

I CALANCHI DI ATRI (ABRUZZO): CARATTERI MINERALOGICI, GEOTECNICI E GEOMORFOLOGICI

B. Anselmi - C. Crovato - L. D'Angelo - S. Grauso

ENEA - Centro Ricerche Energia Casaccia - Dipartimento Ambiente,
S. Maria di Galeria (Roma)

RIASSUNTO - *I calanchi di Atri (Abruzzo): caratteri mineralogici, geotecnici e geomorfologici*, - Il Quaternario, 7(1), 1994, 145-158 - È stato effettuato uno studio sui calanchi di Atri, mediante analisi granulometriche, mineralogiche e geotecniche ed osservazioni sulla tipologia e diffusione delle forme calanchive. Analizzando la loro distribuzione, i calanchi risultano prevalentemente impostati su versanti caratterizzati da orientamenti verso i quadranti meridionali. I materiali interessati dalla morfogenesi calanchiva sono classificabili litologicamente come marne argillose, mentre dal punto di vista granulometrico essi appartengono al campo dei limi argillosi del diagramma triangolare di Shepard. In base all'andamento evidenziato nel diagramma di Passega, i materiali esaminati sono riferibili ad un ambiente di sedimentazione di tipo misto. La composizione mineralogica nel "tal quale" è data da minerali non argillosi prevalenti rispetto ai minerali argillosi. Tra i minerali non argillosi prevale nettamente la calcite con valori intorno al 30%; seguono in ordine di abbondanza il quarzo e la dolomite; subordinati i feldspati ed i minerali pesanti; si riscontrano anche tracce di gesso. Tra i minerali argillosi prevalgono le argille micacee: l'illite predomina sulla smectite, meno rilevante è la presenza di clorite e caolinite. Valori più elevati di smectite si riscontrano nei campioni provenienti da calanchi classificabili di tipo "B". Dal punto di vista geotecnico i materiali esaminati sono classificabili come limi argillosi di bassa plasticità non attivi, dotati di elevata consistenza.

ABSTRACT - *The badlands of Atri (Abruzzo, Central Italy): mineralogical, geotechnical and geomorphological characters* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 145-158 - Badlands morphology of Atri surroundings was studied on the basis of grain size analyses, mineralogical composition and geotechnical characters, and of observations on various badland types and diffusion. The areal distribution of badlands indicates that gullies prevail on southward-facing slopes. From the lithological point of view the materials showing a badland morphology are clay marls; from the grain size point of view, they belong to the field of clayey-silts in the Shepard diagram. According to the Passega diagram, the materials can be ascribed to a mixed (turbiditic/calm-water) sedimentary environment. From the mineralogical point of view, inactive minerals prevail, clay minerals being subordinate in amount. Among inactive minerals calcite prevails, with values around 30%; quartz and dolomite are secondary; feldspars and heavy minerals are subordinate; gypsum may be found in traces. Among clay minerals, micaceous clay prevails: illite is more abundant than smectite; clorite and kaolinite are occasionally present. Higher amounts of smectite have been found in the samples collected from "type B" badlands (smooth-shaped gullies, rounded divides). From a geotechnical point of view, the examined materials are classified as a stiff low-plasticity, inactive clayey silt.

Parole chiave: Calanchi, Atri, Italia centrale
Key-words: Badlands, Atri, central Italy

1. INTRODUZIONE

Nel settore compreso fra i fiumi Vomano e Saline e fra Atri ed il mare, i calanchi costituiscono il tratto morfologico più evidente e spettacolare.

Vari Autori nel passato hanno affrontato il problema dell'origine di tali forme ed hanno di volta in volta individuato diversi fattori predisponenti o determinanti il fenomeno.

Di recente, Dramis *et al.* (1982), passando in rassegna le varie ipotesi espresse, hanno ribadito come in realtà il processo che porta alla genesi delle forme calanchive sia complesso, essendo determinato da un insieme di fattori che, nello spazio e nel tempo, assumono importanza prevalente l'uno rispetto agli altri. Questi fattori sono: innanzitutto la presenza di un substrato argilloso *s.l.*, dotato di una discreta componente sabbiosa e di caratteristiche mineralogiche e geotecniche definite; quindi l'assetto giaciturale della formazione argillosa; l'esposizione dei versanti; la presenza di discontinuità (faglie, fratture) nell'ambito dell'ammasso roccioso, che preludono alla formazione di scarpate; il regime climati-

co caratterizzato da una lunga stagione secca; infine, ma non trascurabile, l'elemento antropico, che tende ad eliminare la copertura vegetale naturale dei pendii, per scopi agricoli o pastorali.

Quale di questi fattori sia prevalente rispetto agli altri, è oggetto di disputa in letteratura e probabilmente non si può affermare in generale il primato di un solo fattore rispetto agli altri. Per esempio, una condizione atta alla morfogenesi calanchiva potrebbe essere rappresentata dalla necessità dell'esistenza di versanti argillosi *s.l.* con accentuata acclività. L'esistenza di una parete acclive, del resto, è legata geneticamente ad un fenomeno geodinamico quale può essere una dislocazione tettonica o una frana o un rapido approfondimento dell'erosione lineare per cause tettoniche o climatiche, unitamente ad una adatta condizione litologico-tessiturale, ossia la presenza di uno scheletro sabbioso che permetta di mantenere valori di acclività che sarebbero difficilmente raggiungibili e/o conservabili su versanti francamente argillosi.

A tale proposito, per esempio, Vittorini (1977) afferma che l'acclività non è da considerare un fattore predi-

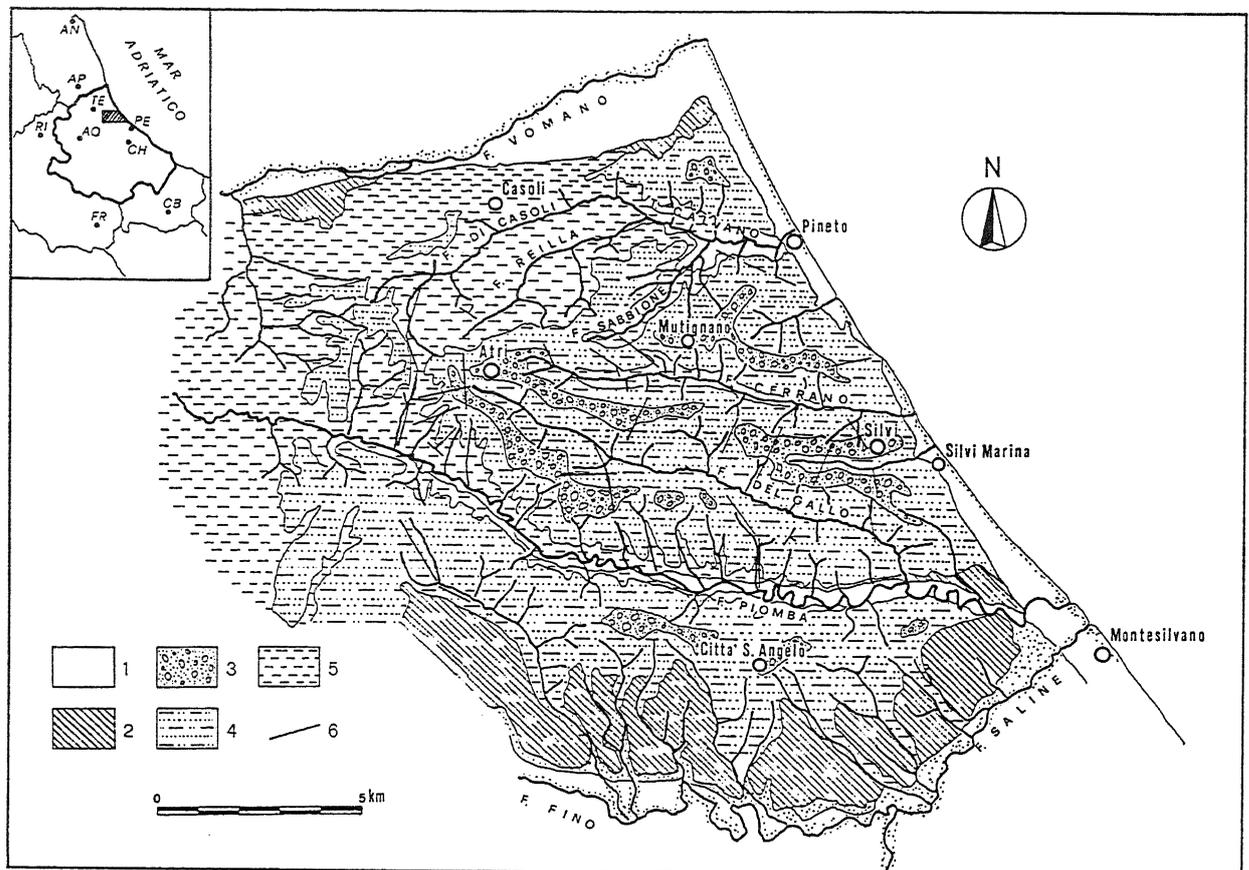


Fig. 1 - Ubicazione geografica e schema geologico dell'area: 1) alluvioni attuali e recenti (Olocene); depositi di spiaggia attuali e recenti (Olocene); 2) alluvioni antiche terrazzate (Pleistocene superiore); 3) conglomerati e sabbie di ambiente costiero (Pleistocene superiore); 4) alternanze di argille marnose e sabbie (Pleistocene inferiore); 5) argille marnose sormontate da limi e sabbie (Pliocene medio-superiore); 6) faglie.

