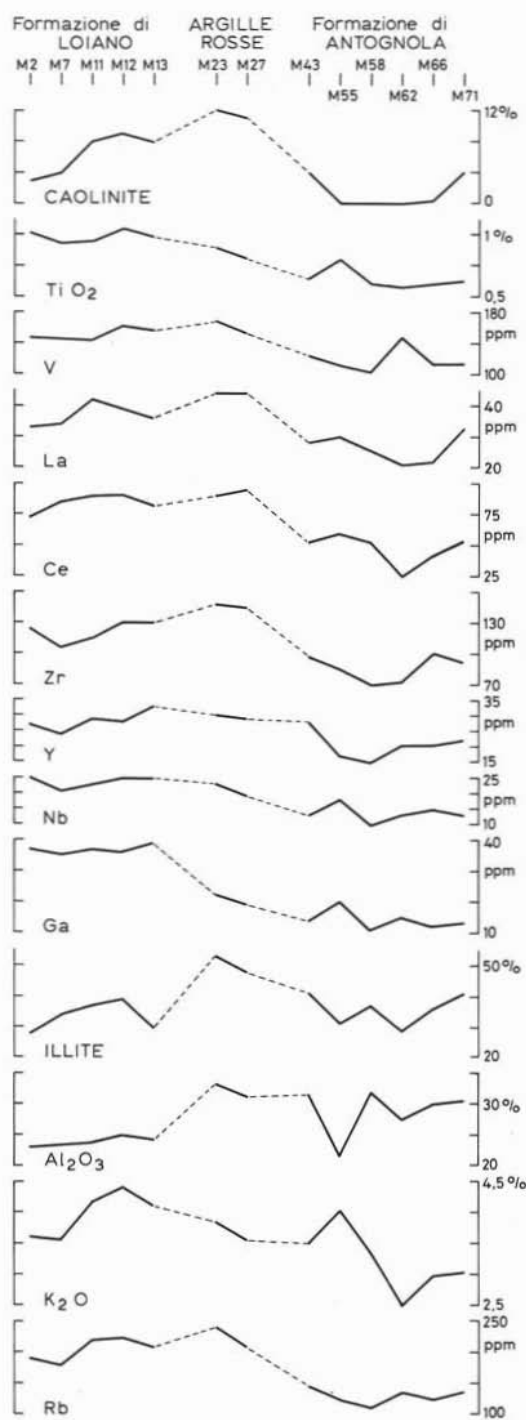


Fig. 10. — Rappresentazione schematica dei contenuti in caolinite e illite confrontati con i tenori in TiO_2 , V, La, Ce, Zr, Y, Nb, Ga, Al_2O_3 , K_2O e Rb nella Formazione di Loiano, Argille Rosse e Formazione di Antognola. — Relationship of kaolinite and illite to TiO_2 , V, La, Ce, Zr, Y, Nb, Ga, Al_2O_3 and Rb contents in Antognola, Argille Rosse and Loiano Formations.

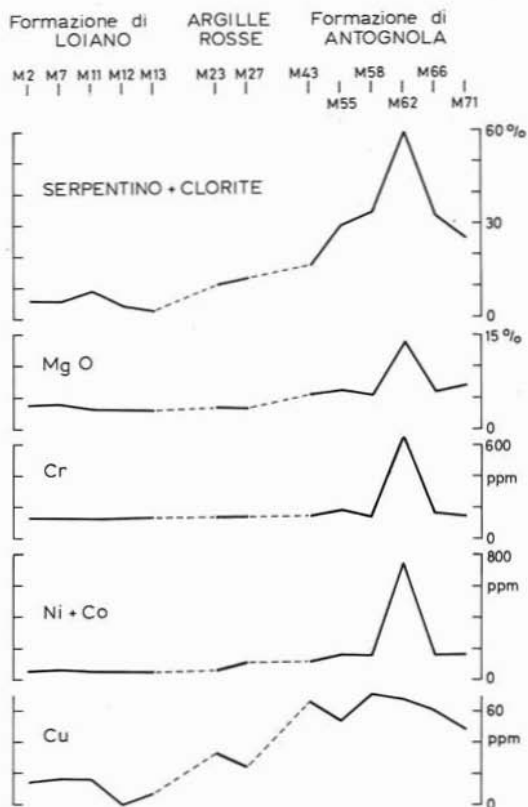


Fig. 11. — Rappresentazione schematica dei contenuti di serpentino+clorite confrontati con i tenori in MgO , Cr, Ni+Co e Cu nella Formazione di Loiano, Argille Rosse e Formazione di Antognola. — Relationship of serpentinite + chlorite to MgO , Cr, Ni+Co and Cu contents in Antognola, Argille Rosse and Loiano Formations.

