

LE ARGILLE DI PORTELLA COLLA E DEL FLYSCH NUMIDICO AUCT. (M. MADONIE - SICILIA)

Aspetti deposizionali e diagenetici

GAETANO DONGARRÀ, PAOLO FERLA

Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università, via Archirafi 36, 90123 Palermo

RIASSUNTO. — Il Flysch Numidico, una delle formazioni più diffuse della Sicilia settentrionale, è oggetto di differenti interpretazioni fra i vari autori sia per la provenienza del materiale clastico che per il significato deposizionale. Questo flysch (oligocene) è costituito da alternanze di arenarie quarzose, con alta maturità mineralogica e scarsa maturità tessiturale, e da argilliti. La porzione inferiore della successione è costituita dalle Argille di Portella Colla e contiene livelli attribuiti ad una clay ironstone in facies carbonatica formatasi in ambienti deposizionali non compatibili con le sequenze flyscioidei (CALDERONE et al., 1980). Sono stati presi in esame i livelli pelitici dei due membri di questa formazione riscontrando una notevole costanza composizionale, con calcite scarsa o assente, con scheletro quarzoso non superiore al 15 %, e quindi con presenza di illite e strati misti ordinati illite-montmorillonite, cui si aggiungono caolinite spesso associata a dickite di origine secondaria, e nelle Argille di Portella Colla clorite talora con minori interstratificazioni con termini espandibili. Lo strato misto ha una composizione costante in tutti e due i membri con $X_{\text{Fe}} = 20$ %. La composizione petrografica è compatibile con trasformazioni diagenetiche non distinguibili fra i due membri e comunque avvenute a temperature non inferiori ai 100° C. Il chimismo (el. maggiori e 11 elementi in tracce) su una preliminare campionatura di una trentina di campioni, seguito da analisi fattoriale (R-mode), ha permesso di confermare una sostanziale somiglianza fra le peliti dei due membri distinguibili solo per un maggior contributo ferromagnesiaco-manganesifero nelle Argille di Portella Colla. In tutta la successione si avverte l'occasionale contributo sedimentario proveniente dalle piattaforme carbonatiche mesozoiche (Ca e Sr) o l'apporto arenaceo (SiO_2), in sedimenti pelitici in cui si hanno memorie predeposizionali di tipo continentale e verosimilmente di tipo lateritico (Al_2O_3 e TiO_2), a spese di un più antico materiale cristallino (Zr e Y) nel quale potevano essere presenti anche rocce basiche (Ni-Cu-Zn-Rb-K). Nelle Argille di Portella Colla si ha inoltre la sovrapposizione di una maggiore caratterizzazione geochimica in Fe-Mg-Mn che trova conferma nella presenza dei livelli a siderite-clorite della clay ironstone, accuratamente evitata in questo studio. Si conferma ulteriormente l'ipotesi che l'apporto terrigeno nel Portella Colla trovasse condizioni deposizionali particolari carat-

terizzate dalla abbondante sostanza organica responsabile nella diagenesi precoce di modificare sensibilmente i rapporti geochimici di elementi già in concentrazioni particolari nello stesso materiale di provenienza.

ABSTRACT. — One of the most widespread formations of the northern part of Sicily, the Numidian Flysch (oligocene-miocene), consists of an alternance of quartzarenites, with high mineralogical maturity, and argillites. The lower part of this formation, named Portella Colla, is characterized by beds ascribed to a clay ironstone, in carbonate facies, formed in a depositional environment incompatible with the Flysch sequence.

In this study, the pelitic fraction of the two members has been studied, carefully avoiding sediments from the clay-ironstone formation. The stratigraphic sequence shows a remarkable constancy in its composition, with little or no calcite, the siliceous skeleton being less than 15 %. Illite, illite-montmorillonite mixed layers and kaolinite, often associated with secondary dickite, are present.

In turn, chlorite is found in clays from the Portella Colla member. The mixed layers, shown by both of the two members, are characterized by $X_{\text{Fe}} = 20$ %. From a petrogenetic point of view, their composition is consistent with the hypothesis of diagenetic processes which took place at temperature not lower than 100° C.

Factor analyses carried out on both major and trace elements, confirmed the similarity between the two members, whose only difference is a marked contribution of Fe and Mn to the Portella Colla member.

The clayey sequence is characterized by an arenaceous contribution and, occasionally, by a contribution of sedimentary clastic material coming from the mesozoic carbonatic platform (Ca-Sr). In addition, the interpretation of principal factors, suggested a continental contribution of lateritic-type (Al_2O_3 - TiO_2), at expense of an older crystalline material (Zr-Y), which probably included basic rocks (Ni-Cu-Zn-Rb-K).

Finally, it has been confirmed that the contribution of terrigenous material to the Portella Colla member took place in a particular environment, in which the decay of organic material was of impor-

tance both during the sedimentation process and during early diagenesis.

Introduzione

Esistono molteplici studi sul Flysch Numidico sia dal punto di vista geologico che riguardo la composizione dei livelli arenacei o delle formazioni ricche in ferro, ma si sa pochissimo sulla natura delle argilliti « color tabacco » che in realtà costituiscono le porzioni più abbondanti di queste formazioni sedimentarie. Non esistono studi sistematici ed in letteratura talora si riporta la presenza di caolinite, di illite e strati misti illite-montmorillonite. Recenti studi sulle argille di Portella Colla e del Flysch numidico (FERLA, 1982) hanno permesso di evidenziare in entrambe le formazioni la presenza di dickite. Questo minerale, presente anche nelle argille varicolori, è stato dall'autore ricondotto ad una genesi essenzialmente secondaria e tardiva ad opera di acque meteoriche, ossigenate ed acide per processi di ossidazione di sporadici solfuri presenti, su argille diagenizzate ed « alterabili ». Le successioni numidiche mostrano di essere costituite sempre secondo FERLA (l.c.) da strati misti ordinati illite-montmorillonite, da caolinite + dickite, da illite e nelle sequenze di Portella Colla anche da clorite più o meno alterata.

In questa sede pertanto vengono riportati i dettagli composizionali sia mineralogici che chimici riassunti in FERLA (1982) e vengono affrontati problemi riguardanti lo stato diagenetico di queste formazioni. Inoltre è stata eseguita un'analisi fattoriale (R-mode) applicata ai dati chimici dei costituenti maggiori e di alcuni elementi in tracce, per verificare il significato delle eventuali correlazioni tra i due livelli di età diversa della ipotizzata medesima formazione numidica, e per avere utili indicazioni sulla natura degli originari apporti sedimentari.

Inquadramento geopetrografico e studi precedenti

Il Flysch Numidico costituisce una delle formazioni più estese e più potenti della Sicilia settentrionale e da tempo è oggetto di studi per le implicazioni che questi sedimenti rivestono nella ricostruzione di un momento importante della storia geologica di un vasto settore del Mediterraneo. La formazione è

nota con caratteristiche simili nell'Africa settentrionale fino al Marocco.

D'altra parte anche la provenienza del materiale arenaceo ed argilloso costituisce un problema diversamente interpretato dai molti autori che si sono interessati all'argomento. La tipica composizione litologica è data da argille brune, talora ricche di ossidi di ferro, con intercalazioni arenacee, quarzoarenitiche.

Nelle Madonie le porzioni più basse della successione, considerate preflyschiodi, sono note in letteratura col nome di Argille di Portella Colla (Membro di Portella Colla, OGNIBEN, 1960; Flysch Nebrodico, WEZEL, 1970) di età oligocenico-aquitania, ed in continuità di sedimentazione sulle sequenze calcaree cretaceo-oligoceniche di Caltavuturo, appartenenti al dominio imerese. La successione è interrotta verso l'alto dalla venuta delle unità tettoniche del dominio panormide (piattaforma); secondo GRASSO et al. (1978) le breccie calcaree presenti nelle argille di Portella dei Mandarini costituirebbero le tracce meridionali dell'arrivo delle falde panormidi nel bacino di sedimentazione del Flysch Numidico. In continuità stratigrafica segue, secondo gli autori accennati, la successione vera e propria del Flysch Numidico (corrispondente al Membro di Geraci, secondo OGNIBEN, l.c.). Nella carta geologica di LENTINI e VEZZANI (1974) questa formazione si estende per gran parte del territorio di Castelbuono (fig. 1). Secondo vedute più recenti (ABATE et al., 1982) gli inclusi calcarei nelle argille numidiche avrebbero un significato differente, costituendo delle megabreccie di crollo provenienti dal margine instabile della vicina piattaforma. In questo caso il carreggiamento si sarebbe verificato più tardi, dopo l'aquitania e prima della fine della sedimentazione del Flysch Numidico del langhiano e contemporaneamente ai grandi movimenti registrati nella Sicilia Occidentale e Settentrionale. Si rimanda tuttavia agli autori citati e alla vasta letteratura esistente l'analisi delle complesse ed articolate argomentazioni che hanno portato, spesso, a contrastanti ricostruzioni e che hanno avuto come maggiori sostenitori OGNIBEN (1960), SCHMIDT DI FRIEDBERG (1960), WEZEL con numerosi studi (1967, 1970a, 1970b, 1974), WEZEL e RYAN (1971), BROQUET (1971), GRASSO et al. (1978), CATALANO e D'ARGENIO (1982).

