

COMPOSIZIONE MINERALOGICA E GRANULOMETRICA E ALCUNE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELLE ARGILLE DEL PLEISTOCENE DELLA MEDIA VALLE DEL FIUME CRATI (CALABRIA)

Caratteri distintivi nei confronti di argille del Pliocene della stessa valle

LUIGI DELL'ANNA

Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università, piazza Umberto I, 70121 Bari

VINCENZO RIZZO

Istituto Ricerche per la Protezione Idrogeologica, 87030 Castiglione Cosentino Stazione (Cosenza)

RIASSUNTO. — Sono stati esaminati, dai punti di vista granulometrico e mineralogico, n. 24 campioni di Argille grigio-azzurre del Pleistocene, prelevati da affioramenti della media valle del F. Crati. Su ciascuno dei campioni sono state determinate anche le principali caratteristiche geotecniche. Granulometricamente si tratta di silt argillosi passanti ad argille siltose, con il 3,2% in media di sabbia. Mineralogicamente sono costituiti da minerali argillosi ($\bar{x} = 62\%$), carbonati ($\bar{x} = 20\%$), quarzo e feldspati ($\bar{x} = 18\%$), accompagnati da scarse e/o occasionali quantità di minerali accessori. Nell'ambito dei minerali argillosi, illite diottaedrica alluminifera 2M ($\bar{x} = 36\%$) prevale su Ca-Mg montmorillonite ($\bar{x} = 14\%$), clorite ferrifera ($\bar{x} = 7\%$) e su caolinite ($\bar{x} = 5\%$); in quello dei carbonati calcite ($\bar{x} = 16\%$) prevale su dolomite ($\bar{x} = 4\%$) e su rara aragonite; il quarzo infine prevale sui feldspati, rappresentati da ortoclasio, microclino e plagioclasti albitico-oligoclastici.

I caratteri composizionali mostrano sensibili variazioni in relazione alla posizione topografica dei campioni prelevati, nel senso che, procedendo da S a N degli affioramenti considerati, le argille mostrano un arricchimento di frazione $< 4 \mu\text{m}$ e di minerali argillosi, verosimilmente a causa di un approfondimento del paleobacino di sedimentazione. Uno studio comparato fra le argille del Pliocene precedentemente esaminate e quelle del Pleistocene qui studiate, ha messo in evidenza che le prime, rispetto alle seconde, sono granulometricamente più fini e mineralogicamente più ricche di minerali argillosi e, più specificatamente, di montmorillonite e di clorite. In ogni caso però i valori dei parametri geotecnici sono correlati linearmente e positivamente con i contenuti di minerali argillosi e di frazione $< 4 \mu\text{m}$, evidenziando così l'influenza dei caratteri composizionali sul comportamento geotecnico delle masse argillose.

ABSTRACT. — 24 samples of Pleistocene « Argille grigio-azzurre » taken from the deposits outcropping in the River Crati Valley, NW of Cosenza, have been examined from the mineralogical and grain-

size points of view. Moreover, the main geotechnical characteristics of each sample have been determined. Their grain-size composition is that of clayey silts and silty clays with 3,2% of sand on the average. Mineralogically they contain clay minerals ($\bar{x} = 62\%$) - with illite 2M ($\bar{x} = 36\%$) prevailing over Ca-Mg montmorillonite ($\bar{x} = 14\%$), chlorite ($\bar{x} = 7\%$), and kaolinite ($\bar{x} = 5\%$) - carbonates ($\bar{x} = 20\%$), essentially calcite ($\bar{x} = 16\%$) with some dolomite ($\bar{x} = 4\%$) and rare aragonite, quartz and feldspars ($\bar{x} = 18\%$), with the first prevailing over the second, and finally scarce and/or occasional amounts of subordinate minerals. From a geotechnical point of view, the samples examined are inorganic clays with a medium-high degree of plasticity and a normal colloidal activity. In the area examined, proceeding from S to N, the deposits show variations (that is, an increase of clay minerals and size class to $4 \mu\text{m}$) revealing a gradual deepening of the sedimentary basin.

Compared with those of the Pleistocene age of the same River Crati Valley, the clays of the Pliocene previously examined are finer in grain-size composition, contain larger amounts of montmorillonite and chlorite, and are geotechnically of inferior quality. However, the geotechnical parameters of the both clays turn out to be linearly and positively correlated with the amounts of clay minerals and size class to $4 \mu\text{m}$. This suggests a strong influence of the mineralogical and grain-size compositions on the physical properties of the clays examined.

Premessa

L'Istituto di Mineralogia e Petrografia di Bari e l'Istituto Ricerche Protezione Idrogeologica di Cosenza da tempo conducono, in collaborazione, ricerche sulle formazioni argillose della media valle del F. Crati, nell'ambito della tematica « Influenza della mineralogia e geochemica sul comportamento

geotecnico delle masse in frana » del Progetto Finalizzato « Conservazione del suolo », Sottoprogetto « Fenomeni Franosi ». Nei lavori precedenti (DELL'ANNA, RIZZO, 1979; DELL'ANNA et al., 1981) è stato affrontato

lo studio di formazioni argillose del Pliocene che ha fornito un quadro abbastanza completo della composizione mineralogica delle argille considerate ed ha evidenziato interessanti relazioni fra caratteri composizionali (conte-

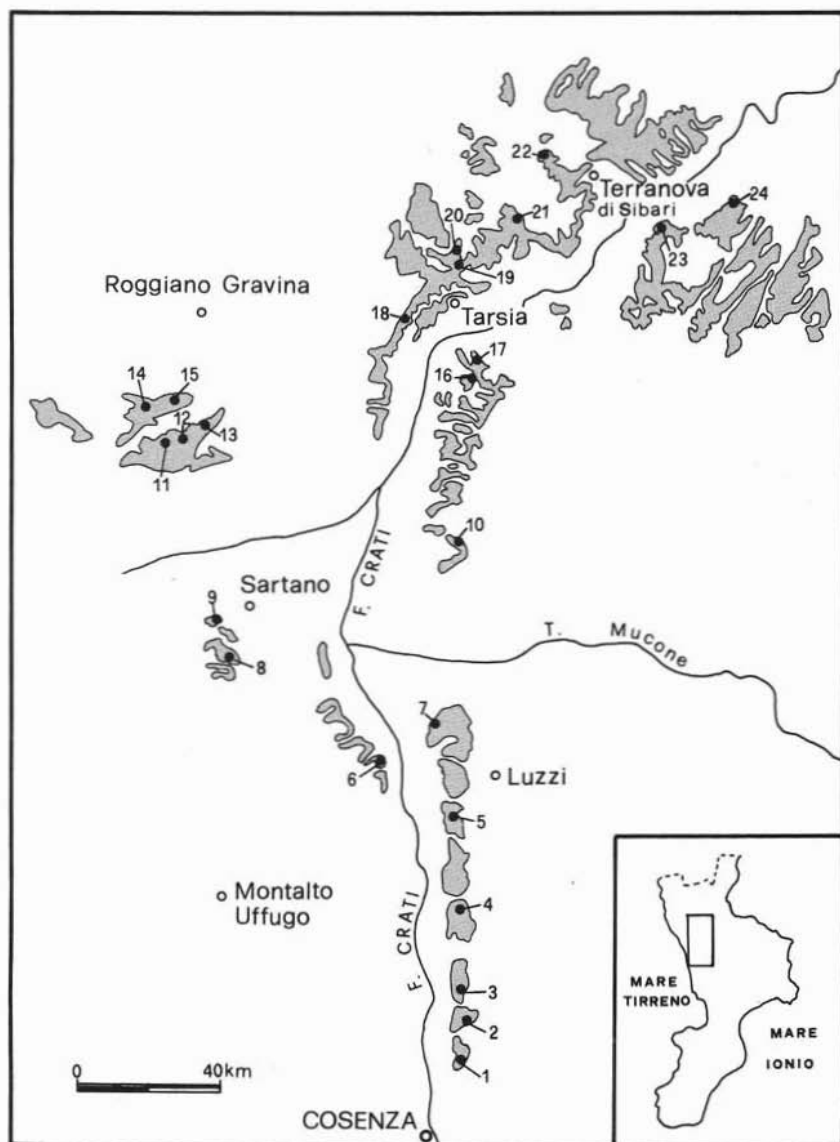


Fig. 1. — Affioramento delle argille considerate e ubicazione dei campioni esaminati.

nuti di frazione argillosa, di minerali argillosi e di montmorillonite) ed alcune proprietà fisiche (limiti di Atterberg) determinate.

