

SERGIO PINNA (\*) & SEBASTIANO VITTORINI (\*\*)

## SU ALCUNE CARATTERISTICHE DELLE ARGILLE PLIOCENICHE DELLA VALLE DELL'ERA (TOSCANA) IN RAPPORTO ALLA GENESI DI CALANCHI E BIANCANE

**Abstract:** PINNA S. & VITTORINI S., *Some features of pliocenic clays of the Era basin (Tuscany) in relation to «calanchi» and «biancane» genesis* (ISSN 0084-8948, 1989).

*Calanchi* and *Biancane* are typical landforms of pliocenic clay sediments in several Italian basins; their origin is still a much debated question. In this paper we have turned our attention to some geotechnical features (grain size distribution and Atterberg limits) of the Era valley clays on which such erosional forms are developed. *Biancane* have shown higher clay ( $< 2 \mu\text{m}$ ) contents and higher values of liquid limit ( $W_L$ ) and plastic limit ( $W_p$ ) than *calanchi*.

**KEY WORDS:** Bad lands, Clay sediments, Grain size distribution, Plasticity, Era valley (Tuscany).

**Riassunto:** PINNA S. & VITTORINI S., *Su alcune caratteristiche delle argille plioceniche della valle dell'Era (Toscana) in rapporto alla genesi di calanchi e biancane* (ISSN 0084-8948, 1989).

*Calanchi* e *biancane* sono stati studiati sotto molteplici aspetti, ma tuttora non esiste un punto di vista comune in merito alla loro genesi. In questo lavoro abbiamo posto l'attenzione su alcune caratteristiche tecniche delle argille plioceniche della Val d'Era (granulometria e limiti di Atterberg) per verificare se fra i terreni su cui si sviluppano i due morfotipi esistono differenze significative nei valori dei parametri considerati. I dati ottenuti mettono in evidenza che le *biancane*, rispetto ai *calanchi*, presentano una frazione argillosa ( $< 2 \mu\text{m}$ ) più abbondante e limiti di liquidità ( $W_L$ ) e di plasticità ( $W_p$ ) più elevati.

**TERMINI CHIAVE:** Calanchi, Biancane, Granulometria, Plasticità, Val d'Era (Toscana).

### PREMESSA

Il fiume Era è l'ultimo tra i più importanti affluenti di sinistra dell'Arno. Il suo bacino idrografico, che ha una superficie di 591 km<sup>2</sup>, è attraversato in direzione SE-NO dall'asta principale, lunga 54 km ed è caratterizzato da rilievi poco pronunciati — la cima più elevata è quella del M. Vitalba (675 m) — tanto che l'81% dell'area ha altezze comprese fra i 15 m, quota di confluenza con l'Arno,

ed i 300. La morfologia prevalente ha aspetto collinare, tipico delle argille neogeniche che sono molto diffuse; solo quelle plioceniche occupano il 40% della superficie totale. Esse, per le loro caratteristiche litologiche e per l'azione degli agenti demolitori, assumono acclività molto deboli, come mostra la tab. 1, elaborata sulla base delle tavolette dell'I.G.M. 1:25.000 (RIDOLFI & RAPETTI, 1971). Dai dati esposti risulta che la pendenza media ponderata dei versanti è del 12,9%; tuttavia è importante sottolineare che in alcune zone di ridotta estensione, non apprezzabili cartograficamente, si rilevano acclività sensibilmente superiori al 30%, in relazione a fenomeni di erosione intensa.

Com'è noto, le argille neogeniche sono sede di caratteristici fenomeni di erosione, dai quali risultano le forme calanchive e quelle mammellonari (fig. 2 e 3). Queste forme sono state studiate sin dalla fine del secolo scorso, ma tuttora non esiste un punto di vista comune sull'interpretazione della loro genesi<sup>(1)</sup>; si ritiene che in tale processo entrino in gioco, in particolare, i seguenti fattori:

- l'assetto strutturale del substrato argilloso;
- le condizioni microclimatiche locali;
- l'acclività dei versanti;
- le caratteristiche tecniche e mineralogiche delle argille;
- le attività antropiche.