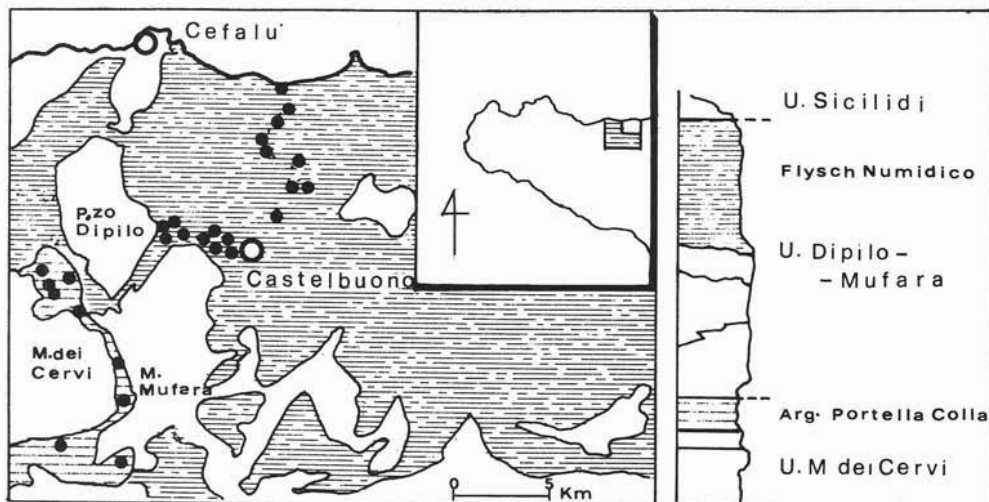


Fig. 1. — Schema geologico del settore delle Madonie con ubicazione dei campioni analizzati (da LENTINI e VEZZANI, 1974; e ABATE et al., 1982).

Tutti questi autori comunque concordano, anche se con differenti vedute, nel ritenere le sequenze di Castelbuono come stratigraficamente facenti parte delle porzioni superiori del Flysch Numidico, mentre le argille di Portella Colla risulterebbero le porzioni più antiche.

Le Argille di Portella Colla sono costituite, secondo GRASSO et al. (1978) da peliti scagliettate di colore grigio-bruno con solfuri di ferro finemente diffusi, presentanti intercalazioni siltitiche quarzose grigie a cemento siliceo, potenti mediamente una decina di centimetri, subordinatamente sono presenti anche intercalazioni di arenarie quarzose a grana fine microstratificate.

In realtà vari lavori di grande dettaglio dal punto di vista sedimentologico, mineralogico e geochimico hanno permesso di riconoscere nella successione di Portella Colla una « clay ironstone » in facies carbonatica (CALDERONE e LEONE, 1967; ALAIMO et al., 1970; CALDERONE et al., 1980; LEONE et al., 1981). Le sottili argomentazioni sui dati composizionali di questa formazione ricca in ferro, suffragate da dati isotopici sull'ossigeno ed il carbonio, portano gli autori accennati a considerare la successione ferrifera, caratterizzata dai cosiddetti livelli quarzosiltitici e in verità costituiti da siderite, chert, ripidolite, come risultato di una diagenesi precoce. Questa avrebbe operato, in un bacino chiuso

ed evaporante, su sedimenti ricchi in ferro e manganese, di probabile origine continentale, durante la decomposizione batterica di abbondante sostanza organica, della quale ancora sono visibili tracce residuali. I rapporti di concentrazione siderite/pirite permettono di valutare valori di Eh compresi tra $-0,30$ e $-0,20$ V, una elevata P_{CO_2} legata alla decomposizione della sostanza organica, una bassa concentrazione di ioni HS^- .

Per quanto riguarda i livelli quarzoarenitici essi presentano caratteristiche simili alle arenarie in grossi banchi del Flysch Numidico s.s. (CALDERONE e LEONE, 1966) con alta maturità mineralogica, cui si contrappone una bassa maturità tessiturale evidenziata da granuli di quarzo spigolosi o molto arrotondati e da granuli di chert. I minerali pesanti sono dati da zircono, tormalina, rutilo, leucoxeno.

Il Flysch Numidico di Castelbuono è costituito da peliti brune e da banchi quarzoarenitici grigio-giallastri, talora gradati, potenti da qualche decimetro a 4÷5 metri, di forma lenticolare. Nelle arenarie, come accennato, è particolarmente abbondante il quarzo arrotondato di probabile origine eolica. Nelle sequenze di Geraci i livelli concrezionali ferromanganesiferi risultano discontinui tra le argilliti e del tutto episodici; dal punto di vista composizionale sono costituiti da goethite, ematite, quarzo e per i composti del Mn, da manganite 10 Å, manganite 7 Å e subordina-

tamente litioforite (ALAIMO et al., 1970).

L'origine «africana» del quarzo del Flysch Numidico, sostenuta da OGNIBEN (1960) e da WEZEL (1967), in contrapposizione alla origine «verrucana» invocata dagli autori di scuola francese (BENGUIES et al., 1969), trova ulteriori conferme dalle età assolute dei cristalli di zircono delle arenarie numidiche siciliane e dell'Africa settentrionale che sono risultate estremamente antiche (circa 2 b. di anni, LANCELOT et al., 1977). Rimane tuttora non risolto il problema delle modalità di alimentazione del bacino numidico dalle aree africane più meridionali e forse occidentali. In tali ricostruzioni verosimilmente ha un ruolo importante la posizione relativa di questa porzione del margine africano prima della rotazione che portò dal miocene in poi all'attuale assetto della Sicilia.

Campionatura e metodi di studio

Data la non facile possibilità di ricostruire le successioni stratigrafiche a causa di una situazione molto disturbata tettonicamente e nella quale secondo diversi autori sono riconoscibili varie ripetizioni e scagliamenti che possono falsare le reali potenze originarie, i campioni per le analisi sono stati prelevati seguendo un criterio quanto più possibile casuale. In ogni caso si è cercato di assicurare almeno una tipologia di insieme tenendo conto degli spessori e delle eventuali variazioni laterali.

La campionatura delle Argille di Portella Colla è stata effettuata lungo il Vallone della Mora, in prossimità dell'abitato di Collesano (COL 1A - 1B), lungo la strada Collesano-Isnello (COL 5A - 5B - 5C) presso il bivio Piano Battaglia-Collesano-Isnello (COL 6A - 6B - 6C), lungo la strada che collega Scillato e Polizzi (COL 101A - 101B - 102), lungo la strada che da Polizzi porta al Bivio per Piano Battaglia (COL 104) ed infine lungo la strada Collesano-Piano Battaglia (COL 105).

Le argille del Flysch Numidico sono state campionate lungo la strada Isnello-Castelbuono (COL 201A - 201B - 202A - 203C - 204A - 204B - 205A - 405A - 405B - 406A - 406B) ed ancora lungo la strada che da Castelbuono porta alla stazione ferroviaria del paese (COL 401A - 401B - 402A - 402B - 403 - 404A - 404B - 412A - 412B - 411 - 410 - 409 - 408).

TABELLA 1
Localizzazione dei campioni analizzati

CODICE	LOCALITÀ	COORDINATE UTM
COL 1B	Vallone della Mora (Collesano)	33SVB071983
COL 5A	Collesano-Isnello Km. 17	085978
COL 5B	Collesano-Isnello Km. 17	085978
COL 6A	Bivio P. Battaglia-Isnello-Collesano	096979
COL 101A	Scillato-Polizzi Km. 30	089891
COL 102	Scillato-Polizzi Km. 33	110876
COL 103	Polizzi-P. Battaglia Km. 14	126918
COL 104	Polizzi-P. Battaglia Km. 13	129928
COL 105	Collesano-P. Battaglia Km. 3	103962
COL 201A	Isnello-Castelbuono Km. 28	159001
COL 201B	Isnello-Castelbuono Km. 28	151999
COL 202A	Isnello-Castelbuono Km. 29	151998
COL 203C	Isnello-Castelbuono Km. 29 (Val. Chiuso)	150997
COL 204A	Isnello-Castelbuono Km. 31	166998
COL 205A	Isnello-Castelbuono Km. 31-32	169998
COL 405B	Isnello-Castelbuono Km. 33	180997
COL 406A	Isnello-Castelbuono Km. 34	186992
COL 406B	Isnello-Castelbuono Km. 34.5	191991
COL 401A	Stazione Castelbuono (Galleria)	214081
COL 402A	Stazione Castelbuono-Castelbuono Km. 2.5	208064
COL 403	Stazione Castelbuono-Castelbuono Km. 3	206058
COL 404A	Stazione Castelbuono-Castelbuono Km. 4.2	206046
COL 412B	Stazione Castelbuono-Castelbuono Km. 4.5	208042
COL 411	Stazione Castelbuono-Castelbuono Km. 5	211039
COL 410	Stazione Castelbuono-Castelbuono Km. 6.8	214026
COL 409	Stazione Castelbuono-Castelbuono Km. 7.5	211025
COL 408	Stazione Castelbuono-Castelbuono Km. 10	205007

