

ANTONIO DE MARCO*, MICHELE DI PIERRO*

LE ARGILLE IN FRANA DI POMARICO (MATERA). STUDIO GRANULOMETRICO E MINERALOGICO**

RIASSUNTO. — Sono stati esaminati, dai punti di vista granulometrico e mineralogico, 38 campioni di argille infrapleistoceniche circostanti l'abitato di Pomarico, in Basilicata.

Si tratta di argille più o meno siltose, costituite essenzialmente da minerali argillosi e subordinatamente da carbonati quarzo e feldspati. I minerali argillosi sono rappresentati da illite, montmorillonite, caolinite, clorite e strati misti illite-smectite, con i primi due nettamente prevalenti sugli altri; i carbonati da prevalente calcite e da subordinata dolomite; ed infine i feldspati, subordinati rispetto al quarzo, da termini potassici e sodici.

Rispetto ad analoghe argille infrapleistoceniche, precedentemente studiate, quelle di Pomarico risultano granulometricamente più fini e mineralogicamente più ricche di montmorillonite e di strati misti.

Le informazioni raccolte fanno ritenere che le argille di Pomarico siano state sottoposte ad intensi fenomeni di alterazione che hanno provocato trasformazioni di illite in montmorillonite e di feldspati in minerali argillosi, alterando anche l'originaria granulometria del sedimento. La finezza granulometrica, l'abbondanza di minerali argillosi e, tra questi, di montmorillonite potrebbero essere alcune delle cause dell'intensa e frequente franosità delle argille esaminate.

ABSTRACT. — 38 samples of Infrapleistocene clays from the deposits outcropping in the area of Pomarico (Basilicata) have been examined from the mineralogical and grain-size point of view. Their size composition is that of clayey silts. Mineralogically they contain clay minerals, with illite and Ca-Mgmontmorillonite prevailing over kaolinite and chlorite and illite-smectite mixed layers; carbonates, with calcite prevailing over dolomite; and finally quartz and feldspars, with the first prevailing over the seconds. Compared with the clays of the infrapleistocene age, the clays of Pomarico are finer in grain-size composition and contain larger amounts of montmorillonite and illite-smectite mixed layers. It is probable that the clays of Pomarico have undergone a marked diagenesis, which has caused the transformation of illite into montmorillonite and of feldspars into clay minerals. The presence of very many and very frequent landslides in the clays of Pomarico may be correlated with the abundance of the clay minerals and, among them, of montmorillonite.

Premessa

Il presente lavoro riporta e discute i caratteri granulometrici e mineralogici della massa argillosa, notoriamente interessata da intensi e frequenti fenomeni di dissesto, circostante l'abitato di Pomarico, in Basilicata. Esso fa parte di una serie di ricerche che la sezione geochimico-mineralogica dell'Istituto di Minera-

* Istituto di Mineralogia e Petrografia - Università di Bari. ** Lavoro eseguito col contributo finanziario del C.N.R.: Progetto Finalizzato «Conservazione del Suolo» - Sottoprogetto «Fenomeni Franosì», contratto n. 79.01304.87.115.5357, Pubblicazione n. 161.

logia e Petrografia di Bari sta conducendo sulle masse in frana nell'ambito della tematica «Caratterizzazione mineralogica e chimica dei terreni argillosi dell'Italia Meridionale interessati da fenomeni franosi» del Progetto finalizzato «Conservazione del Suolo - Sottoprogetto Fenomeni franosi».

Cenni geomorfologici, campionamento e metodi di studio

Il medio corso del F. Bradano è separato da quello del F. Basento da un insieme di rilievi collinari (alla sommità di uno dei quali si trova l'abitato di Pomarico, a 454 m s.l.m.), che a forma di dorsali si allungano in direzione NO-SE.

Questi rilievi sono costituiti essenzialmente da terreni incoerenti e/o pseudo-coerenti, appartenenti a sedimenti terrigeni, marini e continentali, che complessivamente vanno sotto il nome di «Serie della Fossa bradanica» *auctt.*, depositatisi tra il Pliocene medio e il Pleistocene inferiore (BOENZI e altri, 1971).

La collina di Pomarico è costituita dai termini medio-superiori della serie di cui sopra, e precisamente da «Argille subappennine», «Sabbie di Monte Marano» e «Conglomerato di Irsina» (BOENZI e altri, 1971; 1976). In letteratura le prime vengono descritte come argille marnose più o meno siltose, di colore grigio azzurro o giallastro, contenenti un'associazione di fossili marini a *Hyalinea balthica* (SCHROETER), *Pirgo depressa* D'ORBIGNY e *Bolivina alata* SEGUENZA; le seconde come sabbie quarzose gialle, a grana fine e media, talora leggermente cementate, e contenenti una scarsa macrofauna oligotipica costituita essenzialmente da *Aequipecten opercularis* (LINNÉ), *Turritella communis* (Risso) e *Dentalium rectum* (LINNÉ); ed infine i conglomerati come un insieme di ciottoli poligenici a matrice sabbiosa rossastra e calcarifera. I sedimenti psammitici e psefitici affiorano nella parte sommitale della collina (nucleo centrale dell'abitato) mentre quelli pelitici ne costituiscono i fianchi e il basamento (periferia ed agro di Pomarico).

Il passaggio stratigrafico delle argille alle soprastanti sabbie si rinviene intorno ai 400 metri di quota ed è rappresentato, localmente, da una fitta alternanza di sottili livelli sabbiosi e argillosi in posizione suborizzontale. Tuttavia, anche al di sotto di tale quota, lungo i fianchi della collina, si ritrovano discontinui lembi di coperture sabbiose e ghiaiose, che mostrano però i caratteri tipici dei materiali scivolati per frana o per soliflussione (BOENZI e altri, 1976).

I fianchi della collina sono profondamente incisi, fin quasi all'altezza del paese, da solchi e da nicchie di distacco di masse franate che, per le loro condizioni di instabilità, costituiscono pericolo continuo di dissesti più gravi.