È probabile peraltro che più fattori insieme, tra quelli sopra citati, contribuiscano, sia pure in diversa misura, alla morfogenesi dei calanchi e delle biancane. In questo studio prenderemo in considerazione alcune caratteristiche tecniche dei terreni argillosi pliocenici della Val d'Era, al fine di portare un contributo alle ricerche che si conducono sulla genesi di quelle forme erosive. Le caratteristiche dei terreni prese in esame sono la granulometria e i limiti di ATTERBERG; esse sono ottenibili da prove di laboratorio effettuate su campioni rimaneggiati. Tale metodologia risulta semplice ed economica e può essere facilmente ripetuta su

(\*) Istituto di Costruzioni Stradali e Trasporti (Fac. di Ingegneria) dell'Università di Pisa.

(\*\*) Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino del C.N.R., Pisa.

<sup>(1)</sup> Per una sintesi moderna e per una bibliografia più completa si rimanda ad altri lavori in cui questo aspetto della ricerca è stato trattato con particolare attenzione (GUASPARRI, 1978; DRAMIS & alii, 1982).

saggi provenienti da aree diverse, fornendo così dati utili per valutazioni comparative.

I limiti di ATTERBERG, determinati con prove empiriche di durata assai breve, stabiliscono quei contenuti di acqua del terreno che segnano convenzionalmente il passaggio di quest'ultimo da uno stato fisico ad un altro. In particolare sono stati considerati il limite di liquidità  $W_L$

TABELLA 1 - L'acclività dei versanti nelle argille plioceniche della Val d'Era (Da RIDOLFI & RAPETTI, 1971).

Classi di acclività	3,5-10%	10-20%	20-30%
Superficie km <sup>2</sup>	101,7	102,5	34,8
Superficie %	42,5	42,9	14,6