La composizione mineralogica è stata affidata all'analisi roentgenografica sia delle polveri (tout venant) sia degli aggregati orientati delle frazioni $< 2 \mu$, separate dopo trattamento ultrasonico e centrifugazione, e dopo saturazione con ioni Mg^{++} , K^+ , con glicole etilenico ed infine dopo riscaldamento a 350° e $600^\circ C$ (1 h). Sui tout venants sono state eseguite delle stime semiquantitative del totale della frazione argillosa, del quarzo e dei feldspati (la calcite è stata determinata per via chimica) sfruttando il metodo dei poteri riflettenti (GALAN HUERTOS e MARTIN VIVALDI, 1973). Le determinazioni chimiche sono state eseguite per mezzo della fluorescenza X, con correzione completa degli effetti di matrice sia per i costituenti maggiori sia per gli elementi in tracce (Cu, Pb, Zn, Cr, Ni, Rb, Sr, Y, Zr, Nb) seguendo il metodo di FRANZINI et al. (1975) e LEONI e SAIITA (1975). Nella tabella 1 sono riportate le ubicazioni dei campioni così analizzati.

I calcoli sono stati effettuati presso il C.U.C. di Palermo con elaboratore IBM 380 utilizzando programmi di calcolo opportunamente preparati dagli autori, sia procedure standards dello SPSS.

Composizione mineralogica

a) Argille di Portella Colla

I dati diffrattometrici confermano la natura essenzialmente argillosa dei campioni analizzati. Si tratta di materiali in cui la componente argillosa (dal punto di vista mineralogico) mediamente supera il 90 %, con la restante parte formata essenzialmente da quarzo con minori tracce di feldspati (plagioclasti) mentre la calcite risulta assente o limitatamente a qualche sporadico livello con tenori di poche unità per cento. Questo contrasta con i dati della letteratura geologica che talora descrivono queste argille, spesso scagliose, come più o meno marnose. I risultati semiquantitativi sono riportati nella tabella 2.

La componente argillosa è costituita da illite, caolinite, dickite, strati misti illite-montmorillonite, e clorite spesso con cenni di interlaminazioni con termini espandibili.

La caolinite, del tipo *pM*, è in diversi campioni associata a dickite che talora può essere prevalente. Quest'ultimo minerale del resto, è visibile macroscopicamente sotto forma di spalmature o concentrazioni lungo discontinuità, anche trasversali alla stratificazione originaria, che ne testimoniano la genesi secondaria. Associati a dickite risultano anche goethite, natrojarosite e solfati alcalini solubili (FERLA, 1981).

La illite, diottaedrica, è costituita da termini con percentuale elevata $1Md/2M$, anche se in qualche livello si può riconoscere un locale maggiore contributo clastico di tipo micaceo. L'indice di cristallinità, secondo Kubler, non è facilmente valutabile a causa della presenza degli strati misti: varie misure hanno dato valori intorno a $1,3^\circ \Delta 2\theta$.

Lo strato misto illite-montmorillonite è riconoscibile per l'effetto molto intenso a $11,5 \text{ \AA}$, nei campioni saturati con Mg (70 % di umidità relativa), che si sposta a circa $12,7 \text{ \AA}$ dopo trattamento con glicole etilenico e si contrae a circa 10 \AA con il riscaldamento. Inoltre ad angoli bassi, intorno ai

TABELLA 2
Composizione mineralogica semi-quantitativa dei campioni di argilla di Portella Colla e del Flysch Numidico

	QUARZO			MIN. ARGILLOSI			CALCITE
	Range	\bar{x}	C.V.	Range	\bar{x}	C.V.	\bar{x}
Portella Colla	4.0 - 21.0	9.3	46	79 - 95	89.4	5	0.7
Flysch Numidico	5.0 - 17.5	10.0	31	66 - 94	84.9	8	3.4

frazione <2 μ

	CAOLINITE + DICKITE	ILLITE	1/M	CLORITE	C/M
Portella Colla	++	+++	++	+	*
Flysch Numidico	++	+++	++	(*)	

$3^\circ 2\theta$, talora è riconoscibile un effetto poco pronunciato da superindividuo (tab. 3, fig. 2). Queste sono caratteristiche fondamentali degli strati misti ordinati (SRODON, 1980; REYNOLDS e HOWER, 1970): seguendo le indicazioni degli autori accennati lo strato misto risulta avere mediamente il 20% di espandibilità. Un problema di diluizione con gli altri fillosilicati e la interferenza della illite ha reso meno precisa la determinazione, verosimilmente soggetta ad un errore leggermente superiore a quanto proposto da SRODON (l.c.), ma probabilmente compreso tra i valori estremi riscontrati senza modificare sostanzialmente il dato medio ottenuto.

La clorite è evidenziabile dal picco a circa 14 \AA e dallo sdoppiamento dell'effetto prossimo a quello della caolinite a circa $3,5 \text{ \AA}$. L'effetto basale inoltre aumenta di intensità al riscaldamento e i dati chimici confermano trattarsi di una clorite ferro-magnesiaca. In alcuni casi nei diffrattogrammi dei campioni sottoposti a riscaldamento compare un mo-

TABELLA 3
Valori medi dell'effetto basale (Å) dello strato misto illite/montmorillonite e % di espandibilità

	Mg^{2+} (70% U.R.)				Mg^{2+} + gl.et.		Exp. %		
	n	\bar{x}	σ	CV	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	CV
Portella Colla	14	11.43	0.48	4.2	(12.74)		19	1.7	8.9
Flysch Numidico	25	11.39	0.42	3.7	12.74	0.36	19	2.0	10.5

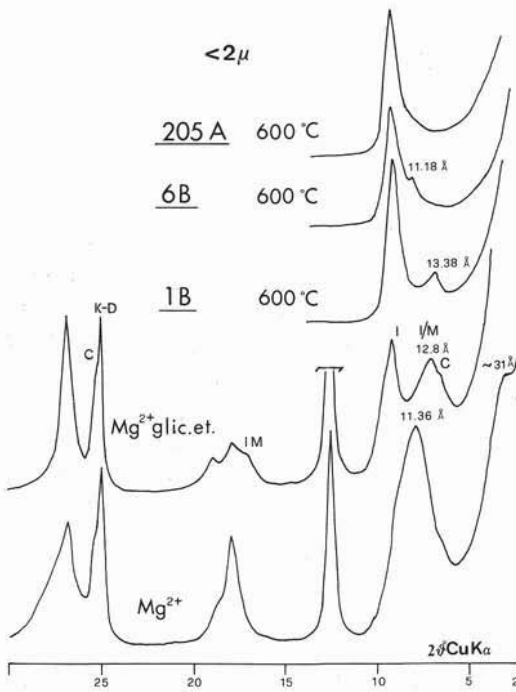


Fig. 2. — Analisi diffrattometriche dei campioni di argilla ($< 2 \mu$ aggregati orientati) di Portella Colla (1B, 6B) e del Flsch Numidico auct. (205A). - I/M = illite/montmorillonite, C = clorite, K = caolinite, D = dickite.

desto effetto tra 10 e 14 Å, attribuibile a piccole interlaminazioni tra la clorite ed un termine illitico o un minerale espandibile contratto. È possibile che si tratti di clorite in strati misti con vermiculite data l'assenza di effetti ad angoli maggiori dei 14 Å dopo saturazione con glicole etilenico.

b) Argille del Flsch Numidico

Queste argille risultano molto simili a quelle di Portella Colla, almeno macroscopicamente, talora di aspetto scaglioso nelle superfici esterne con un tipico color tabacco, a luoghi macchiate di giallo o rosso bruno. Queste argille, molto più diffuse, sono spesso in letteratura riportate come marnose, tuttavia il contenuto in calcite rimane sempre molto basso, spesso assente del tutto, o eccezionalmente in qualche livello può essere maggiore per un particolare contributo di carbonati clastici nel bacino di sedimentazione di questi materiali flyscioidi. In ogni caso nella metà dei campioni analizzati non

è stata trovata traccia di calcite, mentre nel resto dei campioni il carbonato è presente con contenuti compresi tra 2 e 8 %. Rari appaiono contenuti più elevati.

Anche quarzo e plagioclasti acidi sembrano essere leggermente più abbondanti che nei campioni di Portella Colla, di conseguenza la frazione argillosa (sempre dal punto di vista composizionale, non granulometrico) risulta leggermente inferiore.

La componente argillosa del Flsch Numidico appare costituita, sempre con una notevole costanza, da caolinite, talora associata a dickite, da illite e da strati misti ordinati illite-montmorillonite.