Key-map and geological scheme of the examined area: 1) present and recent alluvial deposits (Holocene); present and recent beach deposits (Holocene); 2) old terraced alluvial deposits (upper Pleistocene); 3) coastal environment conglomerate and sand (lower Pleistocene); 4) marly clay and sand (lower Pleistocene); 5) marly clay, siltsand sands (middle-upper Pliocene); 6) fault.

sponente la genesi dei calanchi, ma piuttosto una conseguenza. Sdao *et al.* (1984), partendo dal presupposto che i calanchi si svilupperebbero anche su superfici poco acclivi, precisano che la maggiore o minore acclività viene determinata da altri fattori, quali quello mineralogico e granulometrico, dalla plasticità e dalle condizioni climatiche che a loro volta determinano l'instaurarsi di morfotipi differenti (rispettivamente, "calanchi" propriamente detti o "biancane"). Guericchio & Melidoro (1979a, b; 1982) ravvisano invece uno stretto legame tra neotettonica e franosità (quindi: pendii acclivi di neoformazione) da una parte e morfogenesi calanchiva dalla altra; conseguentemente, nè l'esposizione dei versanti nè la scomparsa della copertura vegetale costituiscono fattori determinanti; in particolare, l'assenza di copertura vegetale rappresenterebbe un effetto dell'erosione calanchiva, mentre lo sviluppo asimmetrico dei calanchi non sarebbe dovuto necessariamente all'esposizione dei versanti, ma all'assetto tettonico-strutturale.

Altri autori, fra i quali Rodolfi & Frascati (1979), considerano i calanchi come forme di erosione "residuali", in quanto sviluppatasi sotto condizioni climatiche più aride

delle attuali; in quelle condizioni i calanchi sarebbero stati uniformemente distribuiti su tutti i versanti argillosi, indipendentemente dall'esposizione; il mutamento climatico in senso "umido" che ha portato alle attuali condizioni, caratterizzate tuttavia da un forte contrasto stagionale, avrebbe determinato l'obliterazione dei calanchi sui versanti esposti a nord ed il mantenimento dei soli apparati calanchivi esposti verso i quadranti meridionali.

Nel presente lavoro vengono analizzate le caratteristiche mineralogiche, geotecniche e geomorfologiche dei calanchi di Atri, onde verificare la presenza di quei caratteri compositivi che, secondo molti autori, sovrintendono alla formazione e soprattutto al mantenimento di tali forme.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area esaminata (Fig. 1) ricade nella fascia pedemontana adriatico-abruzzese costituita da una serie di rilievi collinari da arenaceo-marnosi ad argilloso-sabbiosi, che si elevano fra la catena appenninica carbonatica e la linea di costa. Le colline di Atri, comprese fra il

Gran Sasso ed il litorale di Pineto, sorgono in corrispondenza del passaggio Pliocene-Pleistocene. Esse sono costituite quindi da terreni derivanti dalla sedimentazione sottile avvenuta nella fossa subsidente descritta da Crescenti *et al.* (1980) e da Casnedi (1986), cui fanno seguito depositi via via più grossolani facenti capo alla regressione ed alla chiusura del bacino di sedimentazione, avvenuta con il sollevamento tettonico quaternario.

Dalle indagini eseguite da Parea & Valloni (1983) risulta che, dal punto di vista cronostratigrafico, l'area indagata comprende terreni appartenenti al Pliocene medio-superiore ed al Pleistocene basale (Calabriano).

I terreni più antichi (Pliocene medio, secondo altri autori Pliocene inferiore, cfr. Molinaroli, 1984) sono costituiti da argille grigio-azzurre ovvero peliti argilloso-marnose a stratificazione indistinta e spessore non valutabile, biostratigraficamente ascrivibili alla parte alta della zona a *Globorotalia inflata* (Piacenziano superiore), secondo la zonatura di Colalongo *et al.* (1972).

A questi segue una facies più sabbiosa ("sabbie gialle") con evidente stratificazione, ascrivibile al Pliocene superiore, con faune che presentano una dominanza di forme bentoniche attribuibili alla parte inferiore della zona a *Bulimina elegans-marginata*. I massimi spessori segnalati per questi depositi sono di 10÷20 m.

Alle facies plioceniche segue, in continuità di sedimentazione, la successione del Quaternario marino. Alla base di questa compaiono argille costituite in realtà da alternanze di livelli marnosi, argillosi e subordinatamente sabbiosi, di colore grigio-azzurro, sottilmente stratificati. L'attribuzione zonale è alla parte alta della zona a *Bulimina elegans-marginata* (Pleistocene inferiore). Gli spessori stimati si aggirano intorno ai 150 m.

A tali argille segue un'unità di ambiente da marino a transizionale, per uno spessore complessivo inferiore ai 100 m. Tale unità risulta a sua volta costituita da due facies: una data da peliti più o meno marnose, a stratificazione indistinta, con contenuto micropaleontologico caratterizzato dalla presenza di *Hyalinaea balthica*, insieme con *Bulimina etnea* e *Bulimina elegans-marginata*, il che ascrive tale facies alla relativa zona del Pleistocene inferiore; l'altra facies è invece costituita da sabbie finissime, gialle, pressochè inconsolidate.

A tetto delle formazioni descritte giacciono, con contatto erosivo, depositi costieri terrazzati e/o depositi fluviali sabbioso-conglomeratici, generalmente attribuiti al Pleistocene superiore.

Nell'ampio affioramento offerto dall'erosione calanchiva ad W di Atri, l'insieme dei terreni costituenti la successione plio-pleistocenica presenta una giacitura quasi uniforme con immersione verso NE e debole pendenza (intorno ai 10°). Ad E di Atri fino al mare, invece, gli strati immergono verso ESE.

Tutta la successione risulta interessata da sistemi di fratture e faglie che tuttavia non appaiono costituire una rete molto fitta.

Nel loro lavoro del 1983, condotto fra Atri e Silvi,

Parea & Valloni riconoscono due sistemi di faglie, connessi al sollevamento complessivo del settore costiero avvenuto a partire dal Pliocene medio-superiore. Il più vistoso sarebbe orientato N-S, quindi parallelo alle strutture profonde di anticlinale, con rigetti verticali cui gli autori attribuiscono un certo rilievo. Elementi tettonici appartenenti a tale sistema sono stati rilevati, dagli autori citati, a Est e ad Ovest del colle di Atri. Il secondo sistema, caratterizzato da rigetti minori ed orientato NE-SW, quindi circa perpendicolare alla costa, sarebbe massimamente rilevabile, secondo gli AA., nella zona di Colle S. Anna (a W di Silvi), mentre risulterebbe quasi assente nella zona di Atri.

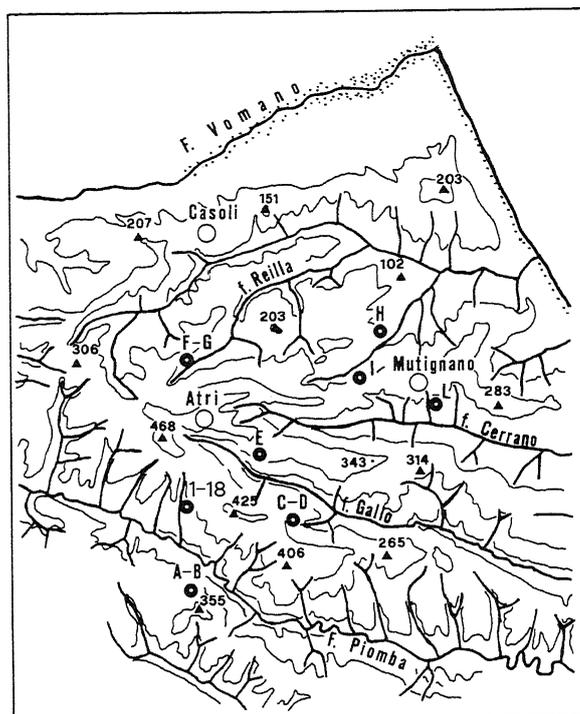


Fig. 2 - Ubicazione dei punti di campionamento.
Sampling sites.

3. CARATTERI GRANULOMETRICI, MINERALOGICI E GEOTECNICI

Ai fini della caratterizzazione granulometrica, mineralogica e geotecnica della serie "argillosa" sono stati prelevati complessivamente 27 campioni (Fig. 2), di cui 18 in successione stratigrafica, lungo un'incisione secondaria del F. Piomba (Fosso del Casale, Fig. 3).