temente con il loro comportamento geochimico;

3) i valori percentuali di illite, K_2O e Rb registrano variazioni globalmente coerenti (fig. 10). Fanno eccezione alcuni valori tendenzialmente elevati di K_2O , accoppiati però a illite con alti indici di cristallinità. Un'altra anomalia è rappresentata dal contenuto mediamente elevato in Rb della Formazione di Loiano, imputabile forse all'abbondanza di smectite o all'accumulo nel bacino di una illite prevalentemente mica-derivata;

4) i contenuti di MgO , Cr , $Ni+Co$ e Cu registrano variazioni globalmente coerenti con quelle di serpentino+clorite (fig. 11), il che dimostra per questi due minerali una derivazione dominante da rocce femiche e ultrafemiche. In particolare Cu ripete le variazioni della sola clorite indicando, laddove l'elemento stesso è particolarmente abbondante, una derivazione della clorite da masse ofiolitiche.

5. Discussione e considerazioni conclusive

Nel paragrafo precedente è stata ampiamente commentata l'individuazione di litofacies caratterizzanti ogni singola Formazione studiata. Questo risultato è perfettamente in linea con quanto riscontrato in Formazioni genericamente « coeve » delle province emiliane occidentali (MEZZETTI et al., 1980; BOLZAN et al., 1983); anche in quei casi, infatti, furono messi in evidenza caratteri composizionali distinti per la Formazione di Ranzano e per quella di Antognola.

La serie di Loiano presenta una litofacies Antognola ben paragonabile a quella di altre province, mentre le peliti della Formazione di Loiano sono fortemente differenziate, rispetto a quelle della Formazione di Ranzano, per una netta inversione del rapporto illite/smectite. Questa differenza è in ottimo accordo con i risultati di GAZZI & ZUFFA (1970) e SESTINI (1970), che però avevano studiato solo sedimenti arenacei.

Le indicazioni concordanti, nel confronto Loiano-Ranzano, dimostrano in modo inequivocabile che la parte più antica della serie di Loiano ha avuto una storia deposizionale nettamente distinta da quella rilevabile nei termini, presumibilmente coevi, della serie Montepiano-Bismantova.

L'autonomo sviluppo della serie di Loiano sembra comprendere anche le Argille Rosse, che non trovano riscontro nella serie occidentale da un punto di vista litostratigrafico e composizionale. Infatti, se ad una valutazione sommaria la loro associazione mineralogica può presentare analogie con le peliti di Ranzano (rapporto illite/smectite e assenza di serpentino), si trovano indicazioni assolutamente contrarie quando si confrontano i

tipi di smectite (sistematicamente Na-scambiata solo nelle Argille Rosse).

Con le Marne di Antognola i sedimenti della serie di Loiano presentano composizioni mineralogiche ben correlabili con i corrispondenti termini della serie occidentale; estendendo poi il confronto ai dati chimici disponibili (BOCCHI et al., 1982, e dati inediti in possesso degli Autori), per le rispettive frazioni fini, tale carattere risulta sostanzialmente confermato, anche se si riscontrano differenze non del tutto trascurabili, in termini di valori assoluti (ad es. SiO_2 , Al_2O_3). La verifica del chimismo riguarda solo un numero limitato di campioni, ma il carattere qui riscontrato non può essere considerato trascurabile anche perchè sembra interessare tutta la serie, sia pure con andamento non costante.

Non si può quindi escludere che il « bacino » della serie di Loiano abbia conservato connotati sedimentologici ed ambientali autonomi, anche durante la deposizione delle Marne di Antognola.

Un altro aspetto da sottolineare, per tutte le peliti qui studiate, è la mancanza di indizi significativi di diagenesi a carico dei fillosilicati (smectite ancora stabile nei livelli più profondi della Formazione di Loiano, assenza di interstratificati ordinati); pertanto, le associazioni mineralogiche riscontrate possono essere considerate equivalenti a quelle del momento della sedimentazione.

Alla luce di questa considerazione, le intercalazioni zeolitiche presenti nelle Marne di Antognola vanno interpretate come contributi particolari alla sedimentazione, i cui caratteri compositivi dovevano essere già definiti al momento della deposizione. Altre indicazioni in tal senso sono fornite dal nettissimo confinamento dei singoli strati e dalla totale particolarità composizionale rispetto alle marne inglobanti.

