

SIGNIFICATO DELLE DIVERSE FACIES GLACIALI NELL'EVOLUZIONE GEOLOGICA PLEISTOCENICA DEL SETTORE SETTENTRIONALE DELL'ANFITEATRO MORENICO D'IVREA (PIEMONTE)

M. G. Forno (*) - S. Lucchesi (*)

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino

RIASSUNTO – *Significato delle diverse facies glaciali nell'evoluzione geologica pleistocenica del settore settentrionale dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea (Piemonte)* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 13(1/2), 2000, 47-56. - La presente nota riguarda una caratterizzazione dei depositi glaciali costituenti la cerchia più esterna dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea sviluppati per uno spessore complessivo di circa 90 m: l'espressione morfologica di tali depositi è rappresentata dalla dorsale delle Coste della Lace, sospesa di circa 100 m rispetto alle attuali incisioni vallive e caratterizzata da lunghezza di oltre 10 km. I caratteri sedimentologici, congiuntamente alla distribuzione dei diversi termini, consentono di interpretare l'insieme dei depositi descritti come una successione formata alla base da *lodgement till* (facies **a**), deposto al di sotto della massa glaciale in movimento, e nella parte sommitale da *melt-out till* (facies **b**), deposto prevalentemente al di sopra del ghiacciaio: la presenza di un suolo molto evoluto sviluppato sui sedimenti della facies **b** e caratterizzato attualmente da uno spessore ridotto, suggerisce che originariamente il rilievo fosse modellato su questi ultimi e che sia stato successivamente sovrainpresso sui sottostanti, non pedogenizzati, fino a raggiungere il substrato. Solo localmente affiorano depositi interpretabili come *ice-marginal deformation till* (facies **c**), trasportati per flusso o colata e deposti in ridotti bacini lacustri formati in prossimità al margine esterno dell'anfiteatro. In modo molto discontinuo affiora infine la facies **d** interpretabile come *ice-marginal gravity flow till*, e formata per processi legati prevalentemente alla gravità e al ruscellamento diffuso lungo gli originari versanti del cordone morenico. L'insieme di queste osservazioni consente di ricostruire la successione di eventi deposizionali ed erosionali che hanno caratterizzato l'evoluzione geologica dell'area.

ABSTRACT – *Significance of different glacial facies in the Pleistocene geological evolution of the Ivrea Morainic Amphitheatre (Piedmont)* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 13(1/2), 2000, 47-56. - It is known that the Ivrea Morainic Amphitheatre consists of a group of morainic ridges: the corresponding glacial sediments form different allostratigraphic units referred to magnetostratigraphic and pedostratigraphic data to various moments of Pleistocene.

The present article is about a detailed study of the 90 m thick glacial deposits forming the external morainic ridge and laying on fan-delta Pliocene sediments: inside one allostratigraphic unit (San Michele-Borgo Unit) four different facies have been recognised and relationships among them have been analysed. The morphological evidence of this complex of sediments is represented by a E-W 10 km long ridge, named Coste della Lace, 100 m higher than the present valley incisions: to the North it is bounded by the T. Ingagna that divides it from the Donato relief corresponding to an ancient alluvial fan, and to the South by the T. Viona that separates it from the more recent morainic ridge of Bornasco.

Sedimentological features and facies distribution suggest that the complex of the described sediments forms a succession consisting of *lodgement till* (facies **a**) at the bottom, lodged at the base of the glacier, and of *melt-out till* (facies **b**) at the top, located essentially on the glacier. The presence of a thin but strongly weathered soil developed on facies **b** suggests that the relief was originally shaped on this facies and that it has been successively moulded on the underneath facies **a** so deeply as to reach the Pliocene sediments and the crystalline bedrock. Only locally does facies **c** outcrop; it is considered as *ice-marginal deformation till*, transported by flow and located in little lacustrine basins developed between the ice and the alluvial sediments of the Donato relief. In a very small area outcrops facies **d** interpreted as *ice-marginal gravity flow till* deposited at the lateral margin of the ice and mainly formed by gravity processes and slope wash. On the basis of the former observations it is possible to reconstruct the depositional and erosional events that characterised the Plio-Quaternary geological evolution of the area.

Parole chiave: Pleistocene inferiore-medio, depositi glaciali, Anfiteatro Morenico d'Ivrea.

Key-words: Lower-Middle Pleistocene, glacial deposits, Ivrea Morainic Amphitheatre.

1. INTRODUZIONE

L'area in esame corrisponde alla dorsale delle "Coste della Lace", sviluppata tra gli abitati di Donato e Mongrando (Biellese nordoccidentale), ed è situata nel settore laterale sinistro dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea che, estendendosi su un'area di circa 600 km², costituisce uno dei più estesi apparati morenici del settore interno delle Alpi (Fig. 1). Un più ampio settore del Biellese nordoccidentale, comprensivo di questa dorsale, è stato oggetto recentemente di una tesi di laurea (Lucchesi, 1996), riguardante il rilevamento e lo studio geologico di dettaglio

dell'area compresa tra i Torrenti Elvo e Viona, che ha prodotto una cartografia delle formazioni superficiali e delle forme quaternarie. Con questa nota, presentata in forma breve in occasione del 2° Forum F.I.S.T. (Forno & Lucchesi, 1999), si intende fornire un esame approfondito dei depositi glaciali diffusi in tale settore: in particolare vengono proposte una caratterizzazione dal punto di vista sedimentologico e genetico delle diverse facies riconosciute e una interpretazione dei rapporti intercorrenti tra di esse. Per la classificazione dettagliata dei depositi glaciali è stata utilizzata la terminologia proposta da Dreimanis (1988), adottata dalla "Commission on Genesis and

