

M. CREMASCHI

M. LANZINGER

## La successione stratigrafica e le fasi pedogenetiche del sito epigravettiano di Andalo, i Loess tardiglaciali della Val d'Adige

### ABSTRACT

*The stratigraphic sequence of the Epigravettian site of Andalo: Tardiglacial loess and soils in the Adige Valley.*

The stratigraphic sequence of the Epigravettian site of Andalo is described. The origin of the pits, the age of the loess fill and the weathering phases are discussed on the basis of paleopedological and geomorphological researches.

**Mauro Cremaschi** - CNR, Centro di Studio per la stratigrafia e petrografia delle Alpi Centrali.

**Michele Lanzinger** - Istituto di Geologia, Università di Ferrara.

### PREMESSA

In questa nota si riferisce sulla ripetuta associazione tra insediamenti tardoepigravettiani e depositi con loess nell'area della Val d'Adige (Fig. 1).

Il sito di Andalo, a seguito delle campagne di scavo e di ricerca promosse dal Museo Tridentino di Scienze Naturali, documenta il fenomeno in modo particolarmente dettagliato (*Bagolini, Lanzinger, Pasquali, 1978; Dalmeri, Pasquali, 1980*).

### UBICAZIONE DEL SITO

#### ED INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La sella di Andalo costituisce un passo naturale, a quota di c.a. 1000 metri che, dalla Val di Non a Nord collega il lago di Molveno e la Valle dei Laghi più a Sud. Ad occidentale è limitata dalle ultime propaggini del Gruppo di Brenta, mentre ad Est l'areale di Andalo è chiuso dalla monoclinale calcarea del gruppo Gazza-Paganella. Questa zona, in tempi plio-pleistocenici, era percorsa da un «paleo-Noce» che, anziché defluire a Nord attraverso il Passo della Rocchetta, proseguiva a meridione innestandosi nella zona del basso Sarca.

A causa di queste precedenti morfologie i ghiacciai pleistocenici, pur entrando in contatto con la massa glaciale atesina in corrispondenza della Rocchetta, sorpassata la sella di Andalo, andavano ad alimentare la coltre glaciale gardesana.

La composizione petrografica delle morene è perfettamente congruente con la zona di origine e di percorso di questo antico ghiacciaio. Immersi in abbondante matrice limoso-argillosa infatti, sono ben rappresentati ciottoloni arrotondati di tonalite, di rocce eruttive e metamorfiche provenienti



Fig. 1 - Ubicazione dei siti: 1 Andalo, 2 Viotte di Bondone, 3 Fai, 4 Terlago.

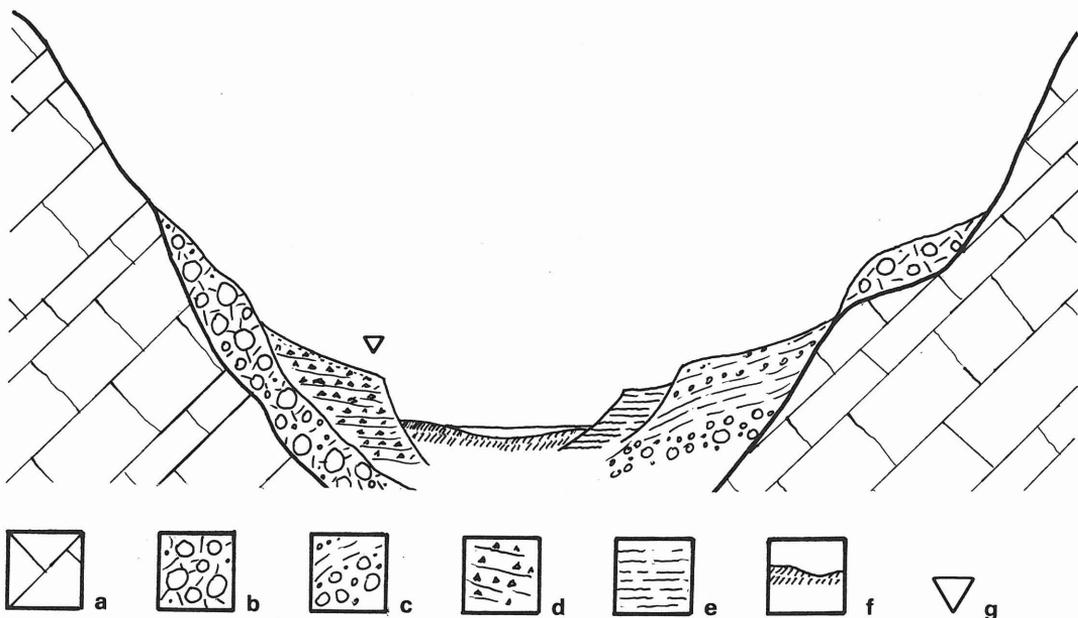


Fig. 2 - Sezione geologica schematica della valle di Andalo: a) rocce prequaternarie; b) morena pleniglaciale; c) depositi di contatto glaciale; d) depositi di conoide; e) depositi lacustri; f) sedimenti lacustri attuali; g) sito preistorico qui indagato.

