

S. BRASCHI (\*), P. DEL FREO (\*), L. TREVISAN (\*)

## RICOSTRUZIONE DEGLI ANTICHI GHIACCIAI SULLE ALPI APUANE

**Riassunto** — Una carta alla scala di 1: 50.000 presenta la ricostruzione grafica dei ghiacciai formatisi sul gruppo montuoso apuano nell'ultima espansione (Würm). Le conoscenze precedenti erano molto parziali, specialmente intorno ai piccoli ghiacciai, che sono risultati molto numerosi.

Segue un cenno ai criteri e metodi usati nella ricerca e viene segnalata l'esistenza di un'espansione prewürmiana, documentata da depositi morenici cementati.

**Summary** — *Reconstruction of ancient Glaciers in the Apuane Alps.* A map at the scale 1/50.000 is presented with a graphical reconstruction of the glaciers formed in the Apuane massif (North-Western Apennines) in the last expansion (Würm). Previous reconstructions were very partial, especially around the little glaciers, which have resulted very numerous.

The criteria and the methods used are described. A pre-würmian expansion, documented by cemented moraines, is signaled.

**Key words** - Glaciation, Pleistocene, Alpi Apuane, Central Italy.

### INTRODUZIONE (L. Trevisan)

L'argomento delle espansioni glaciali pleistoceniche nelle Alpi Apuane rientra nel tema generale del glacialismo in tutta la catena appenninica. Gli scritti in proposito non consentono di formarsi un'idea soddisfacente dell'aspetto che, al tempo della massima espansione, dovevano presentare i vari gruppi montuosi dell'Appennino. Descrizioni e qualche segno sulle carte non possono dare un quadro

---

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa. Lavoro pubblicato con il contributo del C.N.R. Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - Pisa.

d'insieme. Soltanto le immagini visive delle ricostruzioni grafiche permettono una valutazione sintetica che si imprime facilmente nella memoria.

Per la catena alpina il disegno d'insieme eseguito da BRUNO CASTIGLIONI (1940) è un modello indimenticabile, che si affaccia subito alla memoria, come riferimento generale, quando, nelle valli delle Alpi, lo sguardo cade sulle forme e sui depositi glaciali. Nell'Appennino le forme riferibili alle azioni di ghiacciai non sono diffuse e marcate come nelle Alpi: una delle ragioni è che in molte valli i ghiacciai si sono formati soltanto poco prima che le condizioni climatiche determinanti avessero raggiunto il valore culminante e sono scomparsi poco dopo. Breve il periodo di esistenza e quindi meno accentuate le impronte sulla morfologia rispetto ai maggiori ghiacciai alpini.

Leggendo alcuni scritti si ricava l'impressione che i ghiacciai dell'Appennino fossero pochi; ma poi, guardando le carte topografiche, ci si accorge che gli autori hanno parlato solo di quelli riconosciuti sulla base di testimonianze «sicure». E gli altri?

Negli anni passati, valendomi anche di foto aeree, ho tracciato sulle carte al 25 mila qualche schizzo del presumibile sviluppo dei ghiacciai in alcuni gruppi montuosi dell'Appennino settentrionale, disegnando non soltanto quelli ufficialmente riconosciuti, ma aggiungendo, coi criteri che verranno in seguito esposti, quelli presumibili nelle condizioni climatiche di allora. E non sono pochi. Un esempio è stato recentemente illustrato (N. BERTOLINI e L. TREVISAN, 1984) per il monte Molinatico sul crinale tosco-emiliano, dove, dopo un controllo sul terreno, numero ed estensione dei ghiacciai sono risultati molto maggiori di quanto fosse noto in precedenza.

Per il gruppo apuano gli autori di questa nota propongono una ricostruzione che potrà essere in seguito perfezionata, ma che fornisce un quadro d'insieme difficilmente immaginabile sulla base di singole descrizioni analitiche. Alle ricerche sul terreno ha partecipato anche NARA BERTOLINI.