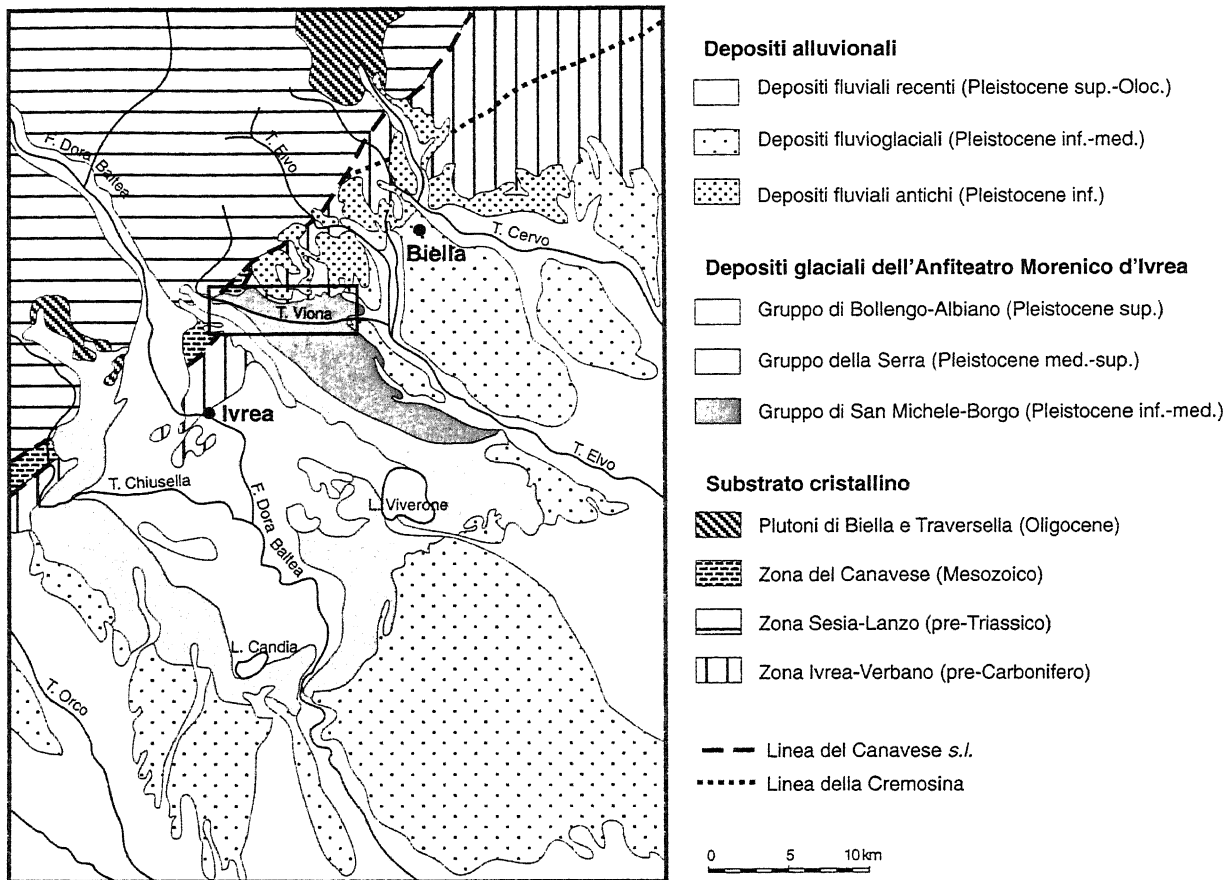


Fig. 1 - Ubicazione dell'area in esame (indicata nel riquadro) nell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea (da Gianotti, 1996 semplificata).

Location of the study area (in the square) in the Ivrea Morainic Amphitheatre (by Gianotti, 1996 simplified).

Lithology of Glacial Quaternary Deposits dell'INQUA e riproposta da Bini & Orombelli (1988): questa distingue le diverse facies sulla base dell'ambiente di sedimentazione (*terrestrial non aquatic till* e *subaquatic or waterlain till*), della posizione rispetto alla massa glaciale (*ice-marginal, supraglacial* e *subglacial till*) e del processo di formazione (*primary till*, a sua volta differenziato in *melt-out till, lodgement till, deformation till* e *glaciotectonite*, e *secondary till*, distinto in *flowtill* e *gravity flowtill*) (Tab. 1).

by ENVIRONMENT	by POSITION	by PROCESS
<i>terrestrial nonaquatic till</i>	<i>ice-marginal till</i>	A. PRIMARY TILL
<i>subaquatic or waterlain till</i>	<i>supraglacial till</i>	<i>melt-out till,</i>
	<i>subglacial till</i>	<i>sublimation till</i>
		<i>lodgement till</i>
		<i>deformation till</i>
		<i>or glaciotectonite</i>
		<i>squeeze flowtill</i>
		B. SECONDARY TILL
		<i>flowtill,</i>
		<i>gravity flowtill</i>

Tab. 1 - Classificazione dei depositi glaciali secondo Dreimanis (1988).

Classification of glacial deposits by Dreimanis (1988).

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STATO DELLE CONOSCENZE

Per quanto riguarda il substrato prequaternario, l'area in esame è situata al margine nordoccidentale della Zona Ivrea-Verbania, appartenente al dominio Sudalpino, in corrispondenza al contatto tettonico che la separa dalla Zona del Canavese, noto come Linea del Canavese Interna (Biino & Compagnoni, 1989 (Fig. 1).

La prima rappresentazione d'insieme dei depositi glaciali dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea è contenuta nelle carte inedite alla scala 1:50.000 rilevate nella seconda metà dell'Ottocento da Bruno e Gastaldi rispettivamente per i Fogli "Ivrea" e "Biella", recentemente assemblate e pubblicate da Polino & Campanino (1999).

Una successiva cartografia dell'anfiteatro è rappresentata nella prima edizione del Foglio 42 "Ivrea" (Franchi *et al.*, 1910) e nella prima edizione del Foglio 43 "Biella" (Franchi & Stella, 1933) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, in cui le diverse cerchie sono riferite genericamente al "prewürmiano"; nella seconda edizione del Foglio 43 "Biella" (Bortolami *et al.*, 1966) gli stessi depositi distribuiti nel settore sinistro dell'anfiteatro vengono invece distinti in "depositi morenici intensamente ferrettizzati" riferiti al "Mindel", tra cui quelli affioranti nell'area di studio, e "depositi morenici

con strato di alterazione giallo-rossastro" riferiti al "Riss".

In un successivo articolo riguardante essenzialmente la segnalazione di depositi pliocenici "glaciomari-ni" Carraro *et al.* (1975) propongono inoltre una cartografia completa dell'anfiteatro, distinguendo una successione costituita da depositi glaciali riferiti a tre successive espansioni ("Mindel, Riss e Würm") e depositi fluvioglaciali relativi agli "interglaciali".

Una recente rappresentazione cartografica d'insieme dell'anfiteatro secondo i più moderni criteri della stratigrafia distingue tre unità allostratigrafiche corrispondenti ai tre gruppi di cerchie principali, indicati rispettivamente come "Gruppo di Borgo", "Gruppo della Serra" e "Gruppo di Bollengo-Albiano" e riferiti, su base magnetostratigrafica e pedostratigrafica, all'intervallo di tempo compreso tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene superiore (Carraro, 1992).

Le recenti ricerche di Carraro *et al.* (1991) e di Giannotti (1993; 1996) portano ad un'ulteriore distinzione dei depositi del "Gruppo di Borgo", che si estendono sul prolungamento occidentale del settore in esame, in due unità allostratigrafiche indicate rispettivamente come "Unità di San Michele-Borgo" e "Unità di Bornasco", corrispondenti a due cordoni morenici contigui.