dal complesso alimentatore dell'Ortles-Adamello. Il percorso, lungo la Val di Non e lateralmente al Gruppo di Brenta, è testimoniato dalla presenza nelle morene di rocce marnose e dolomitiche.

A quota più bassa, lungo i margini meridionali del laghetto che oggi si trova presso l'abitato di Andalo, è stata messa a luce in cave per inerti una spessa serie di sedimenti ghiaiosi e sabbiosi a stratificazione incrociata discontinua. Gli strati pendono fortemente verso l'asse della valle e sono percorsi da minute faglie distensive di debole rigetto; essi sono da interpretare come depositi di contatto glaciale, collassati dopo la scomparsa del ghiacciaio al cui margine si erano sedimentati.

Presso l'abitato di Andalo questi sedimenti sono ricoperti, in discordanza, da sabbia e limi d'origine lacustre fortemente carbonatati ed a sottile laminazione pian parallela.

A Nord del bacino, probabilmente in passaggio laterale con i depositi lacustri, si trova una conoide costituita da piccole ghiaie spigolose calcareo-dolomitiche, e sabbie grossolane. La stratificazione è incrociata, discontinua e inclinata a valle.

I depositi di contatto glaciale sono attribuibili ad una fase piuttosto avanzata della deglaciazione, mentre le marne lacustri e la conoide dovrebbero appartenere già al tardiglaciale. Una ripida

scarpata, particolarmente evidente al margine Nord, separa questi depositi dall'odierno invaso lacustre (Fig. 2).

La recente regimentazione mediante scolamento, ha ridotto il lago ad un esteso acquitrino di scarsa profondità.

I siti preistorici si trovano sopra 10-15 metri dall'attuale livello del lago. Il primo, ad Est del paese, è stato oggetto di una breve prospezione (Dalmeri, Pasquali, 1980), il secondo invece, posto al tetto della conoide sopra descritta, è stato esplorato mediante una sistematica campagna di scavo (Bagolini, Guerreschi, in corso).

La successione stratigrafica dei due siti è identica. Il presente studio si limita al secondo sito.

## STRATIGRAFIA

Le sezioni delle cave per inerti e lo scavo archeologico hanno posto in luce, al tetto della conoide ghiaiosa, una serie di buche tronconiche di profondità compresa fra i 50 e 100 cm. In pianta esse hanno contorno circolare e si associano talvolta a formare perimetri plurilobati. Il loro andamento, esposto per una limitata area dalla fig. 3, è stato ottenuto mediante un metodo computerizzato di rilevamento e restituzione (Francescon, Lanzinger, 1980). Il riempimento delle buche è costi-