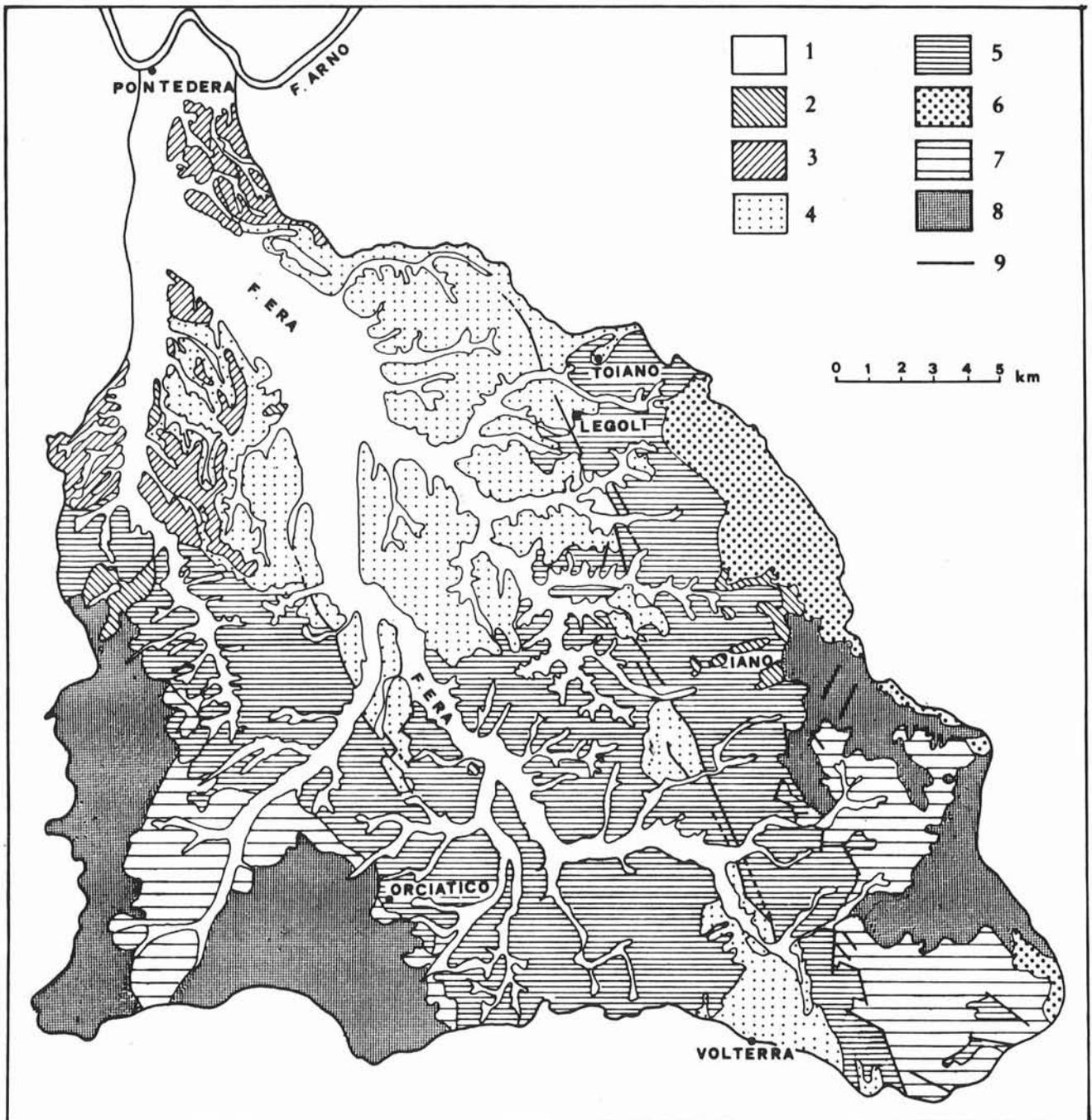


FIG. 1 - Schema geolitologico della Val d'Era (Da MAZZANTI & NENCINI, 1986, modificato): 1 - alluvioni; 2 - travertini; 3 - argille e sabbie del Pleistocene inferiore; 4 - sabbie plioceniche; 5 - argille plioceniche; 6 - conglomerati e sabbie pliocenici; 7 - argille e conglomerati del Miocene superiore; 8 - alloctono e Serie Toscana ridotta; 9 - faglie.



FIG. 2 - Forme calanchive presso Legoli.

e quello di plasticità  $W_p$ , parametri che caratterizzano le condizioni di plasticità del terreno. Essi sono definiti come le percentuali di acqua (riferita al peso della frazione solida) che individuano rispettivamente il passaggio dallo stato liquido a quello plastico e dallo stato plastico a quello semisolido. I dati ottenuti da queste prove consentono di effettuare una classificazione di massima delle terre e

possono quindi risultare particolarmente utili per gli scopi della presente ricerca. Queste determinazioni, unitamente alla granulometria, sono state effettuate per accertare se fra i campioni prelevati da forme calanchive e quelli provenienti da biancane esista una differenza, in termini quantitativi, che possa essere definita statisticamente apprezzabile.

TABELLA 2 - Caratteristiche granulometriche dei campioni prelevati nelle argille a calanchi e in quelle a biancane.

	Sabbia				Limo				Argilla			
	m	S	$S_m$	V	m	S	$S_m$	V	n	S	$S_m$	V
Calanchi	35,1	8,83	3,12	0,25	32,7	7,19	2,54	0,22	32,2	5,70	2,02	0,18
Biancane	10,6	4,81	1,70	0,45	40,1	4,20	1,48	0,11	49,3	3,12	1,10	0,06

$m$  = valore medio percentuale; S = scarto quadratico medio;  $S_m$  = scarto quadratico medio della media ( $S/\sqrt{N-1}$ ); V = coefficiente di variazione ( $S/m$ ).

Per quanto riguarda la campionatura eseguita, si fa presente che nella Val d'Era esistono zone preferenziali di diffusione dei calanchi e delle biancane: i primi sono localizzati a sud di Toiano, a sud-est di Legoli, ad ovest di Iano, nel botro dell'Alpino e nei dintorni di Volterra, in prossimità del contatto con le sabbie; le biancane invece si rinvencono quasi esclusivamente nella parte meridionale del bacino e quindi alla base delle argille plioceniche. I campioni analizzati sono stati prelevati nelle località citate, per cui quelli relativi ai calanchi hanno una distribuzione areale assai vasta, mentre quelli delle biancane sono circoscritti ad una zona molto limitata.