Lungo tale incisione il campionamento è stato effettuato con una frequenza di un campione ogni 10 m circa, coprendo così un dislivello di circa 180 m. In alcuni punti si è proceduto al prelievo di campioni "indisturbati", raccolti ad una profondità di 1/2 metro dal piano-campagna, al di sotto dell'orizzonte di alterazione, mediante l'utilizzo di una motosega dotata di catena al widia.

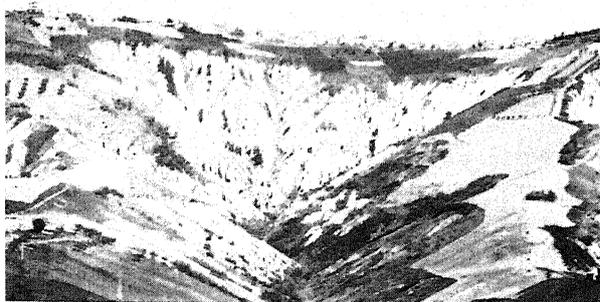


Fig. 3 - Il Fosso del Casale visto dalla valle del F. Piomba. Si nota la prevalenza delle forme calanchive sul versante esposto verso ESE (sinistra della foto) rispetto al versante esposto verso WNW (destra della foto), per contro maggiormente interessato da fenomeni franosi. Sullo sfondo il ventaglio di testata sormontato dal livello conglomeratico sommitale. In alto, l'abitato di Atri.

The Fosso del Casale valley viewed from the Piomba river valley. Prevalence of badlands on the ESE-facing slope can be noted (on the left in the photo), while the opposite slope, facing WNW (on the right), is more subjected to slides. At the centre of the picture, the gullies head topped by the conglomeratic layer. In the background, the town of Atri.

I restanti campioni sono stati prelevati in punti differenti allo scopo di evidenziare eventuali variazioni areali nella composizione dei materiali argillosi.

3.1 Analisi granulometriche

Dovendo trattare campioni a granulometria mista medio-fine, è stato adoperato un metodo composto che utilizza la setacciatura ad umido per la frazione superiore ai 63μ ed il calcolo della velocità di sedimentazione per quella inferiore.

Ogni campione è stato posto prima in una soluzione di acqua distillata con l'aggiunta di un agente defloculante, l'esametfosfato di sodio (0.025 %) e successivamente in agitatori meccanici per un tempo di circa 4 ore, onde favorire la dispersione delle particelle. La frazione con diametro medio delle particelle superiore a 63μ è stata setacciata, previa essiccazione, in una colonna di setacci con intervallo di $1/2 \Phi$, quella con diametro inferiore, riportata in soluzione, è stata invece analizzata al sedigrafo. In Tabella 1 sono riportate le percentuali relative delle frazioni sabbiosa ($>63\mu$), siltosa (da 2μ a 63μ) ed argillosa ($<2\mu$).

I dati così ottenuti sono stati inseriti nel diagramma di Shepard (1954), nel quale il sedimento risulta caratterizzato come limo argilloso (Fig. 4).

I campioni provenienti dai livelli stratigrafici più bassi mostrano un tenore in sabbia (circa il 10%) maggiore rispetto a quelli provenienti dai livelli superiori (intorno al 2%).

Dall'elaborazione dei percentili, ricavati dalle curve cumulative probabilistiche, secondo il metodo di Folk & Ward (1957), sono stati ricavati i parametri statistici più

Tabella 1 - Composizione granulometrica nelle frazioni sabbia, limo, argilla.

Grain size distribution of sand, silt and clay fractions.

Campione	Frazione sabbiosa > 63 micron	Frazione siltosa 2-63 micron	Frazione argillosa <2 micron
ATR 1	10.10	51.23	38.67
ATR 2	10.44	60.00	29.56
ATR 3	9.14	53.62	37.24
ATR 4	6.64	56.03	37.03
ATR 5	10.68	67.89	21.43
ATR 6	2.42	57.60	39.96
ATR 7	3.16	62.95	33.89
ATR 8	1.16	61.26	37.58
ATR 9	11.84	55.54	32.62
ATR 10	0.32	57.82	41.86
ATR 11	1.08	57.37	41.55
ATR 12	0.36	60.79	38.85
ATR 13	1.20	63.23	35.57
ATR 14	0.60	57.66	41.74
ATR 15	1.92	65.72	32.36
ATR 16	1.84	53.00	45.16
ATR 17	0.48	57.71	41.81
ATR 18	2.44	67.30	30.26
ATR A	9.88	53.16	36.96
ATR B	9.77	52.33	37.90
ATR C	2.00	57.82	40.18
ATR D	1.00	69.30	29.70
ATR E	1.28	56.27	42.45
ATR F	0.86	56.48	42.66
ATR G	0.84	56.50	42.66
ATR H	6.56	51.39	42.05
ATR I	2.00	57.82	40.18

importanti (Tab. 2). Detti parametri possono fornire indicazioni sulle caratteristiche dell'ambiente deposizionale.

In Figura 5 è rappresentato l'insieme delle curve cumulative relative ai campioni esaminati, raccolte entro un fuso abbastanza ristretto, da cui si discosta leggermente la curva corrispondente al campione ATR5, spostata verso i diametri relativamente più grossolani.

Il valore della deviazione standard, quasi sempre maggiore di 2, indica un sedimento molto poco classato, il che evidenzia una scarsa capacità selettiva da parte dell'agente di trasporto.

La dimensione media delle particelle oscilla entro un campo di variazione piuttosto ristretto: da un valore di

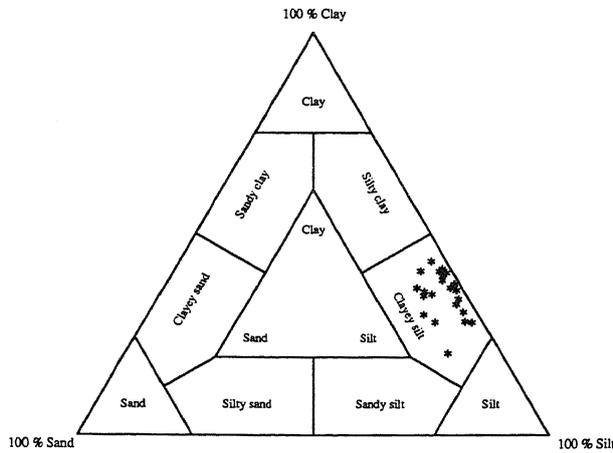


Fig. 4 - Classificazione granulometrica dei materiali esaminati in base al diagramma di Shepard.

Grain size distribution according to Shepard diagram.

Tabella 2 - Parametri statistici ricavati dall'elaborazione dei percentili desunti dalla curva cumulativa probabilistica. Mz = dimensione media; s = deviazione standard; Sk = skewness; Kg = kurtosis.

Statistical parameters obtained by the elaboration of percentiles derived from the probabilistic cumulative curve. Mz = average size; s = standard deviation; Sk = skewness; Kg = kurtosis.

Campione	Mz	σ	Sk	Kg
ATR 1	7.15	2.03	-0.17	0.64
ATR 2	7.31	2.46	+0.11	0.89
ATR 3	7.75	2.70	+0.05	0.77
ATR 4	7.82	2.46	+0.06	0.91
ATR 5	6.68	2.18	+0.15	0.92
ATR 6	8.14	2.50	+0.10	0.81
ATR 7	7.75	2.20	+0.90	1.00
ATR 8	8.03	2.02	+0.10	0.91
ATR 9	7.30	2.50	-0.05	0.87
ATR 10	8.26	2.07	+0.15	0.88
ATR 11	8.27	2.21	+0.12	0.83
ATR 12	8.13	2.02	+0.16	0.94
ATR 13	7.83	2.09	+0.10	0.86
ATR 14	8.26	1.92	+0.12	0.92
ATR 15	7.70	2.05	+0.14	0.92
ATR 16	7.77	1.93	-0.22	0.67
ATR 17	8.39	2.14	+0.17	0.85
ATR 18	7.50	2.07	+0.12	0.94
ATR A	7.82	2.62	+0.05	0.89
ATR B	7.99	2.60	+0.07	0.90
ATR C	8.22	2.16	+0.17	0.87
ATR D	7.64	1.94	+0.12	0.99
ATR E	8.47	2.33	+0.17	0.80
ATR F	8.34	2.15	+0.14	0.87
ATR G	8.34	2.15	+0.14	0.87
ATR H	8.11	2.64	+0.03	0.86
ATR I	8.22	2.16	+0.17	0.87

6.68 Phi ad un valore massimo di 8.47 Phi. Dai valori del kurtosis si desume una distribuzione di tipo mesocurtico. Lo skewness, con valori vicini allo zero, indica una distribuzione molto prossima alla simmetria, con uno spostamento preferenziale verso le classi con diametro minore. In termini di energia, questo dato fa presupporre condizioni stabili con leggere variazioni verso valori più bassi della media.