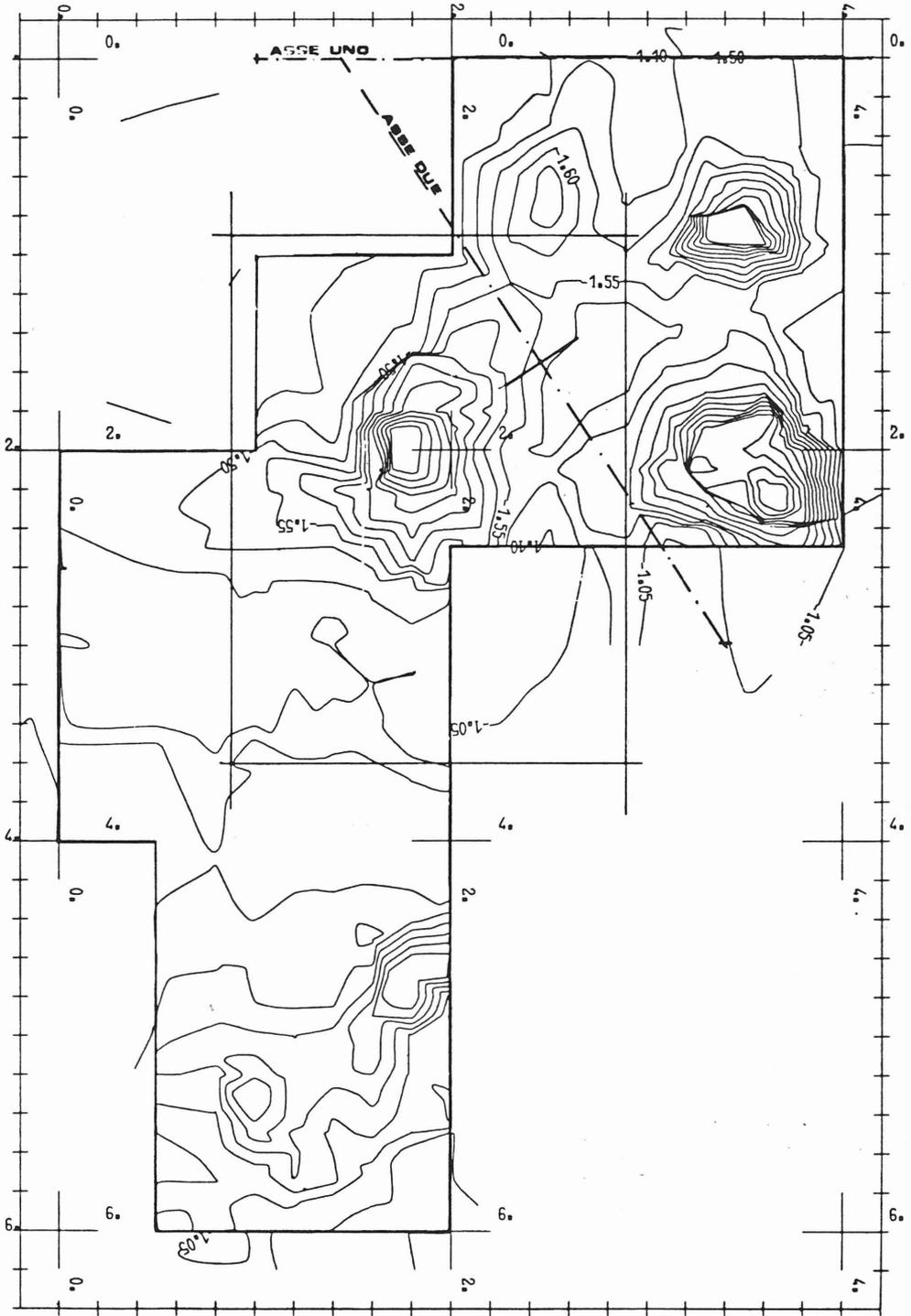


Fig. 3 - Planimetria delle buche di Andalo.



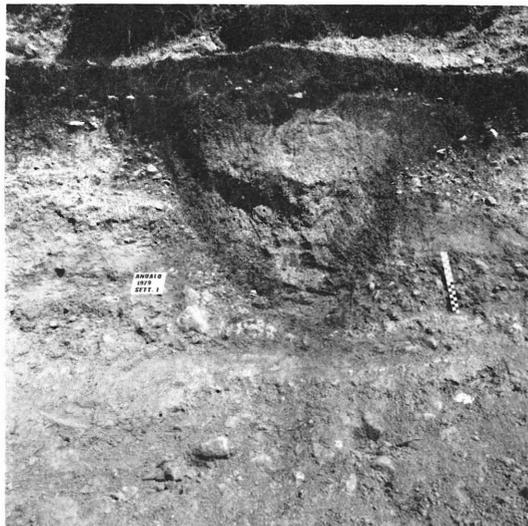


Fig. 4 - Aspetto di una buca di Andalo.

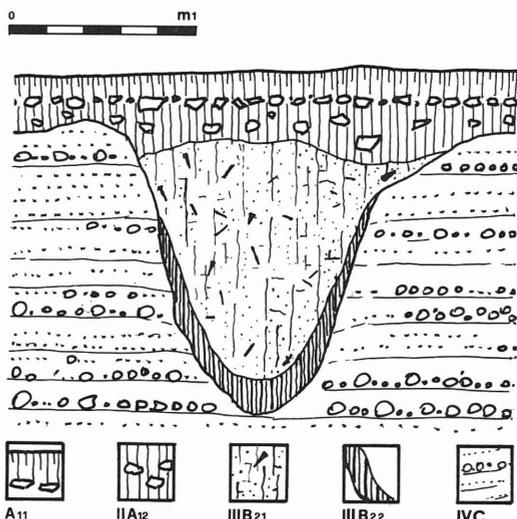


Fig. 5 - Schema pedostratigrafico della buca di Andalo.