Appare chiaro che solo l'assenza della clorite, qualche volta riscontrata solo in tracce, permette di distinguere queste argille da quelle relativamente più antiche. Particolarmente interessante appare la presenza anche in questo caso di strati misti illite-montmorillonite con composizioni e strati strutturali del tutto analoghi a quanto descritto per le argille di Portella Colla. Campioni di argille del flysch numidico provenienti da altre zone della Sicilia presentano sempre questo tipico minerale argilloso (ALAIMO e FERLA, 1981).

Chimismo ed aspetti petrogenetici

Le argille di Portella Colla e quelle appartenenti alle sequenze stratigraficamente superiori del Flsch Numidico presentano composizioni chimiche molto simili in accordo con quanto riscontrato anche dal punto di vista mineralogico. Tuttavia nelle Argille di Portella Colla sembra di riconoscere lievi maggiori contenuti in ferro e magnesio, ed infatti è presente la clorite, e queste argille appartengono ad una sequenza nella quale a luoghi si hanno vere « clay ironstones », che nel caso in esame si è, con cura, cercato di evitare. In tutti i campioni analizzati lo zolfo, sotto qualsiasi forma, rimane a livelli di tracce spettrografiche. In tutti i campioni inoltre sono state rinvenute piccole quantità di sostanza organica, rivelabile con attacco cromatico (JACKSON, 1962). I risultati delle analisi chimiche sono riportati nelle tab. 4 a, b. Come proposto da FERLA (1982) si è voluto controllare se la composizione mineralogica fosse solo il ricordo di una deposizione essenzialmente clastica, terrigena, e quindi eredi-

TABELLA 4a
Analisi chimiche

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺ CO ₂
COL 1B	54.40	1.04	20.13	1.82	5.57	0.24	1.47	1.07	2.40	0.29	0.06	2.60	8.92
COL 5A	53.97	1.24	21.92	3.39	3.32	0.03	1.40	0.38	2.50	0.23	0.05	3.91	7.66
COL 5B	54.01	1.14	18.42	7.18	2.51	0.23	1.44	1.00	2.47	0.15	0.08	3.55	7.82
COL 6A	57.82	1.02	18.59	5.63	1.45	0.06	1.30	0.47	2.63	0.22	0.05	3.73	7.04
COL 101A	56.03	1.21	19.71	3.99	3.08	0.09	1.56	0.30	2.64	0.11	0.05	3.73	7.51
COL 102	53.60	1.09	19.08	4.03	3.01	0.10	1.33	2.99	2.30	0.23	0.10	2.82	9.32
COL 103	59.54	1.05	18.07	5.86	2.25	0.05	1.25	0.15	2.32	0.06	0.06	3.00	6.35
COL 104	52.52	1.14	18.86	4.11	3.53	0.20	1.64	2.13	2.79	0.17	0.12	4.00	8.80
COL 105	50.59	1.07	17.16	5.32	1.30	0.07	1.42	5.46	2.60	0.14	0.11	4.46	10.29
COL 201A	58.64	1.14	18.26	6.66	1.08	0.08	0.97	0.58	2.20	0.19	0.08	3.37	6.75
COL 201B	61.74	1.06	17.19	6.32	1.09	0.06	0.93	0.53	2.04	0.25	0.07	2.73	5.99
COL 202A	47.09	1.04	17.33	6.43	1.09	0.11	1.08	7.32	2.15	0.15	0.11	3.64	12.48
COL 203C	44.08	0.72	11.68	2.14	5.14	0.10	1.87	13.64	1.68	0.12	0.18	2.19	16.46
COL 204A	52.96	1.28	20.06	2.47	4.77	0.05	1.46	2.20	2.18	0.17	0.08	2.64	9.69
COL 205A	54.10	1.34	21.44	6.57	1.48	0.06	0.98	0.63	2.43	0.21	0.10	3.28	7.39
COL 401A	52.45	1.18	19.33	4.73	1.46	0.07	1.24	1.75	2.29	0.15	0.08	2.28	12.98
COL 402A	60.08	1.02	15.95	4.25	1.44	0.06	1.17	4.09	2.58	0.37	0.13	2.26	6.60
COL 403	59.69	1.11	17.12	4.22	1.56	0.03	0.92	3.21	2.57	0.29	0.10	2.24	6.94
COL 404A	59.37	1.12	18.06	5.40	1.65	0.03	0.99	1.05	2.48	0.38	0.09	2.55	6.94
COL 405B	51.95	1.09	17.47	6.03	1.45	0.05	0.99	5.11	2.08	0.22	0.10	3.28	10.18
COL 406A	56.72	1.34	19.56	7.30	1.10	0.03	1.03	0.61	2.43	0.10	0.07	3.37	6.36
COL 406B	58.03	1.23	18.40	6.87	1.17	0.05	0.97	0.44	2.21	0.28	0.12	3.19	7.04
COL 408	55.79	1.24	19.66	7.07	1.56	0.04	1.01	0.68	2.28	0.33	0.08	2.91	7.37
COL 409	48.36	1.20	18.69	6.72	1.37	0.03	0.94	5.70	1.74	0.34	0.15	2.28	12.47
COL 410	69.38	0.81	11.62	3.58	1.36	0.04	0.54	0.34	1.50	0.21	0.06	2.91	7.64
COL 411	53.05	1.04	17.26	5.93	0.97	0.05	0.81	5.44	1.99	0.23	0.12	3.19	9.92
COL 412A	57.40	1.14	19.44	5.72	1.55	0.05	0.78	1.09	2.30	0.35	0.12	2.82	7.25
\bar{x}	55.31	1.11	18.16	5.18	2.12	0.08	1.17	2.53	2.29	0.22	0.09		
σ	5.03	0.14	2.31	1.59	1.32	0.06	0.30	3.04	0.31	0.09	0.03		
C.V.	9.09	12.61	12.72	30.69	62.26	75.00	25.64	120.16	13.54	40.91	33.33		

TABELLA 4b
Costituenti minori (ppm)

	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn	S
COL 1B	124	191	25	205	22	176	49	25	30	129	865
COL 5A	125	118	19	197	38	182	59	28	33	139	106
COL 5B	105	115	20	219	27	179	50	31	38	160	26
COL 6A	128	116	19	159	22	179	51	26	33	132	26
COL 101A	120	104	25	250	24	179	49	38	17	119	332
COL 102	99	164	19	206	25	168	50	23	35	140	73
COL 103	98	88	26	210	20	225	34	39	23	110	254
COL 104	140	132	22	251	35	180	58	26	42	151	433
COL 105	128	281	26	220	27	184	57	28	27	175	<10
COL 201A	103	117	30	285	27	159	41	24	20	127	<10
COL 201B	83	105	25	282	22	199	40	30	18	127	<10
COL 202A	106	222	20	197	23	154	52	34	24	140	20
COL 203C	62	341	17	166	17	138	38	21	14	100	3510
COL 204A	93	159	27	248	27	180	39	8	20	60	1008
COL 205A	105	153	30	321	30	182	40	26	22	125	<10
COL 401A	116	152	20	212	28	155	46	21	29	124	<10
COL 402A	88	181	34	376	22	175	38	18	21	95	15
COL 403	91	179	20	322	19	144	38	20	18	102	<10
COL 404A	103	161	24	243	22	174	44	22	23	125	<10
COL 405B	110	182	31	257	26	141	42	24	23	110	33
COL 406A	114	139	36	283	28	166	42	16	22	121	<10
COL 406B	98	124	29	236	27	181	43	19	25	132	<10
COL 408	114	136	36	295	31	178	42	20	22	134	<10
COL 409	84	204	19	174	21	147	42	32	17	116	107
COL 410	88	113	22	180	24	170	39	14	18	112	<10
COL 411	198	185	27	273	23	146	47	21	24	127	<10
COL 412A	103	133	24	283	30	178	44	34	24	129	<10
\bar{x}	105	159	25	246	25	172	45	25	25	124	
σ	17	56	5	54	5	19	7	7	7	22	
C.V.	16	35	20	22	20	11	16	28	28	18	

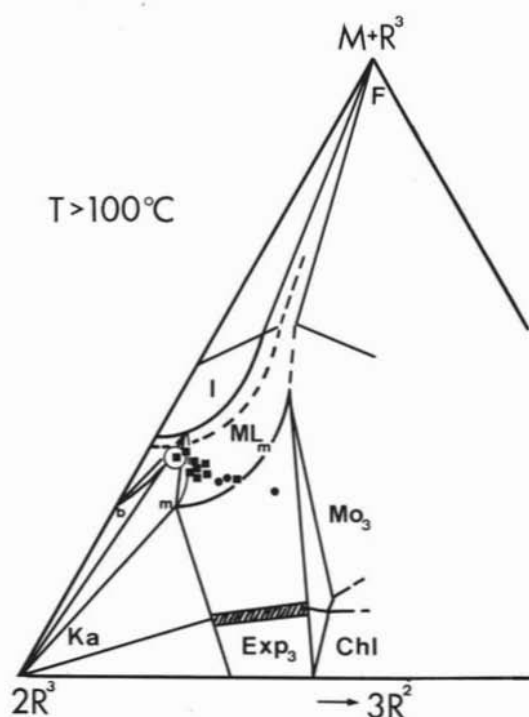


Fig. 3. — Diagramma $2R^3 - 3R^2 - M+R^3$ secondo VELDE (1977) per $T > 100^\circ C$ (v. testo). - *Ka* = kaolinite, dickite etc.; *F* = feldspati; *I* = illite; *MLm* = strati misti ordinati illite/montmorillonite; *Mo₃* = smectiti triottaedriche; *cbl.* = cloriti; *Exp₃* = strati misti di minerali triottaedrici; *Quadrati* = argille di Portella Colla. *Tondi* = argille del Flysch Numidico auct. *Nel cerchio* = 15 campioni del Flysch Numidico.