#### LE CONOSCENZE PRECEDENTI

Hanno scritto sull'argomento:

A. STOPPANI (1872); I. COCCHI (1872); G. MORO (1872); C. DE STEFANI (1880 e 1890); B. LOTTI (1881); G. MERCIAI (1912); R. MASINI (1926);

D. ZACCAGNA (1896, 1932 e 1937); M. PACI (1935); K. SUTER (1935); E. TONGIORGI e L. TREVISAN (1940); B. CASTIGLIONI (1940); E. BENELO (1945); J.C. MAXWELL (1956); P.R. FEDERICI (1978 e 1981).

Negli scritti di quasi tutti gli Autori elencati si trovano notizie descrittive di aree limitate, per lo più indizi morfologici e ritrovamenti di morene, senza ricostruzioni grafiche dei ghiacciai.

Il DE STEFANI (1880 e 1890) affermò di aver trovato indizi sicuri di 12 ghiacciai, senza per lo più indicare la posizione delle fronti. Una prima inquadratura dell'entità dei ghiacciai apuani è stata fornita dallo studio del MERCIAI (1912), che affermò di aver trovato sicure tracce di nove ghiacciai, tutti nel versante orientale: sono i ghiacciai di Gramolazzo, del Pisanino (Nord), Campocatino, Tambura, Arni, Altissimo, Corchia e Pania Secca.

Circhi glaciali anche alle testate di qualche valle del versante occidentale sono stati segnalati nel 1970 sulle *Note illustrative della carta geologica d'Italia* (L. TREVISAN *et Alii*, 1970). P.R. FEDERICI (1981) ha illustrato numerose forme di circo nello stesso versante e accennato alla probabile esistenza di numerosi piccoli ghiacciai oltre ai maggiori noti.

Il primo tentativo di ricostruzione grafica di alcuni ghiacciai apuani è della PACI (1935), e riguarda quelli di Campagrina (Altissimo), del Corchia (versante N), della Pania Secca, dell'Edron (con fronte a Vagli di Sotto). Nel 1940 TONGIORGI e TREVISAN hanno presentato una ricostruzione di alcuni ghiacciai non limitata ai contorni, ma con l'aggiunta di isoipse. Un disegno d'insieme del gruppo apuano è stato eseguito da B. CASTIGLIONI (1940) unitamente alla carta dell'espansione würmiana nelle Alpi; la scala (1: 1.200.000) consentiva naturalmente una ricostruzione molto sommaria e limitata ai soli ghiacciai maggiori allora noti.

#### CRITERI E METODI DI RICERCA

In primo luogo l'attenzione è stata rivolta alle morene degli apparati frontali. La conoscenza della posizione dei fronti consente di ricavare in una prima approssimazione l'altitudine del limite locale delle nevi. Sui criteri per calcolare i limiti nivali si dirà in seguito. Una loro conoscenza preliminare approssimata induce a considerare la possibile esistenza di ghiacciai in tutte le valli che hanno la testata

al di sopra di quell'altitudine e ad orientare la ricerca di eventuali tracce nei luoghi più attendibili. Gli indizi sul terreno potranno risultare incerti, ma la mancanza di tracce riconoscibili non può essere considerata prova di non esistenza. Il problema non è semplice: tutte le aree al di sopra del limite locale delle nevi erano in teoria bacini collettori, ma non per questo dovevano essere tutte coperte da ghiaccio. Come si può osservare nelle aree glaciali attuali, le superfici rocciose con pendenza oltre un certo limite (variabile secondo l'orientamento dell'esposizione) rimangono nude, come pure le superfici convesse, che favoriscono la dispersione.