- II A12 cm 10-30. Franco limoso; 5YR 4/3 bruno rosso; pietre comuni calcaree con spigoli arrotondati e superfici friabili; aggregazione poliedrica angolare minuta ben espressa; pori e subordinatamente fessure comuni; umido; poco resistente; radici scarse; rivestimenti organici limosi comuni sulle pareti dei pori; limite graduale.
- III B21 cm 30-50. Franco limoso argilloso; 7.5YR 4/4 bruno scuro; pietre assenti; aggregazione poliedrica subangolare minuta bene espressa; pori abbondanti; umido; resistente; scarsi rivestimenti argillosi sulla faccia degli aggregati e nei pori, talora sui pori più grandi comuni rivestimenti organici-limosi; limite graduale concavo, l'orizzonte ha forma di lente discontinua.
- III B22 cm 50-160. Franco argilloso limoso; 5YR 4/3, 4/4 bruno rossiccio; pietre molto scarse; aggregazione poliedrica minuta angolare fortemente espressa; umido; resistente; pori comuni; rivestimenti argillosi scarsi; concrezioni friabili carbonatiche poco abbondanti al tetto dell'orizzonte: limite concavo abrupto.
- IV C cm 160-300. Sabbioso franco; 7.5YR 5/6 bruno forte; pietre abbondanti medie e minute a spigoli vivi, scendendo nell'orizzonte si fanno gradualmente evidenti le tracce di stratificazione; aggregazione molto debolmente espressa; sciolto; poco umido; accumuli friabili di carbonato di calcio comuni; porosità media abbondante; pori grossolani irregolari; limite non raggiunto.

Sui campioni raccolti sono state eseguite alcune determinazioni analitiche: Carbonio organico, Ferro libero estratto con ditionito, tenore in carbonati, pH, analisi tessiturali sulla terra fine (diam. inf. 2 mm); sono stati determinati i minerali pesanti ed è stata esaminata una sezione sottile dell'orizzonte III B22.

I risultati esposti in tabella e nelle figure, sono brevemente commentati di seguito.

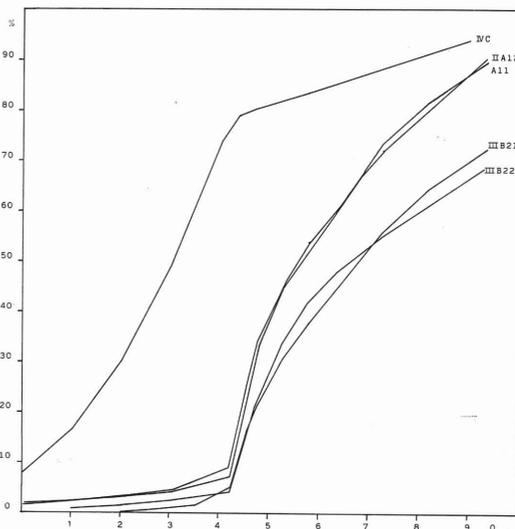


Fig. 6 - Curve granulometriche cumulative del profilo di Andalo.

PROFILO DI ANDALO  
tabella dati analitici

	sabbia	limo	arilla	C.org.	CaCo <sub>3</sub>	Fe.lib.	pH
	0-40	4-90	<90	%	%	%	%
All.	8.1	78.8	13.1	7.92	4.3	1.4	7.5
II A12	6.5	79.9	13.6	8.16	0.8	1.1	7.0
III B21	5.1	65.3	29.7	1.09	0.6	1.3	7.0
III B22	5.0	61.6	33.4	1.04	4.4	1.8	7.7
IV C	74.2	19.8	6.0	tr.	28.3	0.2	8.1

### Analisi tessiturali

Le curve granulometriche (Fig. 6) evidenziano una netta differenza fra il substrato (IV C) ed il riempimento delle buche (III B22 e III B21). Le curve relative a queste ultime hanno tutte un carattere loessoidale più o meno marcato: sono unimodali con modesta selezione e rientrano nel campo di esistenza dei loess, nel noto diagramma di Ferrari Magaldi (1976). Tuttavia soltanto l'orizzonte III B21 si ritiene costituito da loess «sensu stricto»: gli orizzonti superiori (II A12 e A11) contenendo frammenti di roccia debbono ritenersi di origine colluviale, mentre la forte quantità di argilla nell'orizzonte III B22, come meglio verrà chiarito in seguito, è imputabile al mescolamento con preesistenti materiali.