Uno studio d'insieme del Biellese nordoccidentale è contenuto in Bellini *et al.* (in corso di stampa) comprendente, accanto ad una revisione del basamento pre-pliocenico, una cartografia delle formazioni superficiali: considerando che il lavoro non è attualmente consultabile si riportano i caratteri essenziali di questi sedimenti e le interpretazioni che si sono tratte dal loro studio. In particolare nell'area oggetto del presente lavoro, a differenza di quanto fin'ora noto, vengono individuati depositi precedenti ai sedimenti glaciali costituenti la cerchia più esterna dell'anfiteatro e riferiti a due differenti unità allostratigrafiche indicate come "Unità di Chiave" e "Unità di Donato". I sedimenti più antichi ("Unità di Chiave") affiorano lungo l'incisione del T. Viona e corrispondono a sabbie ghiaiose profondamente alterate, troncate verso l'alto da una superficie di erosione: in base alla facies e alla composizione dei ciottoli sono interpretati come sedimenti di deltaconoide provenienti dal bacino della Dora Baltea; appaiono connessi ad una situazione geologica sensibilmente differente dall'attuale, precedente alla formazione dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea e caratterizzata dalla presenza di un'ampia pianura estesa fino al margine dei rilievi montuosi. L'analogia di facies e di posizione stratigrafica rispetto a depositi affioranti nelle aree limitrofe, al di sotto di una successione riferita in base a dati magnetostratigrafici (Carraro *et al.*, 1991) al Pleistocene inferiore, consente di attribuire questa unità verosimilmente al Pliocene superiore-Pleistocene inferiore p.p. I sedimenti più recenti ("Unità di Donato") costituiscono invece l'ampio conoide fluviale su cui sorge l'abitato di Donato e corrispondono a ghiaie, sensibilmente pedogenizzate, reinterpretate alla luce dei nuovi dati emersi: l'assenza di elementi derivanti dalla rielaborazione dei depositi glaciali e la litologia locale dei

ciottoli suggeriscono che la formazione di questi sedimenti sia precedente alla formazione dell'anfiteatro ed in particolare legata ad un antico andamento del T. Viona, in posizione più settentrionale rispetto all'attuale. In base all'indice di colore dei suoli sviluppati su di essi e alla posizione stratigrafica sono stati riferiti al Pleistocene inferiore p.p.

3. LA SUCCESSIONE DI DEPOSITI GLACIALI

La dorsale delle "Coste della Lave" (3 in Fig. 2), sviluppata nella fascia altimetrica compresa tra 710 e 500 m s.l.m., si allunga per oltre 10 km in direzione circa E-W e presenta una larghezza variabile da Ovest (0.5 km) verso Est (circa 2 km); in quest'ultimo settore la dorsale principale si suddivide in due crinali minori con andamento rispettivamente E-W e ENE-WSW. È delimitata a Nord dal T. Ingagna, che la separa dal rilievo di Donato (2 in Fig. 2), esterno rispetto all'anfiteatro, e a Sud dal T. Viona, che la separa invece dal rilievo di Bornasco (4 in Fig. 2): appare caratterizzata da versanti con acclività media di 15° e sommità ondulata, debolmente inclinata verso Est, sospesa di circa 100 m rispetto alle attuali incisioni vallive.

I depositi glaciali costituiscono l'intera dorsale ad eccezione della fascia altimetrica inferiore e sono distribuiti su un'area con estensione complessiva di una decina di km², per uno spessore verticale massimo di 90 m; poggiano direttamente su rocce cristalline e localmente, in particolare nel settore tra Chiave e Bosa, su sedimenti sabbioso-ghiaiosi di deltaconoide ("Unità di Chiave" in Bellini *et al.*, in corso di stampa) affioranti lungo l'incisione del T. Viona (1 in Fig. 2). I depositi glaciali sono costituiti da ciottoli con pezzatura variabile tra pochi cm e 50 cm, per lo più subangolosi, immersi in un'abbondante matrice prevalentemente siltoso-sabbiosa. Sulla base dei caratteri sedimentologici e della distribuzione planimetrica e altimetrica sono state distinte e classificate, secondo la terminologia proposta da Dreimanis (1988), due facies principali (indicate come **a** e **b**) e due facies caratterizzate da una distribuzione molto subordinata rispetto alle precedenti (indicate come **c** e **d**): la distinzione di questi due ultimi tipi di depositi, sebbene affioranti solo localmente, è suggerita dal significato che rivestono nell'ambito dell'evoluzione geologica dell'area in esame⁽¹⁾(cfr. § 5).

La facies **a** (3a in Fig. 2) costituisce il termine basale, poggiante direttamente sul substrato tramite una superficie di erosione; rappresenta la facies di gran lunga più diffusa essendo caratterizzata da uno spessore massimo di circa 80 m. È costituita da un *diamicton* molto addensato di colore grigio-giallastro (2.5 Y 7/8 delle Munsell Soil Color Charts) con struttura a supporto di matrice, formato da clasti privi di distribuzione preferenziale immersi in un'abbondante matrice siltosa (Fig. 3). I ciottoli, spesso levigati, striati e caratterizzati da basso grado di sfericità e medio arrotondamento, mostrano diametro compreso prevalentemente in due classi tessiturali, rispettivamente di 20÷30 cm e 2÷5 cm e

⁽¹⁾ Come si vedrà in seguito la facies **c** è indicativa della formazione di un bacino lacustre sviluppato in corrispondenza al margine esterno sinistro dell'anfiteatro; la facies **d** è invece significativa dei fenomeni di rielaborazione a spese della facies **b** nell'intervallo di tempo immediatamente successivo alla deposizione.