La loro interpretazione genetica più attendibile ci sembra quella di apporti improvvisi, singolarmente di brevissima durata, legati ad emissioni vulcaniche sottomarine in condizioni che dovevano favorire una rapida formazione di zeoliti, direttamente nel luogo di emissione delle vulcaniti. Gli inevitabili squilibri termici, prodotti nell'acqua dalle effusioni, possono aver originato correnti capaci di trasportare, anche a notevole distanza,

un finissimo detrito zeolitico in grado di produrre corpi sedimentari di composizione « anomala ».

Non è nostra intenzione entrare, qui, nel dettaglio degli aspetti genetici, anche perché abbiamo in corso uno studio esteso a tutto il versante appenninico padano che prende in considerazione moltissimi altri strati di zeolititi, sostanzialmente coevi ed analoghi, allo scopo di raccogliere tutti gli elementi di giudizio necessari per una corretta interpretazione.

Riteniamo però importante un primo sommario raffronto fra le zeolititi della serie di Loiano e quelle di altre zone appenniniche, per le implicazioni di ordine paleogeografico che potrebbero comportare.

SERSALE et al. (1963) studiarono grossi banchi di zeolitite, a rilevanti tenori in BaO, nella serie oligo-miocenica del bacino piemontese presso Garbagna (AL) (vedi anche PASSAGLIA & VEZZALINI, 1985); presenza di zeoliti all'interno di livelli vulcanoclastici è stata segnalata da GIANELLO & GOTTARDI (1969) nel Tripoli di Contignaco e da ARDANESE & GRANDI (1977) nel Bisciario; nel 1983 BOLZAN et al. segnarono strati a zeoliti nella Formazione di Antognola della sinclinale di Vetto e Carpineti (RE-PR); BARBIERI (1982-83) individuò alcune intercalazioni di zeolititi nelle Marne di Antognola presso Contignaco, (PR), segnalando anche un tenore in BaO particolarmente alto. Infine segnaliamo alcuni rinvenimenti inediti relativi alle Marne di Antognola dell'Appennino bolognese (in aree non considerate in questa nota) e nel Bisciario di Fossombrone (PS).

Nella massima parte dei casi si tratta di zeolititi, le quali presentano un'associazione phillipsite-armotomo e alti tenori in BaO; le presenze di clinoptilolite e di analcime sono, allo stato attuale delle conoscenze, decisamente più sporadiche. Questo insieme di caratteri è pienamente confermato nella serie di Loiano che, geograficamente, è in posizione mediana rispetto all'arco noto di distribuzione degli strati a zeoliti.

Lo studio di dettaglio della serie di Loiano permette inoltre di constatare che un ampio intervallo delle Marne di Antognola è interessato da tali intercalazioni e consente di rilevare che sono stati numerosi gli episodi di genesi delle zeolititi.

Tenuto conto di quanto ora detto, si deve considerare che durante la deposizione delle Marne di Antognola si è sviluppata un'attività vulcanica con caratteri particolari, sensibilmente protratta nel tempo. Allo stesso ciclo vulcanico potrebbero essere legati i sedimenti totalmente vulcanoclastici (« cineriti ») e quelli prevalentemente smectitici, che compaiono con frequenza in prossimità del limite Oligocene-Miocene delle serie appenniniche padane.

Le zeolititi potrebbero quindi costituire la testimonianza di una fase evolutiva di tale ciclo vulcanico, nell'ambito di un bacino in cui aree marginali consentivano la sedimentazione di orizzonti vulcanoderivati non sempre perfettamente correlabili dal punto di vista composizionale.

In questa chiave di interpretazione potrebbero essere giustificati alcuni aspetti delle Marne di Antognola nella serie di Loiano. La loro mineralogia le assimila a quelle della serie occidentale; alcuni aspetti del chimismo tendono a differenziarle; le intercalazioni zeolitiche le accomunano ai sedimenti coevi di tutto il versante appenninico padano. Si potrebbe allora immaginare che, durante la deposizione delle Marne di Antognola in genere, fosse in via di definizione un « bacino padano » con assetto articolato del suo margine meridionale. A causa di una delimitazione ancora imperfetta di aree (fra cui quella della serie di Loiano) doveva essere possibile un'alimentazione finemente detritica, comune a tutte le serie, che ha prodotto una sostanziale omogeneità della litologia fondamentale ed un'equivalente dispersione areale dei contributi vulcanoderivati. Al tempo stesso, fattori locali potevano influire su aspetti composizionali valutabili solo in seconda approssimazione (es. tenore di Al_2O_3).