### Minerali pesanti

La composizione in minerali pesanti è omogenea su tutto il profilo ed è la seguente:

Zircone	3%	Distene	1%
Tormalina	11%	Epidoto	16%
Anatasio	3%	Anfibolo	42%
Granato	23%	Augite	1%

È evidente la provenienza dei minerali dalle formazioni cristalline e metamorfiche dell'Ortles - Adamello e dai depositi morenici da essi derivati. La discontinuità litologica già rilevata dalle tessiture fra riempimento delle buche e depositi di conoide è evidenziata non tanto dalla composizione in minerali pesanti, che rimane omogenea, quanto dalla differente incidenza percentuale che essi mostrano nei due sedimenti: 1% della frazione sabbiosa fine per i loess (III B21) e 0,002% della frazione sabbiosa fine per i depositi della conoide (IV C). Questi ultimi infatti, sono quasi esclusivamente costituiti da clasti carbonatici di provenienza locale, con minimi apporti esterni. I loess, invece, sono decisamente più ricchi di quarzo, di miche e di minerali pesanti di derivazione dal morenico in posto.

### Analisi chimiche

Il tenore in carbonati e parallelamente il pH, evidenziano una decarbonatazione degli orizzonti III B21 e III B22, con accumulo nel sottostante IV C. Una successiva ricarbonatazione, che interes-

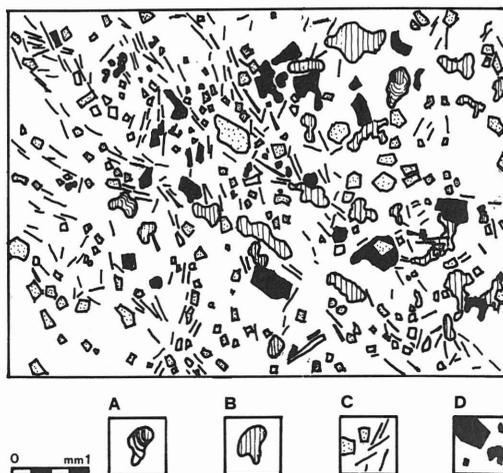


Fig. 7 - Aspetto micromorfologico dell'orr. III B22 del profilo di Andalo (da microfotografia): A argillans illuviali, B vuoti, C litorelliti e cristalli di muscovite, D pedorelliti e papule.

sa gli orizzonti più alti A11 e III A12, è connessa ai clasti calcarei di apporto colluviale.

Il Carbonio organico, dopo il massimo in II A12 determinato dalla recente presenza antropica (III sec. d.C.) decresce regolarmente con la profondità. Il Ferro libero ha un massimo sensibile in corrispondenza del III B22.

### Micromorfologia dell'orizzonte III B22 (Fig. 7).

Il carattere dominante della matrice silasepica è dato dalle pagliuzze di mica che si dispongono in struttura fluidale, talora caotica, avvolgendo carboni ed una grande quantità di papule e pedorelliti. Questi ultimi hanno matrice argillasepica e colore più rosso rispetto al resto del materiale che li ingloba. Argillans birfrangenti indisturbati rivestono talora le superfici degli aggregati e l'interno dei pori; la loro percentuale di gran lunga inferiore al 1% non permette comunque di diagnosticare alcun orizzonte argilloso.

### DISCUSSIONE SULLA SERIE DI ANDALO

La formazione delle buche di Andalo è da attribuire a processi criocergici: esse costituiscono dei *loess wedges casts* (Washburn 1979). Evidenze del tutto analoghe sono segnalate particolarmente nella regione di Parigi e sono attribuite a permafrost discontinuo (*permafrost en ecumoire*) (Genjoff et Cailleux, 1976). Le evidenze di Andalo permettono di cogliere qualche elemento nuovo sulla natura e genesi di tale fenomeno.