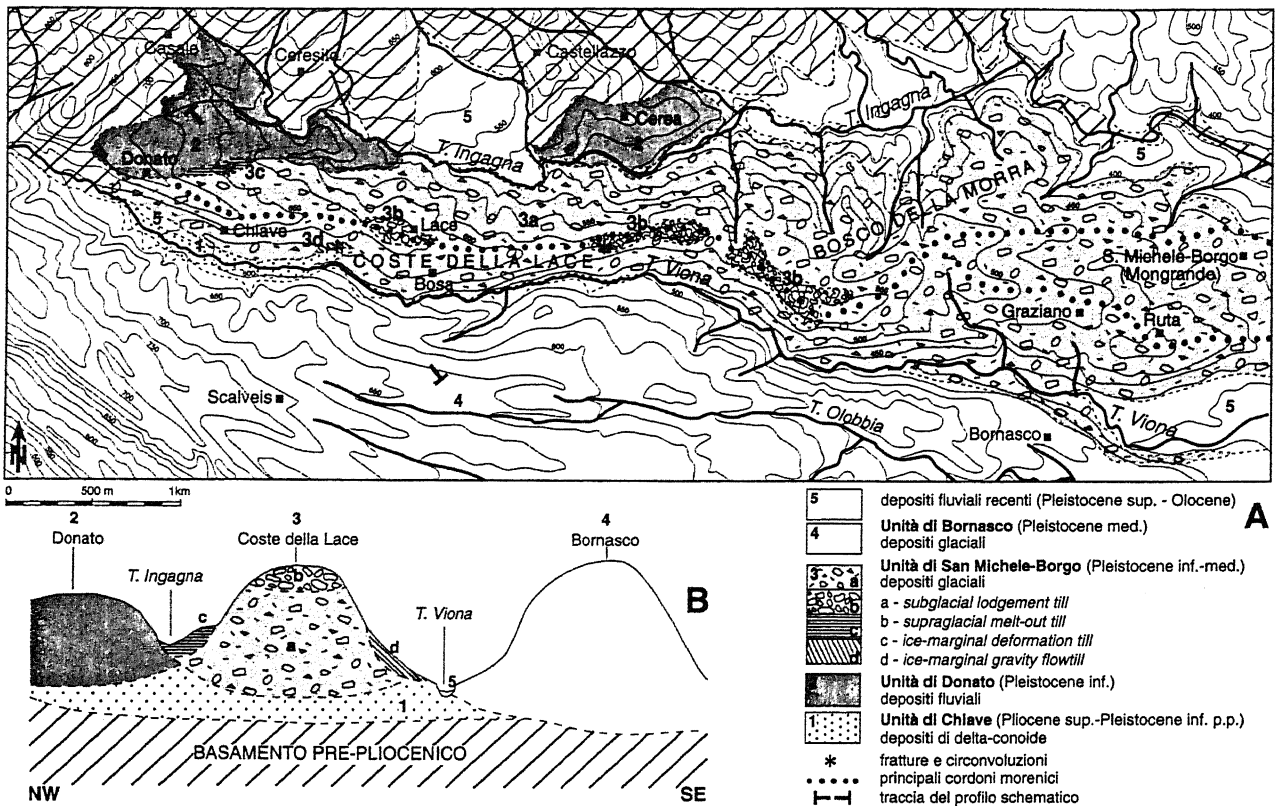


Fig. 2 - Carta geologica dell'area in esame e profilo schematico: sono osservabili i rapporti stratigrafici tra le diverse facies di depositi glaciali (a, b, c e d) costituenti la dorsale delle Coste della Lince (Unità di San Michele-Borgo) e tra questi e i depositi costituenti i limitrofi rilievi di Donato (esterno) e Borhasco (interno).

Geologic map of the study area and schematic section showing the stratigraphic relations among the different facies of glacial sediments (a, b, c and d) forming the Coste della Lince ridge (Unità di San Michele-Borgo) and among the deposits of the Donato (external) and Borhasco (internal) relieves.

composizione petrografica estremamente eterogenea: risultano costituiti da micascisti (25%), gabbri (20%), serpentiniti (15%), gneiss (15%), prasiniti (10%), eclogiti (5%), miloniti (5%) e quarziti (5%).

La facies **b** (3b in Fig. 2) rappresenta invece il termine superiore della successione su cui si sviluppa la sommità della dorsale ed appare in continuità di sedimentazione sulla facies precedente per uno spessore conservato di pochi metri. È costituita da un *diamicton* scarsamente addensato con struttura a supporto di clasti, formato da elementi subangolosi di dimensioni comprese tra 15 cm e 1 m e da una matrice siltoso-argillosa. Gli elementi rocciosi, con composizione petrografica meno eterogenea rispetto a quella della facies precedente, sono rappresentati essenzialmente da micascisti (30%), gneiss (30%), miloniti (15%), serpentiniti (15%) e quarziti (10%) e risultano tutti notevolmente alterati ad eccezione di quelli serpentinitici e quarziticci. Per l'intero spessore conservato (circa 5 m) questi depositi sono caratterizzati da un sensibile grado di alterazione pedogenetica evidenziato dalla colorazione rosso scura (2.5

YR 3/6 delle Munsell Soil Color Charts), dalla presenza di patine di argilla spesse e continue attorno ai clasti e dalla diffusione di noduli e patine di ossidi Mn. Localmente sono attraversati da fratture decimetriche subverticali con direzione N 30° (Fig. 4).

La facies **c** (3c in Fig. 2) affiora in modo molto più localizzato⁽²⁾ e con modesto spessore visibile (4 m) sul versante settentrionale della dorsale delle Coste della Lince lungo l'incisione del T. Ingagna, in appoggio laterale sui sedimenti della facies **a**⁽³⁾. È costituita da alteranze decimetriche di sabbie grossolane e di ghiaie entrambe siltose, con accenni di stratificazione piano-parallela. I clasti, scarsamente arrotondati e mediamente classati, hanno dimensioni prevalentemente comprese tra 2 e 5 cm e solo localmente raggiungono dimensioni maggiori di 10 cm: sono costituiti da gneiss (45%), micascisti (30%), quarziti (20%) e miloniti (5%), tutti notevolmente alterati ad eccezione degli elementi quarziticci. Localmente si osservano intercalazioni siltose, con spessore centimetrico, caratterizzate da piccole pieghe, circonvoluzioni e strutture da carico (Fig. 5).

⁽²⁾ Gli unici affioramenti in cui è possibile osservare questi sedimenti mostrano dimensioni di una decina di m²: corrispondono a due nicchie di distacco sviluppate lungo l'incisione del Riofreddo 100 m a Sud del Campo Sportivo di Donato.

⁽³⁾ In assenza di affioramenti che consentono di osservare direttamente la superficie di appoggio di questi depositi si è preso in considerazione il loro ambiente di formazione: la presenza di un bacino lacustre al margine esterno dell'anfiteatro, responsabile della deposizione di questa facies, è favorita dalla riduzione di volume del ghiacciaio in seguito alla formazione delle facies **a** e **b**, suggerendo pertanto un rapporto di sovrapposizione.