Come zona di studio è stato scelto il versante sud-occidentale della collina, che per la sua forte acclività si presenta il più adatto al campionamento di un fronte sufficientemente potente e rappresentativo della massa argillosa presa in considerazione. Lungo due direttrici grosso modo parallele, distanti tra loro circa 300 metri (fig. 1) e separate da un profondo solco erosivo, sono state prelevate due serie di campioni, contraddistinte dalle sigle A e B rispettivamente. I prelievi

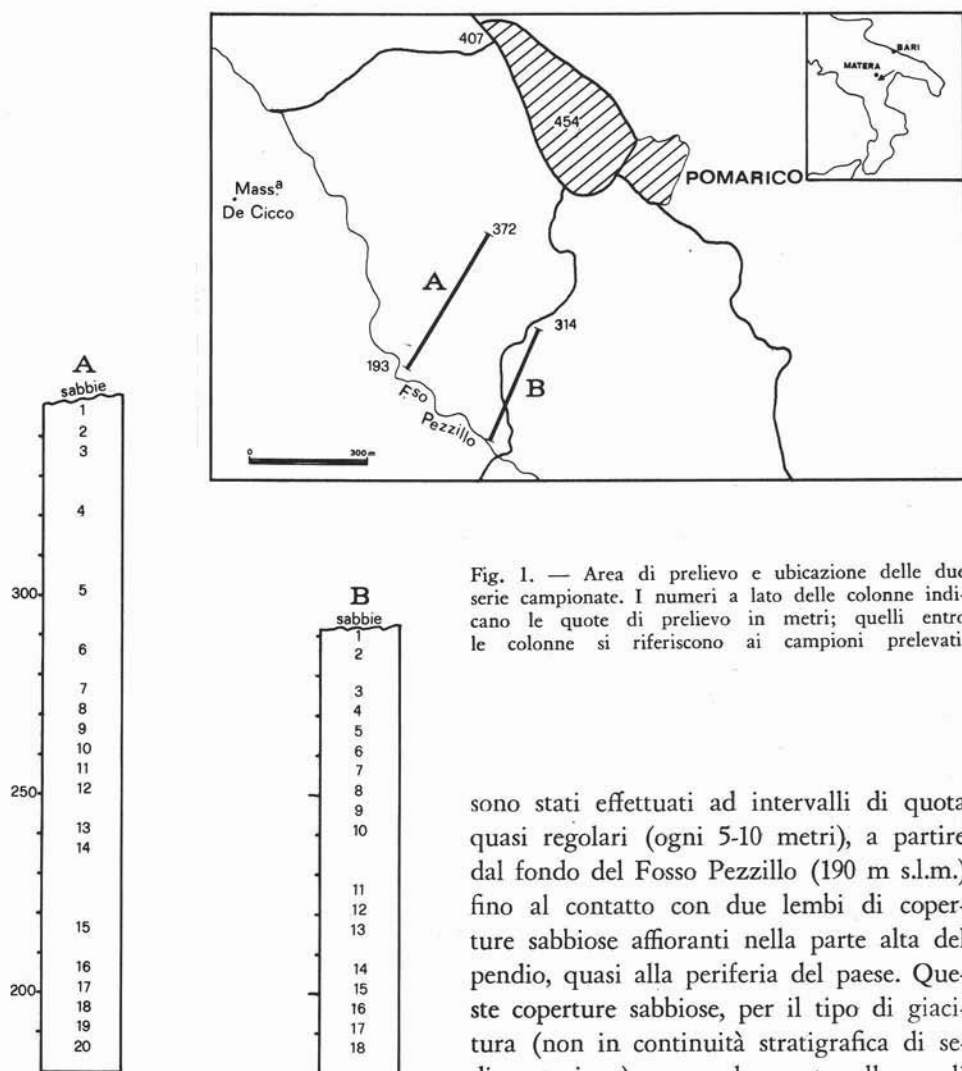


Fig. 1. — Area di prelievo e ubicazione delle due serie campionate. I numeri a lato delle colonne indicano le quote di prelievo in metri; quelli entro le colonne si riferiscono ai campioni prelevati.

sono stati effettuati ad intervalli di quota quasi regolari (ogni 5-10 metri), a partire dal fondo del Fosso Pezzillo (190 m s.l.m.) fino al contatto con due lembi di coperture sabbiose affioranti nella parte alta del pendio, quasi alla periferia del paese. Queste coperture sabbiose, per il tipo di giacitura (non in continuità stratigrafica di sedimentazione) e per le quote alle quali scendono (345 m lungo la direttrice A e

295 lungo la B) sembrano appartenere più ai lembi scivolati per frana o per solifluzione che non alle «Sabbie di Monte Marano», talora anch'esse ribassate per frana solidalmente con le sottostanti argille.

Il fronte argilloso campionato è costituito da materiale incoerente o pseudo-coerente molto fine, di colore grigio marrone e senza segni evidenti di stratificazione, salvo che per qualche sottilissimo livello sabbioso di colore giallastro.

Sui 38 campioni prelevati (20 lungo la direttrice A e 18 lungo la B) sono state condotte analisi granulometriche, mineralogiche e determinazioni chimiche dei carbonati.

L'analisi granulometrica è stata eseguita per setacciatura in umido delle

frazioni più grosse ($> 32 \mu\text{m}$) e per dispersione in acqua, con agitatori meccanici e successiva sifonatura e recupero del materiale in sospensione dopo opportuno tempo di riposo, delle frazioni più fini (GALEHOUSE, 1971). Le operazioni di sifonatura sono state ripetute fino a quando la colonna del liquido da sifonare non è risultata limpida.

L'analisi mineralogica quali e quantitativa è stata condotta per diffrazione X su polveri ⁽¹⁾, integrata, per le frazioni sabbiose, da osservazioni al microscopio binoculare e a quello polarizzante. Per la determinazione dei rapporti di abbondanza dei minerali non argillosi, contenuti in quantità ponderabili, si è adoperato il metodo di SCHULTZ (1964) e RAISH (1964), utilizzando però MgCO_3 come standard; per quella dei minerali argillosi si è fatto ricorso invece al metodo di SHAW e altri (1971), utilizzando MoS_2 come standard. Le determinazioni mineralogiche sono state condotte separatamente su tre frazioni distinte di ciascun campione ($< 4 \mu\text{m}$; tra 4 e $63 \mu\text{m}$ e $> 63 \mu\text{m}$).

L'analisi chimica dei carbonati, eseguita volumetricamente per titolazione con EDTA, è stata invece condotta sul campione globale.

Granulometria

I risultati granulometrici (tab. 1) evidenziano i seguenti fondamentali caratteri tessiturali.

Lo spettro granulometrico di tutti i campioni risulta quasi totalmente confinato nella fascia dei materiali pelitici ($< 63 \mu\text{m}$); i materiali psammitici ($> 63 \mu\text{m}$) sono poco rappresentati e per di più solo dai loro termini più fini (tab. 1). Questo carattere è visualizzato anche dalle fasce granulometriche di fig. 2 che già a $125 \mu\text{m}$ sono poco al di sotto del 100 % di materiale complessivo.

Gli intervalli granulometrici presentano una distribuzione di frequenza essenzialmente di tipo trimodale (cfr. istogrammi medi di fig. 2) riferibile ad un sedimento granulometricamente eterogeneo, perchè costituito da un miscuglio di tre popolazioni distinte: *argilla*, *limo* e *sabbia*. La popolazione argillosa ($< 2 \mu\text{m}$), sulla cui distribuzione granulometrica nulla si può dire per mancanza di informazioni al riguardo, risulta ben separata da quella limosa perchè l'intervallo granulometrico $2-4 \mu\text{m}$ (tab. 1), che da alcuni autori (ad es. SHEPARD, 1954) viene considerato come il limite superiore della popolazione argillosa e da altri (ad es. GORSLINE, 1960) come il limite inferiore di quella limosa, è praticamente, fra tutti, il meno rappresentato (fig. 2). Le popolazioni limosa e sabbiosa, che hanno una distribuzione di tipo lognormale con massimo di frequenza nell'intervallo $16-32 \mu\text{m}$ e $63-125 \mu\text{m}$ rispettivamente, risultano meno nettamente separate perchè in parte si sovrappongono.