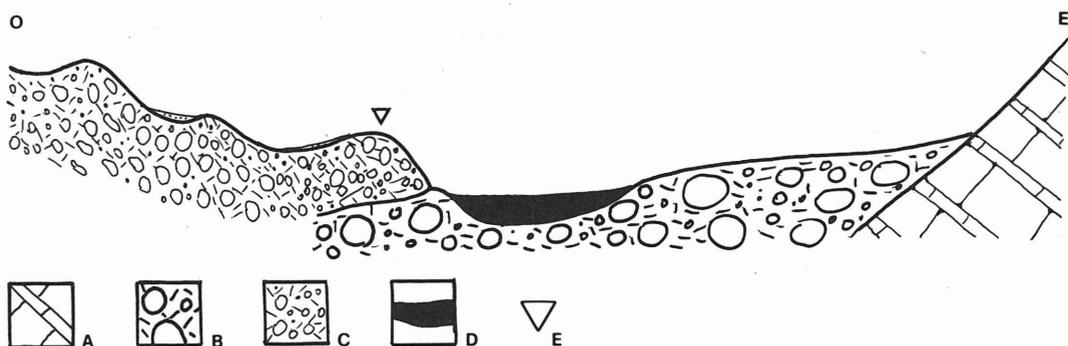


Fig. 8 - Sezione schematica geologica delle Viotte di Bondone: a) rocce prequaternarie, b) morenico pleniglaciale, c) morenico tardiglaciale, d) torbe, e) ubicazione del sito.

- La forte quantità di argilla e l'alto contenuto in Ferro della «camicia» del fondo delle buche (III B22) è dovuta ai numerosi pedorelitti argillasepici arrossati che la micromorfologia ha evidenziato in questo orizzonte. Essi sono interpretabili come i residui di un orizzonte B cambico evolutosi, prima della sedimentazione eolica, sui depositi di conoide.
- Il loess, sedimentato al tetto della conoide, si sarebbe trovato nello «strato attivo» del permafrost e quindi soggetto a cicli di gelo e disgelo e si sarebbe accumulato nelle buche, per collasso del sedimento, durante le fasi di fusione del ghiaccio. La crioturbazione sarebbe quindi la causa della particolare fabric micromorfologica del loess.
- La disposizione caotica dei manufatti litici all'interno del loess dimostra che anch'essi sono stati sottoposti ai medesimi processi di crioturbazione e quindi si dovevano trovare nel loess già al momento in cui i processi periglaciali raggiunsero la loro massima espansione con la formazione del permafrost.
- In età olocenica segue una fase erosiva ed un periodo di pedogenesi determinato dal rimboschimento dei versanti. Il suolo di questo periodo porta alla decarbonatazione degli orizzonti III B21 III B22, alla precipitazione dei carbonati al tetto del IV C, alla marcata argillificazione dei loess ed alla debole liscivazione di argilla che si traduce a livello micromorfologico nella presenza di alcuni argillans sui pori e sugli aggregati.
- Connesse a fenomeni di degradazione dei versanti, seguono una prima fase di deposizione colluviale (II A12), una erosione, ed un successivo deposito colluviale (A11) la cui base è sottolineata da una stone-line presente in continuità su tutta l'area indagata. Questa fase colluviale

è databile al Subatlantico sulla base dei focolari, reperti fittili e monete sovrapposti alla superficie di erosione (stone-line).

#### LE VIOTTE DI BONDONE ED ALTRI DEPOSITI DI LOESS TARDIGLACIALI NELLA REGIONE TRENTINA

La situazione rilevata ad Andalo trova soddisfacente confronto con la stratigrafia venuta in luce nell'insediamento tardo epigravettiano delle Viotte di Bondone (Bagolini, Guerreschi, 1977). La piana delle Viotte è in gran parte ricoperta da una diffusa coltre morenica ricca di erratici di provenienza atesina immersi caoticamente in una matrice limoso argillosa. Tale coltre corrisponde all'espandimento verso Ovest del ghiacciaio atesino che in tempi pleniglaciali würmiani transitava sopra la piana delle Viotte (Trevisan, 1941). A tempi tardiglaciali è riferita la formazione di un laghetto proglaciale (ora quasi per intero intorbato), e la deposizione di una serie concentrica di morene stadiarie che, alimentate dal piccolo ghiacciaio locale proveniente dalla Val Mana, terminava in ablazione sulla piana a quota 1600 m circa. L'insediamento epigravettiano si colloca proprio sulla morena stadiaria più esterna (Fig. 8). Anche in questo sito si può osservare una successione stratigrafica in tutto simile a quella di Andalo (Fig. 9).

Anche qui delle buche si aprono al tetto del deposito morenico, il loro riempimento è costituito da una camicia argillosa e loess contenenti l'industria litica tardo epigravettiana (Fig. 10).