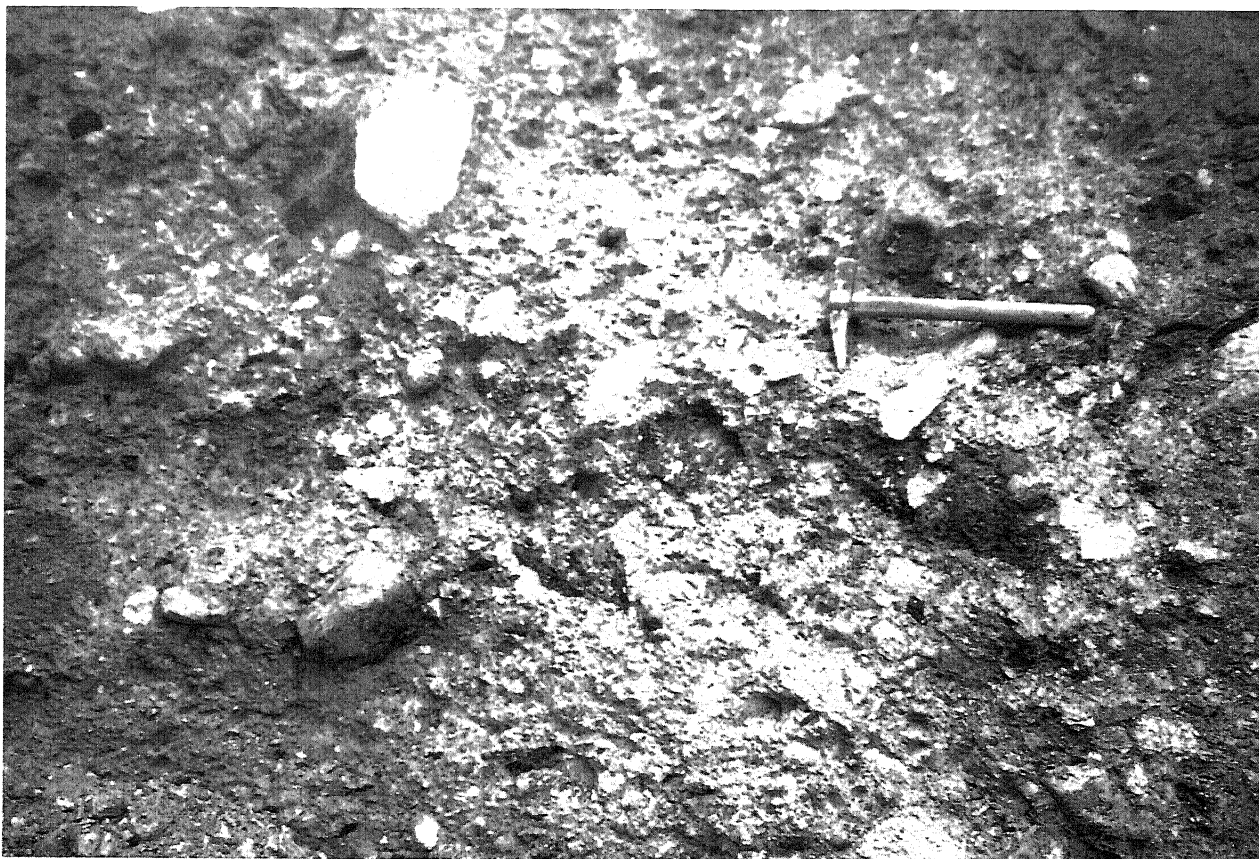


Fig. 3 - *Diamicton* sensibilmente addensato, caratterizzato dalla prevalenza della frazione siltosa e dalla presenza di ciottoli levigati e striati (*lodgement till*, facies *a*).

Strongly consolidated diamicton, characterised by a prevailing silty matrix, striated and smoothed pebbles and cobbles (lodgement till, facies a).

La facies *d* (3d in Fig. 2) è osservabile in ridotti affioramenti⁽⁴⁾ sul versante meridionale della dorsale in prossimità dell'incisione del T. Viona, poggiante sui sedimenti fluvio-deltizi pliocenici tramite una superficie di erosione inclinata di 70° verso Sud, con andamento irregolare. È costituita da depositi eterogenei debolmente addensati con struttura a supporto di clasti, formati da elementi a spigoli vivi di forma allungata, con dimensioni comprese tra 2 e 10 cm, e da una matrice siltosa. Gli elementi mostrano una disposizione preferenziale dell'asse maggiore, inclinato di circa 70° in direzione NNW, e risultano costituiti prevalentemente da micascisti debolmente alterati, serpentiniti e quarziti. Gli stessi depositi costituiscono inoltre il riempimento di fratture subverticali, con ampiezza media di 5 cm, lunghezza massima di 1.5 m e direzione compresa tra N 35° e N 20°, sviluppate entro ai sottostanti sedimenti dell'“Unità di Chiave”.

4. INTERPRETAZIONE GENETICA E CRONOLOGICA

Entro la successione di depositi glaciali (o *till*) in esame una prima distinzione può essere effettuata con-

siderando l'evidente eterometria e l'assenza di stratificazione che caratterizza i sedimenti delle facies *a*, *b* e *d*: questi sono interpretabili come connessi ad un ambiente di sedimentazione glaciale subaereo e sono pertanto definibili come *terrestrial non aquatic till*; la presenza di alternanze di livelli ben classati, rispettivamente ghiaioso-sabbiosi e siltosi, e la stratificazione piano-parallela che contraddistinguono i depositi della facies *c* suggeriscono invece un legame con un ambiente glaciale ricco di acqua: si possono quindi definire come *subaquatic till or waterlain till*.

A loro volta i *terrestrial non aquatic till* possono essere distinti in base alla posizione rispetto alla massa glaciale e ai processi di formazione ipotizzabili.

La distribuzione della facies *a*, che corrisponde al termine basale della successione, il notevole grado di addensamento, l'abbondanza della frazione fine e la presenza di ciottoli levigati e striati suggeriscono di interpretare questi sedimenti come *subglacial lodgement till* deposto per processi primari alla base della massa glaciale in movimento.

Per quanto riguarda la facies *b*, la sua distribuzione in rapporto di sovrapposizione su quella precedentemente descritta, il modesto grado di addensamento, la

⁽⁴⁾ Questi depositi sono visibili unicamente in corrispondenza a ridotte nicchie di distacco, con dimensioni di alcuni m², presenti lungo il versante meridionale del rilievo di Coste della Lace, tra gli abitati di Chiave e Bosa.



Fig. 4 - *Diamicton* debolmente addensato, formato prevalentemente da clasti di grandi dimensioni con contorni subangolosi o molto scarsamente arrotondati, interessato da un'intensa pedogenesi (*melt-out till*, facies **b**).

Weakly consolidated and deeply weathered diamicton, consisting of subangular or weakly rounded clasts (melt-out till, facies b).

scarsità della frazione fine e la prevalenza di clasti di grandi dimensioni, debolmente arrotondati, consentono di interpretare questi depositi come *supraglacial melt-out till*, formatosi prevalentemente al di sopra della massa glaciale per processi primari di fusione.

La posizione della facies **d**, marginale laterale rispetto alla distribuzione delle facies precedenti, oltre che lo scarso grado di addensamento e la presenza di elementi angolosi isoorientati con dimensioni relativamente costanti e giacitura notevolmente inclinata (70°), lasciano infine supporre che si tratti di *ice-marginal gravity flowtill*⁽⁵⁾: questi sedimenti sono legati verosimilmente alla rielaborazione delle facies precedentemente descritte ad opera delle acque di ruscellamento e della gravità (caduta, rotolamento e scivolamento) rientrando quindi nella più ampia categoria dei *secondary till*.

Considerando invece i sedimenti deposti in ambiente "subacquatico" la posizione marginale laterale della facies **c** rispetto alle altre facies, il modesto grado di addensamento e l'organizzazione in alternanze di ghiaie ben classate, sabbie grossolane e silt caratterizzate da stratificazione piano-parallela rientrano tra gli elementi caratteristici di *ice-marginal deformation till*; significativa è inoltre la presenza di strutture di flusso e

circonvoluzioni legate ad una deformazione sinsedimentaria degli stessi depositi. Si ipotizza quindi che questi sedimenti, dopo essere stati incorporati nella parte inferiore del ghiacciaio, siano stati deposti in un ridotto bacino marginale. La stratificazione piano-parallela dei livelli siltosi e la diffusione della frazione sabbiosa indicano in particolare una deposizione in acque con modesta energia e con episodi di sedimentazione prevalentemente per decantazione.