In questo lavoro viene affrontato invece lo

studio mineralogico con la determinazione di alcuni fondamentali parametri geotecnici, delle formazioni argillose del Pleistocene, con l'intento anche di evidenziare eventuali

analogie e differenze composizionali e di comportamento geotecnico fra queste argille e quelle del Pliocene precedentemente studiate. A proposito dello scopo che la ricerca persegue e della problematica entro cui si inquadra, si rimanda ai due citati lavori.

Cenni geologici

I principali depositi argillosi del Pleistocene della valle del F. Crati costituiscono (fig. 1) lembi discontinui, grossomodo allineati in direzione SE-NW, nella parte bassa, e lembi più o meno estesi e talora contigui,

allineati in direzione NS, nella parte media. Essi si trovano nei dintorni di Rossano, Corigliano Calabro, Terranova di Sibari e di Tarsia, nella valle del F. Esaro e del F. Coscile, nella zona tra Firmo e Altomonte, tra Cassano allo Ionio e Lauropoli, ed infine nei dintorni di S. Marco Argentano, Sartano, Luzzi e Rose. Sono rappresentati, secondo la letteratura più recente (VEZZANI, 1968; LANZAFAME, ZUFFA, 1976), da argille marnose e marnoso-siltose di colore azzurro, appartenenti ad un ciclo sedimentario sviluppatosi, nella valle del F. Crati, durante il Plio-

TABELLA 1
Ubicazione dei campioni e qualche caratteristica macroscopica

Campp.	Località (Comune)	Coordinate geografiche	Caratteristiche singolari
1	Padula (Lepzano)	16°15'55" 39°20'37"	colore avana
2	Cozzo Linardo (Castiglione C.)	16°15" 21'22"	velature ocracee
3	Casa Contarama (Castiglione C.)	16°10" 22'02"	frammenti di gesso
4	Pianetta (Rose)	16°10" 23'45"	velature ocracee
5	Casa Galizia (Luzzi)	16°05" 25'48"	frammenti di fossili
6	Cozzo di Muri (Luzzi)	13°55" 27'15"	frammenti di fossili
7	Cozzo di Muri (Luzzi)	15°40" 27'45"	velature ocracee
8	Valle del Duca (Torano)	09°58" 29'19"	molto plastico
9	S. Marco (Torano)	09°48" 30'14"	frammenti di fossili
10	Fornace (Sisignano)	16°22" 31'52"	molto plastico
11	Capannone Regina (S.Marco A.)	08°26" 33'52"	forte effervescenza HCl
12	Capannone Regina (S.Marco A.)	08°45" 34'14"	frammenti di fossili
13	Capannone Regina (S.Marco A.)	09°18" 34'22"	frammenti di gesso
14	Petrone (S.Marco A.)	07°51" 34'50"	colore marrone-avana
15	Cozzo Colabello (S.Marco A.)	08°34" 34'59"	velature ocracee
16	Serra Cavallo (Tarsia)	16°59" 35'22"	colore avana
17	Faudano (Tarsia)	17°03" 35'37"	colore marrone
18	Acqua del Palo (Tarsia)	14°56" 36'38"	presenza sost. organica
19	Il Torrione (Tarsia)	17°38" 37'43"	frammenti di gesso
20	Il Torrione (Tarsia)	17°35" 37'40"	presenza sost. organica
21	Vallone di Maio (Tarsia)	18°14" 38'13"	frammenti di fossili
22	Casino Pontieri (Spezzano A.)	19°06" 39'47"	frammenti di fossili
23	Casa Marini (Terranova)	22°28" 38'52"	presenza di pirite
24	Villa Buffa (Terranova)	24°08" 39°05"	presenza di pirite

cene superiore-Pleistocene inferiore. Le argille affiorano di norma in continuità di sedimentazione, con qualche eteropia, sui conglomerati e sabbie basali dello stesso ciclo e verso l'alto passano gradualmente alle sabbie che invece chiudono il ciclo; quelle del basso Crati talora contengono lenti sabbiose, livelli bianchi di aspetto tripolaceo ed anche straterelli di cenere vulcanica (VEZZANI, 1968). Presentano associazioni faunistiche contenenti 35-45 % di individui planctonici, rappresentati prevalentemente da *Globigerina bulloides* e da *Globigerina quinqueloba*, con buona frequenza di individui appartenenti alla famiglia delle *Buliminidae* e delle *Cas-*

sidulinidae; la microfauna riscontrata, caratterizzata dalla presenza di *Hyalinea baltica*, è tipica di clima relativamente freddo ed è riferibile al Pleistocene inferiore. Gli spessori affioranti variano da luogo a luogo da un minimo di 40-50 m ad un massimo di 200 m; nei depositi dei dintorni di Luzzi sono stati osservati anche 600 m mentre nella piana di Sibari un pozzo perforato avrebbe indicato spessori di 1000 m (VEZZANI, 1968). Il ciclo sedimentario del Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, costituito da conglomerati e sabbie basali, dalle argille qui esaminate e dalle sabbie e conglomerati di chiusura, fa parte di una coltre

sedimentaria, indicata come Complesso Postorogeno da OGNIBEN (1973), depositatasi tra il Miocene medio e l'Olocene entro un ampio graben, compreso tra i blocchi strutturali della Sila ad E e quelli della Catena Costiera ad W, determinato dalla sovrapposizione dei Complessi Panormide, Ligure e Calabride (OGNIBEN, 1973).

Morfologicamente i depositi argillosi del Pleistocene presentano dissesti rappresentati essenzialmente da slidings, da slidings-flow, da creep e, subordinatamente, da erosione calanchiva. I fenomeni franosi in genere si impostano sui versanti esposti a N e interessano di preferenza i depositi del basso Crati (DELL'ANNA, RIZZO, 1979).

TABELLA 2
Risultati dell'analisi granulometrica (% in peso)