Alcuni dei caratteri tessiturali ora esposti si evincono anche dai diagrammi triangolari di SHEPARD (1954) di fig. 3. Infatti i punti rappresentativi di ciascuno

⁽¹⁾ È stato adoperato un apparecchio Philips, con radiazione $\text{CuK}\alpha/\text{Ni}$.

TABELLA 1
Caratteri granulometrici dei campioni esaminati

Camp.	<2 μ m	2-4	4-8	8-16	16-32	32-63	63-125	>125 μ m	Clay <4 μ m	Silt 4-63	Sand >63 μ m
1	24.8	2.1	8.3	9.1	16.6	5.4	23.7	10.0	26.9	39.4	33.7
2	30.9	6.6	9.4	16.8	27.6	3.5	5.0	0.2	37.5	57.3	5.2
3	31.9	2.0	6.3	8.0	18.5	14.4	18.5	0.4	33.9	47.2	18.9
4	52.9	0.7	4.6	8.9	21.6	4.2	6.8	0.3	53.6	39.3	7.1
5	69.8	1.1	0.5	4.6	13.2	2.1	5.7	3.0	70.9	20.4	8.7
6	69.1	0.3	0.2	1.7	9.8	7.4	10.8	0.7	69.4	19.1	11.5
7	79.2	0.2	0.4	0.6	5.9	5.3	7.6	0.8	79.4	12.2	8.4
8	38.0	6.4	2.2	8.5	27.3	8.6	8.6	0.4	44.4	46.6	9.0
9	35.2	12.6	8.9	11.6	13.6	12.9	4.9	0.3	47.8	47.0	5.2
10	46.3	2.3	6.0	11.0	15.6	8.8	9.3	0.7	48.6	41.4	10.0
11	32.1	8.9	3.4	17.7	23.4	4.3	10.0	0.2	41.0	48.8	10.2
12	51.5	1.8	2.5	12.0	15.3	6.3	10.2	0.4	53.3	36.1	10.6
13	31.9	9.4	1.5	16.9	19.1	5.3	10.6	5.3	41.3	42.8	15.9
14	39.3	0.6	4.5	6.5	12.6	6.9	23.9	5.7	39.9	30.5	29.6
15	41.3	1.4	4.7	7.5	13.9	10.6	19.6	1.0	42.7	36.7	20.6
16	64.9	0.5	1.4	3.4	17.8	6.4	5.2	0.4	65.4	29.0	5.6
17	53.6	0.6	4.6	6.0	14.1	8.8	11.2	1.1	54.2	33.5	12.3
18	53.1	0.9	3.1	8.3	13.5	8.9	11.3	0.9	54.0	33.8	12.2
19	37.1	2.8	8.7	9.3	12.6	7.1	19.6	2.8	39.9	37.7	22.4
20	52.9	0.5	1.4	3.0	21.3	4.3	14.7	1.9	53.4	30.0	16.6
$\bar{x}$	46.8	3.1	4.1	8.6	16.7	7.1	11.8	1.8	49.9	36.4	13.7
σ	15.2	3.6	3.0	4.8	5.5	3.1	6.1	2.5	13.4	10.1	7.9

1	29.7	1.5	8.1	10.0	19.8	6.8	20.4	3.7	31.2	44.7	24.1
2	34.5	4.8	1.8	17.2	28.4	4.5	6.6	2.2	39.3	51.9	8.8
3	58.9	1.9	0.9	3.6	17.1	7.1	9.7	0.8	60.8	28.7	10.5
4	46.8	1.9	0.8	11.2	20.3	5.1	13.3	0.6	48.7	37.4	13.9
5	56.9	1.4	2.2	6.0	15.2	7.1	9.8	1.4	58.3	30.5	11.2
6	63.0	0.5	0.7	1.9	12.9	6.1	14.5	0.4	63.5	21.6	14.9
7	60.1	2.6	3.1	5.0	12.1	5.5	11.4	0.2	62.7	25.7	11.6
8	69.4	1.7	1.5	2.2	9.7	3.0	11.0	1.5	71.1	16.4	12.5
9	75.2	0.5	0.2	0.9	11.1	8.5	3.4	0.2	75.7	20.7	3.6
10	80.3	2.7	0.1	0.2	6.2	5.2	4.7	0.6	83.0	11.7	5.3
11	71.6	0.7	0.3	1.3	16.8	5.2	3.9	0.2	72.3	23.6	4.1
12	72.4	0.6	0.3	1.9	15.2	3.0	6.0	0.6	73.0	20.4	6.6
13	36.3	2.8	7.0	7.3	23.4	7.4	14.1	1.7	39.1	45.1	15.8
14	53.1	1.1	3.8	5.3	20.2	5.6	10.6	0.3	54.2	34.9	10.9
15	54.3	1.4	5.4	7.0	21.5	4.5	5.1	0.8	55.7	38.4	5.9
16	62.2	1.2	1.8	2.7	20.7	5.4	5.7	0.3	63.4	30.6	6.0
17	47.0	1.5	6.0	8.3	23.3	6.8	6.5	0.6	48.5	44.4	7.1
18	45.6	1.2	5.3	6.8	17.1	12.22	11.4	0.4	46.8	41.4	11.8
$\bar{x}$	56.5	1.7	2.7	5.5	17.3	6.1	9.3	0.9	58.2	31.6	10.2
σ	14.5	1.1	2.6	4.3	5.6	2.1	4.5	0.9	14.1	11.4	5.1

dei campioni esaminati si distribuiscono in una zona relativamente larga dei suddetti diagrammi comprendente, indistintamente per ciascuna delle due serie, una parte del campo delle argille p.d., tutto il campo delle argille limose, una parte del campo dei limi argillosi ed anche una parte del campo clay-silt-sand, a

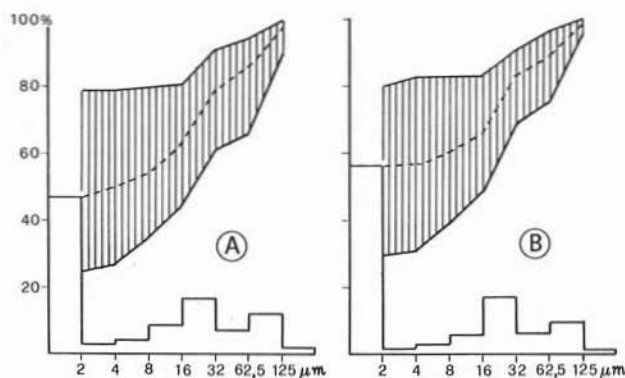


Fig. 2. — Fascia granulometrica, con istogramma di frequenza degli intervalli granulometrici della curva cumulativa media (in tratteggio), delle due serie di campioni esaminati.