L'interpretazione delle diverse facies dal punto di vista sedimentologico è in accordo con i rapporti intercorrenti tra le stesse: si ha infatti la normale sovrapposizione stratigrafica tra i sedimenti **a** e **b** (*subglacial lodgement till* e *supraglacial melt-out till*) che sono stati trasportati rispettivamente al di sotto e al di sopra della massa glaciale; si ha invece un rapporto di appoggio laterale tra i primi e la facies **c** (*ice-marginal deformation till*), depostasi in posizione marginale rispetto alla massa glaciale, e tra i primi e la facies **d** (*ice-marginal gravity flowtill*), derivando questi ultimi dalla rielaborazione essenzialmente gravitativa dei sedimenti precedentemente deposti.

Complessivamente l'insieme delle litofacies descritte, tra loro separate da contatti di natura non erosionale, costituisce un'unica unità allostratigrafica in continuità con l'"Unità di San Michele-Borgo" descritta nella

⁽⁵⁾ Sedimenti con simili caratteristiche, generalmente sviluppati alla base di versanti acclivi, sono anche definiti come "*ice-slope colluvium*" (Lawson, 1988).

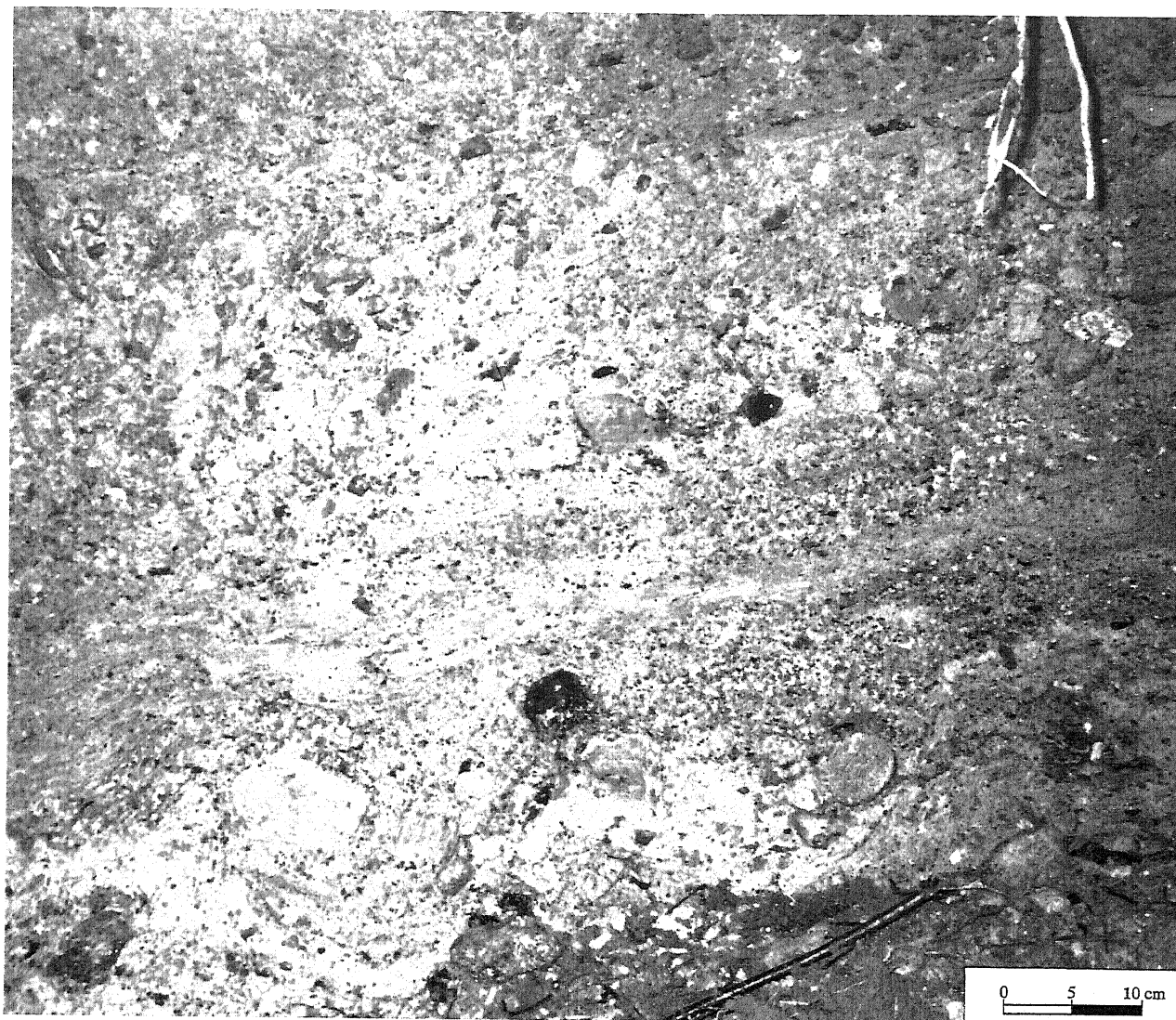


Fig. 5 - Alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi ben classati e di livelli siltosi con evidente stratificazione piano-parallela, talvolta interessata dalla presenza di strutture da carico e circonvoluzioni (*ice-marginal deformation till, facies c*).

Alternating well sorted gravelly-sandy and parallel stratified silty levels, sometimes interested by load structures and convolute lamination (ice-marginal deformation till, facies c).

vicina area di Mongrando (Carraro *et al.*, 1991; Gianotti, 1993; 1996).

L'osservazione che al di sopra della facies **b** sia sviluppato un suolo sensibilmente evoluto con spessore di 4 m suggerisce come il termine superiore della successione sia rimasto esposto per un lungo intervallo di tempo. La conservazione discontinua di tale suolo ed il suo spessore relativamente esiguo rispetto allo spessore di suoli con evoluzione confrontabile indica che i sedimenti su cui è sviluppato hanno subito una sensibile erosione successiva e che quindi l'attuale espressione morfologica della successione di depositi glaciali risulta notevolmente rimodellata rispetto a quella originaria. L'affioramento del basamento cristallino alla base della dorsale suggerisce inoltre che la morfologia della dorsale, che inizialmente rappresentava l'espressione morfologica unicamente della facies **b**, sia stata successivamente sovrainpressa su quella sottostante (facies **a**) a seguito del sensibile approfondimento da parte del reticolato idrografico.