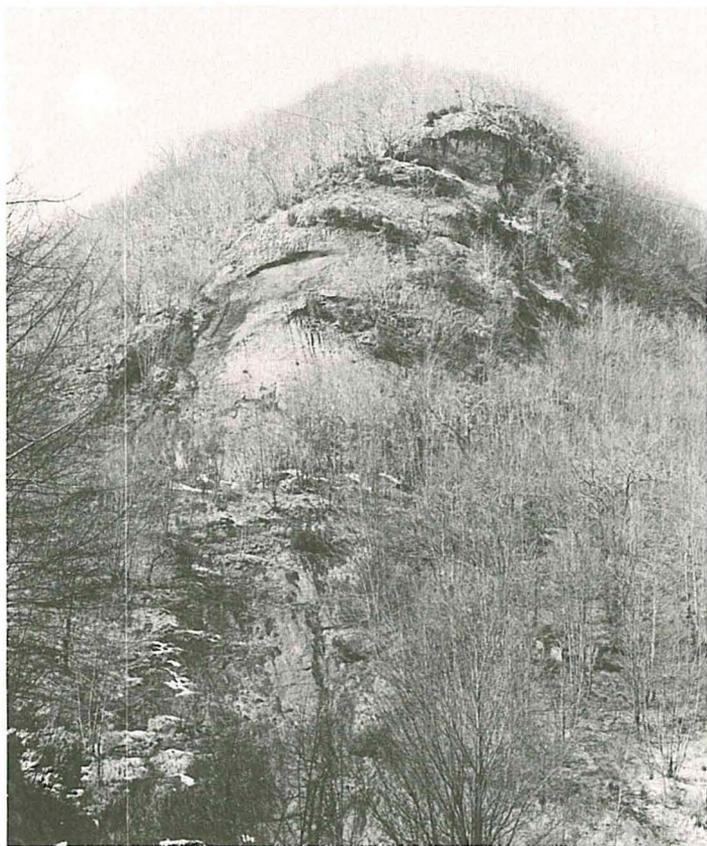


Fig. 1 — Sul versante sinistro del Canale Acque Fredde, poco prima della confluenza nella Tùrrite Secca (a monte di Isola Santa), uno sperone di «calcarei cipollini» appare arrotondato e levigato dal ghiacciaio proveniente dai monti Freddone e Corchia.

Gli indizi da noi considerati sono quelli abituali: le morene, i massi detti impropriamente «erratici» (quando risultano di rocce non attribuibili a frane dal pendio soprastante), le pareti arrotondate (fig. 1), levigate, striate, le forme di circo (fig. 2), i profili vallivi trasversali a doccia (fig. 3) e i gradini di valle. Alcuni di questi indizi si riconoscono sulle foto aeree con un'evidenza maggiore che osservando da terra.

L'utilità di individuare i limiti delle nevi è evidente; sui metodi per calcolarli il discorso si complica. Nei ghiacciai attuali i contorni e l'andamento della superficie entrano nel problema come dati, nei ghiacciai scomparsi sono le incognite da determinare. A questo punto si impone un commento critico sui limiti nivali.

Il limite «topografico» o «locale» delle nevi dovrebbe essere una specie di simbolo delle condizioni climatiche del luogo, intese come oscillazioni medie annue di temperatura (e di radiazione) e quantità (e distribuzione nell'anno) di precipitazioni. Concetto poco diverso è quello di «linea d'equilibrio», dove alimentazione e ablazione hanno valore uguale: un riferimento più diretto al «bilancio» dei ghiacciai. Si parla poi di limite «climatico», concetto ancora più astratto, creato per aree più vaste di quelle dei singoli ghiacciai, e che si ottiene cercando di neutralizzare il fattore variabile dell'influenza che sulla fusione del ghiaccio esercita l'orientamento dell'esposizione dei fianchi in un gruppo montuoso.

Sono da tempo stati proposti vari metodi per determinare i limiti locali delle nevi, e quando ci si accinge a una ricerca bisogna scegliere quello che appare più idoneo al caso specifico.

Uno dei metodi è quello detto orografico, secondo il quale una linea d'equilibrio coinciderebbe con la media aritmetica tra la quota del punto più basso del fronte e la quota della cima più alta del bacino morfologico. È il metodo più speditivo, ed è stato giustamente criticato, perché esclude dal calcolo molti fattori variabili tutt'altro che accessori. Accade per esempio di leggere che, applicando questo metodo rapido, in un certo ghiacciaio il limite delle nevi era situato all'altitudine di m. 1504 e in un ghiacciaio poco lontano a m. 1417. Viene fatto di pensare: meno male che nel calcolo i centimetri sono stati arrotondati.

Un utile perfezionamento consiste nel considerare, al posto della cima più alta, la media altitudine dello spartiacque sovrastante al bacino collettore.