Ricerche sedimentologiche e pedologiche condotte da altri studiosi (Bleich, 1980) hanno permesso di accertare la natura loessica di tali sedimenti. Analogamente ad Andalo, interpretiamo la «camicia» come il residuo di un precedente suolo evo-

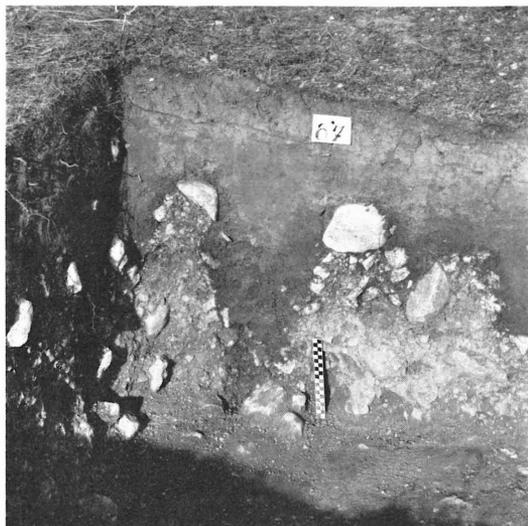


Fig. 9 - Aspetto di una buca di Viotte.

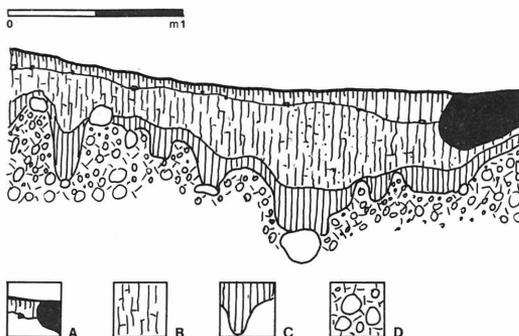


Fig. 10 - Schema pedostratigrafico delle buche di Viotte (da Bagolini & Guerreschi, 1977), A rimaneggiato; B loess; C «camicia» argillosa; D morena.

luto sulla morena e coinvolto, assieme al soprastante loess, nella crioturbazione tardiglaciale, che avrebbe anche originato le buche.

Loess tardiglaciali sono diffusi in aree particolarmente protette dall'erosione anche in altre località del Monte Bondone, nel sito preistorico di Terlago e Fai della Paganella, ed inoltre nei siti paleomesolitici del Monte Baldo (Bagolini, Nisi, 1981).

## CONSIDERAZIONI

Le diverse situazioni prese in esame convincono della presenza di loess tardiglaciali nella regione trentina. Per ora non sussistono le condizioni per una datazione geocronometrica di questi depositi, pertanto la loro età deve essere desunta dalla stratigrafia ed indotta dal repertorio tecnologico. Tra l'altro, le analisi polliniche, condotte alle Viotte di Bondone hanno dato esito negativo (comunicazione personale di G. Bergamo Decarli).

Sia il sito di Andalo che di Bondone suggeriscono che la sedimentazione eolica sia di età tardiglaciale: ad Andalo il loess ricopre una conoide che si deposita all'interno di un bacino lacustre che già da tempo aveva sostituito il corpo del ghiacciaio. In modo ancor più chiaro, nel giacimento delle Viotte di Bondone il loess ricopre morene tardiglaciali già attribuite (Trevisan, 1941) allo stadio di Bühl.

Lo sviluppo di un orizzonte cambico a quote sufficientemente alte ed interne alle Alpi come per Andalo e Viotte è ascrivibile ad un episodio climatico certamente non glaciale e precedente la

deposizione del loess. Quest'ultimo inoltre è connesso ad un clima marcatamente glaciale che creò le condizioni per la formazione di permafrost. Deposizione di loess e crioturbazioni sono quindi seguiti da pedogenesi e processi di versante di età olocenica. È perciò verosimile che la pedogenesi alla base della serie di Andalo debba essere riferita all'interstadio di Alleröd e le successive manifestazioni periglaciali siano da collegare all'ultimo deterioramento climatico del Dryas III.

Tale ipotesi inoltre è congruente con numerosi records paleoclimatici locali sia di situazioni assai più lontane. Il Dryas III coincide ad un marcato deterioramento climatico nelle serie Tardiglaciali elvetiche (Zoller, 1977), nelle Alpi pusteresi (Seiwald, 1980), ma anche, per esempio, nella serie pollinica di Philippon Macedonia (Van der Hammen, 1968) e nella curva di Camp Century (Daansgard, 1980).