tata dalle aree sottoposte ad erosione, o vi fossero segni delle trasformazioni diagenetiche avvenute « in loco ». D'altra parte la presenza di uno strato misto regolare in generale garantisce la genesi postdeposizionale del minerale, secondo varie possibilità di attuazione; è estremamente poco probabile la deposizione clastica di minerali a strati misti a composizione e stato strutturale costante. La possibilità di controllare lo stato di equilibrio delle paragenesi riscontrate viene offerta dalle rappresentazioni diagrammatiche di VELDE (1977) che, malgrado talune limitazioni di vario ordine dettate dallo stesso autore e generalmente riferentesi alla scarsa definizione dei campi di stabilità dei vari minerali argillosi alle basse temperature, rimangono allo stato attuale gli unici approcci validi alla petrologia delle rocce

sedimentarie argillose. Inoltre le argille analizzate si prestano a questo tipo di rappresentazione per lo scarso contenuto in calcite che, forse, sembra avere un ruolo inibitore o ritardante nei processi di ricristallizzazione o di genesi di nuovi minerali argillosi durante la diagenesi. In ogni caso il carbonato, non partecipando alla genesi di nuove fasi, almeno alle temperature considerate, viene nel calcolo trascurato.

I vari campioni analizzati mostrano nei diagrammi di VELDE (fig. 3) un notevole addensamento a causa della relativa omogeneità composizionale; in particolare quasi tutti i punti ricadono nel campo degli strati misti illite-montmorillonite o al limite di questo campo. Lo stato ordinato delle interstratificazioni denuncerebbe una genesi a temperature non inferiori a $100^\circ C$. Inoltre a queste temperature risultano stabili le associazioni caolinite-illite-strati misti *I/M*, che costituiscono appunto le paragenesi fondamentali di queste argille.

Le piccole differenze mineralogiche riscontrate tra le varie argille e legate alle tracce di clorite nei termini di Portella Colla, sono subito evidenziate dal leggero ma significativo spostamento dei relativi punti verso il campo delle interlamazioni triottaedriche, mentre lo stesso VELDE definisce nei dettagli i limiti della coesistenza della clorite con le paragenesi osservate, non ricavabile dal diagramma. Questa clorite dovrebbe infatti avere una composizione più ferrifera che magnesiana. Questo fatto sembra ulteriormente coincidere con i dati riscontrati nelle sequenze di Portella Colla nelle quali, chiaramente, rimane a tutti i livelli il « ricordo » delle formazioni ricche in ferro.

L'allineamento dei punti nel diagramma di VELDE verso il vertice $3R^{2+}$ si ritiene sia da attribuire ai vari stati di alterazione dei campioni prelevati in superficie e rilevabile, in termini chimici, dall'ossidazione del ferro ferroso. Tuttavia, come sarà mostrato più avanti, le relazioni tra ferro ferroso e ferro ferrico sembrano più complesse, dato che il primo chiaramente risulta derivare da riduzione nell'ambiente diagenetico di ossidi di ferro trivalente di origine clastica.

Elaborazione statistica dei dati

Nelle tabb. 4 a, b, vengono riportate le

TABELLA 5
Matrice di correlazione

TiO ₂	-.04							Zn	Cu	Pb	Ni	Cr	Nb	Zr	
Al ₂ O ₃	-.14	.87**													
Fe ₂ O ₃	.08	.41*	.21					-.35*	-.25	-.15	-.18	-.25	-.32*	-.31	S
FeO	-.35*	-.18	.06	-.79**				.62**	.46*	.73**	.20	.39*	.52**	-.26	Zn
MnO	-.27	-.16	.07	-.24	.54**				.14	.74**	.29	.52**	-.25		Cu
MgO	-.57**	-.10	.10	-.52**	.76**	.55**					.28	.31	-.04	-.06	Pb
CaO	-.70**	-.54**	-.55**	-.24	.20	.04	.32					.06	.52**	-.46*	Ni
K ₂ O	.03	.47*	.59**	.02	.05	.25	.36*	-.41*					.21	.21	Cr
Na ₂ O	.25	.06	.08	.05	-.20	-.21	-.46*	-.11	-.02					.06	Nb
P ₂ O ₅	-.54**	-.27	-.40*	.01	.00	-.02	.08	.78**	-.31	.23					
Rb	-.06	.42*	.60**	.05	.03	.31	.25	-.45*	.70**	-.16	-.49**				
Sr	-.68**	-.43*	-.43*	-.31	.25	.07	.33*	.91**	-.26	-.02	.71**	-.29			
Y	.27	.41	.19	.39*	-.31	-.25	-.31	-.29	.14	.12	-.11	.09	-.20		
Zr	.36*	.34*	.18	.27	-.31	-.23	-.30	-.27	.34*	.20	.00	-.10	-.27	.69**	
Nb	-.04	.59**	.58**	.13	.00	.06	.04	-.43*	.36*	-.03	-.23	.62**	-.36*	.20	
Cr	.41*	.20	.33*	.05	.08	.09	.12	-.61**	.38*	-.13	-.49**	.24	-.55**	.14	
Ni	-.35*	.13	.36*	-.10	.15	.43*	.41*	-.03	.47*	-.13	-.14	.74**	.05	-.36*	
Pb	-.19	.01	.23	.27	-.09	.22	.14	-.05	.21	-.18	-.08	.22	-.14	-.30	
Cu	-.14	.16	.41*	-.02	.18	.58**	.36*	-.27	.54**	-.10	-.21	.68**	-.23	-.27	
Zn	-.14	.07	.20	.37*	-.24	.39*	.08	-.13	.34*	-.08	-.07	.57**	-.03	-.16	
S	-.48*	-.50**	-.43*	-.58**	.72**	.23	.62**	.65**	-.33*	-.27	.43*	-.41*	.61**	-.28	
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Rb	Sr	Y		

(*) Intervallo di confidenza > 90 %. (**) Intervallo di confidenza > 99 %.

analisi chimiche relative ai costituenti fondamentali ed elementi minori dei 27 campioni analizzati, insieme alle medie, deviazioni standard e coefficienti di variazione di tutte le variabili. I costituenti maggiori sono espressi in %, mentre gli elementi minori sono espressi in ppm.

In tab. 5 è mostrata la matrice dei coefficienti di correlazione per tutte le possibili combinazioni di variabili. Per ogni coefficiente è riportato anche il relativo test di significatività, basato sul *t* di Student per *N*-2 gradi di libertà.

Dall'analisi dei dati si rileva subito una forte e significativa (conf. > 99 %) correlazione tra le coppie Al₂O₃-TiO₂, Fe₂O₃-FeO, FeO-MgO, MgO-MnO, SiO₂-CaO, Rb-K, CaO-Sr, Cu-Zn e S con il ferro (II), calcio e magnesio. In queste argille ricordiamo che se lo S (totale) è contenuto in tracce rilevabili per via spettrografica, sono tuttavia note concentrazioni di pirite, specialmente

nelle argille di Portella Colla, presentanti vari stati di alterazione con formazione di gesso, allorché esistono le breccie calcaree, o di altri solfati più o meno solubili (FERLA, 1981).

Molte delle associazioni di variabili e del loro significato, in verità non sempre decifrabile in modo univoco con tale approccio, verranno evidenziate con maggiore chiarezza dall'analisi fattoriale; tuttavia la sola matrice di correlazione offre di già interessanti informazioni. Il tenore in silice per esempio è correlato negativamente con quasi tutte le altre variabili e ciò ha un chiaro significato di diluizione come quarzo clastico aggiunto alla sedimentazione pelitica.

Il calcio legato in massima parte alle occasionali intercalazioni calcitiche, mostra una netta e significativa correlazione con lo Sr (*r* = 0,91). Ciò significa chiaramente che questa correlazione perdura anche alle basse concentrazioni di calcio, in molti dei campioni

TABELLA 6
Matrice dei fattori ruotati (VARIMAX),
relativa ad $n = 11$ variabili

Fattori	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
variabile (loading)	FeO (0.94) MgO (0.76) MnO (0.49)	Al ₂ O ₃ (0.99) TiO ₂ (0.87) K ₂ O (0.59)	CaO (0.84) P ₂ O ₅ (0.78)	Na ₂ O (0.75)
	Fe ₂ O ₃ (0.81)	CaO (-0.50)	SiO ₂ (-0.87)	MgO (-0.49)
% varianza	32.9	26.1	15.3	9.8
% var. cum.	32.9	59.0	74.3	84.1

(°) Autovalori > 1; factor loading > 0,4. (°°) Il sodio presenta una communalità bassissima.