## GRANULOMETRIA

L'analisi granulometrica è stata eseguita mediante combinazione di setacciatura in acqua e di analisi per sedimentazione, con applicazione di quest'ultima alla frazione inferiore a 0,075 mm. I risultati ottenuti sono riportati nella tab. 2: si nota che nei campioni delle biancane prevalgono

la frazione argillosa ( $< 2 \mu\text{m}$ ) e quella limosa (2-20  $\mu\text{m}$ ), che superano, in media, rispettivamente il 49% ed il 40%, mentre quella sabbiosa raggiunge solo il 10,6%. Nei campioni dei calanchi, invece, la frazione sabbiosa (35,1%) prevale su quella argillosa e limosa, che si aggirano ambedue sul 32%. È stato applicato il test di STUDENT per valutare la significatività della differenza fra le medie relative alle due categorie di dati.

	Biancane %	Calanchi %	
Sabbia	10,6	35,1	t (calc.) = 6,89
Limo	40,1	32,7	t (calc.) = 2,51
Argilla	49,3	32,2	t (calc.) = 7,40

Dal confronto fra i valori calcolati e quelli tabulati della «t» di STUDENT risulta che fra calanchi e biancane le differenze relative alle percentuali medie di argilla e sabbia sono reali con una probabilità maggiore del 99%, mentre



FIG. 3 - Esempi di biancane presso Saline di Volterra.

per la percentuale di limo detta probabilità scende a poco oltre il 95%.

Una netta distinzione fra le caratteristiche granulometriche delle argille delle une e delle altre forme emerge già da questo primo esame ed è ulteriormente messa in evidenza dal diagramma triangolare di SHEPARD (1954) (fig. 4). Esso infatti dimostra che i campioni esaminati sono distinti in due gruppi che cadono in campi diversi: i terreni a biancane nel settore dei sedimenti argilloso-limosi, quelli a calanchi nel settore dei sedimenti sabbioso-limoso-argillosi (2). Si può affermare dunque che le argille esaminate, sebbene appartengano ad una stessa formazione, per molti aspetti assai omogenea, presentano granulometrie diverse; in particolare si rileva un'evoluzione verso sedimenti sensibilmente più sabbiosi procedendo dalla base verso l'alto della formazione.

### PLASTICITÀ

Anche per la plasticità sono stati calcolati sia i valori medi dei vari indici sia i loro relativi scarti quadratici, al fine di valutare la variabilità dei dati scaturiti dalle prove di laboratorio. Dall'esame della tab. 3, appare evidente che i valori medi dei limiti di plasticità e di liquidità e dell'indice di plasticità ( $I_p = W_L - W_p$ ) risultano superiori per le biancane. Anche in questo caso abbiamo fatto ricorso al test di STUDENT, ottenendo i seguenti dati:

	Biancane	Calanchi	
$W_L$	45,5	36,1	t (calc.) = 6,11
$W_p$	23,0	17,8	t (calc.) = 5,45
$I_p$	22,5	18,3	t (calc.) = 4,77

Il confronto tra i valori della «t» calcolati e quelli tabulati mostra che vi è una probabilità superiore al 99% che fra i campioni dei terreni a calanchi e quelli a biancane esista una reale differenza nelle caratteristiche di plasticità. Da un punto di vista pratico è bene precisare che le diversità

(2) Fra i calanchi fa eccezione un unico campione che si colloca, diversamente dagli altri, nel settore limoso-argilloso.