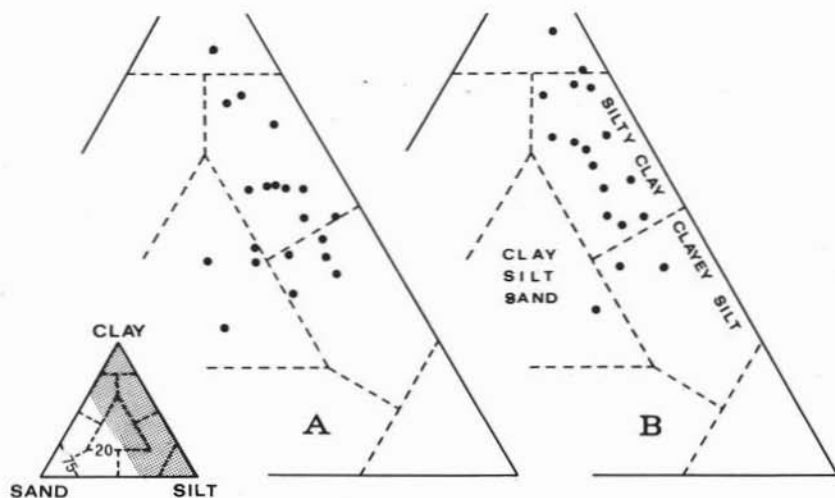


Fig. 3. — Diagrammi di SHEPARD (1954).

conferma che il materiale esaminato rappresenta un miscuglio, in rapporti variabili, dei tre componenti clay, silt e sand, e che, in ogni caso, clay ($\bar{x} = 49,9\%$ e $58,2\%$ in peso rispettivamente per le due serie) e silt ($\bar{x} = 36,4\%$ e $31,6\%$) prevalgono nettamente su sand ($\bar{x} = 13,7\%$ e $10,2\%$).

Dal punto di vista sedimentologico i caratteri granulometrici delle argille esaminate indicano un apporto detritico di materiale pelitico poco o affatto evoluto (RIVIÈRE, 1952) nonostante il carattere di finezza mostrato.

Questo aspetto contraddittorio rende quanto mai difficile l'interpretazione dell'ambiente deposizionale e della modalità di sedimentazione delle argille di Pomarico. Ci si aspetterebbe infatti che all'aumentare del contenuto di argilla il silt assumesse le caratteristiche proprie di una coda di dispersione del materiale più fine e quindi una distribuzione di frequenza asintotica, cioè priva di massimi relativi. Invece il silt ha, come parzialmente già fatto notare, una distribuzione di tipo gaussiano (fig. 2) con uno skewness che lo rende più legato al sand e ciò si evidenzia specialmente nei casi di maggiore abbondanza di argilla (tab. 1). Una conferma al riguardo viene dal segno negativo e dai valori altamente significativi (L.d.L. 1% per l'ipotesi nulla) dei coefficienti di correlazione lineare tra percento di frazione $< 2 \mu\text{m}$ e percento di frazione $2-8 \mu\text{m}$ ($-0,78695$ per i campioni della serie A e $-0,83584$ per quelli della serie B) che esprimono appunto comportamenti antitetici tra l'argilla e la coda fine del silt.

Con questo tipo di comportamento pertanto i campioni analizzati non si possono assimilare a peliti di tipo deltizio (NELSON, 1970), nè a materiale pelitico di risedimentazione turbiditica (HOLTEDAHL, 1965; GARAVELLI e altri, 1979) e ancor meno a peliti finissime trasportate dalle correnti marine e deposte in zone calme e relativamente lontane da sorgenti di apporti terrigeni diretti (DELL'ANNA e GARAVELLI, 1972).

La notevole finezza granulometrica mostrata dalle argille di Pomarico è anche inaspettata dal punto di vista stratigrafico. Localmente infatti le argille in questione precedono quasi immediatamente la sedimentazione regressiva delle « Sabbie di Monte Marano » e pertanto dovrebbero risultare meno fini, o per lo meno, analogamente a quanto accade per altre argille della stessa formazione in posizione stratigrafica simile (DELL'ANNA e altri, 1974; DIGENNARO e altri, 1977; BALENZANO e altri, 1977; DI PIERRO, 1980), più siltose di quanto non lo siano.

In conclusione, dalle considerazioni esposte, si ha l'impressione che le argille esaminate, successivamente alla loro deposizione, abbiano subito disturbi di vario genere che ne hanno alterato l'originaria fisionomia granulometrica rendendole in qualche modo « anomale » sia sotto l'aspetto sedimentologico e sia sotto quello stratigrafico.

Mineralogia

L'analisi mineralogica dei singoli campioni è stata eseguita, come precedentemente detto, sulle tre frazioni granulometriche di SHEPARD (1954) *clay*, *silt* e *sand* per evidenziare, in conseguenza del comportamento granulometrico per così dire « anomalo », eventuali relazioni tra spettro mineralogico e spettro granulometrico della argilla studiata.

Prima di passare però alla presentazione e all'esame dei dati mineralogici ottenuti (tabb. 2-4) si fa rilevare che le due serie di campioni, anche dal punto di vista mineralogico, mostrano identico comportamento.

Analisi qualitativa

Composizionalmente i campioni analizzati risultano costituiti da fillosilicati, carbonati, quarzo e feldspati, accompagnati da occasionali, e sempre allo stato di tracce, anfiboli orneblendici, granati pirlasptitici ed ugranditici, pirosseni augitici, magnetite e aggregati di materiale di alterazione.

I *fillosilicati* sono rappresentati da un minerale a 10 Å, da *montmorillonite*, *strati misti illite-smectite*, *caolinite*, *clorite* e *biotite*.