Anche il metodo di PENCK e BRÜCKNER, che consiste nell'attribuire

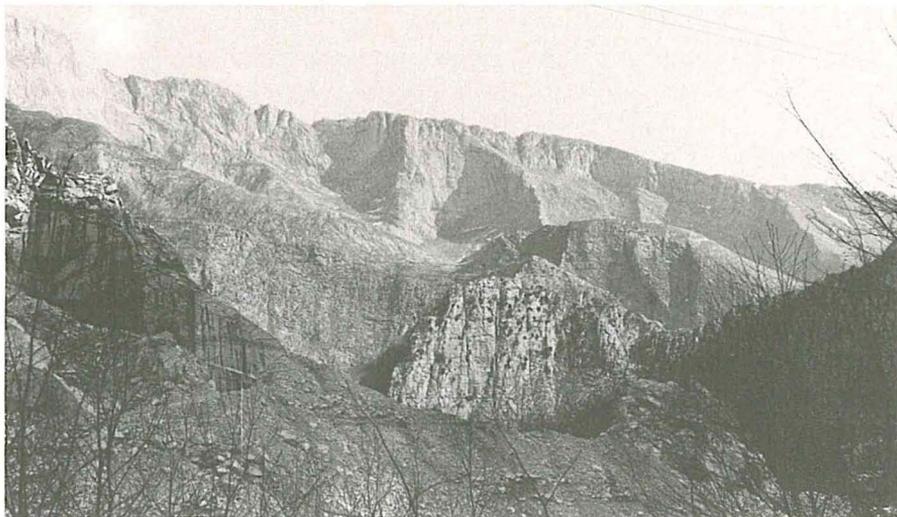


Fig. 2 — Circhi glaciali sul versante meridionale del M. Sumbra.

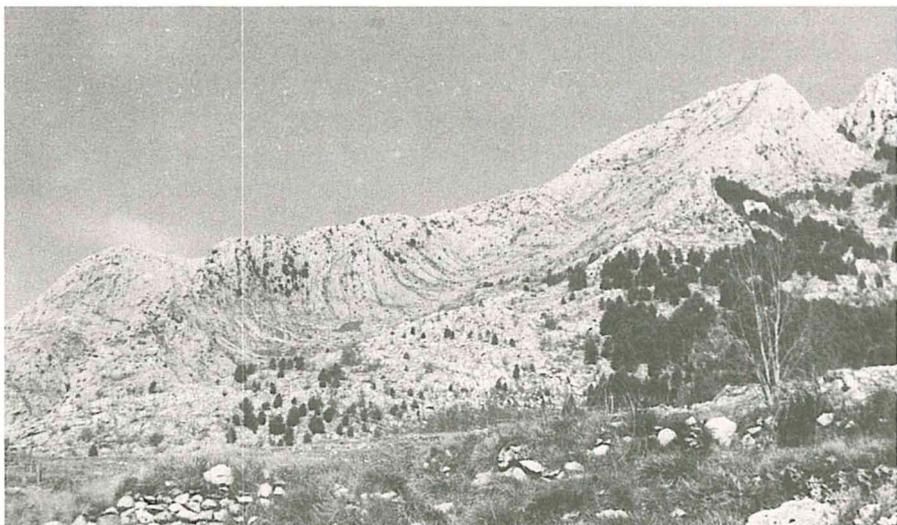


Fig. 3 — Valle modellata a doccia nei marmi liassici da un piccolo ghiacciaio a Nord di Vinca. La forma glaciale si è conservata pressoché intatta perché la permeabilità carsica ha preservato il fondo da erosioni torrentizie.

all'area di accumulo un'estensione (in proiezione su un piano orizzontale) di  $3/4$  dell'area totale del ghiacciaio, è stato criticato. Altro metodo è quello di considerare linea d'equilibrio l'isoipsa che divide in due parti equivalenti la superficie del ghiacciaio. Il criterio è valido nel caso di ghiacciai con superficie (e substrato) di pendenza uniforme dal margine superiore al fronte; richiede aggiustamenti nei casi di pendenza non costante. Per fare riferimento a modelli semplici, quando la lingua scorre in una doccia col fondo più ripido della parte a monte, al bacino ablatore si dovrà attribuire un'area meno estesa che al collettore e viceversa nel caso opposto.