Abbiamo già detto in premessa che una valutazione globale delle serie tardorogene emiliane è prematura; ribadiamo ora che la loro interpretazione paleogeografica non può prescindere da omogenei approfondimenti dettagliati potrà essere chiarito il significato della valutazione composizionale delle singole serie. In ogni caso solo attraverso studi regionale degli episodi deposizionali legati ad attività vulcanica e di altri litotipi con anomalie arricchimenti di singoli componenti mineralogici.

BIBLIOGRAFIA

- ANNOVI A. (1980) - *La geologia del territorio di Montese (Appennino modenese)*. Mem. Sc. Geol., 34, 67-84.
- ARDANESE L.R., GRANDI L. (1977) - *Caratteri sedimentologici, mineralogici e chimici di una serie del «Bisciaro»*. Boll. Serv. Geol. Ital., 98, 3-60.
- BARBIERI A. (1982-83) - *Studio mineralogico-petrografico del «Tripoli di Contignaco» nell'area della serie tipo, con rilevamento geologico*. Tesi di Laurea, Università di Bologna, 128 pp.
- BISCAYE P.E. (1965) - *Mineralogy and sedimentation of Recent deepsea clays in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans*. Geol. Soc. Amer. Bull., 76, 803-832.
- BOCCHI G., LUCCHINI F., MINGUZZI V., MORANDI N., NANNETTI M.C. (1982) - *Significato del chimismo delle porzioni pelitiche delle «Marne di Antognola» della zona di Zocca (Modena)*. Rend. S.I.M.P., 38 (2), 839-847.
- BOLZAN R., CECCARELLI L., FAILLA A., MEZZETTI R., MORANDI N., ROMANO A. (1983) - *Caratteri composizionali delle peliti oligomioceniche della sinclinale di Vetto-Carpinetti (Prov. di Reggio Em. e Parma)*. Miner. Petrogr. Acta, 27, 51-71.
- BONAZZI U., PANINI F. (1981) - *Lineamenti geologici della zona a Nord di Grizzana (Appennino bolognese)*. Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena, 112, 1-19.
- BRINDLEY G.W., GILLERY F.H. (1956) - *X-ray identification of chlorite species*. Amer. Miner., 41, 169-186.
- FOSTER M.D. (1962) - *Interpretation of the composition and a classification of the chlorites*. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 414-A.
- GAZZI P., ZUFFA G.G. (1970) - *Le arenarie paleogeniche dell'Appennino emiliano*. Miner. Petrogr. Acta, 16, 97-137.
- GIANELLO A., GOTTARDI G. (1969) - *Sulla zeolitizzazione del livello cineritico detto «Tripoli di Contignaco»*. Miner. Petrogr. Acta, 15, 5-8.
- JOHNS W.D., GRIM R.E., BRADLEY W.F. (1954) - *Quantitative estimation of clay minerals by X-ray diffraction methods*. Jour. Sediment. Petrol., 24, 242-252.
- MEZZETTI R., MORANDI N., PINI G.A. (1980) - *Studio mineralogico delle porzioni pelitiche nelle «Marne di Antognola» della zona di Zocca (Modena)*. Miner. Petrogr. Acta, 24, 57-75.
- PASSAGLIA E., VEZZALINI G. (1985) - *Crystal chemistry of diagenetic zeolites in volcanoclastic deposits of Italy*. Contrib. Mineral. Petrol., 90 (2/3), 190-198.
- PETRUK W. (1964) - *Determination of the heavy atoms content in chlorite by means of the X-ray diffractometer*. Amer. Miner., 49, 61-71.
- RICCI LUCCHI F., ORI G.G. (1985) - *Field excursion D: syn-orogenic deposits of a migrating basin system in the NW Adriatic foreland: Examples from Emilia-Romagna region, Northern Apennines*, 137-176. In: ALLEN P., HOMEZOOD P., WILLIAMS G. (eds.), *Excursion Guidebook*, Int. Symp. on Foreland Basin, Fribourg, 2-4 september 1985.
- SERSALE R., AIELLO R., FRIGIONE G. (1963) - *Sulla presenza di orizzonti zeolitici nella serie oligomiocenica di Garbagna (Alessandria)*. Accad. Sc. Torino, 97, 1-15.
- SESTINI G. (1970) - *Sedimentation of the late geosynclinal stage*. Sediment. Geol., 4, 445-479.