Tutti questi caratteri possono dare un'idea delle condizioni nelle quali è avvenuta la sedimentazione. In particolare, utilizzando il diagramma di Passega (1964) che prende in considerazione i valori corrispondenti all'1% della parte più grossolana (C) ed alla mediana (M), si nota come i campioni analizzati si dispongono secondo un pattern intermedio fra quello tipico delle sospensioni

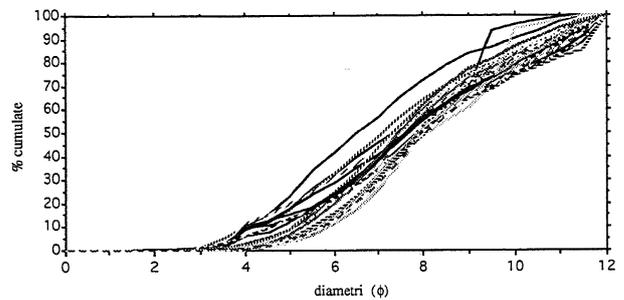


Fig. 5 - Fuso granulometrico risultante dalle curve cumulative relative ai campioni esaminati.

Envelope of cumulative grain size distribution curves related to the examined materials.

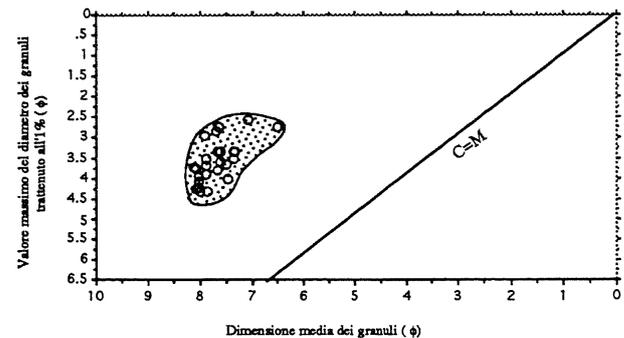


Fig. 6 - Collocazione dei campioni nel diagramma di Passega.

Coordinates of samples in the Passega diagram.

pelagiche e quello caratteristico delle torbiditi. Ciò denota un ambiente di sedimentazione di tipo misto, cioè di acque calme ed in parte torbido; date le dimensioni prevalentemente fini dei granuli, tali torbiditi sono comunque da associare a regimi di bassa energia, probabilmente ascrivibili ad apporti fluviali (pennacchi di foce) (Fig. 6). Questo concorda in parte con quanto già riportato da Vittorini (1977), che attribuiva i depositi in oggetto a delle torbiditi alimentate da correnti piuttosto deboli.

3.2 Analisi mineralogiche

La composizione mineralogica dei materiali in studio è stata analizzata mediante diffrattometria a raggi X; tali analisi sono state eseguite sia sulla frazione "tal quale" (polveri disorientate) che sulla sola frazione argillosa con dimensione inferiore a 2μ (preparati isorientati).

I preparati isorientati sono stati in seguito sottoposti a vapori di glicol etilenico e dimetilsolfossido per 24 h a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ed a riscaldamento, prima a $320\text{ }^{\circ}\text{C}$ e successivamente a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ per un totale di 2 h, poiché i minerali argillosi, in base ai diversi trattamenti subiti (glicolazione, dimetilsolfossido, riscaldamento), spostano i loro riflessi basali.

Tabella 3 - Composizione mineralogica del materiale in condizione di "tal quale". Ca = calcite; Do = dolomite; Qz = quarzo; Mp = minerali pesanti; Fd = feldspati; Gs = gesso; M.A. = minerali argillosi; Sm = smectite; Il = illite; K = caolinite; Cl = clorite; TR = tracce.

Mineralogical composition of "tout venant" material. Ca = calcite; Do = dolomite; Qz = quartz; Mp = heavy minerals; Fd = feldspars; Gs = gypsum; M.A. = clay minerals; Sm = smectite; Il = illite; K = kaolinite; Cl = chlorite; TR = traces.

Campione	Ca%	Do%	Qz%	Mp%	Fd%	Gesso%	M.A.%				
								Sm	Il	K	Cl
ATR 1	31	21	16	3	6	TR	23	8	13	1	1
ATR 2	33	15	15	4	5	TR	28	9	15	2	2
ATR 3	29	9	14	3	5	TR	40	15	19	3	3
ATR 4	37	13	13	4	4	TR	29	6	19	1	3
ATR 5	31	11	12	5	4	TR	37	15	18	2	2
ATR 6	35	12	15	3	7	TR	28	9	16	2	1
ATR 7	34	13	13	5	4	TR	33	9	20	2	2
ATR 8	33	13	12	3	4	TR	35	8	21	2	4
ATR 9	34	14	10	4	3	TR	35	6	24	3	2
ATR 10	34	14	13	4	5	TR	30	6	20	2	2
ATR 11	29	12	12	4	4	TR	39	14	21	1	3
ATR 12	30	10	12	5	4	TR	39	10	23	3	3
ATR 13	21	14	16	2	4	TR	43	11	21	5	6
ATR 14	37	11	12	4	2	TR	34	11	18	2	3
ATR 15	32	13	13	5	4	TR	33	11	17	2	3
ATR 16	34	12	11	4	3	TR	36	14	17	2	3
ATR 17	29	16	13	4	5	TR	33	11	17	2	3
ATR 18	32	15	16	3	6	TR	28	9	15	2	2
ATR A	35	10	21	3	5	TR	26	7	16	1	2
ATR B	32	11	20	2	5	TR	30	9	17	2	2
ATR C	33	14	15	3	4	TR	31	11	18	1	2
ATR D	33	12	14	3	4	TR	34	10	18	1	3
ATR E	30	16	14	3	4	TR	33	12	19	1	2
ATR F	32	11	12	4	3	TR	38	14	20	2	2
ATR G	33	9	15	3	4	TR	36	13	19	2	2
ATR H	34	12	14	2	3	TR	35	10	21	2	2
ATR I	32	11	15	3	4	TR	35	12	21	1	1

Tabella 4 - Composizione mineralogica della frazione $<2\mu$ (AON). Ca = calcite; Do = dolomite; Qz = quarzo; Mp = minerali pesanti; Fd = feldspati; Gs = gesso; M.A. = minerali argillosi; Sm = smectite; Il = illite; K = caolinite; Cl = clorite; TR = tracce.

Mineralogical composition of $<2\mu$ (Oriented Aggregate) fraction. Ca = calcite; Do = dolomite; Qz = quartz; Mp = heavy minerals; Fd = feldspars; Gs = gypsum; M.A. = clay minerals; Sm = smectite; Il = illite; K = kaolinite; Cl = chlorite; TR = traces.

Campione	Ca%	Do%	Qz%	Fd%	M.A.%				
						Sm	Il	K	Cl
ATR 1	24	10	8	TR	58	19	34	3	2
ATR 2	15	11	10	TR	64	20	36	4	4
ATR 3	16	9	8	TR	67	25	33	5	4
ATR 4	20	7	12	TR	61	12	39	6	4
ATR 5	15	5	9	TR	71	29	35	4	3
ATR 6	12	9	11	TR	68	24	35	5	4
ATR 7	15	7	9	TR	69	19	41	5	4
ATR 8	15	9	9	TR	67	15	41	7	4
ATR 9	16	10	5	TR	69	12	48	5	4
ATR 10	20	10	8	TR	62	12	43	4	3
ATR 11	11	10	6	TR	73	26	39	5	2
ATR 12	11	8	9	TR	72	18	42	6	6
ATR 13	14	9	8	TR	69	21	40	4	4
ATR 14	14	8	10	TR	68	23	36	5	4
ATR 15	15	10	8	TR	67	23	34	5	5
ATR 16	13	8	7	TR	72	28	34	6	4
ATR 17	14	9	9	TR	68	22	34	7	5
ATR 18	14	9	8	TR	69	24	37	4	4
ATR A	23	7	7	TR	63	12	43	4	4
ATR B	22	7	7	TR	64	24	35	3	2
ATR C	16	8	9	TR	67	16	41	5	5
ATR D	14	8	8	TR	70	22	41	4	3
ATR E	11	10	9	TR	70	24	36	6	4
ATR F	12	6	8	TR	74	26	37	6	5
ATR G	12	6	7	TR	75	29	35	7	4
ATR H	15	9	8	TR	68	23	34	6	5
ATR I	14	8	8	TR	70	24	38	4	4

Le analisi eseguite sui campioni sono state sia di tipo qualitativo che semiquantitativo.

Dalla stima semiquantitativa emerge che nei preparati "tal quale" le percentuali dei minerali inerti sono sempre maggiori di quelle dei minerali argillosi attivi (Tab. 3).