Il minerale a 10 Å, almeno da quello che può essere dedotto diffrattometricamente, è diottaedrico alluminifero, politico 2M. Nelle frazioni più fini ($< 4 \mu\text{m}$) esso è assimilabile ad una illite p.d. con scarso grado di cristallinità, mentre nelle frazioni siltosa e sabbiosa ad una idromica e ad una muscovite rispettivamente. Pertanto nelle tabelle il minerale a 10 Å viene riportato come illite per le frazioni pelitiche e come muscovite per quelle psammitiche. Tuttavia è molto probabile che i due termini siano legati da una reciproca interdipendenza nel senso che, come è stato ipotizzato per altre argille grigio-azzurre infrapioceniche della media valle del F. Crati (DELL'ANNA e RIZZO, 1979), illite sia il prodotto di trasformazione di muscovite attraverso idromica, come termine di passaggio. La *montmorillonite* è stata evidenziata nei diffrattogrammi da un effetto abbastanza accentuato intorno a 14 Å. Si tratta di un termine diottaedrico con un buon grado di cristallinità ($V/P = 0,60$) ⁽²⁾ contenente prevalentemente Mg e Ca. Gli *strati misti illite-smectite* sono anch'essi di tipo disordinato e rivelano un rapporto, tra le due sialliti, pari a 2 : 1; anche se costantemente presenti non compaiono nelle tabelle perchè sono stati aggiunti, nei contenuti competenti, all'illite e alla *montmorillonite*. Anche la *caolinite* si manifesta con riflessi slargati e pertanto riferibile ad un termine a scarsa cristallinità. Invece la *clorite*, rappresentata da un termine triottaedrico ferifero, ha un buon grado di cristallinità; la *biotite*, riconosciuta solo nelle frazioni sabbiose, si presenta in lamelle, a contorno irregolare o pseudoesagonale, di colore bruno e spesso alterate ai bordi in clorite. I *carbonati* sono costituiti da calcite e dolomite. Nelle frazioni psammitiche essi sono rappresentati essenzialmente da clasti organogegni di foraminiferi (*Buliminidae*, *Globigerinidae*, *Miliolidae*, *Textulariidae*) e di molluschi (non identificabili per la frammentazione) e subordinatamente da piccolissimi clasti di tipo calcareo. I *feldspati* sono rappresentati da ortoclasio e da plagioclasio di tipo oligoclasico che nelle frazioni psammitiche si trovano in granuli teneri, profondamente alterati, coperti da una spessa patina argillosa mista a ossidi e idrossidi di Fe e Al, non diversamente identificati. Gli anfiboli orneblendici, i granati pirlasptitici e ugranditici, i pirosseni augitici e la magnetite sono stati individuati nelle frazioni più grosse dove si presentano in granuli con caratteri morfologici ed ottici a ciascuno competenti. Gli aggregati di alterazione infine, anch'essi individuati nelle frazioni psammitiche, si presentano in granuli molto simili a quelli dei feldspati, solo che ai raggi X risultano quasi del tutto amorfi. Verosimilmente si tratta di feldspati completamente alterati.

(2) Il grado di cristallinità è stato determinato secondo BISCAYE (1965).

Analisi quantitativa

Nel *clay* (tab. 2) lo spettro mineralogico è costituito essenzialmente da *sialliti* (77%-75% rispettivamente per le due serie), subordinatamente da *calcite* (15%-16%), molto subordinatamente da *quarzo* (7%) e da tracce di *feldspati* e *dolomite*. Tra le *sialliti*, *montmorillonite* (43%-44%) prevale nettamente su *illite* (18%-17%) e ancor più su *caolinite* (10%-8%) e *clorite* (6%). In questa frazione sono presenti anche strati misti *illite-smectite* le cui percentuali sono state associate come precedentemente detto, a *illite* e a *montmorillonite*.

Nel *silt* l'insieme dei minerali presenti è identico a quello della frazione argillosa, ma cambiano radicalmente i rapporti di abbondanza perchè diminuiscono *montmorillonite* (3%) e *caolinite* (7%-5%) e aumentano tutti gli altri (32%-31% per *illite*; 23% per *calcite*; 16%-20% per *quarzo*; 8%-7% per *clorite*; 6% per *feldspati* e 5% per *dolomite*). Gli strati misti sono allo stato di tracce.

Nel *sand* scompaiono *montmorillonite* e strati misti, si riduce ulteriormente *caolinite* (2%), rimangono invariati carbonati e *quarzo*, mentre aumentano di molto *feldspati* (13%-15%). È presente in discrete quantità *muscovite*.

Complessivamente le argille di Pomarico risultano pertanto costituite (tab. 3) prevalentemente da *sialliti* (63%-62% rispettivamente per le due serie) e subordinatamente da carbonati (21%), *quarzo* (12%) e *feldspati* (4%-5%). Tra le *sialliti* prevalgono nettamente *montmorillonite* (23%-26%) e le fasi *illite-muscovite* (25%-26%), viceversa *caolinite* (8%-7%) e *clorite* (7%-6%) risultano scarse e anche meno abbondanti rispetto ai carbonati e al *quarzo*. Tra i carbonati, la *calcite* prevale nettamente su *dolomite* (19% contro 2%), e tra *quarzo* e *feldspati*, il primo (12%) è molto più abbondante dei secondi (4%-5%).

A proposito di carbonati, le percentuali ottenute per via chimica (tab. 4) concordano con quelle ottenute ai raggi X (tab. 3) per quanto queste ultime siano delle medie ponderate e quindi affette da errori di misure sia granulometriche e sia mineralogiche.

Lo spettro mineralogico complessivo dei campioni analizzati e la distribuzione granulometrica dei minerali individuati, hanno messo in evidenza alcuni caratteri peculiari delle argille qui studiate che permettono di ricavare interessanti considerazioni al riguardo e di avanzare infine anche alcune ipotesi genetiche.

Anzitutto le argille di Pomarico mostrano una particolare abbondanza di *montmorillonite* (tab. 3), che si distribuisce essenzialmente nell'abbondante frazione argillosa (tab. 2); in ogni caso infatti sono stati osservati tenori complessivamente alti di *montmorillonite* che mediamente è quantitativamente identica a *illite* (tab. 3). Questo dato contrasta con quelli della letteratura (DELL'ANNA e altri, 1974; BALENZANO e altri, 1977; DIGENNARO e altri, 1977; DI PIERRO, 1980) che riportano invece nelle «Argille subappennine» infrapioceniche di altre zone della Puglia e della Basilicata *illite* dominante e *montmorillonite* subordinata anche nei casi in cui è abbondante la frazione argillosa nella quale si concentra quasi tutta la *montmorillonite* contenuta in una argilla.

Nella frazione argillosa delle argille di Pomarico sono presenti inoltre quan-

TABELLA 2
Distribuzione granulometrica dei principali minerali individuati
nei campioni esaminati