Camp.	% RELATIVE								% CUMULATIVE								
	<2µm	2-4	4-8	8-16	16-32	32-63	>63	SILT ARGILLA Md	<2µm	2-4	4-8	8-16	16-32	32-63	>63		
1	15.4	4.3	6.3	5.1	30.0	28.5	10.4	69.9	19.7	6.8	15.4	19.7	26.0	31.1	61.1	89.6	100.0
2	14.3	6.9	9.6	11.6	32.3	20.0	5.3	73.5	21.2	5.2	14.3	21.2	30.8	42.4	74.7	94.7	100.0
3	16.8	3.9	18.4	10.3	34.1	11.1	5.4	73.9	20.7	4.8	16.8	20.7	39.1	49.4	83.5	84.6	100.0
4	18.1	15.6	9.4	10.6	25.1	15.6	5.6	60.7	33.7	2.8	18.1	33.7	43.1	53.7	78.8	94.4	100.0
5	17.7	5.5	16.5	14.1	36.9	6.3	3.0	73.8	23.2	4.4	17.7	23.2	39.7	53.8	90.7	97.0	100.0
6	17.8	7.1	10.8	7.2	25.5	14.8	16.8	58.3	24.9	4.0	17.8	24.9	35.7	42.9	68.4	83.2	100.0
7	16.9	15.5	14.4	12.4	32.6	5.6	2.6	65.0	32.4	3.0	16.9	32.4	46.8	59.2	91.8	97.4	100.0
8	21.5	11.8	13.9	11.9	31.0	5.2	4.7	62.0	33.3	2.6	21.5	33.3	47.2	59.1	90.1	95.3	100.0
9	20.2	8.9	16.1	22.9	25.3	4.8	1.8	69.1	29.1	3.0	20.2	29.1	45.2	68.1	93.4	98.2	100.0
10	43.5	8.7	11.6	9.2	21.9	4.3	0.8	47.0	52.2	1.2	43.5	52.2	63.8	73.0	94.9	99.2	100.0
11	23.8	13.3	13.9	17.7	25.5	5.1	0.7	62.2	37.1	2.0	23.8	37.1	51.0	68.7	94.2	99.3	100.0
12	23.9	16.9	11.3	15.8	25.6	4.7	1.8	57.4	40.8	2.0	23.9	40.8	52.1	67.9	93.5	98.2	100.0
13	16.1	3.1	2.2	13.0	63.2	1.9	0.5	80.3	19.2	10.4	16.1	19.2	21.4	34.4	97.6	99.5	100.0
14	25.9	12.5	13.7	18.0	24.5	4.1	1.3	60.3	38.4	2.0	25.9	38.4	52.1	70.1	94.6	98.7	100.0
15	30.2	10.8	15.7	13.7	20.7	6.5	2.4	56.6	41.0	1.6	30.2	41.0	56.7	70.4	91.1	97.6	100.0
16	30.7	17.6	9.7	15.0	22.3	3.7	1.0	50.7	48.3	1.6	30.7	48.3	58.0	73.0	95.3	99.0	100.0
17	30.1	7.3	7.2	18.3	32.1	3.7	1.3	61.3	37.4	1.6	30.1	37.4	44.6	62.9	95.0	98.7	100.0
18	37.7	13.6	17.1	10.1	17.7	2.6	1.2	47.5	51.3	1.3	37.7	51.3	68.4	78.5	96.2	98.8	100.0
19	31.4	12.2	20.7	9.9	22.4	2.6	0.8	55.6	43.6	1.5	31.4	43.6	64.3	74.2	96.6	99.2	100.0
20	30.8	12.2	21.0	10.0	21.9	2.9	1.2	55.8	43.0	1.6	30.8	43.0	64.0	74.0	95.9	98.8	100.0
21	28.3	16.6	20.1	9.2	20.9	3.1	1.8	53.3	44.9	1.8	28.3	44.9	65.0	74.2	95.1	98.2	100.0
22	36.1	12.7	15.0	11.6	17.9	2.7	4.0	47.2	48.8	1.4	36.1	48.8	63.8	75.4	93.3	96.0	100.0
23	42.1	13.4	13.1	12.8	14.9	2.1	1.6	42.9	55.5	1.2	42.1	55.5	68.6	81.4	96.3	98.4	100.0
24	39.3	13.8	21.6	8.8	14.9	1.0	0.6	46.3	53.1	1.3	39.3	53.1	74.7	83.5	98.4	99.4	100.0
M	26.2	11.0	13.7	12.5	26.6	6.8	3.2	59.6	37.2	2.9	14.3	19.2	21.4	31.1	61.1	83.2	100.0
σ	9.0	4.3	4.9	4.0	9.8	6.6	3.7	10.1	11.5	2.2	43.5	55.5	74.7	83.5	98.4	99.4	100.0
C%	34	39	36	32	37	97	16	17	31	76							

$Md = Q_{50}$ in μm ; $M = \%$ valore medio; $\sigma =$ deviazione standard; $C\% =$ coefficiente di variazione. Gli ultimi due valori delle colonne delle percentuali cumulative rappresentano gli estremi della fascia granulometrica che contiene tutti i campioni.

Campionamento e metodi di studio

Nella cartina di fig. 1 sono riportati i principali affioramenti argillosi del Pleistocene e l'ubicazione dei campioni esaminati. Il prelevamento dei campioni è stato eseguito in maniera da coprire tutta l'area della formazione considerata e di avere, al contempo, i campioni più rappresentativi di ciascuno dei depositi affioranti. Per i fini che la ricerca si propone sono stati esclusi dal campionamento le lenti sabbiose e i rari livelli o straterelli di natura non argillosa della cui presenza si è accennato nella breve parte geologica. I campioni prelevati hanno le caratteristiche macroscopiche tipiche delle argille grigio-azzurre: colore grigio-azzurro, tendente all'avana per i campioni più siltosi, frattura irregolare e parzialmente concoide, punteg-

giature biancastre carbonatiche. Nella tab. 1 infine sono elencati i campioni considerati, con l'ubicazione puntuale di prelevamento e con l'indicazione di qualche caratteristica macroscopica diversa da quelle comuni.

Su ciascuno dei 24 campioni prelevati sono state eseguite l'analisi granulometrica e quella mineralogica, quali e quantitativa, e sono stati determinati anche i limiti di Aterberg. L'analisi granulometrica è stata eseguita utilizzando il metodo della sedimentazione frazionata in becker per le frazioni inferiori a $32 \mu m$ (MILNER, 1962) e per setacciatura in umido per le frazioni superiori alla suddetta dimensione. L'analisi mineralogica è stata eseguita su ciascuna delle tre frazioni granulometriche, argillosa ($< 4 \mu m$), siltosa ($4-63 \mu m$) e sabbiosa ($> 63 \mu m$), mediante

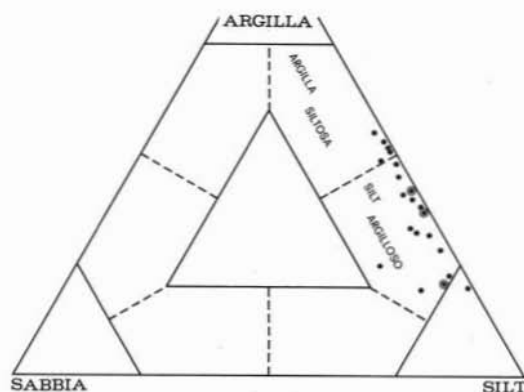


Fig. 2. — Classificazione dei campioni esaminati secondo lo schema di SHEPARD (1954).

osservazioni al microscopio binoculare e da mineralogia e per diffrattometria di raggi X su polveri, utilizzando, in quest'ultimo caso, un diffrattometro Philips con radiazione $\text{CuK}\alpha$, filtrata su Ni. La quantitativa dei minerali più rappresentati è stata eseguita in ogni caso per diffrattometria di raggi X su polveri mediante i metodi di SCHULTZ (1964), per valutare la quantità di minerali argillosi rispetto al quarzo, di RAISH (1964), per valutare i rapporti quantitativi dei componenti non argillosi, ed infine di GRIFFIN (1971), per calcolare le quantità dei singoli minerali argillosi. Sono stati utilizzati sia MoS_2 e sia MgCO_3 come standard interni e per minimizzare gli errori dovuti all'effetto matrice sono stati effettuati dosaggi separatamente su tre frazioni distinte di ciascun campione ($< 4 \mu\text{m}$; $4-63 \mu\text{m}$; $> 63 \mu\text{m}$) e sono state adoperate sempre le stesse quantità di sostanza per preparare lastre tal quali e lastre isoorientate. I limiti di Atterberg infine sono stati determinati con le metodologie indicate dalle norme ASTM D 423-66 e D 424-50 (65).