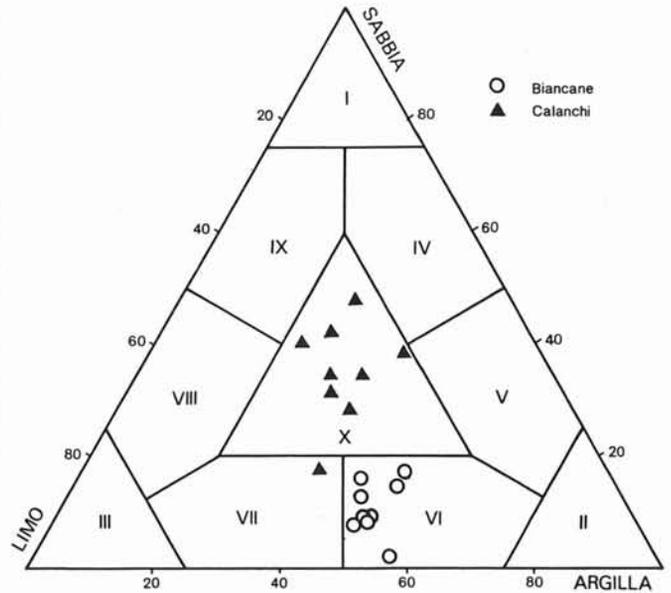


FIG. 4 - Collocazione dei terreni a biancane e dei terreni a calanchi della Val d'Era nel diagramma triangolare di SHEPARD (I sabbia, II argilla, III limo, IV sabbia-argillosa, V argilla-sabbiosa, VI argilla-limoso, VII limo-argilloso, VIII limo-sabbioso, IX sabbia-limoso, X sedimento sabbioso-limoso-argilloso).

riscontrate nei valori degli indici, pur non essendo sufficienti per attribuire i materiali esaminati a sedimenti differenti, permettono comunque di individuare caratteri, e quindi comportamenti, certamente dissimili.

Sono state studiate anche le correlazioni lineari fra  $W_L$  e  $W_p$  e fra  $W_L$  e  $I_p$  ottenendo le seguenti equazioni delle rette di regressione:

$$\begin{aligned} \text{Calanchi } W_p &= 2,48 + 0,43 W_L & r &= 0,92 \\ \text{Calanchi } I_p &= -2,48 + 0,57 W_L & r &= 0,95 \\ \text{Biancane } W_p &= -11,63 + 0,76 W_L & r &= 0,87 \\ \text{Biancane } I_p &= 11,63 + 0,24 W_L & r &= 0,49 \end{aligned}$$

TABELLA 3 - Valori medi dei limiti di liquidità e di plasticità nelle argille a calanchi e in quelle a biancane.

	Limite di liquidità				Limite di plasticità				Indice di plasticità			
	m	S	$S_m$	V	m	S	$S_m$	V	m	S	$S_m$	V
Calanchi	36,1	3,63	1,28	0,10	17,8	1,68	0,59	0,09	18,3	2,19	0,77	0,12
Biancane	45,5	2,42	0,86	0,05	23,0	2,11	0,75	0,09	22,5	1,19	0,42	0,05

m = valore medio; S = scarto quadratico medio;  $S_m$  = scarto quadratico medio della media ( $S/\sqrt{N-1}$ ); V = coefficiente di variazione (S/m).

Le suddette equazioni costituiscono attualmente un corredo ai dati ottenuti sperimentalmente, ma risulteranno particolarmente utili quando si potranno effettuare dei confronti con ricerche condotte in altri bacini.

## ATTIVITÀ E RIGONFIAMENTO POTENZIALE

I valori dei limiti di ATTERBERG, com'è noto, sono funzione di vari parametri, fra i quali ricordiamo i principali: la composizione mineralogica, la granulometria, la forma dei granuli, le caratteristiche chimiche dell'acqua di ritenzione e l'eventuale presenza di sensibili quantità di sostanze organiche. SKEMPTON (1953), avendo notato sperimentalmente che l'indice di attività colloidale  $I_A$  (rapporto fra  $I_p$  e la percentuale di argilla) si mantiene costante nell'ambito di uno stesso deposito, ritiene che dalle caratteristiche granulometriche e da quelle di plasticità di un'argilla

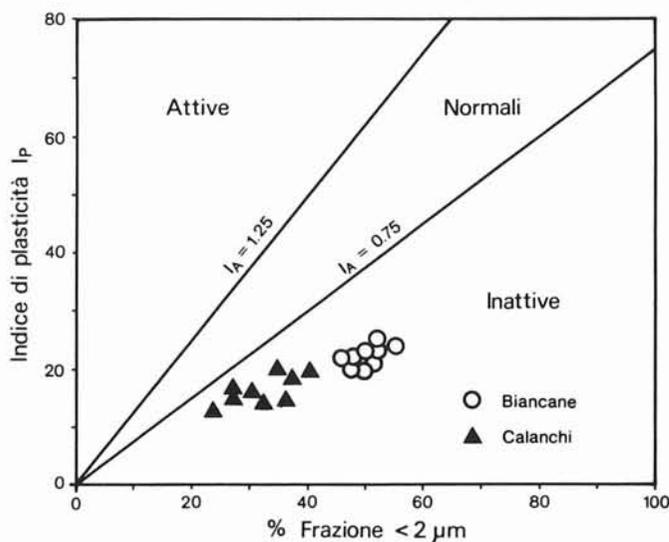


FIG. 5 - Indice di attività colloidale delle argille nei campioni esaminati.