Tra i minerali non argillosi prevale nettamente la calcite con valori intorno al 30%; seguono in ordine di abbondanza il quarzo e la dolomite; subordinati i feldspati ed i minerali pesanti; si riscontrano anche tracce di gesso.

Tra i minerali argillosi, che nell'insieme costituiscono il gruppo più rappresentato, prevalgono le argille micacee: infatti l'illite predomina sulla smectite, meno rile-

vante è la presenza di clorite e caolinite.

Nell'ambito della frazione < 2 μ il gruppo dei minerali argillosi costituisce la frazione preponderante con valori di abbondanza relativa sempre superiori al 60% (Tab. 4); in esso predominano i minerali a reticolo non espandibile, essendo più rilevante la presenza dell'illite nei confronti della smectite.

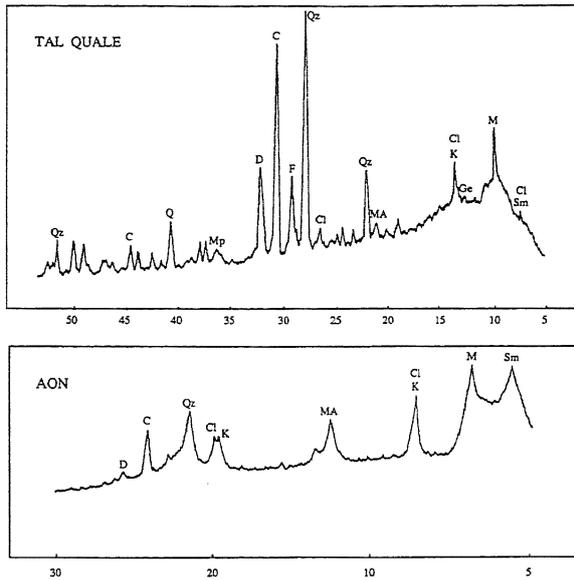


Fig. 7 - Diffattogrammi ottenuti in condizione di "tal quale" e di isoorientamento riferiti al campione ATR1. Sm = smectite; K = caolinite; M.A.= minerali argillosi; Qz = quarzo; F = feldspati; C = calcite; D = dolomite; Mp = minerali pesanti; Cl = clorite; M = miche; Gs = gesso.

Diffraction patterns obtained from "tout venant" and oriented aggregates referred to ATR1 sample. Sm = smectite; K = kaolinite; M.A.= clay minerals; Qz = quartz; F = feldspars; C = calcite; D = dolomite; Mp = heavy minerals; Cl = chlorite; M = mica; Gs = gypsum.

Tra i minerali inerti è sempre la calcite ad assumere il ruolo quantitativamente più rilevante con valori che oscillano da 11% a 23%. Le quantità di quarzo e dolomite pressochè si equivalgono con valori medi intorno all' 8%.

Dall'osservazione dei risultati si evidenzia una sostanziale omogeneità dei caratteri mineralogici sia dal punto di vista qualitativo, che delle relative quantità. La presenza di quarzo e di feldspati, sempre nell'ambito di piccole oscillazioni, è ovviamente più accentuata nei campioni a maggior componente sabbiosa; per contro l'insieme dei minerali argillosi tende ad assumere valori di abbondanza minori, come era lecito aspettarsi. Le percentuali degli altri minerali variano casualmente lungo la serie senza distinzione fra le due formazioni principali.

Data la quasi sovrapposibilità dei diffattogrammi relativi ai vari campioni, si riportano, a titolo di esempio, i soli diffattogrammi relativi al campione ATR1, ottenuti nelle varie condizioni (Figg. 7-8).

3.3 Prove geotecniche

E' stata effettuata l'identificazione dei terreni, in relazione al loro stato fisico, tramite la determinazione dei pesi specifici e dei limiti di consistenza.

Sui campioni "indisturbati" sono state effettuate prove edometriche con l'ausilio di edometri convenzionali, accompagnate dalla determinazione di alcuni parametri indicativi della consistenza dei materiali.

Le indagini geomeccaniche, almeno in questa fase, sono state limitate alla sola determinazione della pressione di preconsolidazione.

3.3.1 Pesi specifici

Su tutti i campioni è stato determinato il peso specifico della parte solida (δ_s), mediante picnometro. Sui campioni "indisturbati" accanto al δ_s è stato determinato anche il peso dell'unità di volume della massa composta dalle particelle solide, dal liquido e dal gas, eventualmente contenuti negli interstizi (δ_n). Inoltre è stato determinato il peso di volume secco (o "densità secca", δ_d).

I risultati ottenuti da queste analisi confermano la

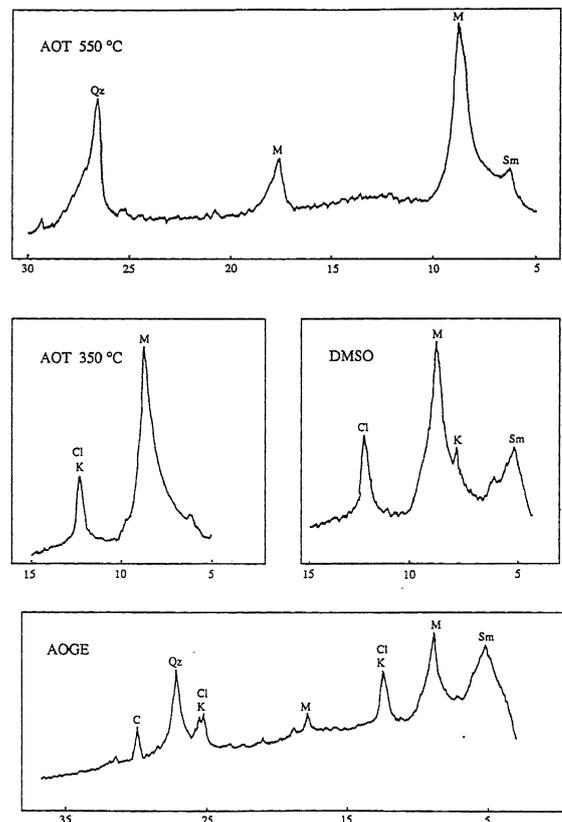


Fig. 8 - Diffattogrammi ottenuti in condizione di isoorientamento con i vapori di glicol etilenico e dimetilsulfossido ed al riscaldamento alle temperature di 350°C e 550°C, riferiti al campione ATR1.

Diffraction patterns, referred to ATR1 sample, obtained from oriented aggregates by glycol and dimethyl sulfoxide vapors and by heating at 350°C and 550°C.

Tabella 5 - Limiti di Atterberg e peso specifico delle particelle solide. g_s =peso specifico della parte solida (g/cm^2); LL=limite di liquidità; LP=limite di plasticità; IP=indice di plasticità.

Atterberg limits and wt. density of solid particles. g_s = wt. density of solid aggregate (g/cm^2); LL= liquid limit; LP= plastic limit; IP= plasticity index;

Campione	γ_s	LL	LP	IP
ATR 1	2.79	27.90	18.88	9.02
ATR 2	2.79	39.10	18.60	20.50
ATR 3	2.77	34.80	20.72	14.08
ATR 4	2.73	30.10	17.66	12.44
ATR 5	2.79	44.10	20.72	23.38
ATR 6	2.78	48.25	26.68	21.57
ATR 7	2.80	40.60	19.74	20.86
ATR 8	2.78	39.75	20.88	18.87
ATR 9	2.76	43.25	19.37	23.79
ATR 10	2.79	31.60	23.40	8.20
ATR 11	2.79	48.80	24.16	24.64
ATR 12	2.78	44.60	21.24	23.36
ATR 13	2.84	41.30	24.46	16.84
ATR 14	2.78	44.75	22.63	22.12
ATR 15	2.76	43.51	27.59	15.92
ATR 16	2.78	51.60	24.35	27.25
ATR 17	2.77	41.20	24.76	16.44
ATR 18	2.80	45.75	26.97	18.78
ATR A	2.78	37.15	24.95	12.20
ATR B	2.78	39.20	25.10	14.10
ATR C	2.75	43.38	29.75	13.63
ATR D	2.77	46.25	30.20	16.05
ATR E	2.80	46.70	30.42	16.28
ATR F	2.78	50.10	30.80	19.30
ATR G	2.79	51.50	30.41	21.09
ATR H	2.78	43.75	28.30	15.45
ATR I	2.79	46.75	33.10	13.65

sostanziale omogeneità di caratteri, in seno alla serie campionata, già emersa da precedenti considerazioni. A tale omogeneità si uniformano i dati ottenuti dai campioni prelevati in siti e situazioni diverse (Tab. 5).