Analisi granulometrica

I risultati granulometrici (tab. 2) evidenziano che le frazioni $< 2 \mu\text{m}$ e $16-32 \mu\text{m}$ sono le più rappresentate ($\bar{x} = 26,2\%$ e $26,6\%$ rispettivamente); relativamente ben rappresentate appaiono anche le frazioni $2-4 \mu\text{m}$, $4-8 \mu\text{m}$ e $8-16 \mu\text{m}$ ($\bar{x} = 11,0\%$, $13,7\%$ e $12,5\%$ rispettivamente) mentre scarse sono invece le altre due frazioni $32-$

$63 \mu\text{m}$ e $> 63 \mu\text{m}$ ($\bar{x} = 6,8\%$ e $3,2\%$ rispettivamente). Di conseguenza si tratta di sedimenti molto fini, tessitualmente classificabili come silt argillosi talora passanti ad argille siltose (fig. 2), in ogni caso poveri di sabbia.

La distribuzione di frequenza delle diverse classi granulometriche (tab. 2) è di tipo meso-platicurtico, rappresentata da curve cumulative con una leggera concavità verso l'alto, molto simile a quella media riportata in fig. 3.

Dal punto di vista sedimentologico gli andamenti delle curve cumulative indicano in genere sedimenti depositati in acque agitate di mare abbastanza sottile e non molto lontano dalla costa.

La granulometria, però, malgrado la bassa dispersione dei valori trovati (tab. 2) visivamente evidenziabile anche dalla stretta fascia granulometrica entro cui sono contenuti i campioni analizzati (fig. 4), mostra una variazione regolare nei contenuti di argilla e di silt. Procedendo infatti dal camp. 1 al camp. 24, cioè da S a N degli affioramenti considerati (fig. 1) si registra un progressivo

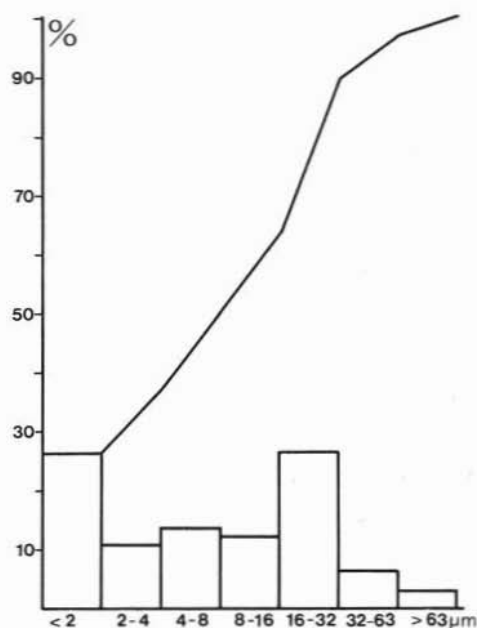


Fig. 3. — Istogramma di frequenza delle diverse classi granulometriche considerate e curva cumulativa costruiti con i valori medi dei risultati granulometrici.

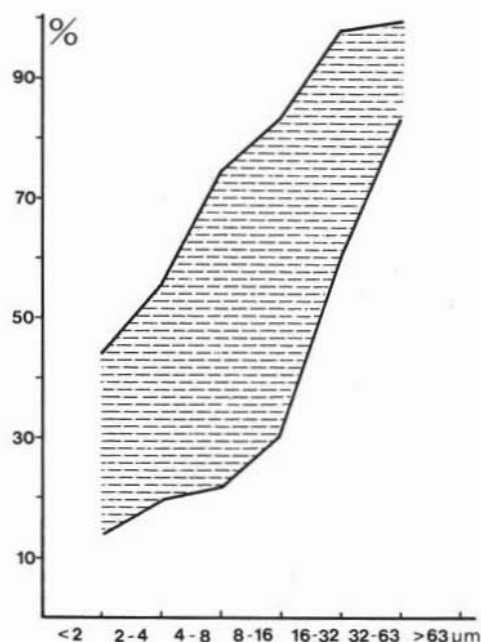


Fig. 4. — Fascia granulometrica dei campioni esaminati.

aumento della frazione propriamente argillosa ($< 4 \mu\text{m}$) a spese soprattutto di quella siltosa ($4-63 \mu\text{m}$) (tab. 2). Ciò è evidenziabile dalla correlazione lineare positiva fra contenuti di argilla (frazione $< 4 \mu\text{m}$) e latitudine (espressa in gradi e centesimi di grado) dei campioni esaminati ($r = 0,801$; $y = -3589,9563x + 91,7441$; $L.d.P. \ll 1\%$), da quella negativa nello stesso senso fra valori di Md e latitudine ($r = -0,551$; $y = -11,9473x + 475,2238$; $L.d.P. < 1\%$), da quella negativa fra contenuti di argilla (frazione $< 4 \mu\text{m}$) e contenuti di silt ($r = -0,950$; $y = -1,0825x + 101,7277$; $L.d.P. \ll 1\%$) ed infine visivamente dal « trend » di distribuzione dei campioni, nel già citato diagramma triangolare di fig. 2, che si allunga parallelamente al lato silt-argilla, tanto che i campioni a numero elevato cadono nel campo delle argille siltose. Questa variazione trova riscontro nella distribuzione di frequenza delle classi granulometriche dei diversi campioni esaminati che mostra una sempre più sensibile incidenza delle frazioni fini ed anche nell'andamento delle curve cumulative, la cui concavità, specialmente nei camp. 18-24, diventa meno ac-

centuata, rappresentando sedimenti depositati essenzialmente per forza gravitativa.

L'arricchimento di frazione fine ed il passaggio da una sedimentazione costiera ad una gravitativa (RIVIÈRE, 1952) sono probabilmente elementi conseguenti ad un ispessimento delle acque di sedimentazione ed inducono perciò ad ipotizzare che, procedendo da S verso N nell'ambito dei depositi esaminati, si passi dalle aree marginali verso quelle più distali del bacino considerato.

Analisi mineralogica

Lo studio al microscopio, binoculare e da mineralogia, eseguito sulle frazioni più grosse di ciascuno dei campioni esaminati, ha evidenziato la costante presenza di carbonati, quarzo, feldspati, miche e cloriti.

I carbonati sono rappresentati da frammenti di fossili, da granuli calcarei e da granuletti di calcite spatica. I primi, esaminati ai raggi X, sono apparsi essenzialmente costituiti da calcite stechiometrica, con tracce di calcite magnesifera per qualche esemplare di *Globigerinidae* e di aragonite per alcuni individui appartenenti alla famiglia delle *Buliminidae*; i secondi invece da calcite stechiometrica accompagnata da dolomite, in quantità variabili ma in ogni caso subordinate rispetto alla calcite; gli ultimi infine da calcite stechiometrica. I feldspati sono rappresentati da granuli di feldspato potassico, essenzialmente ortoclasio con tracce di microclino, e di plagioclasie le cui caratteristiche ottiche sembrano riferirsi a termini albitico-oligoclasici. Le miche infine sono rappresentate da frammenti di lamine di muscovite e di biotite.

Lo studio al microscopio ha messo inoltre in evidenza che, oltre ai suddetti minerali, sono presenti anche, sebbene in quantità del tutto subordinate e talora occasionali, frammenti di pirosseni probabilmente augitici, di anfiboli orneblendici e di granati pirlaspitici, granuli di ematite, magnetite e pirite, frammenti di gesso, ed infine grumi di idrossidi di ferro, tipo goethite.