Per i depositi in esame si hanno solo elementi indiretti di datazione provenienti dai sedimenti affioranti immediatamente più a Est (Carraro *et al.*, 1991): questi, in continuità laterale con quelli della facies **a**, risultano interdigeriti con depositi lacustri riferibili, su base paleomagnetica, all'intervallo di tempo compreso tra il Pleistocene inferiore e il passaggio tra Pleistocene inferiore e medio (0.7 M.a.). I dati pedostratigrafici sono in accordo con questa attribuzione: nell'area piemontese suoli confrontabili con quelli sviluppati sui depositi della facies **b** vengono infatti riferiti al Pleistocene inferiore-medio (Arduino *et al.*, 1986).

5. RICOSTRUZIONE DELL'EVOLUZIONE GEOLOGICA

L'insieme delle osservazioni effettuate nell'area in esame e in quelle limitrofe (Bellini *et al.*, in corso di stampa) consente di ricostruire la successione degli eventi deposizionali ed erosionali che ne hanno caratte-

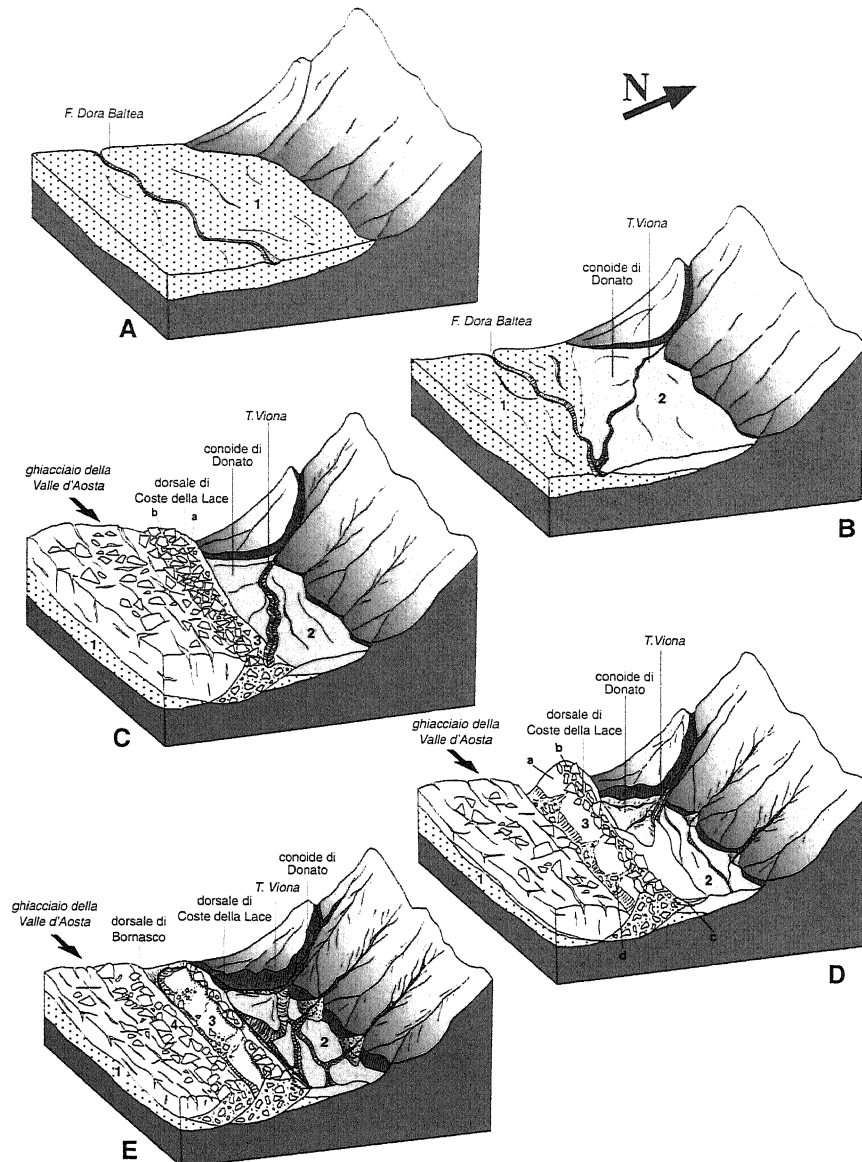


Fig. 6 – Ricostruzione dell'evoluzione geologica dell'area in esame.

- A) Sedimentazione di depositi di delta-conoide connessi al bacino della Dora Baltea (*Unità di Chiave*, Pliocene superiore - Pleistocene inferiore p.p.).
 B) Formazione del conoide di Donato legato al T. Viona (*Unità di Donato*, Pleistocene inferiore p.p.) al di sopra dei sedimenti di delta-conoide.
 C) Esarazione da parte del ghiacciaio e inizio della deposizione di *lodgement till* (facies a) e di *supraglacial melt-out till* (facies b) costituente la dorsale di Coste della Lace (*Unità di San Michele-Borgo*, Pleistocene inferiore-medio).
 D) Sbarramento del reticolato idrografico minore e sedimentazione di *ice-marginal deformation till* (facies c). Successiva locale formazione di *ice-marginal gravity flow till* (facies d) al margine della massa glaciale (*Unità di San Michele-Borgo*, Pleistocene inferiore-medio).
 E) Successivamente all'interposizione di fenomeni erosionali, formazione della dorsale di Bornasco e contemporaneo rimodellamento della cerchia più esterna (*Unità di San Michele-Borgo*).

Reconstruction of the geologic evolution of the study area.

- A) Deposition of fan-delta sediments connected to the Dora Baltea basin (*Unità di Chiave*, Upper Pliocene - Lower Pleistocene p.p.).
 B) Formation of the Donato alluvial fan related to Viona basin (*Unità di Donato*, Lower Pleistocene p.p.) over the fan-delta sediments.
 C) Glacial erosion and beginning of lodgement till deposition (facies a) and of supraglacial melt-out till (facies b) forming the Coste della Lace ridge (*Unità di San Michele-Borgo*, Lower-Middle Pleistocene).
 D) Damming off of the minor drainage pattern and sedimentation of ice-marginal deformation till (facies c). Following local formation of ice-marginal gravity flow till (facies d) at the ice margin (*Unità di San Michele-Borgo*, Lower-Middle Pleistocene).
 E) After erosional phenomena, formation of the Bornasco ridge and contemporaneous remodeling of the external ridge (*Unità di San Michele-Borgo*).

rizzato l'evoluzione geologica plio-pleistocenica, rappresentata nella sequenza di Figura 6.

A - Significativa è la presenza, alla base della successione glaciale, di depositi sabbioso-ghiaiosi di delta conoide (*"Unità di Chiave"*, cfr. § 2) connessi al bacino della Dora Baltea, come indicato dalla petrografia dei clasti (1 in Fig. 6): questa evidenza suggerisce che inizialmente (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore p.p.) nell'area si sviluppasse una pianura fluvio-deltizia con modesto gradiente che si estendeva verosimilmente fino a lambire i rilievi montuosi.