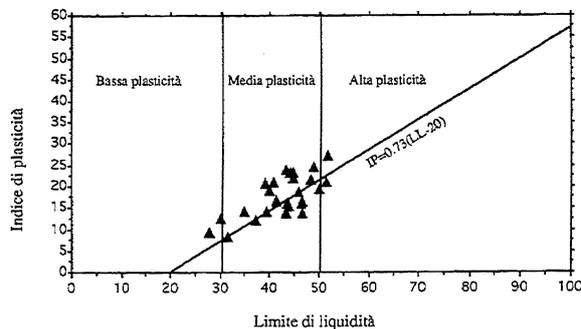


Fig. 9 - Collocazione dei campioni esaminati nella carta di plasticità di Casagrande.

Plot of the examined materials in the Casagrande plasticity chart.

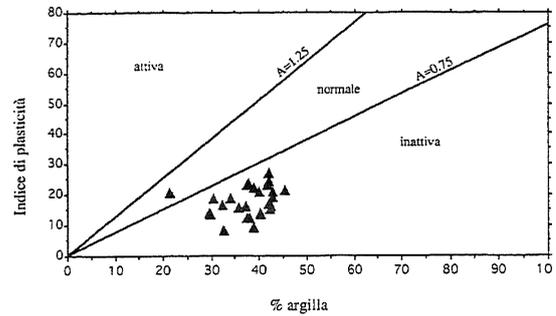


Fig. 10 - Carta di attività .
Activity chart.

3.3.2 Limiti di consistenza ed umidità naturale

In base ai valori dei limiti di consistenza i materiali esaminati si collocano, secondo lo schema classificativo dei terreni a granulometria fine del UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM, prevalentemente nei gruppi "CL" ed "ML" ai quali appartengono argille e limi argillosi di bassa plasticità non attivi (Fig. 9). Pochi campioni ricadono o sono prossimi ai campi caratterizzanti materiali a più elevata plasticità o compressibilità (gruppi "CH" ed "MH"); fra essi, in particolare, è da notare la presenza dei campioni "F" e "G", caratterizzati mineralogicamente da un più elevato contenuto in smectite rispetto ai restanti campioni.

La "inattività" dei campioni esaminati è resa evidente attraverso la "Carta di Attività" (Fig. 10).

I valori dei limiti di consistenza sono in linea con le risultanze delle analisi mineralogiche che, rivelando il predominio dei minerali inerti e la prevalenza dell'illite tra i minerali argillosi, implicano un minor grado di attività ionica. In effetti i termini illitici posseggono un modesto grado di attività rispetto alla smectite, dovuta ad una limitata capacità di scambio ionico che discende dalla struttura intima dei minerali. Di capacità ancora meno spiccate è dotata la caolinite.

Il contenuto naturale d'acqua (w), ricavato dai campioni "indisturbati", risulta confinato in valori piuttosto bassi, compatibili con le caratteristiche dei terreni esaminati e con le loro esposizioni.

Attraverso la comparazione delle umidità naturali con i limiti di Atterberg, ottenuti dal rimaneggiamento degli stessi campioni, è stato determinato l'indice di consistenza $I_c = (LL-w)/IP$, che dà una misura del grado di compattezza di una roccia sciolta (Tab. 6). Tale parametro è sempre risultato superiore all'unità, definendo così una consistenza solida per tutti i campioni analizzati.

Alla luce di questi risultati si può affermare che i terreni in studio sono dotati di una buona consistenza che può essere attribuita a vari motivi fra i quali il carattere marnoso dei materiali e la discreta presenza della componente sabbiosa, oltre che i possibili legami diagenetici occorsi.

Tabella 6 - Parametri geotecnici relativi ai campioni "indisturbati". g_s = peso specifico della parte solida (g/cm^3); g_d = peso specifico secco (g/cm^3); g = peso specifico allo stato naturale (g/cm^3); $w\%$ = contenuto naturale d'acqua; $e\%$ = indice naturale dei vuoti; $Sr\%$ = grado di saturazione; lc = indice di consistenza; ll = indice di liquidità; pc = pressione di preconsolidazione (kg/cm^2).

Geotechnical parameters referred to the "undisturbed" samples. g_s = weight density of solid aggregate (g/cm^3); g_d = dry weight density (g/cm^3); g = natural weight density (g/cm^3); $w\%$ = natural water content; $e\%$ = natural index of voids; $Sr\%$ = degree of saturation; lc = consistency index; ll = liquidity index; pc = preconsolidation pressure (kg/cm^2).

Campione	ATR 5i	ATR 8i	ATR 10i	ATR 12i
γ_s	2.80	2.80	2.77	2.78
γ_d	1.93	1.87	1.96	1.83
γ	2.22	2.20	2.18	2.13
w %	15.32	17.91	11.17	16.43
e %	45.08	49.73	41.33	51.91
Sr %	95.16	99.8	74.86	87.99
Ic	1.84	1.42	2.02	1.51
ll	-0.84	-0.42	-1.02	-0.51
pc	33.0	31.0	28.0	27.0

3.3.3 Prove edometriche

In base alle prove edometriche è stata determinata la pressione di preconsolidazione, utilizzando la costruzione grafica di Casagrande (1932).

Bisogna dire che i valori delle pressioni così ottenute, compresi fra $27 kg/cm^2$ e $33 kg/cm^2$, oltre che essere affetti da errori insiti nel metodo della determinazione grafica, possono essere stati influenzati dal fenomeno di essiccamento che tende ad aumentare il grado di sovraconsolidazione (definito come rapporto tra la pressione efficace massima raggiunta, nella storia geologica, e la pressione litostatica efficace), in quanto i campioni sono

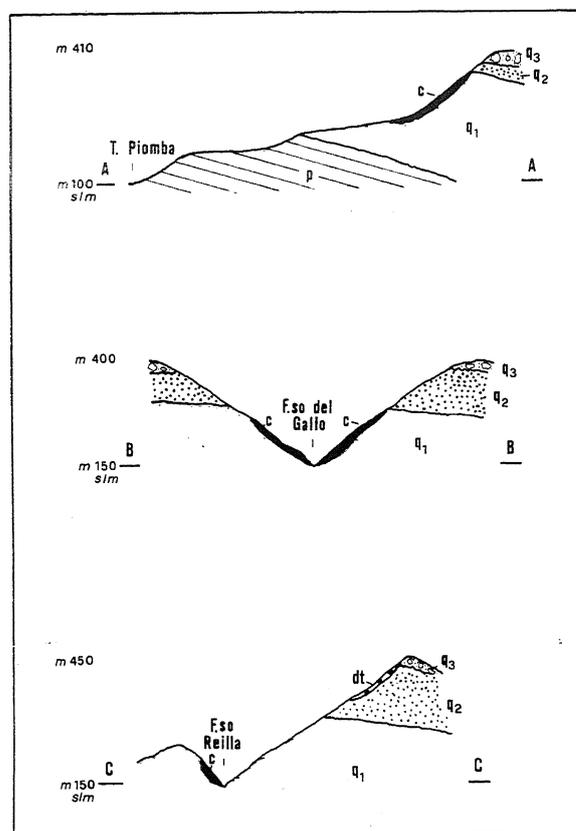


Fig. 11 - Sezioni delle valli del T. Piomba e dei Fossi Gallo e Reilla. c: calanchi; dt: detriti di versante; tracce delle sezioni e legenda della stratigrafia: vedi Tavola 1.

Cross-sections of Piomba river and of Gallo and Reilla streams illustrating the relations between badlands and stratigraphy. c: badlands; dt: slope debris; sections traces and stratigraphy legend as in Plate 1.

stati prelevati a profondità modeste (Sciarra, 1988).

Dai dati ricavati si può desumere che nella serie campionata la preconsolidazione subisce un incremento più o meno graduale di $12 kg/cm^2$ ogni 100 m.

I valori della pressione di preconsolidazione dei campioni sottoposti a prova sono in accordo con quanto ottenuto da Mortari (1977) in seguito ad un'indagine effettuata su diversi affioramenti di formazioni plio-pleistoceniche diffusi nel territorio italiano.

4. CARATTERI MORFOLOGICI

I terreni interessati dall'erosione calanchiva sono sia quelli appartenenti al Pliocene medio-superiore, ma soprattutto quelli relativi alle facies pelitiche infra-pleistoceniche (Fig. 11). In queste ultime sono attestati gli apparati calanchivi più ampi e spettacolari, come quelli di Colle della Giustizia a W di Atri (Tav. 1).

Il regime di precipitazioni registrato alla stazione idrometeorologica di Atri (periodo 1935-'41; 1950-'78) è caratterizzato da una piovosità non elevata (media an-

na: circa 800 mm.) e concentrata nel semestre invernale-primaverile (mese più piovoso: aprile) cui fa seguito la stagione estiva secca, caratterizzata da una precipitazione media su scala mensile inferiore ai 33 mm (Fig. 11).

Le condizioni pluviometriche generali, con la presenza di una lunga stagione secca, sono quindi tali da favorire quei fenomeni di aridità del suolo e di fessurazione superficiale che sono particolarmente accentuati sulle superfici argillose esposte verso i quadranti meridionali e che ne condizionano in maniera determinante la stabilità. Questa è affetta sia dall'erosione superficiale da parte delle acque di ruscellamento che dalle conseguenze dell'infiltrazione che determina una circolazione ipodermica e tende a saturare gli orizzonti superficiali, fino alla profondità massima raggiunta dalle fratture (dai 30 ai 60 cm).