Tutti i metodi hanno qualche punto debole e lasciano qualche incertezza. Maggiore affidamento danno i ghiacciai piccoli e di forma più semplice; nei più estesi il problema è complicato dal fatto che per lo più sono composti da più correnti confluenti, che fanno capo a circhi con orli ad altitudini diverse e diversamente esposti. Altrettanto si può dire nei casi di correnti diffluenti; entrambe queste situazioni sono presenti nei ghiacciai maggiori delle Apuane.

Nelle nostre ricostruzioni abbiamo seguito spesso più d'uno dei metodi citati, per ottenere un maggiore controllo.

Nelle ricostruzioni grafiche si incontra, come già accennato, anche il problema della verosimiglianza del contorno del ghiaccio nel circo, in quanto le pareti molto ripide non consentono l'accumulo della neve. Un criterio approssimato si può ricavare osservando carte topografiche di ghiacciai attuali. In generale appaiono nude le pareti con inclinazione superiore a  $45^\circ$  circa, con differenze però anche notevoli in rapporto con l'orientamento dell'esposizione: le superfici rivolte a Sud risultano nude anche con pendenza sensibilmente minore. Nude anche le superfici convesse.

Le superfici dei ghiacciai ricostruiti sono indicate da isoipse con equidistanza di 100 m; non è un espediente per dare maggiore evidenza alla figura, ma è un mezzo di controllo per la verosimiglianza dei margini laterali dei ghiacciai.

La ricostruzione di un numero rilevante di ghiacciai molto piccoli può sembrare artificiosa; tuttavia basta dare uno sguardo a qualche tavoletta topografica di aree alpine elevate per notare che ghiacciai di circo o di canalone, con lunghezze anche inferiori a 500 m, sono frequenti (fig. 4).

Le ricostruzioni grafiche, specialmente dei ghiacciai più piccoli, sono diventate possibili solo da pochi anni, da quando cioè sono apparse le nuove carte aerofotogrammetriche al 10 mila per gran

parte delle Apuane. Sulle vecchie tavolette le pareti di roccia erano indicate con tratteggi convenzionali che non ne rispecchiavano affatto le forme.



Fig. 4 — Un esempio di ghiacciai alpini attuali di piccole dimensioni, in Valle Aurina (tav. I-III-SO della carta d'Italia).

## I GHIACCIAI MAGGIORI

### *Ghiacciaio di Gramolazzo*

Era il ghiacciaio più esteso, col fronte intorno alla quota di m. 600, nella valle del Serchio di Gramolazzo, in corrispondenza del paese omonimo. L'area era di circa 12 Km<sup>2</sup>. Confluivano al fronte ghiacci provenienti dal bacino compreso tra Pizzo d'Uccello (m. 1782), Monte Cavallo (m. 1888) e M. Pisanino (m. 1947) e dal bacino minore situato a oriente del Pisanino stesso, che ha la vetta più alta del gruppo apuano. Circa 2 Km a W (a monte) di Gramolazzo una breve lingua trasfluiva verso N attraverso la sella di Minucciano. Lunghezza della corrente maggiore: poco più di 6 Km.

### *Ghiacciaio del Solco di Equi*

Ancora dalla cresta di Pizzo d'Uccello scendeva, verso NW, lungo la valle Solco di Equi un ghiacciaio finora sconosciuto. Non era molto

esteso (lunghezza 2,5 Km circa), ma merita un cenno speciale perché aveva il fronte a m. 400, una quota sensibilmente più bassa di tutti i ghiacciai apuani. Questa particolarità si spiega col fatto che il bacino era riparato, nel suo lungo margine meridionale, da una parete alta,