TABELLA 7
Matrice dei fattori ruotati (VARIMAX),
relativa a $n = 8$ variabili
(costituenti maggiori meno CaO, SiO₂, P₂O₅)

Fattori	F ₁	F ₂	F ₃
variabile (loading)	Al ₂ O ₃ (0.99) TiO ₂ (0.87) K ₂ O (0.60)	FeO (0.90) MgO (0.52)	MgO (0.83) MnO (0.49)
		Fe ₂ O ₃ (-0.86)	
% varianza	37.2	29.9	13.0
% var. cum.	37.2	67.2	80.1

(°) Autovalori > 1; factor loadings > 0,4.

senza evidente calcite. Lo Sr inoltre è tipicamente associato a carbonati depositi in ambiente di scogliera o di piattaforma.

Anche il calcio mostra un comportamento simile a quello della silice, con correlazioni negative con quasi tutti gli altri elementi legati alla frazione argillosa, ed evidentemente attribuibile all'apporto clastico delle vicine piattaforme panormidi.

Per quanto riguarda le altre variabili appaiono già evidenti le correlazioni legate alla composizione mineralogica delle argille, che risultano geochimicamente coerenti alle paragenesi osservate.

Analisi fattoriale (R-mode)

Per l'approccio matematico-statistico relativo all'analisi fattoriale si rimanda alla vasta letteratura sull'argomento (DAVIS, 1973;

HARMAN, 1967; KLOVAN, 1975). I fattori estratti, con autovalore ≥ 1 , sono stati sottoposti a rotazione VARIMAX sia ortogonale che obliqua. Di quest'ultima procedura non essendo migliorata la struttura dei dati rispetto alla rotazione ortogonale, non vengono riportati i risultati.

Nelle tabb. 6, 7, 8 è riportato uno schema dei fattori estratti su modelli con 11 o 8 variabili (costituenti maggiori) e sul totale delle 22 variabili. Di queste vengono riportati i loadings, trascurando quelle variabili con valori inferiori a 0,4. Preliminarmente sono stati presi in considerazione soltanto i costituenti maggiori e risultarono estratti 4 fattori, che nel loro insieme sono responsabili dell'84 % della varianza totale. Dalla tab. 6 risulta evidente come il chimismo di questi sedimenti venga controllato da un numero piuttosto basso di fattori. Si riconosce infatti un fattore F₃ interpretato essenzialmente come un fattore di diluizione intervenuta durante la sedimentazione argillosa e costituita indipendentemente, dal quarzo o dal carbonato.

Il secondo fattore (F₂) responsabile del 26 % della varianza totale, è legato ovviamente alla frazione argillosa (Al, Ti, K), nella quale è evidente un particolare contributo ferro-magnesiaco riconoscibile nel fattore F₁. L'eliminazione dal calcolo, della silice, della P₂O₅ e del calcio non porta a sostanziali modifiche nel raggruppamento delle variabili (tab. 7), tranne che per un fattore F₃, responsabile del 13 % della varianza totale, la cui associazione di variabili (Mg-Mn) verosimilmente sembra essere in relazione con la formazione di carbonati misti, per effetto della diagenesi precoce (LEONE et al., 1979; CALDERONE et al., 1980).

Se vengono presi in considerazione anche gli elementi minori, che possono avere caratteristiche di vicariabilità differente nei minerali formati nei vari ambienti petrogenetici, si estraggono $n = 6$ fattori (tab. 8), nel loro insieme responsabili dell'83 % della varianza totale. Apparentemente i dati sugli elementi minori hanno contribuito a generare delle discriminazioni di non facile lettura, nell'ambito delle informazioni già acquisite.

Tentativamente possono tuttavia essere individuate talune interessanti relazioni: ancora una volta, per esempio, viene confer-

TABELLA 8
Matrice dei fattori ruotati (VARIMAX) relativa ad $n = 22$ variabili

Fattori	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
variabile (loading)	Ni (0.86)	Ca (0.89)	FeO (0.94)	Zr (0.88)	TiO ₂ (0.90)	Pb (0.76)
	Cu (0.84)	Sr (0.85)	MgO (0.80)	Y (0.62)	Al ₂ O ₃ (0.82)	
	Zn (0.79)	P ₂ O ₅ (0.82)	S (0.71)	K ₂ O (0.45)	Nb (0.56)	
	Rb (0.73)	S (0.45)	MnO (0.43)			
	K ₂ O (0.59)					
	MnO (0.52)					
	Nb (0.47)					
		SiO ₂ (-0.81)	Fe ₂ O ₃ (-0.80)			
		Cr (-0.62)				
% varianza	28.8	22.6	10.9	9.0	6.3	5.1
% var. cum.	28.8	51.4	62.3	71.3	77.6	82.7

mato come lo Sr sia legato al carbonato clastico proveniente dalla piattaforma panormide. Il K, che nelle precedenti analisi fattoriali era sempre associato all'Al ed al Ti nella frazione argillosa non ferro-magnesiaca, costituisce una delle variabili con più alto loading insieme al Rb nel primo fattore estratto (F₁), ovviamente legato alla illite che costituisce il minerale argilloso più abbondante. Nello stesso fattore la presenza di altre variabili quali Ni, Zn, Cu può essere attribuita al controllo esercitato dall'antica componente clastica di natura smectitica (?).

Sempre il K, che insiste anche sul fattore F₄, caratterizzato da Zr e Y, sembra essere il ricordo di antichi clasti micacei nei quali lo zircone poteva essere contenuto come incluso. Il fattore F₃ mostra ancora una volta di essere controllato dalla componente femica del sedimento, con lo zolfo occasionalmente presente come solfuro e con la evidente correlazione inversa tra ferro ferroso e ferro ferrico. Da notare tuttavia l'essenziale costanza del ferro totale in tutta la successione, ma rapporti Fe/Mg decrescenti dal Portella Colla al Flysch Numidico. È possibile pertanto che la precedente correlazione negativa sia legata alla riduzione del ferro di origine clastica nell'ambiente sedimentario, governato dall'attività riducente della sostanza organica, nella parte bassa della sequenza.

La possibilità che nell'apporto terrigeno esistano tracce di ambientazioni continentali come terre rosse o in generale ambienti late-

ritici, viene confermata oltre che dal ferro, dalla caratteristica presenza nel fattore F₅ dell'Al e del Ti. Come è noto l'associazione Al₂O₃-TiO₂ è tipica degli ambienti lateritici (VALETON, 1972) dove gli ossidi di titanio sono spesso associati a caolinite.

L'ultimo fattore estratto dipende dal Pb; ha una incidenza molto bassa sulla varianza totale e verosimilmente risente della possibilità che il Pb possa essere stato complessato dalla sostanza organica.

Se infine vengono prese in considerazione le distribuzioni dei vari « factor scores », malgrado il numero limitato di campioni analizzati, allo stato attuale, si conferma la somiglianza composizionale delle Argille di Portella Colla e di quelle del Flysch Numidico auct.. Comunque la parte relativa alla componente femica della clay ironstone risulta da sola appena sufficiente a discriminare i due membri della successione (fig. 4).

Considerazioni conclusive

Lo studio delle argille del Flysch Numidico auct. e della porzione basale della stessa formazione, nota in letteratura con il nome di « Argille di Portella Colla », è stato affidato alla caratterizzazione della composizione mineralogica, indispensabile per individuare il significato petrogenetico delle associazioni o paragenesi riscontrate. Tale approccio metodologico serve dunque anche a distinguere se tali associazioni costituiscono un semplice

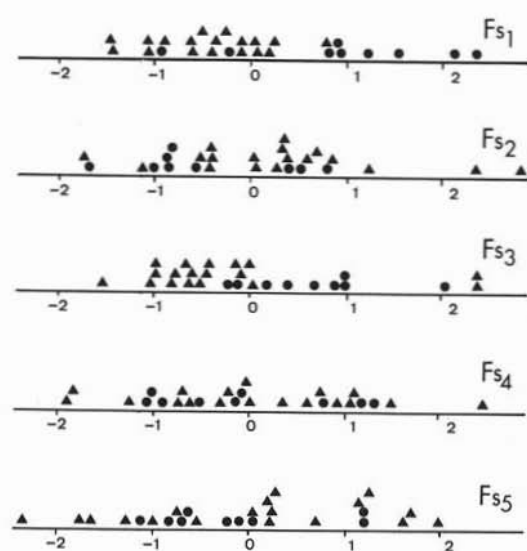


Fig. 4. — Factor scores del modello a $n = 22$ variabili nei campioni analizzati. *Tondi* = Portella Colla; *Triangoli* = Flysch Numidico auct.

risultato sedimentario o sono legati a processi di cristallizzazione postdeposizionale. L'indagine geochimica accompagnata da un'analisi statistica dei dati ottenuti, è stata utilizzata nel tentativo di individuare, insieme ai dati mineralogici, la natura dei vari contributi sedimentari all'ambiente deposizionale.