C L A Y (<4 micron)									S I L T (4- 63 micron)									S A N D (>63 micron)								
Camp.	M	I	K	Cl	Q	F	Ca	Do	M	I	K	Cl	Q	F	Ca	Do	Mu	K	Cl	Q	F	Ca	Do			
1	38	19	11	8	8	1	14	1	4	36	8	8	15	4	21	4	24	tr.	7	23	14	25	7			
2	48	15	9	6	6	tr.	16	tr.	2	36	4	8	15	8	22	5	36	2	6	12	11	28	5			
3	41	16	9	7	8	1	18	tr.	4	38	8	12	11	5	18	4	35	3	8	12	10	26	6			
4	46	15	10	5	6	1	15	2	3	36	7	7	18	7	19	3	36	2	4	22	7	27	2			
5	44	14	10	8	6	1	17	tr.	3	40	5	7	14	9	17	5	25	tr.	5	23	10	27	10			
6	44	15	9	8	7	1	16	tr.	3	30	5	8	15	8	21	10	35	3	7	15	15	17	8			
7	45	15	11	8	7	2	12	tr.	2	31	7	8	19	9	19	5	30	2	6	19	15	25	3			
8	43	20	12	8	5	tr.	12	tr.	3	30	6	6	21	6	23	5	33	2	4	17	19	21	4			
9	44	23	11	6	4	tr.	12	tr.	4	38	12	11	14	3	16	2	38	2	6	15	17	17	5			
10	43	17	9	7	6	tr.	18	tr.	2	29	6	6	21	6	23	7	35	2	5	16	16	21	5			
11	40	20	9	6	7	tr.	18	tr.	4	33	10	10	14	4	23	2	32	2	6	12	17	21	5			
12	36	27	9	7	7	1	18	tr.	3	37	8	8	10	5	26	3	33	2	6	17	17	19	6			
13	43	12	15	8	8	1	13	tr.	8	30	6	6	14	4	29	3	23	2	7	24	14	25	5			
14	41	21	9	6	7	1	15	tr.	3	18	5	8	26	6	30	4	35	3	8	16	15	19	4			
15	47	16	11	6	8	tr.	12	tr.	3	29	7	6	18	4	29	4	41	4	8	14	8	22	3			
16	44	19	10	7	7	tr.	13	tr.	2	38	6	9	15	7	18	5	36	3	8	16	9	20	8			
17	44	16	9	5	7	1	17	1	4	26	7	6	11	7	26	3	39	3	7	15	12	19	5			
18	41	19	9	6	7	1	17	tr.	1	27	6	8	17	8	28	5	37	3	9	17	13	18	3			
19	42	19	8	5	8	1	17	tr.	2	34	7	7	14	6	24	6	32	2	4	24	17	18	3			
20	41	21	7	4	7	1	18	1	2	29	3	8	20	8	21	11	28	tr.	7	30	6	24	5			
$\bar{x}$	43	18	10	6	7	1	15	tr.	3	32	7	8	16	6	23	5	33	2	7	18	13	22	5			
	3	3	1	1	1		2		1	5	2	2	4	2	4	2	5	1	1	5	4	4	2			
1	45	14	7	7	8	1	18	tr.	4	26	6	8	24	5	24	3	39	3	8	18	12	18	2			
2	42	21	12	6	5	1	12	1	4	39	6	6	16	6	19	4	43	4	6	18	9	16	4			
3	43	15	7	7	6	1	20	1	3	26	3	5	22	5	26	10	30	2	5	20	20	17	6			
4	46	14	10	7	6	1	16	tr.	3	40	66	6	14	8	17	6	31	2	4	22	12	24	5			
5	47	16	9	5	6	1	16	tr.	3	36	5	7	17	8	20	4	24	2	4	22	15	30	3			
6	39	14	8	8	9	2	18	2	2	30	4	9	17	12	18	8	28	1	9	20	8	32	2			
7	39	18	8	5	11	2	17	tr.	3	33	7	7	15	6	23	6	39	4	8	11	11	22	5			
8	41	16	8	7	7	3	17	1	3	28	5	7	20	4	28	5	36	2	5	18	15	20	4			
9	45	17	7	7	3	1	18	2	1	38	4	9	16	8	19	5	25	2	6	20	16	28	3			
10	47	18	8	5	5	1	16	tr.	1	9	2	3	35	9	35	6	34	1	5	24	13	20	3			
11	42	18	8	6	10	2	13	1	2	21	3	6	30	9	25	4	34	2	5	17	13	27	2			
12	43	16	8	4	7	2	18	2	2	34	4	7	23	6	21	3	28	1	5	19	20	24	3			
13	48	20	8	5	5	tr.	14	tr.	4	28	4	7	26	4	24	3	23	1	4	24	20	26	2			
14	48	19	8	5	5	1	13	1	3	37	6	8	15	5	22	4	27	2	4	26	16	23	2			
15	47	19	8	5	5	1	15	tr.	3	25	6	7	23	7	25	4	28	1	5	26	15	21	4			
16	45	18	9	6	5	1	16	tr.	2	37	5	9	15	8	19	5	28	2	5	19	25	15	6			
17	43	21	9	5	6	1	14	1	3	36	6	12	15	7	19	2	26	2	5	23	14	23	7			
18	41	19	9	7	7	1	16	tr.	4	29	7	10	17	4	26	3	38	3	7	17	10	21	4			
$\bar{x}$	44	17	8	6	7	1	16	1	3	31	5	7	20	6	23	5	31	2	5	20	15	23	4			
	3	2	1	1	2	1	2	1	1	8	1	2	6	2	4	2	6	1	1	4	4	5	1			

M = montmorillonite; Mu = muscovite; I = illite; K = caolinite; Cl = clorite; Q = quarzo; F = feldspati; Ca = calcite; Do = dolomite.

TABELLA 3
Composizione mineralogica dei campioni esaminati

S E R I E A									S E R I E B								
Camp.	M	I	K	Cl	Q	F	Ca	Do	Camp.	M	I	K	Cl	Q	F	Ca	Do
1	12	27	6	8	16	7	20	4	1	16	25	6	8	18	5	20	2
2	19	29	6	7	11	5	20	3	2	17	32	8	6	12	4	18	3
3	16	30	7	9	10	5	20	3	3	27	20	6	6	12	4	21	4
4	26	25	8	6	12	4	17	2	4	24	26	8	6	11	5	17	3
5	32	20	8	7	9	4	18	2	5	28	23	7	5	11	6	18	2
6	31	20	8	8	9	4	17	3	6	25	20	6	8	13	5	20	3
7	36	18	9	8	10	4	14	1	7	25	24	8	6	12	4	19	2
8	21	26	8	7	13	4	18	3	8	30	20	7	7	10	5	19	2
9	23	31	11	9	9	2	14	1	9	34	22	6	7	6	3	19	3
10	22	24	7	7	13	4	20	3	10	39	18	7	5	9	3	18	1
11	19	27	9	8	11	4	21	1	11	31	19	7	6	15	4	16	2
12	20	29	8	7	9	4	21	2	12	32	20	7	5	11	4	19	2
13	21	21	9	7	13	5	22	2	13	21	24	5	6	17	5	20	2
14	17	24	6	7	15	7	21	3	14	27	26	7	6	11	4	17	2
15	21	26	8	7	13	3	20	2	15	27	22	7	6	13	4	19	2
16	29	25	8	8	10	3	15	2	16	29	24	7	7	9	5	17	2
17	25	22	8	6	13	4	20	2	17	22	28	7	8	11	5	17	2
18	22	24	7	7	12	5	21	2	18	21	25	8	8	12	3	21	2
19	17	28	6	5	14	7	20	3									
20	22	25	5	6	15	3	20	4									
$\bar{x}$	23	25	8	7	12	4	19	2	$\bar{x}$	26	23	7	6	12	5	19	2
σ	6	3	1	1	2	1	2	1	σ	6	3	1	1	3	1	1	1

l = minerale a 10 Å.

tità non trascurabili di strati misti illite-smectite, che in analoghe argille di altre zone sono invece assenti o al più rappresentati da tracce.