L'analisi ai raggi X, condotta sulle frazioni fini, oltre a confermare carbonati, quarzo e feldspati, ha evidenziato anche l'abbondante presenza di minerali argillosi rappresentati da illite, smectite, caolinite e clorite (fig. 5). La illite, per la posizione del riflesso (060)

TABELLA 3

Composizione mineralogica percentuale dei campioni esaminati. Nelle ultime colonne i minerali argillosi sono stati calcolati considerando 100 la loro somma

Camp.	I	M	Cl	K	Ca	Do	Q+F	A.a.	Ca	Do	Q+F	I	M	Cl	K
1	35	8	6	5	18	2	26	54	18	2	26	65	15	11	9
2	24	16	5	4	17	2	32	49	17	2	32	50	32	10	8
3	38	12	3	2	17	4	24	55	17	4	24	69	22	5	4
4	23	14	7	5	18	3	30	49	18	3	30	46	28	15	11
5	29	18	4	6	19	3	21	57	19	3	21	50	32	7	11
6	37	12	7	5	17	6	16	61	17	6	16	62	19	11	8
7	35	6	11	6	14	6	22	58	14	6	22	60	10	19	11
8	27	23	3	5	16	5	21	58	16	5	21	47	39	6	8
9	42	15	4	3	18	4	14	64	18	4	14	66	23	6	5
10	32	22	9	8	13	2	14	71	13	2	14	45	31	12	12
11	36	14	6	3	19	7	15	59	19	7	15	61	23	11	5
12	37	15	6	5	18	5	14	63	18	5	14	59	24	9	8
13	27	8	4	4	13	3	41	43	13	3	41	62	19	10	9
14	29	18	4	6	17	5	21	57	17	5	21	50	32	7	11
15	38	10	7	7	16	5	17	62	16	5	17	62	16	12	10
16	35	12	7	5	16	3	22	59	16	3	22	58	21	12	9
17	39	3	17	7	13	2	19	66	13	2	19	61	4	25	10
18	47	5	13	9	13	4	9	74	13	4	9	64	6	18	12
19	43	17	6	5	15	3	11	71	15	3	11	61	24	8	7
20	39	19	9	9	15	3	6	76	15	3	6	51	26	12	11
21	46	14	3	3	18	4	12	66	18	4	12	69	22	4	5
22	34	14	8	7	17	5	15	63	17	5	15	54	22	12	12
23	37	20	9	8	16	5	5	74	16	5	5	50	27	12	11
24	42	13	5	6	18	3	13	66	18	3	13	63	21	7	9
M	36	14	7	5	16	4	18	62	16	4	18	58	22	11	9
σ	6.5	5.2	3.4	1.9	1.9	1.4	8.3	8.3	1.9	1.4	8.3	7.4	8.3	4.8	2.4
0%	18	38	50	34	12	36	45	13	12	36	45	13	37	44	27

I = illite, M = montmorillonite, Cl = clorite, K = caolinite, Ca = calcite, Do = dolomite, Q + F = quarzo + feldspati.

a ca. 1,50 Å, per la più forte intensità del riflesso a 10 Å rispetto a quella del riflesso a 5 Å ed infine per la sequenza dei riflessi nell'intervallo 4,4 Å - 2,6 Å, appare essere rappresentata da un termine diottaedrico aluminifero, politipo 2M (BRADLEY and GRIM, 1961; BROWN and BRINDLEY, 1980); la sua cristallinità valutata dalla larghezza, misurata a metà altezza, del riflesso a 10 Å (WEBER et al., 1976) appare buona ($\bar{E} = 190 \text{ \AA}$). La smectite, riconoscibile per la presenza dei suoi riflessi più tipici e per il loro comportamento ai diversi trattamenti di uso (glicolazione, riscaldamento, attacchi acidi), appare calcio-magnesifera ed essenzialmente di tipo montmorillonitico, almeno in relazione alla posizione del riflesso (001) che cade a ca. 14 Å ed al comportamento del medesimo in seguito a saturazione con Li (GREENE-KELLY, 1953; MAC EWAN, 1961); la sua cristallinità, valutata dal rapporto v/p ($\bar{x} = 0,70$) del riflesso (001), appare discreta. La caolinite, per la posizione dei suoi riflessi caratteristici, per la scarsa risoluzione di alcuni doppietti e per la poco accentuata intensità di alcuni suoi

riflessi, appare di tipo normale e con medio-basso grado di cristallinità (HINCKLEY, 1963). La clorite infine, riconoscibile per la presenza e per la posizione dei suoi riflessi più tipici anche in conseguenza dei vari trattamenti (glicolazione, riscaldamento, attacchi acidi) appare fortemente ferrifera e con discreto grado di cristallinità, almeno a giudicare dall'intensità dei riflessi basali di ordine dispari (BRINDLEY, 1961) e dal comportamento di alcuni di essi al riscaldamento (JOHNS et al., 1954). Una ricerca accurata sull'identificazione degli strati misti, eseguita con i metodi di REYNOLDS (1980) e di ŚRODOŃ (1981), ha escluso la presenza di interstratificati, almeno in quantità al di sopra del limite di rivelabilità dello strumento e della tecnica adoperata (ca. 3 %).

A parte i carbonati organogeni, la calcite spatica e i minerali di ferro che potrebbero essere anche autigeni, tutti gli altri minerali individuati hanno caratteristiche che, per morfologia (habitus, spigoli arrotondati o subarrotondati) e per composizione mineralogica (che richiede ambienti di formazione

TABELLA 4
Limiti di Atterberg dei campioni esaminati

Camp.	LL	LP	IP
1	39.1	18.9	20.3
2	36.9	17.5	19.4
3	36.4	18.0	18.4
4	39.6	19.2	20.4
5	38.5	19.1	19.4
6	39.2	18.8	20.4
7	39.8	20.1	19.7
8	46.6	21.0	25.6
9	43.8	19.8	24.0
10	49.9	21.8	28.1
11	45.2	21.0	24.2
12	47.5	23.1	24.4
13	35.6	16.5	19.1
14	45.6	22.0	23.6
15	40.7	21.8	18.9
16	42.1	22.1	20.0
17	42.8	22.8	20.0
18	54.2	23.9	30.3
19	49.4	22.1	27.3
20	47.3	24.0	23.3
21	44.8	20.3	24.5
22	52.1	22.2	29.9
23	54.4	23.7	30.7
24	57.5	24.1	33.4
M	44.5	21.0	23.5
σ	6.1	2.2	4.4
C%	14	11	19

differenziati), sono riferibili a componenti detritici. I feldspati e le miche inoltre sono fortemente alterati; l'ortoclasio e i plagioclasti hanno la superficie quasi completamente coperta da lamelle argillose, la muscovite ha le caratteristiche di una idromica, la biotite infine è sempre più o meno alterata in clorite. Il quarzo poi presenta anche delle rigature ed è spesso rossiccio per impurezze.

Circa i rapporti di abbondanza dei minerali più rappresentati (tab. 3) si evidenzia che mediamente i minerali argillosi nel loro insieme prevalgono ($\bar{x} = 62\%$) sul complesso degli altri minerali. Fra i minerali non argillosi, i carbonati, con calcite ($\bar{x} = 16\%$) prevalente su dolomite ($\bar{x} = 4\%$), sono leggermente più abbondanti di quarzo + feldspati ($\bar{x} = 18\%$); nell'ambito di questi ultimi il quarzo prevale di poco sui feldspati. Tra gli argillosi, illite ($\bar{x} = 36\%$) prevale su montmorillonite ($\bar{x} = 14\%$) che, a sua volta, è leggermente più abbondante di clorite ($\bar{x} = 7\%$) e di caolinite ($\bar{x} = 5\%$). Comunque, coerentemente con la granulometria, passando dal camp. 1 al camp. 24, cioè da S a N dei depositi esaminati, si evidenzia, in dipendenza di una diminuzione delle dimensioni dei granuli, un aumento progressivo dei minerali argillosi (il coefficiente di correlazione fra contenuti di A.a. e latitudine