si è in grado di trarre utili indicazioni in merito al contenuto mineralogico. Dall'esame del grafico di fig. 5 possiamo notare come i campioni relativi alle due forme in esame cadano tutti nel campo delle argille inattive, per cui non è in pratica possibile notare differenze sostanziali fra i due gruppi, i quali, secondo le ipotesi di SKEMPTON, dovrebbero entrambi avere un alto contenuto caolinico ed una bassa percentuale di fillosilicati espandibili (montmorilloniti, vermiculiti); in definitiva le differenze mineralogiche, se pur presenti, devono essere di entità assai piccola.

Poiché un terreno ha maggiore o minore suscettibilità a rigonfiarsi per assorbimento di acqua, in funzione dell'entità e delle caratteristiche colloidali della propria frazione argillosa, è stato provato che tale suscettibilità sia valutabile in base alla conoscenza della granulometria e del-

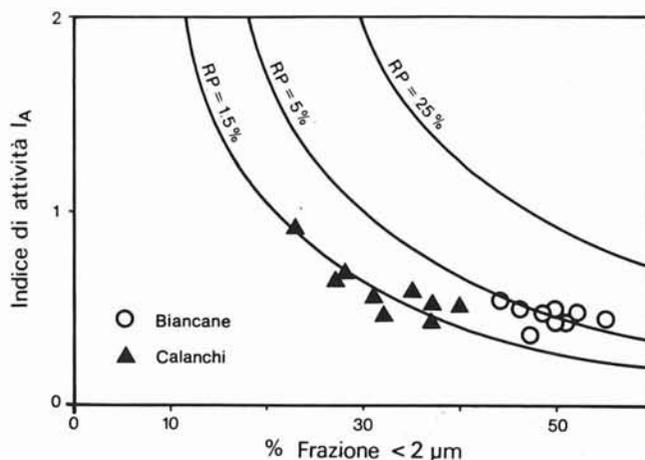


FIG. 6 - Curve di uguale Rigonfiamento Potenziale secondo SEED, WOODWARD & LUNDGREN (1962).

l'indice di attività del deposito in esame (SEED, WOODWARD & LUNDGREN, 1962). In fig. 6 è riportato il grafico relativo al rigonfiamento potenziale che pone in evidenza come, pur con differenze non molto accentuate, le argille a biancane abbiano una capacità di rigonfiamento maggiore di quelle a calanchi.

## CONCLUSIONI

Come abbiamo visto, le analisi granulometriche eseguite hanno messo in evidenza una sensibile differenza tra i sedimenti connessi con i due morfotipi considerati. I risultati ottenuti sono sostanzialmente in accordo con quelli relativi a precedenti ricerche svolte in Val d'Era ed in altre zone d'Italia; VITTORINI (1977) ha infatti riscontrato che anche in Val d'Orcia, in Basilicata ed in Calabria la granulometria dei campioni relativi alle biancane si colloca nel settore «argilloso-limoso» del diagramma di SHEPARD, mentre quella relativa ai calanchi rientra nel settore «sabbioso-limoso-argilloso». Anche dal punto di vista dei limiti di ATTERBERG, i due gruppi di campioni presentano, come già detto, diversità apprezzabili; in particolare si osserva che i valori di tali parametri risultano più elevati per le biancane, in accordo con quanto riscontrato, ad esempio, nelle argille calabresi (SDAO & alii, 1984). È vero peraltro che l'ordine di grandezza delle differenze da noi trovate sperimentalmente, se non può essere considerato sufficiente per ritenere che le caratteristiche tecniche dei terreni analizzati siano totalmente diverse, ci consente comunque di affermare che cause intrinseche alla loro natura (soprattutto granulometria e plasticità) giochino un ruolo importante nella morfogenesi di un tipo o dell'altro. D'altra parte l'interpretazione dei processi morfogenetici non può prescindere dall'influenza delle caratteristiche climatiche dell'area in cui tali fenomeni si sviluppano; è quindi opportuno, per concludere, fare alcune considerazioni anche sul fattore climatico.