I feldspati rivelano infine una distribuzione granulometrica dissociata da quella del quarzo e antitetica rispetto a quella della caolinite. Infatti l'indice di maturità [$Im = 100 Q/(Q + F)$] della componente quarzoso-feldspatica, nell'ipotesi più che probabile di un'origine unitaria dei suoi costituenti, dovrebbe restare costante passando dalle frazioni più grosse a quelle più fini, o semmai diminuire per la naturale maggiore facilità di frammentazione dei feldspati rispetto al quarzo. Invece l'indice di maturità aumenta, passando da un valore di 58 e 57, per le due serie rispettivamente, nella frazione sabbiosa, a 73-77 nella frazione silteosa, fino a 87,5 nella frazione argillosa. I tenori feldspatici, contrariamente a quanto era da attendersi, si riducono pertanto molto più di quelli del quarzo, fin quasi ad annullarsi nella frazione argillosa. Di contro, la caolinite si arricchisce proprio nelle frazioni in cui si impoveriscono i feldspati e con tenori ad essi quasi inversamente proporzionali, come si evince dal valore del rapporto $Q/(F + K)$ che rimane pressochè costante in tutte e tre le frazioni granulometriche. Questo comportamento può

TABELLA 4
Carbonati nei campioni esaminati

S E R I E A						S E R I E B					
Camp.	CaCO ₃	MgCO ₃	Calcite	Dolomite	Totale	Camp.	CaCO ₃	MgCO ₃	Calcite	Dolomite	Totale
1	20,19	1,26	18,69	2,76	21,45	1	20,32	1,39	18,67	3,04	21,71
2	19,69	1,48	17,93	3,24	21,17	2	17,09	1,48	15,33	3,24	18,57
3	19,35	1,67	17,37	3,65	21,02	3	22,56	1,65	20,60	3,61	24,21
4	17,62	1,62	15,70	3,54	19,24	4	17,22	1,56	15,37	3,41	18,78
5	19,38	1,65	17,42	3,61	21,03	5	18,04	1,41	16,36	3,09	19,45
6	18,68	1,50	16,90	3,28	20,18	6	20,17	1,51	18,38	3,30	21,68
7	14,06	1,07	12,79	2,34	15,13	7	19,47	1,27	17,96	2,78	20,74
8	18,81	1,31	17,25	2,87	20,12	8	19,52	1,46	17,79	3,19	20,98
9	16,70	1,28	15,18	2,80	17,98	9	20,39	1,32	18,82	2,89	21,71
10	19,44	1,52	17,63	3,33	20,96	10	21,54	1,56	19,69	3,41	23,10
11	18,87	1,08	17,59	2,36	19,95	11	17,81	1,82	15,65	3,98	19,63
12	20,64	1,11	19,32	2,43	21,75	12	20,41	1,52	18,60	3,33	21,93
13	17,52	1,31	15,96	2,87	18,83	13	19,52	1,19	18,11	2,60	20,71
14	20,25	1,63	18,31	3,57	21,88	14	19,69	1,12	18,36	2,45	20,81
15	20,41	1,34	18,82	2,93	21,75	15	20,78	1,21	19,34	2,65	21,99
16	19,13	1,46	17,40	3,19	20,59	16	19,68	1,15	18,31	2,52	20,83
17	18,56	1,13	17,22	2,47	19,69	17	18,38	1,22	16,93	2,67	19,60
18	19,10	1,44	17,39	3,15	20,54	18	20,59	1,37	18,96	3,00	21,96
19	20,09	1,44	18,38	3,15	21,53						
20	19,90	1,71	17,87	3,74	21,61						
$\bar{x}$	18,92	1,40	17,26	3,06	20,32	$\bar{x}$	19,62	1,40	17,96	3,06	21,02
σ	1,5	0,2	1,47	0,45	1,61	σ	1,46	0,19	1,49	0,41	1,46

essere interpretato come effetto di un fenomeno di alterazione e trasformazione dei feldspati in caolinite.

A proposito di alterazione e trasformazione, la presenza di quantità non trascurabili di strati misti illite-smectite e di illite a basso grado di cristallinità, caratteristiche non comuni nelle argille infrapleistoceniche, fanno ritenere che buona parte di montmorillonite delle argille di Pomarico possa considerarsi derivata, per alterazione e conseguente trasformazione, da illite attraverso strati misti illite-montmorillonite. Che nelle argille di Pomarico possano essersi instaurati processi di alterazione e trasformazione lo si deduce anche dalle considerazioni fatte a proposito della distribuzione granulometrica dei feldspati che hanno portato a ipotizzare una possibile derivazione di caolinite da feldspati attraverso processi che abbiano potuto contribuire anche all'arricchimento di montmorillonite.

Conclusioni

Le argille circostanti l'abitato di Pomarico, in Basilicata, geologicamente fanno parte della «Serie della Fossa bradanica» e come aspetto macroscopico sono del tutto simili ad analoghe argille infrapleistoceniche affioranti in buona parte delle regioni Puglia e Lucania. Granulometricamente sono costituite da roccia sciolta molto fine (fino a 125 μm) rappresentata mediamente da 51,4 % di frazione

inferiore a $2 \mu\text{m}$ e da 17,0 % di frazione $16\text{--}32 \mu\text{m}$; tutte le altre frazioni sono singolarmente rappresentate da pochi percento del campione complessivo. Di conseguenza tessituralmente sono da considerarsi delle argille più o meno siltose, con scarsa quantità di sabbia ($\bar{x} = 12,0 \%$). I loro caratteri granulometrici sono piuttosto singolari e anche mal interpretabili dal punto di vista sedimentologico. Infatti essi sono tipici di un sedimento pelitico di apporto detritico che però appare costituito da un miscuglio, in rapporti più o meno variabili, di argilla, di limo e di sabbia e che inoltre, a dispetto della sua finezza granulometrica, è poco o affatto evoluto. Essi non trovano riscontro in altri sedimenti pelitici naturali, di trasporto marino o continentale, di acque calme oppure agitate, di deposizione normale ovvero turbiditica, a meno che non si ammettano mescolamenti avvenuti in seguito ad eventi successivi alla deposizione. Pertanto tutto lascia prevedere che le argille di Pomarico dopo la loro deposizione siano state interessate da altri eventi che in un certo qual modo abbiano modificato l'originaria granulometria. A conferma di queste previsioni sta il fatto che, malgrado le due serie siano state campionate a breve distanza l'una dall'altra, non è stato possibile trovare, attraverso la granulometria, una buona corrispondenza tra campioni prelevati alle stesse quote.