Le Argille di Portella Colla e quelle del Flysch Numidico auct. mostrano delle analogie composizionali tali da giustificare l'ipotesi di una essenziale comune origine dell'apporto sedimentario, e condizioni diagenetiche altrettanto peculiari e confrontabili. Evidentemente, lungo la successione presa in esame, esistono talune precise variazioni legate a particolari modificazioni della natura di parte del contributo clastico. Quando ciò ha coinciso con altrettante particolari condizioni chimico-fisiche dell'ambiente deposizionale, ha dato luogo a dei precisi caratteri distintivi del deposito argilloso.

Pertanto le Argille di Portella Colla e quelle del Flysch Numidico presentano una composizione che si potrebbe definire di « base », del tutto analoga sia dal punto di vista geochimico, sia per la composizione mineralogica che infine dal punto di vista petrogenetico. Ciò significa che nella sequenza totale si riscontra una notevole costanza mine-

ralogica, con illite, strati misti ordinati illite-montmorillonite ($Exp = 20\%$), caolinite. Lo scheletro non argilloso risulta non superiore ad $1/5$ del totale, con quarzo e tracce di plagioclasio acido, ossidi di ferro e calcite, in genere molto scarsa o addirittura assente. In qualche caso tuttavia quest'ultimo minerale può diventare relativamente abbondante in relazione ad occasionali livelli di brecciole calcaree. Anche il quarzo può presentarsi in livelli pelitico-arenacei.

Le Argille di Portella Colla presentano comunque una differenza, rispetto al resto della sequenza, legata ad una maggiore quantità di clorite, talora associata anche a minori interstratificazioni più o meno espandibili. Queste differenze, dal punto di vista geochimico, si traducono in una maggiore caratterizzazione di queste argille in termini di Fe^{2+} , Mg ed anche Mn. Infatti nell'ambito di questa successione esistono le intercalazioni di livelli di « clay ironstone » in facies carbonatico-silicatica (LEONE et al., 1979; CALDERONE et al., 1980) con la costante presenza di abbondante sostanza organica.

Questi livelli secondo gli autori accennati devono la loro formazione ad una diagenesi precoce, governata dalla sostanza organica e da un ambiente deposizionale molto ristretto, sviluppata su sedimenti in ogni caso ricchi in ferro.

La diagenesi sembra sia stata responsabile anche nel modificare sostanzialmente il chimismo del sedimento, all'interfaccia con un'acqua con concentrazioni saline atte alla deposizione chimica.

Queste fenomenologie non sembrano quindi limitate ai soli livelli della clay ironstone, dato che nella sequenza denunciano una locale maggiore diluizione provocata dall'apporto terrigeno. Di conseguenza la diagenesi precoce che si realizzava in particolari ambienti deposizionali alla base del Numidico, doveva avere la possibilità di intervenire, durante la sedimentazione, con una cinetica comparabile a quella dello stesso apporto clastico. Tutto ciò ovviamente non si concilia facilmente con un ambiente di sedimentazione flyscioide, quest'ultimo, d'altra parte, ribadito in alcuni studi, sulla base di mesostrutture, sulla presenza talora di breccie sinsedimentarie calcaree o di livelli « radiolaritici » (spesso invece costituiti da chert), ed infine dalla scarsa quan-

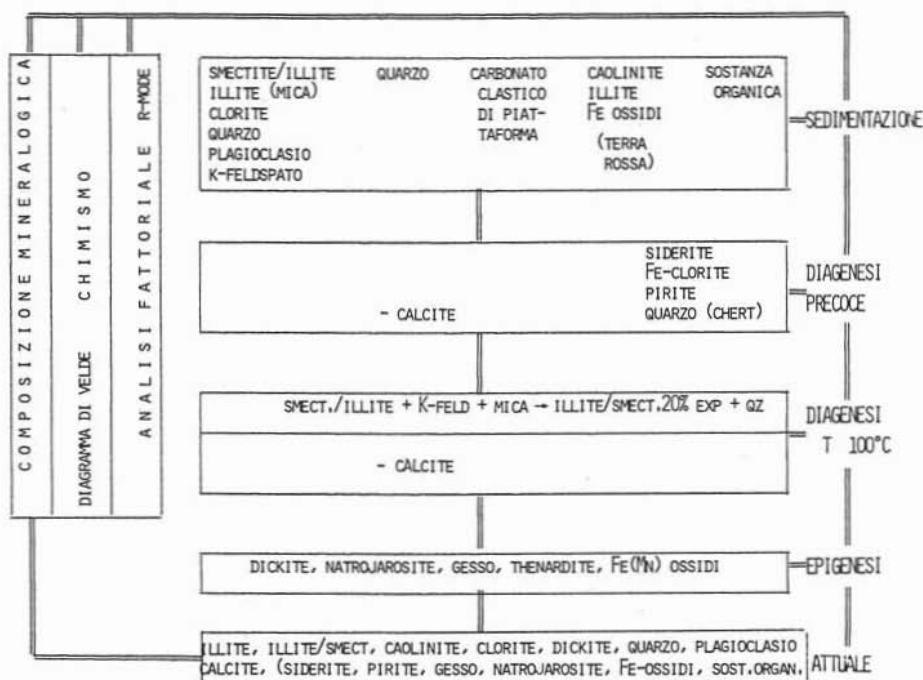


Fig. 5. — Ipotesi di ricostruzione genetica delle argille di Portella Colla e del Flysch Numidico aut.

tà di calcite attribuita alla profondità del bacino.

Nelle sequenze del Flysch Numidico s.s. si registrano condizioni ambientali differenti, con un maggiore apporto detritico del quarzo o della calcite, e senza la possibilità che si siano realizzate condizioni chimico-fisiche di un ambiente diagenetico precoce, comparabile a quello verificatosi nelle Argille di Portella Colla.

Rimangono da risolvere alcuni problemi, e tra questi appare di indubbio interesse la provenienza del ferro. La probabile « memoria » lateritica o pedologica riscontrata in questi sedimenti si concilia abbastanza bene con l'apporto ferrifero. Tracce di paleosuoli, in cavità carsiche, a caolinite-illite-ematite e con moderate concentrazioni in Ni, Zn, Rb e Pb vengono segnalate nelle sequenze mesozoiche della piattaforma panormide (BOMMARTO e FERLA, in preparazione).

Per questo tipo di materiale, inoltre, viene confermata, come per altre « terre rosse » di età più recente (JACKSON et al., 1982), un contributo di origine eolica. D'altra parte è appena il caso di ricordare come nelle stesse arenarie quarzose intercalate alle argille sia

presente quarzo arrotondato.

Gli ambienti deposizionali in esame, molto prossimi alle piattaforme carbonatiche o addirittura sovrastanti le porzioni marginali delle stesse, risentono di un apporto clastico carbonatico occasionale. Tuttavia, specialmente nella porzione più bassa della sequenza, si registrano veri e propri crolli nel bacino di materiale calcareo e dolomitico, con la formazione di brecce con scarsa o assente matrice argillosa, a testimonianza di un trasporto molto limitato del materiale (CATALANO e D'ARGENIO, 1982).

La maggior parte del deposito terrigeno, secondo vari autori, sembra provenire da apporti canalizzati lungo l'asse di questi bacini e da aree di alimentazione non ancora definite con i dati attualmente disponibili e verosimilmente diversificate.

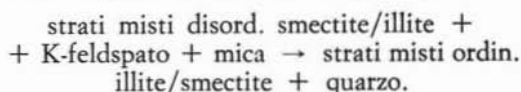
Ad un originale apporto di materiale con smectiti, illite, clorite, forse anche caolinite, e con clasti di materiale cristallino come mica alterata, plagioclasio e forse ortoclasio, si sono avuti contributi in quarzo (di provenienza africana, ?), in calcite (piattaforma panormide), in « terra rossa » (piattaforma, ?). Qui è appena il caso di ricordare come vari autori

di scuola francese, come accennato nella parte introduttiva del presente studio, riconoscano un Flysch Numidico esterno, uno intermedio ed uno interno rispetto all'originaria area panormide: questo ultimo in particolare costituirebbe l'evoluzione verso l'alto delle argille varicolori. La somiglianza di molti caratteri composizionali e diagenetici tra le argille del Flysch Numidico e le argille varicolori di età più o meno antica, già evidenziata da FERLA (1982), merita quindi un'attenzione ben maggiore.