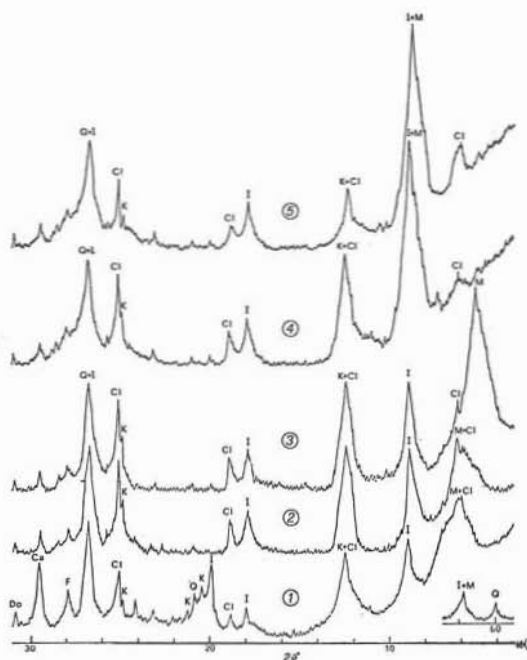


Fig. 5. — Diffattogrammi di raggi X della fraz. $< 4 \mu\text{m}$ del camp. 6. - 1 = lastrina a caricamento laterale; 2 = lastrina isoorientata campione tal quale; 3 = lastrina isoorientata campione glicolato; 4 = lastrina isoorientata campione riscaldato a 200°C per 4 h; 5 = lastrina isoorientata campione riscaldato a 500°C per 4 h. Radiazione $\text{CuK}\alpha$, filtrata su Ni, $2 \cdot 10^8$ cps, c.t. 4 sec., attenuazione 5, velocità di registrazione $1^\circ 2\theta/\text{min.}$, fenditure $1^\circ-0, 1^\circ-1^\circ$; kV 44 mA 22. Per i simboli confrontare tab. 3.

è uguale a 0,637 corrispondente ad un *L.d.P.* molto inferiore a 1% per l'ipotesi nulla). Questa distribuzione regolare non trova però adeguata corrispondenza in nessuno dei singoli costituenti argillosi ed inoltre la composizione della frazione argillosa sembra costante, verosimilmente a causa dell'esistenza di differenti aree di alimentazione nel paleobacino di sedimentazione. L'abbassamento percentuale, nello stesso senso, dei non argillosi si registra solo nei contenuti di quarzo + feldspati ($r = -0,604$; $y = -50,0825x + 1998,3755$; *L.d.P.* $\ll 1\%$) poiché i carbonati rimangono pressochè costanti, anche se nel loro ambito varia notevolmente e irregolarmente il rapporto calcite/dolomite.

Determinazione di alcune proprietà geotecniche

I parametri determinati (tab. 4) indicano sedimenti argillosi geotecnicamente comuni e

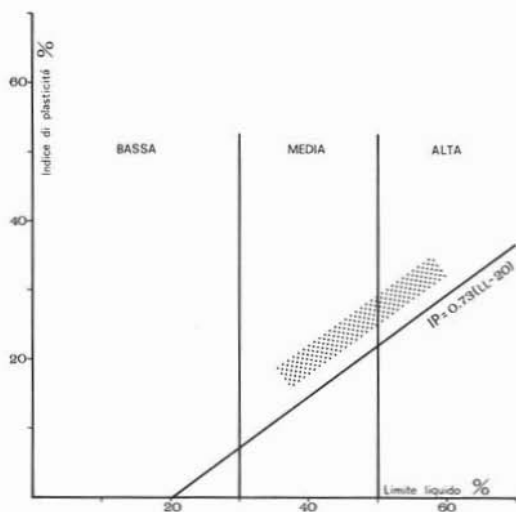


Fig. 6. — Carta di plasticità. I campioni esaminati sono compresi nell'area segnata.

con comportamento coerente con la composizione granulometrica e con quella mineralogica. Infatti i limiti liquido (LL) e plastico (LP) variano da 35,6 % a 57,5 % ($\bar{x} = 44,5\%$) e da 16,5% a 24,1% ($\bar{x} = 21,0\%$) rispettivamente e si riferiscono ad argille inorganiche a medio-alta plasticità (fig. 6) e con attività mediamente normale (fig. 7). Essi inoltre, in accordo con quanto già evidenziato da DELL'ANNA, RIZZO (1979) e da DELL'ANNA et al. (1981) per argille del Pliocene della stessa valle del F. Crati, sono correlati linearmente e positivamente (tab. 5) con i contenuti di minerali argillosi e di frazione propriamente argillosa ($< 2 \mu\text{m}$ secondo i Geotecnici e $< 4 \mu\text{m}$ secondo i Sedimentologi). Di conseguenza anche i limiti di Atterberg, in relazione alle già evidenziate variazioni di granulometria e di composizione mineralogica, variano con la posizione topografica dei depositi esaminati; così passando dal camp. 1 al camp. 24 ovvero da S a N del grande bacino sedimentario della valle del F. Crati, essi aumentano progressivamente tanto che i campioni relativi ai depositi più a N sono in media i più plastici ed ancora i più attivi (correlazione fra LL e latitudine = 0,724; $y = 44,0656x - 1697,6174$; $L.d.P. \ll 1\%$; correlazione fra LP e latitudine = 0,721; $y = 15,3447x - 585,6285$; $L.d.P. \ll 1\%$).

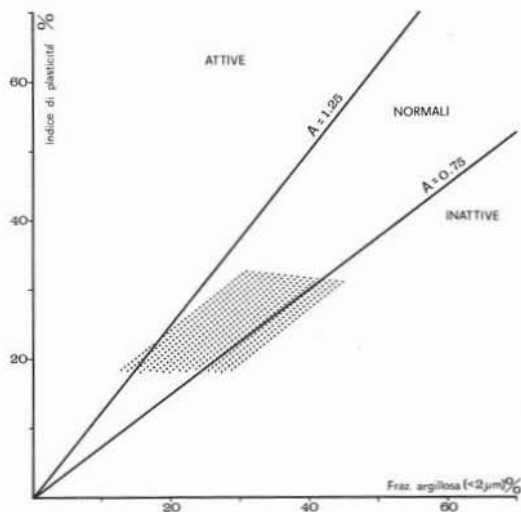


Fig. 7. — Carta di attività. I campioni esaminati sono compresi nell'area segnata.

Considerazioni conclusive

I dati composizionali precedentemente esposti e discussi si possono così riassumere.

Le argille grigio-azzurre del Pleistocene della media valle del F. Crati sono granulometricamente dei silt argillosi passanti ad argille siltose. La maggior parte dei granuli che le costituiscono si distribuiscono, infatti, essenzialmente nelle frazioni $< 2 \mu\text{m}$ ($\bar{x} = 26,2\%$) e $16-32 \mu\text{m}$ ($26,6\%$), subordinatamente nelle frazioni $2-4 \mu\text{m}$, $4-8 \mu\text{m}$, $8-16 \mu\text{m}$ e $32-63 \mu\text{m}$ ($\bar{x} = 11,0\%$, $13,7\%$, $12,5\%$ e $6,8\%$ rispettivamente) ed infine molto subordinatamente nella frazione $> 63 \mu\text{m}$ ($\bar{x} = 3,2\%$).