B - La sovrapposizione di sedimenti fluviali grossolani, conservati nel settore più settentrionale (2 in Fig. 6), la cui litologia dei clasti consente di attribuire al bacino del T. Viona (*"Unità di Donato"*, cfr. § 2), suggerisce come in un momento successivo (Pleistocene inferiore p.p.) si sia formato il conoide di Donato; tra i due episodi sedimentari si sarebbe avuto un localizzato episodio erosivo con troncatura dei precedenti depositi fluvio-deltizi.

C - La presenza dei depositi glaciali costituenti la dorsale delle Coste della Lace (3 in Fig. 6), sviluppati nel settore centrale dell'area in rapporto di terrazzamento rispetto a quelli precedentemente descritti, indica come durante l'intervallo di tempo successivo (Pleistocene inferiore-medio) il ghiacciaio della Dora Baltea, dopo una fase di approfondimento erosionale, abbia iniziato a costruire la cerchia più esterna dell'anfiteatro deponendo una successione costituita da *subglacial lodgement till* (facies a) e da *supraglacial melt-out till* (facies b).

D - Lo sviluppo di sedimenti glaciali deposti in acqua (*ice-marginal deformation till*, facies c) al margine settentrionale (esterno) della dorsale, in corrispondenza al limite con il conoide fluviale, consente di ipotizzare che l'accrescersi del cordone morenico abbia determinato lo sbarramento del reticolato idrografico minore e delle acque di fusione della massa

glaciale con formazione di locali modesti bacini lacustri. La locale sovrapposizione, limitatamente al margine meridionale (interno) della stessa dorsale, di *ice-marginal gravity flow till* (facies **d**) indica che la successione di depositi glaciali descritta è stata interessata localmente da processi gravitativi e colluviali avvenuti lungo i versanti del cordone morenico.

E - La presenza di una successione di depositi glaciali più recenti costituenti la dorsale di Bornasco (4 in Fig. 6) suggerisce come in un intervallo di tempo successivo (Pleistocene medio-superiore) sia proseguita la costruzione dell'anfiteatro con formazione di una cerchia più interna rispetto a quella precedentemente descritta: anche in questo caso la distribuzione di tali depositi, incastrati in quelli più antichi, indica l'interposizione di un episodio erosionale. Il progressivo approfondimento da parte dei corsi d'acqua marginali (T. Ingagna e T. Viona) e il rimodellamento ad opera del ruscellamento diffuso avrebbero determinato l'asportazione di gran parte della facies **b** pedogenizzata (*supraglacial melt-out till*) e l'esposizione di un notevole spessore della facies **a** (*subglacial lodgement till*) e localmente del sottostante substrato.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano F. Carraro per la collaborazione, i preziosi suggerimenti e la paziente ed accurata lettura del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- Arduino E., Barberis E., Ajmone Marsan F., Zanini E. & Franchini M., 1986 - *Iron oxides and clay minerals within profiles as indicators of soil age in northern Italy*. Geoderma, **37**, 45-55.
- Bellini A., Compagnoni R., Forno M.G. & Lucchesi S., in corso di stampa - *Geologic map along the Canavese Line between Elvo and Viona valleys, Biella Province, Piedmont*. Litografia Geda.
- Biino G. & Compagnoni R., 1989 - *The Canavese Zone between the Serra d'Ivrea and the Dora Baltea river (Western Alps)*. Ecl. geol. Hel., **82**, 413-427.
- Bini A. & Orombelli G., 1988 - *Considerazioni sulla terminologia dei sedimenti glaciali*. "Natura Bresciana" Ann. Mus. Civ. Sc. Nat., Brescia, **24**, 213-216.
- Bortolami G., Carraro F., Friz C., Govi M. & Sacchi R., 1966 - *Note illustrative del Foglio 43 "Biella" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. II ed. Serv. Geol. It., 45-52.
- Carraro F., 1992 - *Evoluzione plio-quadernaria*. In: Dal Piaz G.V. (ed.), *Le Alpi dal Monte Bianco al Lago Maggiore*. Guide Geologiche Regionali, Soc. Geol. It., **3** (a), 82-90.
- Carraro F., Lanza R., Perotto A. & Zanella E., 1991 - *L'evoluzione morfologica del Biellese occidentale durante il Pleistocene inferiore e medio, in relazione all'inizio della costruzione dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea*. Boll. Museo Reg. Sc. Nat. Torino, **9**, 99-117.
- Carraro F., Mediolì F. & Petrucci F., 1975 - *Geomorphological Study of the Morainic Amphitheatre of Ivrea, Northwest Italy*. Bull. R. Soc. New Zealand, **13**, 89-93.
- Dreimanis A., 1988 - *Tills: Their genetic terminology and classification*. In: Goldthwait & Matsch (eds.), *Genetic classification of glacial deposits. Final report of the Commission on Genesis and lithology of glacial quaternary deposits of INQUA*. Balkema, Rotterdam, 17-83.
- Forno M.G. & Lucchesi S., 1999 - *Rapporti tra diverse facies di depositi glaciali nell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea (Piemonte)*. 2° Forum F.I.S.T., Bellaria, 20-23 settembre 1999, Riassunti, **1**, 210-212.
- Franchi S., Mattiolo S., Novarese V. & Stella A., 1910 - *Foglio 42 "Ivrea" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. I ed. Serv. Geol. It., Roma.
- Franchi S. & Stella A., 1933 - *Foglio 43 "Biella" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. I ed. Serv. Geol. It., Roma.
- Gianotti F., 1993 - *Ricostruzione dell'evoluzione quaternaria del margine esterno del settore laterale sinistro dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea*. Tesi di Laurea inedita, Università di Torino.
- Gianotti F., 1996 - *Bessa, paesaggio ed evoluzione geologica delle grandi aurifodine biellesi*. Tip. Arti Grafiche Biellesi, Candelo, 84 pp.
- Lawson D. E., 1988 - *Glacigenic resedimentation: classification concepts and application to mass-movement processes and deposits*. In: Goldthwait & Matsch (eds.), *Genetic classification of glacial deposits. Final report of the Commission on Genesis and lithology of glacial quaternary deposits of INQUA*. Balkema, Rotterdam, 147-169.
- Lucchesi S., 1996 - *Ricostruzione dell'evoluzione geologico plio-quadernaria del settore compreso tra i torrenti Elvo e Viona*. Tesi di Laurea inedita, Università di Torino.
- Polino R. & Campanino F. (eds.), 1999 - *Carta Geologica delle Alpi Piemontesi. Dai rilevamenti di: M. Barretti, C. Bruno, L. Bruno, B. Gastaldi, H. Gerlach (1860-1879 ca.)*, Scala 1:380.000 ca., Litografia Geda.

Ms. ricevuto l'8 giugno 2000
Testo definitivo ricevuto l'11 agosto 2000

Ms. received: June 8, 2000
Final text received: August 11, 2000