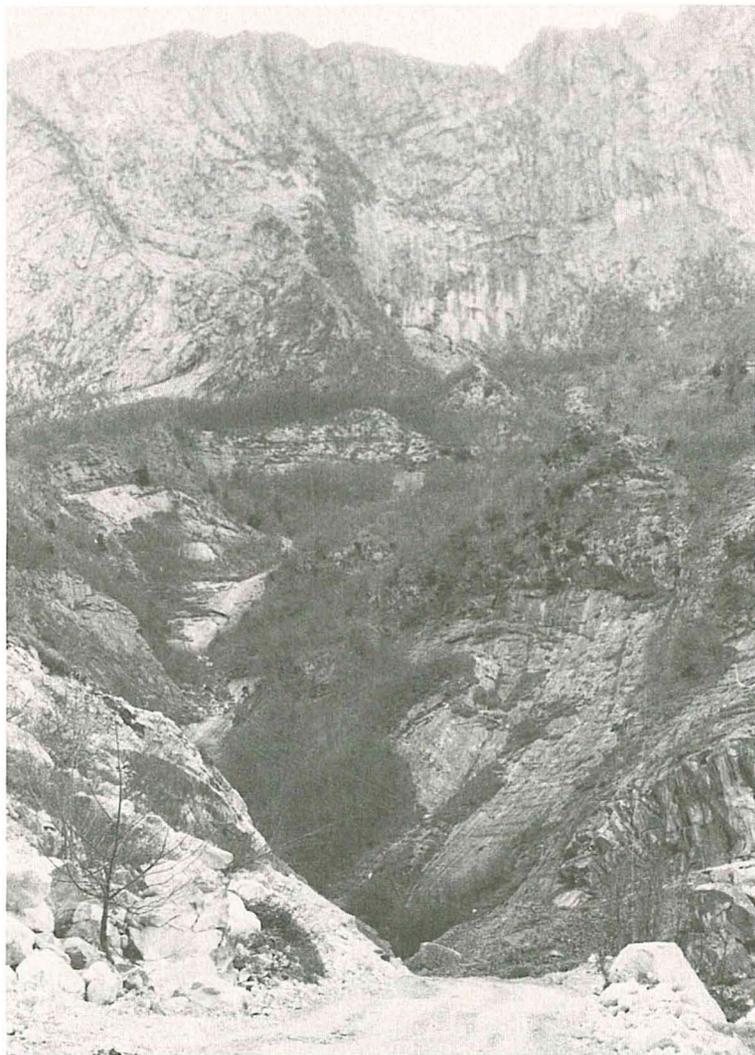


Fig. 5 — Dalla località Valtredi, nel Solco di Equi, si vede verso Sud sullo sfondo, il crinale che da Pizzo d'Uccello si estende verso Ovest, con altissime pareti modellate a circhi. In basso: una piccola valle conformata a doccia e con pareti levigate.

lunga e ripidissima, tanto da mantenere in ombra per gran parte dell'anno pressoché tutto il ghiacciaio esposto verso Nord (fig. 5). Anche oggi, alla base di questa lunga parete, rimane fino all'estate una striscia di neve, tanto che sulle carte topografiche si legge «Cantoni di neve vecchia».

### *Ghiacciaio di Gorfigliano*

A Est del ghiacciaio di Gramolazzo, dalla cresta che collega le cime del Pisanino, del M. Cavallo (m. 1888) e della Tambura (m. 1890) scendeva un ghiacciaio di lunghezza poco inferiore a 6 Km e con un'area di circa 8 Km<sup>2</sup> (fig. 6). Il fronte, ad altitudine di circa 600 m., era tanto vicino a quello del ghiacciaio di Gramolazzo, da non poter escludere che in qualche momento formassero un fronte unico, pensando a morene sepolte da alluvioni o demolite dalle acque correnti.

È da presumere che, al ritiro dei ghiacci, nella larga valle di Gorfigliano sia esistito un lago, in corrispondenza del più basso gradino di valle, come risulta dalla sezione riportata sulla carta dei ghiacciai ricostruiti.