Dal punto di vista mineralogico, esse risultano essenzialmente costituite da minerali argillosi ($\bar{x} = 62\%$) e subordinatamente da carbonati ($\bar{x} = 20\%$) e da quarzo + feldspati ($\bar{x} = 18\%$); però in esse si rinvencono anche scarse quantità di miche, muscovite e biotite, e di, talora occasionali, pirosseni augitici, anfiboli orneblendici, granati pirlaspitici, gesso, ossidi di ferro, ematite e magnetite, goethite ed infine di pirite. I minerali argillosi sono rappresentati da illite 2M che prevale nettamente ($\bar{x} = 36\%$) su Ca-Mg montmorillonite ($\bar{x} = 14\%$), clorite ferrifera ($\bar{x} = 7\%$) ed infine su caolinite ($\bar{x} = 5\%$); i carbonati da calcite che prevale

TABELLA 5
Tabella di correlazione
(coefficienti di correlazione ed equazioni delle rette di regressione)

$y \setminus x$	Montmorillonite	Min. argillosi associati	Fraz. <2 μ m	Fraz. <4 μ m
LL	0.283 $y = 0.3347x + 39.9672$	0.766 $y = 0.5604x + 10.0980$	0.862 $y = 0.5845x + 29.2335$	0.870 $y = 0.4619x + 27.3584$
LP	0.131 $y = 0.0550x + 20.2404$	0.822 $y = 0.2136x + 7.8619$	0.829 $y = 0.1996x + 15.7632$	0.823 $y = 0.1558x + 15.2030$
IP	0.328 $y = 0.2798x + 19.7267$	0.656 $y = 0.3468x + 2.2361$	0.786 $y = 0.3848x + 13.4704$	0.639 $y = 0.2941x + 12.6330$

LL = limite liquido, LP = limite plastico, IP = indice plastico. La correlazione fra i limiti di Atterberg e la montmorillonite è al di sotto del limite della significatività statistica; per le altre correlazioni invece, il coefficiente di correlazione indica probabilità < 1% per l'ipotesi nulla.

($\bar{x} = 16\%$) su dolomite ($\bar{x} = 4\%$) e su aragonite, quest'ultima presente allo stato di tracce solo in qualche frammento di fossili; i feldspati infine da ortoclasio, con tracce di microclino, e da plagioclasia albitico-oligoclasici.

Dal punto di vista geotecnico, naturalmente in relazione ai parametri determinati, le argille del Pleistocene costituiscono, coerentemente con la loro composizione mineralogica e granulometrica, argille inorganiche a medio-alta plasticità e ad attività normale.

I loro caratteri composizionali, ed ovviamente anche quelli geotecnici, mostrano però sensibili variazioni in relazione alla posizione topografica dei campioni prelevati. Infatti procedendo da S a N degli affioramenti considerati, le argille esaminate mostrano un progressivo arricchimento di frazione propriamente argillosa ed un aumento di minerali argillosi e dei valori dei limiti di Atterberg. Queste variazioni concorderebbero con l'ipotesi di un approfondimento del bacino di sedimentazione procedendo da S a N degli affioramenti considerati. L'ipotesi appare confermata dagli andamenti delle curve cumulative che, interpretate sedimentologicamente, mostrano, man mano che si procede verso la foce del F. Crati, l'evolversi di una sedimentazione costiera verso una deposizione di tipo essenzialmente gravitativo. Però l'assenza di una variazione regolare in ciascuno dei componenti siallitici e la costanza della composizione della frazione argillosa lasciano presupporre la esistenza di differenti aree di alimentazione nel paleobacino sedi-

mentario considerato.

I dati ottenuti sono, a nostro avviso, abbastanza rappresentativi, per il tipo di campionamento adottato, dell'intera formazione argillosa del Pleistocene della media valle del F. Crati e pertanto sufficienti per un confronto con quelli di argille del Pliocene della stessa zona, precedentemente studiate, per evidenziare, in relazione ad uno degli scopi che la presente ricerca si prefigge, analogie e differenze fra i due tipi di argille. Il confronto dei dati evidenzia più analogie che differenze; la tab. 6, che per le argille del Pliocene riporta i dati relativi a tre gruppi di campioni, prelevati in serie (n. 20) (DELL'ANNA, RIZZO, 1979), in posto (n. 32) ed in frana (n. 35) (DELL'ANNA et al., 1981) rispettivamente, è abbastanza indicativa al riguardo.

Dal punto di vista granulometrico le argille del Pleistocene si trovano ad essere contenute nell'abbastanza larga fascia granulometrica di quelle del Pliocene, anche se le prime, rispetto alle seconde, sono mediamente più povere di frazione < 4 μ m (t di Student uguale a 4,089; $L.d.P. \ll 1\%$) e più ricche di silt ($t = 5,712$; $L.d.P. \ll 1\%$). Comunque dal punto di vista tessiturale le une e le altre sono rappresentate sia da silt argillosi che da argille siltose.

Anche mineralogicamente i due tipi di argilla sono costituite dagli stessi minerali principali che sono presenti con identica cristallochimica; infatti minerali argillosi (illite 2M, Ca-Mg montmorillonite, clorite ferrifera e caolinite), carbonati (calcite, dolomite e ara-

TABELLA 6

Argille della media valle del F. Crati: confronto fra i caratteri composizionali di argille plioceniche precedentemente studiate e quelli delle argille pleistoceniche qui esaminate

	ARGILLE PLIOCENICHE			ARGILLE PLEISTOCENICHE					
	camp. in serie n=20*	camp. in posto n=32**	camp. in frana n=35**	camp. sparati n=24					
	X	min.-max.	e	X	min.-max.	e			
<2µm	24.7	20.0-30.9	3.5	42.8	25.5-53.4	8.4	26.2	14.3-43.5	9.0
2-4	1.8	0.8- 3.9	1.0	11.9	4.3-22.3	5.3	10.9	1.1-21.6	4.7
4-8	15.0	8.4-20.6	3.7	9.5	3.2-23.1	5.0	9.6	2.1-26.2	6.1
8-16	12.6	7.6-18.0	3.4	10.9	4.8-16.8	3.8	8.9	3.3-15.3	3.2
16-32	23.3	19.0-26.5	2.6	14.2	6.1-21.3	4.2	11.5	6.6-20.2	3.9
32-63	13.1	5.1-23.8	3.7	5.1	0.9-15.2	3.1	3.3	0.4- 9.3	2.0
>63	9.5	5.4-17.0	3.6	5.6	0.7-22.1	6.5	4.3	0.2-19.7	4.0
SABBIA	9.5	5.4-17.0	3.6	5.6	0.7-22.1	6.5	4.3	0.2-19.7	4.0
SILT	64.0	58.5-71.3	4.2	39.7	24.9-51.5	6.5	33.3	22.4-49.8	6.6
ARGILLA	26.5	20.8-32.1	3.2	54.7	40.1-65.6	8.3	62.4	42.9-76.6	7.8
Tessitura	Silt argillosi	Argille siltose	Argille siltose	Silt argillosi	Argille siltose				
Mineralogia	I-M-Cl-K-Ca-Q-Do (Ar-Or-Mi-Pla-Mu-B- Au-Ho-Gr-Ma-Li-Go)	come camp. in serie più (I/M-M/Cl-V/M-Pa- Py-Ge-Si)	come camp. in posto	come camp. in serie					
I	23	17-28	2	22	12-41	7	20	6-32	6
M	11	3-20	5	21	7-37	6	32	19-66	9
Cl	14	11-17	2	12	4-20	4	10	2-20	5
K	3	2- 5	1	6	2-14	3	6	3-16	2
Ca	17	12-22	3	19	7-32	6	19	3-35	6
Do	5	1-10	2	4	1- 7	1	5	1-13	2
Q+P	27	23-34	4	16	5-30	7	8	2-18	4
A.a.	51	44-62	5	61	49-72	6	68	40-90	9
LL	39.2	35.5-44.4	2.1	50.2	30.8-68.4	9.1	59.6	42.3-82.6	8.1
LP	18.6	16.1-22.6	1.7	26.1	15.9-33.6	4.2	27.6	21.2-37.6	3.9
IP	20.6	18.8-22.5	1.1	24.1	14.9-34.8	5.5	32.0	22.7-45.0	45.0
Geotecnica	Argille inorganiche a media plasticità e ad attività normale	Argille inorganiche a attività da normale ad inattiva	come camp. in posto e in frana						

I = illite, M = montmorillonite, Cl = clorite, K = caolinite, Ca = calcite, Q = quarzo, Do = dolomite, Ar = aragonite, Or = ortoclasio, Mi = microclino, Pla = plagioclasti, Mu = muscovite, B = biotite, Au = augite, Ho = orneblenda, Gr = granati, Ma = magnetite, Li = limonite, Go = goethite, I/M = strati misti illite-smectite, M/Cl = strati misti smectite-clorite, V/M = strati misti vermiculite-smectite, Pa = paragonite, Ge = gesso, Py = pirite, Si = sillimanite.