Dall'osservazione ed analisi delle tipologie calanchive, rinvenibili sul territorio in esame, si evince una netta prevalenza di calanchi prodotti dall'erosione lineare. Detti morfotipi, caratterizzati da solchi profondamente incisi separati da sottilissime creste, sono classificati da Rodolfi & Frascati (1979) come "calanchi di tipo A" (Fig. 3).

Oltre a queste forme si riconoscono tuttavia morfotipi contraddistinti da valleciole relativamente ampie e a fondo concavo e displuvi dal profilo non eccessivamente affilato. In tali casi il processo erosivo dominante è rappresentato da movimenti di massa di tipo scivolamento sia traslazionale che rotazionale. Tali forme corrispondono a quelle definite dagli stessi Autori "calanchi di tipo B" (Fig. 12). Questa morfologia e questo tipo di processo sono stati riscontrati nei calanchi presenti sul versante sinistro del fosso Reilla ed in alcune forme presenti sul versante destro del torrente Piomba. Oltre alla sensibile differenza di forma, esistente nei confronti dei sistemi calanchivi del primo tipo, risulta evidente anche la presenza di una vegetazione meno rada.

L'elemento che determina il prevalere delle une o delle altre forme, è dato fondamentalmente dal carattere compositivo. I terreni presenti nel settore a morfologia di tipo "B" sono dotati di maggiore plasticità paesata dalle relazioni fra IP e LL risultanti dalle analisi dei campioni ivi raccolti. Questo riscontro è confortato da un lieve incremento registrato dal termine smectitico, in seno alla composizione mineralogica degli stessi cam-

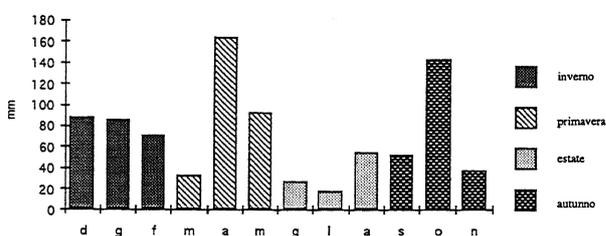


Fig. 12 - Andamento delle precipitazioni alla stazione meteorologica di Atri (medie del periodo 1935-41; 1950-78).

Rainfall distribution at the Atri meteorological station (averages of the period 1935-41; 1950-78).



Fig. 13 - Calanchi di tipo "B" presenti sul versante sinistro del Fosso Reilla. In questo caso il meccanismo genetico è maggiormente legato ai fenomeni franosi.

Type "B" badlands on the left slope of Reilla stream. In this case, the genetic mechanism is linked to sliding phenomena.

pioni. La più accentuata plasticità e la maggiore espandibilità dei materiali concorrono, in questo caso, a caratterizzare l'evoluzione di tali morfotipi, controllata quasi esclusivamente da fenomeni gravitativi.

Riguardo alla distribuzione degli apparati calanchivi, questa risulta prevalere sui versanti orientati verso i quadranti meridionali (Fig. 14). Questa distribuzione disomogenea sembra andare di pari passo con l'asimmetria morfologica rilevabile nei profili trasversali delle valli (Fig. 15).

In particolare, il Fosso dell'Odio ed il T. Piomba presentano una più spiccata asimmetria, data dal maggior dislivello rispetto al fondovalle e dalla maggiore lunghezza dei rispettivi versanti di sinistra, sui quali massima è l'incidenza delle forme calanchive. Anche nel Fosso del Gallo e nel Fosso Cerrano, che risultano meno spiccatamente asimmetrici, le forme calanchive appaiono maggiormente distribuite sul versante sinistro.

Tutti questi corsi d'acqua sono caratterizzati dalla avere gli assi vallivi orientati intorno a NW-SE, di conseguenza i versanti interessati dall'erosione calanchiva risultano esposti verso S e SW.

I corsi d'acqua confluenti nel T. Calvano, diretto anch'esso circa NW-SE, ovvero i fossi Casoli, Reilla e Sabbione, hanno invece orientamento mediamente SW-NE. Mentre nel T. Calvano non si ravvisano forme di erosione particolarmente accentuate, nei suoi affluenti queste sembrano prevalere sui rispettivi versanti di sinistra. In questo caso, i versanti sottoposti a morfogenesi calanchiva sono esposti verso SE. Il Fosso di Casoli presenta a sua volta alcuni tributari, diretti circa SE-NW, nei quali le forme calanchive sono concentrate sui versanti di destra, esposti verso SW.

A fronte di questa impostazione generale, è possibile tuttavia riconoscere, sui versanti esposti a settentrione, delle forme, sia attive che inattive, costituite da calanchi parzialmente o totalmente inerbiti. La presenza

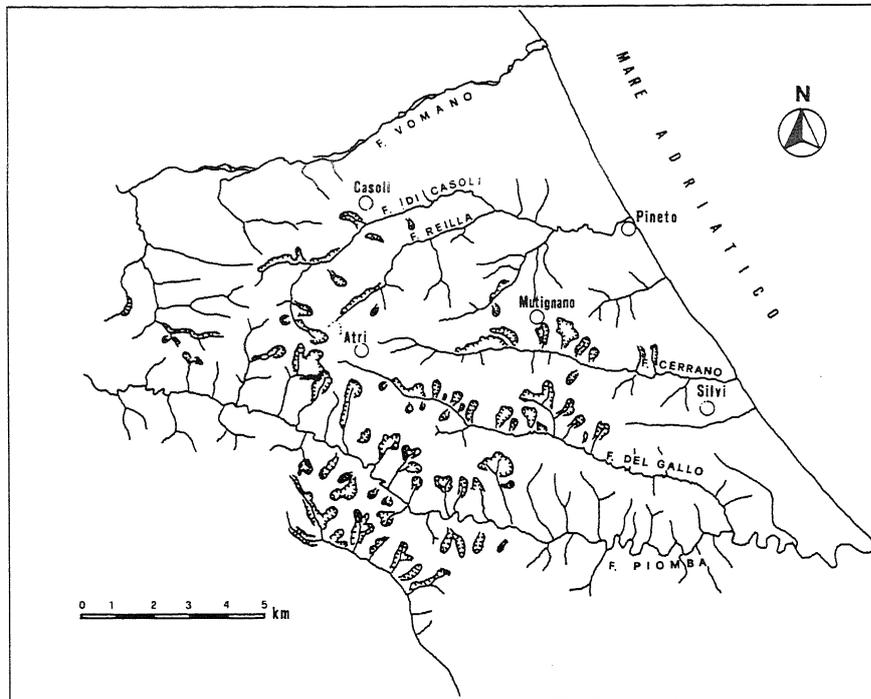


Fig 14 - Schema della distribuzione dei calanchi nell'area esaminata.
Schematic map of badlands distribution in the examined area.

di tali forme confermerebbe quanto affermato da Rodolfi & Frascati (1979), già riportato nell'introduzione.

Altre forme di erosione caratterizzano i versanti nell'area esaminata, determinando in essi una generale instabilità: dal *creeping*, agli scivolamenti superficiali che interessano fino a 1/2 metro di spessore, corrispondente all'orizzonte di massima infiltrazione e saturazione d'acqua, ed assumono spesso forma di veri e propri colamenti (Fig. 16), ai movimenti franosi s.s. più ingenti e profondi (Tav.1). Fra i movimenti franosi sono da anno-

verare anche episodi di crolli, interessanti i livelli conglomeratici sommitali nonché livelli dotati di consistenza lapidea presenti nell'ambito della sottostante successione argilloso-sabbiosa.

Tutte queste forme di instabilità e dissesto sono comunque concentrate intorno alle zone più rilevate, caratterizzate da bruschi dislivelli rispetto ai fondovalle e quindi da una maggiore energia del rilievo. Non si rilevano apprezzabili fenomeni del genere, per esempio, nei tratti terminali dei bacini, ove gli spartiacque si abbassano e si raccordano dolcemente alla pianura costiera o nel margine più settentrionale della zona esaminata, dove le colline digradano verso la piana alluvionale del Vomano.

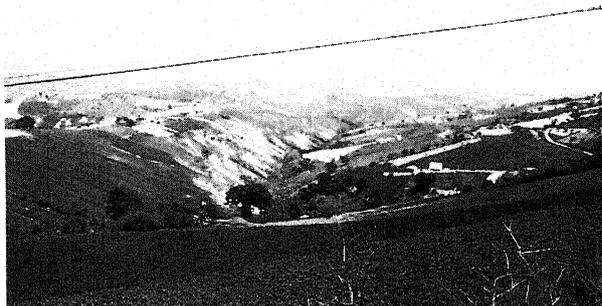


Fig. 15 - Valli asimmetriche. E' evidente anche l'asimmetria nella distribuzione dei calanchi, prevalenti sui versanti esposti a S. A) Fosso di Casoli; B) Fosso Reilla; C) Fosso Sabbione.