Il regime pluviometrico della Val d'Era è una varietà del tipo mediterraneo, con due massimi stagionali, uno in inverno e l'altro in primavera, ed un minimo accentuato in estate. I terreni argillosi quindi immagazzinano acqua a partire dall'autunno, raggiungendo il massimo di accumulo in Febbraio-Marzo, quando le riserve idriche sono stimabili in 211 mm, ove si tenga conto degli afflussi (450 mm), dei deflussi (80 mm) e dell'evapotraspirazione potenziale (159 mm) (RAPETTI, 1978). In primavera pertanto i terreni hanno elevati contenuti d'acqua, spesso superiori ai limiti di plasticità e in certi casi anche a quelli di liquidità. In estate il deficit idrico provoca un disseccamento delle argille con conseguente formazione di larghe e profonde fessure di ritiro. Alla ripresa delle piogge (Settembre-Ottobre) le acque meteoriche penetrano in profondità proprio attraverso tali fessure, determinando l'imbibizione di notevoli spessori di sedimento.

Sulla base di tutti questi elementi si possono fare le seguenti considerazioni:

1) nelle argille a calanchi i limiti di plasticità e di liquidità sono relativamente bassi ed è quindi più probabile che tali valori vengano raggiunti in questi terreni piuttosto che in quelli a biancane;

2) una volta stabilito che i limiti di plasticità e di liquidità possono essere superati più facilmente in primavera, se ne può dedurre che proprio in questa stagione il modellamento dei versanti risulterà maggiormente influenzato da quei movimenti di massa che già altri autori (RAPETTI & VITTORINI, 1979; VITTORINI 1971, 1977, 1979; DRAMIS & *alii*, 1982) avevano collegato alla genesi della morfologia calanchiva.

## BIBLIOGRAFIA

- DRAMIS F., GENTILI B., COLTORTI M. & CHERUBINI C. (1982) - *Osservazioni geomorfologiche sui calanchi marchigiani*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 5, 37-45.
- GUASPARRI G. (1978) - *Calanchi e biancane nel territorio senese: studio geomorfologico*. L'Universo, 58, 97-140.
- MAZZANTI R. & NENCINI C. (1986) - *Geologia della Val d'Era*. Quaderni Mus. Stor. Nat. di Livorno, 7, 1-37.
- RAPETTI F. (1978) - *Idrologia dell'alto e medio bacino del Torrente Roglio (Val d'Era)*. Geol. Appl. Idrogeol., 13, 185-222.
- RAPETTI F. & VITTORINI S. (1979) - *Il deflusso liquido e torbido del T. Roglio (bacino dell'Arno), relativi al 1977, in relazione ai processi di erosione nelle argille plioceniche*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Ser. A, 86, 65-76.
- RIDOLFI G. & RAPETTI F. (1971) - *Le acclività del bacino dell'Arno e i loro rapporti con i caratteri geolitologici*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Ser. A, 78, 41-104.
- SDAO G., SIMONE A. & VITTORINI S. (1984) - *Osservazioni geomorfologiche su calanchi e biancane in Calabria*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 7, 10-16.
- SEED H.B., WOODWARD R.J. & LUNDGREN L.R. (1962) - *Prediction of swelling potential for compacted clays*. Soil Mech. Found. Div., 88, p. 324-382.
- SHEPARD F.P. (1954) - *Nomenclature based on sand-silt-clay ratios*. Journ. Sediment. Petrol., 24, 151-158.
- SKEMPTON A.W. (1953) - *The Colloidal Activity of Clays*. Proc. III Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Zurigo, 1953.
- TERZAGHI K. & PECK R.B. (1974) - *Geotecnica*. UTET, Torino.
- VITTORINI S. (1971) - *La degradazione in un campo sperimentale nelle argille plioceniche della Val d'Era (Toscana) e i suoi riflessi morfogenetici*. Riv. Geogr. It., 78, 142-169.
- VITTORINI S. (1977) - *Osservazioni sull'origine e sul ruolo di due forme di erosione nelle argille: calanchi e biancane*. Boll. Soc. Geogr. It., Ser. X, 6, 25-54.
- VITTORINI S. (1979) - *Ruscellamento, deflusso ipodermico ed erosione nelle argille plastiche*. Riv. Geogr. It., 86, 338-347.