## BIBLIOGRAFIA

- BAGOLINI B., e GUERRESCHI A., 1978 - *Notizie preliminari sulle ricerche 1977-78 nell'insediamento paleolitico delle Viotte di Bondone (Trento)*. Preistoria Alpina, vol. 14, p. 40-64.
- BAGOLINI B., LANZINGER M. e PASQUALI T., 1978 - *Paludei - Volano (Trento)*. Preistoria Alpina, vol. 14, p. 227-228.
- BAGOLINI B., LANZINGER M. e PASQUALI T., 1980 - *Andalo (Trento)*. Preistoria Alpina, vol. 14, p. 213-225.
- BAGOLINI B. e NISI D., 1976 - *Monte Baldo (Verona-Trento)*. Preistoria Alpina, vol. 12, p. 237-241.
- BLEICH K.E., 1980 - *Viotte - Monte Bondone (Trento)*. Preistoria Alpina, vol. 16 p. 113.
- BLEICH K.E., 1980 - *Viotte - Monte Bondone Bericht zur untersuchung äolischer Sedimentation*. Preistoria Alpina, vol. 16, p. 113-115.

- DANSGAARD W., 1981 - *Paleo-climatic studies on ice-cores*. In «Climatic Variations and Variability; Facts and Theories». D. Riedel Publishing Company, Dordrecht, Boston and London.
- DALMERI G., e PASQUALI T., 1980 - *Andalo - Loc «la busa» - Cadin (Trento)*. Preistoria alpina, vol. 16, p. 72-73.
- FERRARI G. & MAGALDI D., 1976. *Il problema del Loess*. Gruppo di Studio del Quaternario Padano - Studio Interdisciplinare del rilievo isolato di Trino. Quaderno 3, 34-39 pp., Torino.
- FRANCESCON M. e LANZINGER M.: *Rilevamento topografico di siti archeologici e restituzione con curve di livello mediante elaboratore elettronico*. Preistoria Alpina, vol. 16, pp. 161-167.
- GANGLOFF P. & CAILLEUX A., 1976. *Indices possible du pergélisol discontinu*, Biuletin peryglacialny 26, 222-235 pp.
- SEIWALD A.: *Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols IV: Natzer Plateau - Villander Alm*. Ber. Nat. Med. Ver. Innsbruck Band 67 p. 31-72.
- TREVISAN L., 1941 - *La struttura geologica dei dintorni di Trento*. St. Tr. Sc. Nat., anno 22, Fasc. 3, pp. 1-5.
- WASHBURN A.L., 1979. *Geocryology. A survey of periglacial processes and environments*, 406 p.
- ZOLLER H., 1977 - *Les oscillations du climat et des glaciers pendant le Tardiglaciaire et le Postglaciaire dans les Alpes de la Suisse*. In Approche écologique de l'Homme Fossile, suppl. au Bull. Ass. Française pour l'Etude du Quaternaire, p. 297-300.

#### RIASSUNTO

Sono descritte ed analizzate dal punto di vista pedologico le serie stratigrafiche dei siti tardo epigravettiani di Andalo e Viotte di Bondone (Trentino-Alto Adige). Le industrie risultano essere contenute in loess costituenti il riempimento di buche a contorno circolare della profondità compresa fra 50 e 100 centimetri.

Questi si aprono in sedimenti tardoglaciali e sono state determinate dei processi di crioturbazione (ice wedges) connessi a permafrost.

Analisi micromorfologiche hanno accertato che il rivestimento argilloso presente alla base di ciascuna buca è dovuto ad un orizzonte cambico di un suolo sviluppatosi precedentemente alla deposizione del loess e dei fenomeni crioeologici.

Sulla base di considerazioni stratigrafiche, paleoclimatiche e grazie alle indicazioni cronologiche dell'industria litica, la fase pedogenetica è attribuita all'Alleröd e mente la successiva fase fredda al Dryas III. Nella serie di Andalo sono evidenziati infine fasi di sedimentazione colluviale e pedogenesi risalenti all'Olocene.

#### SUMMARY

In the Late Epigravettian sites of Andalo and Viotte, the artifacts are inclosed into loess which fills small circular pits.

That pits and their fill are loess wedges casts and have been originated in periglacial environment by cryogenic phenomena connected with permafrost. The clayey horizon at the base of the pits is due to the cambic horizon of a soil, developed before periglacial processes.

On the base of stratigraphic, paleoclimatic and archaeological evidences the weathering phase is attributed to Alleröd and tho the Dryas III the cold event which originated the permafrost.

During Olocene, the Andalo sequence was affected by erosion, weathering and two different colluvia.

*Nota:* Pur nella omogeneità, nel presente lavoro la parte stratigrafica e paleopedologica è stata curata da M. Cremaschi, quella geomorfologica da M. Lanzinger, le conclusioni sono di entrambi gli Autori.