Mineralogicamente le argille esaminate sono costituite da minerali argillosi ($\bar{x} = 63 \%$), carbonati (21 %), quarzo (12 %) e feldspati (4 %) con occasionali tracce di anfiboli orneblendici, granati pirlaspitici ed ugranditici, pirosseni augitici, magnetite e materiale di alterazione da feldspati. Per quanto riguarda quarzo, carbonati (con calcite prevalente e dolomite subordinata) e minerali accessori nulla di nuovo vi è da segnalare perchè natura ed entità trovano riscontro in altre argille subappennine della stessa età. Per i minerali argillosi e per i feldspati si verificano invece alcuni fatti nuovi. Infatti le argille di Pomarico, oltre ai soliti illite, montmorillonite, caolinite e clorite, contengono anche quantità non trascurabili di strati misti disordinati illite-smectite, che di contro sono infrequenti e poco abbondanti in altre argille infrapleistoceniche; inoltre illite ha una insolita scarsa cristallinità e montmorillonite infine è così abbondante da eguagliare quantitativamente illite che, in analoghe argille, invece predomina su montmorillonite. I feldspati poi, potassici e oligoclasici, hanno una distribuzione granulometrica insolitamente, per quanto si è visto, dissociata da quella del quarzo ed antitetica rispetto a quella della caolinite. Questi caratteri, nuovi per le argille subappennine infrapleistoceniche, fanno ritenere che le argille di Pomarico dopo la loro deposizione si siano trovate in fase di diagenesi più o meno precoce che ha provocato la trasformazione dei feldspati in caolinite, ovvero in minerali argillosi in senso lato tra i quali anche montmorillonite, e della illite in montmorillonite attraverso strati misti illite-smectite. Probabilmente quest'ultima trasformazione può aver avuto addirittura origine da muscovite attraverso le seguenti fasi: muscovite $\rightarrow$ idromica $\rightarrow$ illite $\rightarrow$ strati misti illite-smectite $\rightarrow$ montmorillonite. I fatti diagenetici ora discussi, che avrebbero portato all'arricchimento di montmorillonite e al comportamento per così dire «anomalo» dei feldspati, potrebbero

essere in buona parte responsabili degli insoliti caratteri tessiturali dell'argilla esaminata nel senso che le particelle illitiche e feldspatiche del silt, sottoposte ad alterazione e trasformazione, abbiano perduto la loro identità mineralogica e con essa quella granulometrica. Circa le cause della diagenesi non abbiamo elementi concreti per entrare in argomento il quale, d'altra parte, esula dalle nostre competenze e dai nostri scopi. Certamente, tra le cause del passato, che naturalmente possono in qualche modo aver agito anche sulla granulometria, non saranno state trascurabili quelle più propriamente legate a fattori geologici, quali soprattutto il tipo di evoluzione geomorfologica dei versanti argillosi e le vicissitudini subite in seguito a profonde modificazioni paleogeografiche e paleoclimatiche. Tra le cause recenti ed attuali, ugualmente non trascurabili, sono quelle legate al disordine del regime idrogeologico conseguente anche alla presenza e all'azione dell'uomo. È il caso di ricordare, ad esempio, che piuttosto recentemente il fluire disordinato nelle masse argillose dei rifiuti liquidi urbani, per mancanza di una rete fognante adeguata alle necessità della popolazione di Pomarico, può aver agevolato e accelerato fenomeni di lisciviazione ed erosione, già da tempo avviati per fatti idrogeologici più generali.

Comunque la finezza granulometrica, l'abbondanza di minerali argillosi e tra essi di montmorillonite, sono sicuramente, a nostro avviso, alcune delle cause, dirette e indirette, dell'intensa franosità che interessa frequentemente le argille di Pomarico.

Ringraziamenti. — Gli autori ringraziano il Prof. LUIGI DELL'ANNA per le proficue discussioni e la lettura critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- BALENZANO F., DELL'ANNA L., DI PIERRO M. (1977) - *Ricerche mineralogiche, chimiche e granulometriche su argille subappennine della Daunia (Puglia)*. Geol. Appl. e Idrogeol., 12, 33-55.
- BISCAYE P.F. (1965) - *Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent Seas and Oceans*. Bull. Soc. Geol. of America, 76, 803-832.
- BOENZI F., RADINA B., RICCHETTI G., VALDUGA A. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 201 «Matera»*. Serv. Geol. d'It., Roma.
- BOENZI F., PALMENTOLA G., VALDUGA A. (1976) - *Caratteri geomorfologici dell'area del Foglio «Matera»*. Boll. Soc. Geol. It., 95, 527-566.
- DELL'ANNA L., GARAVELLI C.L. (1972) - *Notizie mineralogiche e chimiche su sedimenti attuali del Golfo di Taranto*. Geol. Appl. e Idrogeol., 7, 101-124.
- DELL'ANNA L., DI PIERRO M., NUOVO G., CIARANFI N., RICCHETTI G. (1974) - *Giacimenti di argille ceramiche in Italia: Puglia*. Gruppo Ital. A.I.P.E.A., F. Veniale e C. Polmonari Ed., 195-234.
- DELL'ANNA L., RIZZO V. (1979) - *Argille grigio-azzurre della media valle del Crati: composizione mineralogica, granulometrica ed alcune caratteristiche geotecniche*. Geol. Appl. e Idrogeol., 14, 57-96.

- DIGENNARO A., MORESI M., NUOVO G. (1977) - *Argille subappennine di Irsina (MT) e Montemesola (TA). Analisi comparativa di dati geochimici e mineralogici*. Geol. Appl. e Idrogeol., 12, 63-78.
- DI PIERRO M. (1980) - *Caratteristiche composizionali delle argille pleistoceniche della zona di Miglionico (MT)*. Rend. Soc. Ital. Mineral. e Petrol., 37 (in corso di stampa).
- GALEHOUSE J.S. (1971) - *Sedimentation analysis*. In: *Procedures in sedimentary petrology*. Ed. Carver R.E. Wiley, Interscience, New York, 69-94.
- GARAVELLI C.L., MORESI M., NUOVO G. (1979) - *Sedimenti attuali del Golfo di Taranto tra Trebisacce e Metaponto Lido: Ricerche mineralogiche e chimiche*. Boll. Soc. Geol. It., 98 (in corso di stampa).
- GORSLINE D.S. (1960) - *Lecture*. Univ. of Texas at Austin.
- HOLTEDAHN H. (1965) - *Recent turbidites in the Hasdangfjord, Norway*. In: *Submarine Geology and Geophysics*. Whittard and R. Bradshaw Ed., Butterworths, London.
- NELSON B.W. (1970) - *Hydrography, sediment dispersal and recent historical development of the Po river delta, Italy*. In: *Deltaic sedimentation modern and recent*. Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ., 15, 152-184.
- RAISH H.D. (1964) - *Quantitative mineralogical analysis of carbonate rocks*. Texas J. Sci., 16, 172-180.
- RIVIÈRE A. (1952) - *Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meubles*. Bull. Soc. Geol. de France, 6, 155-167.
- SCHULTZ L.G. (1964) - *Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre shale*. U.S. Geol. Survey Profess. Paper 391C, 1-31.
- SHAW D.B., STEVENSON R.G., WEAVER G.E. and BRADLEY W.F. (1971) - *Quantitative or semiquantitative interpretation of mineral abundance*. In: *Procedures in Sedimentary petrology*. Ed. Carver R.E. Wiley, Interscience, New York, 541-569.
- SHEPARD F.P. (1954) - *Nomenclature based on sand-silt-clay ratios*. Journ. Sed. Petr., 24, 151-158.