Per quanto riguarda infine lo stato diagenetico raggiunto da questa formazione, esso resterebbe definito dalla costanza composizionale e strutturale dello strato misto illite-montmorillonite e dalla stabilità delle paragenesi osservate. Queste in base alle indicazioni di VELDE (1976), PERRY e HOWER (1970), EBERL e HOWER (1976) si sarebbero formate a temperature non inferiori ai 100° C. Interessante la coincidenza dei dati riscontrati da HOWER et al. (1976) in sondaggi profondi nei quali si nota una variazione sistematica della composizione dello strato misto verso termini sempre più illitici, che da circa 3 km di profondità in poi si stabilizza intorno al 20 % di *Exp.* Queste profondità critiche, in presenza di normali gradienti geotermici, sono accompagnate dalla scomparsa del feldspato potassico secondo vari autori legata alla reazione:

$K\text{-feldspato} + \text{smectite} = \text{illite} + \text{quarzo}$
 oppure, in base alle precedenti considera-

zioni, alla seguente che tiene conto di uno stato diagenetico intermedio (fig. 5):



Questa reazione nelle sequenze studiate potrebbe anche spiegare la strana associazione di elementi fortemente correlati nel fattore estratto F_1 (Ni-Zn-Cu-Rb-K). Alle profondità accennate HOWER et al. (l.c.) riscontrano la scomparsa della calcite, ovviamente dispersa, e anche questo è un dato abbastanza simile a quanto evidenziato nelle argille analizzate, dove il carbonato è spesso assente, ma le tracce di Ca mantengono un'elevatissima correlazione con lo Sr. Infine lo stesso rapporto caolinite/clorite sempre più basso con la profondità, nei sondaggi studiati dagli autori accennati, sicuramente controllato dalla composizione del sedimento originario ma anche dalla progressiva riduzione del ferro (v. fig. 3), risulta un ulteriore dato riscontrato effettivamente tra le porzioni superiori del Flysch Numidico e quelle inferiori di Portella Colla.

La mancanza di differenze sostanziali nel grado diagenetico delle argille dei due membri, a parte l'ultima osservazione, sarebbe pertanto da attribuire alle profondità o temperature critiche già raggiunte nelle porzioni più superficiali dell'intera sequenza, con potenze totali verosimilmente minori rispetto a quanto riportato dalla letteratura.

Ricerca effettuata con fondi erogati dal Ministero della Pubblica Istruzione (60 %).

BIBLIOGRAFIA

- ABATE B., CATALANO R., D'ARGENIO B., DI STEFANO E., LO CICERO G., MONTANARI L., PECORARO C., RENDA P. (1982) - *Evoluzione delle zone di cerniera tra piattaforme carbonatiche e bacini della Sicilia occidentale*. SGI Guida alla Geologia della Sicilia Occidentale, Ed. Catalano R. e D'Argenio, Palermo.
- ALAIMO R., CALDERONE S., LEONE M. (1970) - *Caratteri genetici dell'associazione siderite-clorite*. Min. Petr. Acta, 17, 1-13.
- ALAIMO R. e FERLA P. (1981) - *Guidebook for the excursion in Sicily*. 7th International Clay Conference, Bologna and Pavia 1981, Italian Group AIPEA.
- BROQUET P. (1971) - *Etude géologique de la région des Madonies (Sicilie) (Sédimentologie et tectonique)*. Geol. Rom., 11, 1-114.
- CALDERONE S. & LEONE M. (1967) - *Contributo allo studio del Flysch Numidico Siciliano - Nota II: Indagine geochimica e mineralogica del Membro di Portella Colla*. Atti Acc. Sc. Lett. Arti Palermo, serie IV, 27, parte I, 353-426.
- CALDERONE S., DONGARRÀ G., LEONE M., LONGINELLI A. (1980) - *Significato delle « clay ironstone »*.

- nes» nella successione imerese (Sicilia). Rend. SIMP, 36, 207-233.
- CATANO R. e D'ARGENIO ed. (1982) - *Guida alla Geologia della Sicilia Occidentale*. SGI Guide Geologiche Regionali, Palermo.
- DAVIS J.C. (1973) - *Statistics and data analysis in Geology*. John-Wiley Sons.
- EBERL D., HOWER J. (1976) - *Kinetics of illite formation*. Geol. Soc. Am. Bull., 87, 1326-1330.
- FERLA P. (1981) - *Implicazioni genetiche dell'associazione dickite-natrojarosite in alcune formazioni argillose della Sicilia e dell'Appennino meridionale*. Rend. SIMP, 37 (riassunto).
- FERLA P. (1982) - *Significato genetico della dickite presente in diverse formazioni argillose della Sicilia e dell'Appennino meridionale*. Boll. Soc. Geol. It., 39, 233-246.
- FRANZINI M., LEONI L., SAITTA M. (1975) - *Revisione di una metodologia analitica per fluorescenza X basata sulla correzione completa degli effetti di matrice*. Rend. SIMP, 31, 365-378.
- GALAN HUERTOS E. e MARTIN VIVALDI J.L. (1973) - *Caolines españoles: Geología, mineralogía y génesis*. Parte I. Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio, 12, 79-98.
- GRASSO M., LENTINI F. & VEZZANI L. (1978) - *Lineamenti stratigrafico-strutturali delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. Geol. Romana, 17, 45-49.
- HARMAN H.H. (1970) - *Modern factor analysis*. Chicago, Illinois Univ. of Chicago Press, 471 p.
- HOWER J., ESLINGER E.V., HOWER M.E., PERRY E.A. (1976) - *Mechanism of burial metamorphism of argillaceous sediment: 1 - Mineralogical and chemical evidence*. Geol. Soc. Am. Bull., 87, 725-737.
- JACKSON M.L. (1962) - *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall.
- JACKSON M.L., CLAYTON R.N., VIOLANTE A., VIOLANTE P. (1981) - *Eolian influence on Terra Rossa soils of Italy traced by quartz oxygen isotopic ratio*. Developments in Sedimentology, 35; VAN OLPHEH H. e VENIALE F. ed., International Clay Conference, Elsevier, 1982, 293-301.
- KLOVAN J.E. (1975) - *R- and Q-Mode factor analysis*. In Concepts in Geostatistics, R.B. McCammon ed., Springer-Verlag.
- LANCELOT J.R., REILLE J.L., WEZEL F.C. (1977) - *Etude morphologique de zircons détritiques des flyschs « numidien » et « grésomiacée »*. Consequences paléogéographiques à l'échelle de la Méditerranée occidentale. Bull. Soc. Geol. Fr., 29, 773-780.
- LENTINI F. e VEZZANI L. (1974) - *Carta geologica delle Madonie (Sicilia Centro-settentrionale)*. Regione Siciliana ESA.
- LENTINI F. & VEZZANI L. (1978) - *Tentativo di elaborazione di uno schema strutturale della Sicilia Orientale*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 495-500.
- LEONE M., ALAIMO R. & CALDERONE S. (1979) - *Significance of mineral associations of the Fe-Mn carbonate series from argillaceous sediments of Sicily*. Quaderno n. 6, Ist. di Min. Petr. Geochim. Univers. Palermo, 1-17.
- LEONI L. e SAITTA M. (1976) - *X-ray fluorescence analysis of 29 trace elements in rock and mineral standards*. Rend. SIMP, 32, 479-510.
- OGNIBEN L. (1960) - *Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia Nord-Orientale*. Riv. Min. Sic., II (64-65), 183-212.
- PERRY E. e HOWER J. (1970) - *Burial diagenesis in Gulf Coast pelitic sediments*. Clays and Clay minerals, 18, 165-178.
- SCHMIDT DI FRIEDBERG P., BARBIERI F. & GIANNINI G. (1960) - *La geologia del gruppo montuoso delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. Boll. Serv. Geol. It., 81, 73-140.
- SRODON J. (1980) - *Precise identification of illite/smectite interstratification by X-ray powder diffraction*. Clays and Clay Minerals, 28, 401-411.
- VALETON I. (1972) - *Bauxites*. Developments in Soil Science, 1, Elsevier.
- VELDE B. (1977) - *Clays and clay minerals in natural and synthetic systems*. Development in sedimentology, 21, Elsevier.
- WEZEL C.F. (1967) - *Lineamenti sedimentologici del Flysch Numidico della Sicilia Nord-Orientale*. Mem. Ist. Geol. Min. Padova, 26, 1-29.
- WEZEL C.F. (1970) - *Interpretazione dinamica della « eugeosinclinale mesomediterranea »*. Riv. Miner. Sic., 21, 187-198.
- WEZEL C.F. (1970) - *Geologia del Flysch Numidico della Sicilia Nord-orientale*. Mem. Soc. Geol. It., 9, 225-280.
- WEZEL C.F. e RYAN W.B. (1971) - *Flysch, margini continentali, zolle litosferiche*. Boll. Soc. Geol. It., 90, 249-270.
- WEZEL C.F. (1974) - *Flysch successions and the tectonic evolution of Sicily during the oligocene and early miocene*. In Squyres C.H. Eds., « Guide Book to the Geology of Italy ». Petr. Expl. Soc. Libya, Tripoli, 1-23.