* DELL'ANNA, RIZZO, 1979; ** DELL'ANNA et al., 1981.

gonite), quarzo e feldspati (ortoclasio, microclino e plagioclasti acidi) sono in ogni caso i componenti sempre presenti ed in quantità ponderabili. Qualche differenza si riscontra solo nella presenza dei minerali meno rappresentati o occasionali (strati misti illite/smectite, smectite/clorite, e vermiculite/smectite, muscovite, biotite, paragonite, pirosseni augitici, anfiboli orneblendici, granati pirlasptitici, gesso, ossidi e idrossidi di ferro, pirite e sillimanite) e nelle quantità dei componenti più abbondanti. Così le argille del Pleistocene registrano, rispetto a quelle del Pliocene, almeno in relazione ai dati finora a disposizione, la verificata assenza di strati misti, una maggiore quantità di illite ($t = 10,353$; $L.d.P. \ll 1\%$) e più bassi contenuti di

clorite ($t = 4,974$; $L.d.P. \ll 1\%$) e di montmorillonite ($t = 4,323$; $L.d.P. \ll 1\%$). In relazione a queste differenze mineralogiche ed alla già evidenziata minore quantità di frazione < 4 µm, le argille del Pliocene mostrano anche valori mediamente più bassi dei limiti di Atterberg (LL: $t = 2,920$; $L.d.P. < 5\%$; LP: $t = 3,892$, $L.d.P. < 1\%$; IP: $t = 2,015$, $L.d.P. < 5\%$).

Le forti analogie riscontrate lasciano prevedere una interdipendenza genetica fra i due sedimenti nel senso che le argille più giovani possano considerarsi derivate da quelle più antiche ovvero che ambedue i tipi di argilla provengano dalle stesse aree di alimentazione. Si hanno buoni motivi, soprattutto in relazione alla scarsa diagenesi dei sedimenti del

Pleistocene, per ritenere la seconda ipotesi più attendibile, senza però escludere che, alla formazione delle argille più recenti abbiamo concorso pure quelle più antiche. Comunque evitiamo per ora di entrare nei particolari dell'argomento rimandando un'approfondita discussione al riguardo, quando saranno note le litologie delle formazioni preplioceniche, possibili aree di alimentazione dei sedimenti della valle del F. Crati.

A conclusione del presente lavoro giova ricordare, in relazione ai problemi riguardanti la conservazione del suolo, che le argille di ambedue i tipi mostrano chiare e staticamente significative relazioni fra comportamento geotecnico, almeno nei confronti dei parametri determinati, e composizione granulometrica e mineralogica. Infatti sono state trovate in ogni caso correlazioni lineari posi-

tive fra limiti di Atterberg e contenuti di frazione argillosa e di minerali argillosi. A conferma della interdipendenza fra dinamica dei versanti e litologia delle masse che li costituiscono basti ricordare che nelle plioceniche le argille in frana registrano rispetto a quelle in posto, cioè alle argille in cui i fenomeni di dissesto sono da considerarsi trascurabili per intensità e per frequenza, contenuti più elevati di frazione argillosa, di minerali argillosi e soprattutto di montmorillonite.

Ringraziamenti. — Gli autori ringraziano l'operatore tecnico S. FRUSTACI per il contributo dato alla esecuzione delle prove geotecniche.

Lavoro eseguito con il contributo finanziario del CNR, Progetto finalizzato « Conservazione del suolo », Sottoprogetto « Fenomeni franosi » e con i fondi dell'Istituto Ricerche Protezione Idrogeologica (IRPI) di Cosenza.

BIBLIOGRAFIA

- BRADLEY W.F. and GRIM R.E. (1961) - *Mica clay minerals*. In G. BROWN Ed. - *The X-ray identification and crystal structures of clay minerals*. Mineralogical Soc., London, 208-241.
- BRINDLEY G.W. (1961) - *Chlorite minerals*. In G. BROWN Ed. - *The X-ray identification and crystal structure of clay minerals*. Mineralogical Soc., London, 242-296.
- BROWN G. and BRINDLEY G.W. (1980) - *X-ray diffraction procedures for clay mineral identification*. In G.W. BRINDLEY and G. BROWN Eds. - *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*. Mineralogical Soc., London, 305-359.
- DELL'ANNA L., RIZZO V. (1979) - *Argille grigio-azzurre della media valle del Crati: composizione mineralogica e alcune caratteristiche geotecniche*. Geol. Appl. e Idrogeol., 14, 57-86.
- DELL'ANNA L., RIZZO V., SIMONE A. (1981) - *Composizione mineralogica e granulometrica e alcune caratteristiche geotecniche delle argille infraplioceniche della media valle del F. Crati. Caratteri distintivi delle argille in frana*. Rend. Soc. Ital. Mineral. Petrol., 37, 161-178.
- GREENE-KELLY R. (1953) - *Identification of montmorillonoids*. J. Soil Sci., 4, 233-237.
- GRIFFIN G.M. (1971) - *Interpretation of X-ray diffraction data*. In R.E. CARVER Ed. - *Procedures in sedimentary petrology*. John Wiley and Sons, New York, 541-569.
- HINCKLEY D.N. (1963) - *Variability in crystallinity values among the kaolin deposits of the Coastal Plain of Georgia and South Carolina*. Clays Clay Miner., 11, 229-235.
- JOHNS W.D., GRIM R.E., BRADLEY W.F. (1954) - *Quantitative estimations of clay minerals by diffraction methods*. J. Sediment. Petrol., 24, 242-251.
- LANZAFAME G., ZUFFA G.G. (1976) - *Geologia e petrografia del F. Bisignano (Bacino del Crati, Calabria)*. Geol. Romana, 15, 223-270.
- MAC EWAN D.M.C. (1961) - *Montmorillonite minerals*. In G. BROWN Ed. - *The X-ray identification and crystal structures of clay minerals*. Mineralogical Soc., London, 143-207.
- MILNER H.B. (1962) - *Sedimentary petrography*. Allen and Unwin, London.
- OGNIBEN L. (1973) - *Schema geologico della Calabria in base ai dati odierni*. Geol. Romana, 12, 243-585.
- RAISH H.D. (1964) - *Quantitative mineralogical analysis of carbonate rocks*. Texas J. Sci., 16, 172-180.
- REYNOLDS R.C. (1980) - *Interstratified clay minerals*. In G.W. BRINDLEY and G. BROWN Eds. - *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*. Mineralogical Soc., London, 249-303.
- RIVIÈRE A. (1952) - *Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meubles*. Bull. Soc. Geol. Fr., 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. Surv. Profess., Paper 391 C, 1-31.
- SHEPARD F.P. (1954) - *Nomenclature based on sand-silt-clay ratios*. J. Sediment. Petrol., 24, 151-158.
- ŠRODOŇ JAN (1981) - *X-ray identification of randomly interstratified illite-smectite in mixtures with discrete illite*. Clay Miner., 16, 297-304.
- VEZZANI L. (1968) - *I terreni plio-pleistocenici del basso Crati (Cosenza)*. Atti Accad. Gioenia Sc. Nat., Catania, 20, 28-84.
- WEBER F., DUNOYER DE SEGONZAC G. and ECONOMOU C. (1976) - *Une nouvelle expression de la « cristallinité » de l'illite e des micas. Notion d'épaisseur apparente des cristallites*. C.R. Somm. Soc. Géol. Fr., 5, 225-228.