Asymmetrical valleys. Asymmetry in badlands distribution is evident, as they are prevalent on southward slopes. A) Casoli stream; B) Reilla stream; C) Sabbione stream.

6. CONCLUSIONI

Le caratteristiche mineralogiche, granulometriche e geotecniche dei litotipi costituenti i versanti nei dintorni di Atri, unitamente alle caratteristiche del regime climatico, risultano corrispondenti alle caratteristiche già descritte per forme analoghe in altre regioni d'Italia:

- dal punto di vista mineralogico, i minerali inerti (carbonati, quarzo e feldspati) prevalgono rispetto ai minerali argillosi attivi. E' inoltre rilevante il dato che esprime il predominio dei minerali a reticolo non espandibile, nell'ambito dell'insieme dei minerali argillosi. Infatti l'illite, caratterizzata da un reticolo non soggetto a variazioni volumetriche in presenza di acqua, è più abbondante della smectite che ha una più alta capacità di rigonfiamento;

- i caratteri tessiturati e la modesta plasticità dei materiali in questione indicano la presenza di un cospicuo scheletro siltoso-sabbioso ed una palese tendenza da parte dei versanti ad evolvere verso forme più esasperate, date dal notevole approfondimento del reticolo calanchivo, piuttosto che verso forme più arrotondate, caratteristiche di un comportamento più francamente plastico. La buona consistenza, rivelata dagli indici geotecnici, ed i bassi valori del contenuto d'acqua conferiscono a tali materiali la capacità al mantenimento dell'impalcatura calanchiva;



Fig. 16 - Altre forme di erosione riconoscibili nell'area.
Other erosion forms recognizable in the area (mudflows, superficial slides).

- i principali sistemi calanchivi sono impostati per lo più su versanti esposti verso i quadranti meridionali, con giacitura degli strati a reggipoggio ed una pendenza uniforme di 10°-15°; tali condizioni costituiscono l'optimum per il procedere dell'erosione calanchiva ed il mantenimento delle forme.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano, per la collaborazione ed i suggerimenti forniti, i sigg. G. Spat e M. Pezzé (ENEA-AMB/MON/EVEN) per quanto riguarda le prove geotecniche ed il sig. F. Catalano (ENEA-AMB/MON/GEOLOG) per le analisi diffrattometriche.

BIBLIOGRAFIA

Casagrande A., 1932 - *Research on the Atterberg limits of soils*. Public Road, **13**, 121-136.
Casnedi R., 1986 - *Effetti della subsidenza sulla geometria di corpi terrigeni nel Pliocene inferiore abruzzese*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 157-162.
Casnedi R., Crescenti U., 1986 - *Generalità sul Plio-Pleistocene del bacino abruzzese*. 73° Congresso

della Soc. Geol. It. - Studi geologici Camerti, No. spec., 11-18.
Castiglioni B., 1933 - *Osservazioni sui calanchi appenninici*. Boll. Soc. Geol. It., **52**, 357-360.
Chieco A. & Melidoro G., 1985 - *Movimenti di massa nell'Italia meridionale: "sackung", calanchi, frane, subsidenza*. Geol. Appl. e Idrogeologia, **XX**, (II), 691-699.
Chisci G., 1988 - *Pratiche agricole ed instabilità dei versanti*. In: *La gestione delle aree franose*. Ed. delle Autonomie.
Colalongo M.L., Padovani A., Sartoni S., Tampieri R., D'Onofrio S., Elmi C., Francavilla F., Manzoni M., Poluzzi A. & Russo A., 1972 - *Biostratigrafia e cronostratigrafia del Pliocene*. Boll. Soc. Geol. It., **91**, 489-509.
Collella A., Di Geronimo I., D'Onofrio S., Forlani L., Lolli F., Casale V., 1984 - *Sedimentologia, stratigrafia ed ecologia dei depositi superficiali della conoide sottomarina del Crati (Golfo di Taranto)*. Giornale di Geologia, **XLV** (2), fasc. 2, 251-284.
Crescenti U., D'Amato C., Balduzzi A., Tonna M., 1980 - *Il Plio-Pleistocene nel sottosuolo Abruzzese-Marchigiano tra Ascoli Piceno e Pescara*. Geol. Romana, **19**, 63-84.
Demangeot J., 1965 - *Géomorphologie des Abruzzes Adriatiques*. Mem. et Docum. C.N.R.S., Paris.
Dramis F., Gentili B., Coltorti M., Cherubini C., 1982 - *Osservazioni geomorfologiche sui calanchi marchigiani*. Geogr. Fis. e Dinam. Quat., **5**, 38-45.
Folk R.L. & Ward W.C., 1957 - *Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters*. J. Sed. Petrol., **31** (4).
Guerricchio A. & Melidoro G., 1979 (a) - *Fenomeni franosi e neotettonici nelle argille grigio-azzurre calabriane di Pisticci (Lucania) con saggio di cartografia*. Geol. Appl. e Idrogeologia, **XIV**(1), 105-138.
Guerricchio A. & Melidoro G., 1979, b - *Contributo alla conoscenza dell'origine dei calanchi nelle argille grigio-azzurre calabriane della Lucania*. Ann. Fac. Ingegneria, N. S., **IV**, 100-116.
Guerricchio A. & Melidoro G., 1982 - *New views on the origin of the badlands in the plio-pleistocenic clays of Italy*. Proc. IV Congr. IAEG, **2**.
Lulli L., 1974 - *Una ipotesi sulla formazione dei calanchi della valle dell'Era*. Ann. Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo, **5**.
Mazzanti R. & Rodolfi G., 1988 - *Evoluzione del rilievo nei sedimenti argillosi e sabbiosi dei cicli neogenici e quaternari italiani*. In: *La gestione delle aree franose*. Ed. delle Autonomie
Ministero LL.PP., 1935-1978 - *Annali idrologici, sez. Pescara*.
Molinaroli E., 1984 - *La dispersione dei materiali nei depositi terrazzati pleistocenici della fascia costiera abruzzese nella zona di Atri-Silvi*. Boll. Soc. Geol. It., **103**, 529-537.

- Mortari R., 1977 - *Elementi per una nuova interpretazione della preconsolidazione delle argille*. Geol. Appl. e Idrogeologia, **12**, 189-200.
- Parea G.C. & Valloni R., 1983 - *Le paleospiege pleistoceniche della zona di Atri-Silvi (Abruzzo)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **114**, 51-82.
- Passaga R., 1964 - *Grain size representation by CM patterns as a geological tool*. Journ. Sed. Petr., **34**, n° 4, 830-847.
- Passaga R., Rizzini A., Borghetti G., 1967 - *Transport of sediments by waves, Adriatic coastal shelf, Italy*. Am. Ass. Petr. Geol. Bull., **51**, n° 7, 1304-1319.
- Passerini G., 1937 - *Influenza dell'immersione degli strati ed influenza dell'orientamento dei versanti sulla degradazione delle argille plioceniche*. Boll. Soc. Geol. It., **56**, 45-62.
- Pozzuoli A., Mattias P., Galan Huertos E., 1972 - *Mineralogia dei sedimenti abruzzesi*. Period. Miner., **41**, 611-655.
- Rodolfi G. & Frascati F., 1979 - *Cartografia di base per la programmazione degli interventi in aree marginali (area rappresentativa dell'Alta Valdera)*. In: *Memo-
rie illustrative della carta geomorfologica*, Ann. Ist. Sper. Studio e Difesa del Suolo, **X**.
- Sciarra N., 1988 - *Geologia e geotecnica di argille consistenti del Pliocene Abruzzese*. Boll. Soc. Geol. It., **107**, 3-15.
- Sdao G., Simone A., Vittorini S., 1984 - *Osservazioni geomorfologiche su calanchi e biancane in Calabria*. Geogr. Fis. e Dinam. Quater., **7**, 10-16.
- Sfalanga M., Malesani P., Vannucci S., 1974 - *Relazione fra caratteristiche mineralogiche e parametri fisici delle argille. Alcune considerazioni sulla stabilità dei versanti*. Ann. Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo, **5**.
- Shepard F.P., 1954 - *Nomenclature based on sand-silt-clay ratios*. Sedim. Petrol., **24**, 151-158.
- Vittorini S., 1977 - *Osservazioni sull'origine e sul ruolo di due forme di erosione nelle argille: calanchi e biancane*. Boll. Soc. Geogr. It., Ser. 10, **VI**, 25-51.

*Manoscritto ricevuto il 21. 9. 1992
Inviato all'Autore per la revisione il 10. 1. 1993
Testo definitivo inviato il 1. 3. 1994*

*Finito di stampare il 30 luglio 1994
nelle officine grafiche napoletane Francesco Giannini & Figli*