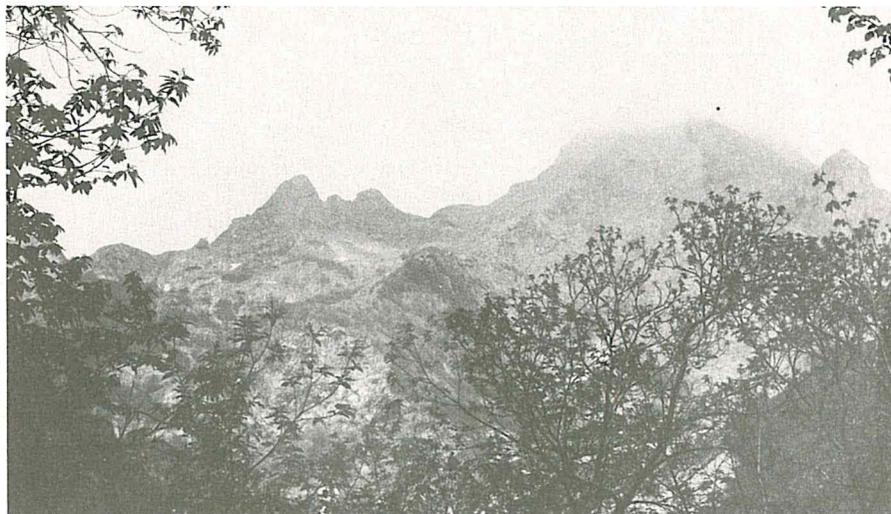


Fig. 6 — Circo glaciale tra il M. Pisanino (a sinistra) e La Mirandola (con la nebbia), visto dal fondo valle poco a Nord di Gorfigliano, guardando verso SW.

### *Ghiacciaio di Vagli*

Aveva il fronte all'altitudine di circa 550 m. tra Vagli di Sopra e Vagli di Sotto. La confluenza del ramo settentrionale, che faceva capo al noto tipico circo di Campocatino, sulle pendici del M. Roccandagia (m. 1708), è stata ricostruita tenendo conto dei massi isolati. Il ramo maggiore, che dal M. Fiocca (m. 1709) percorreva la Valle d'Arnétola, era lungo 6 Km. L'area totale è di Km<sup>2</sup> 8 circa, come il precedente.

### *Ghiacciaio di Campo Cècina*

È il più occidentale dei ghiacciai apuani, a W del Monte Borla (m. 1465). Dall'altipiano ondulato di Campo Cècina e dai monti circostanti divergevano numerose lingue, sia verso S che verso N, dove il ghiaccio confluiva con le correnti del versante W del M. Sagro, e formava un fronte in forma di cascata nel gradino detto Il Balzone, ad una quota presumibilmente poco inferiore a m. 700.

### *Ghiacciaio della Foce di Mosceta*

I ghiacci che scendevano dal versante orientale del M. Corchia (1676) e quelli provenienti dal versante occidentale della Pania della Croce (1859) si riunivano alla Foce di Mosceta, una sella in forma di ripiano ondulato, cosparso di depositi morenici. Dalla sella una lingua scendeva verso N, fino a quota 700 (forse anche un po' più in basso) e un'altra larga corrente verso S, con fronte intorno a quota 800.

## LIMITI DELLE NEVI

I ghiacciai maggiori si formarono sul versante orientale del gruppo, dove sono dominanti le esposizioni verso Nord. Dall'insieme risulta che ai ghiacciai esposti a Nord si possono attribuire limiti locali di altitudine intorno a 1100 m.

Nei bacini esposti a mezzogiorno i limiti ricavati dalle posizioni dei fronti ricostruiti sulla base di indizi attendibili, si aggirano intorno a m. 1250.

Nei ghiacciai che defluivano verso E o verso W i valori risultano intermedi, con variazioni a seconda del riparo maggiore o minore che il fondovalle aveva dal lato meridionale.

## GHIACCIAI MINORI

Numerosi dovevano essere i piccoli ghiacciai specialmente nel versante esposto verso il Tirreno, ma molto scarsi sono i depositi morenici e non molto diffuse le forme tipiche di circo. La scarsità di morene è da attribuirsi alla ripidità dei canaloni, sfavorevole ad accumuli di materiali sciolti e alla loro facile asportazione ad opera delle acque. La scarsità di forme erosive tipiche si spiega con la brevissima durata dei ghiacciai piccoli.

Come già esposto, l'esistenza di ghiacciai era presumibile nelle concavità situate al di sopra del limite delle nevi; quindi al di sopra delle isoipsa di 1250 m. nei casi di esposizione a Sud, e di pendenza non eccessiva. Per le ricostruzioni, oltre all'osservazione diretta è stato utile il controllo su fotografie aeree.

## TESTIMONIANZE DI UN'ESPANSIONE GLACIALE PREWÜRMIANA

I depositi morenici si presentano con due aspetti distinti: alcuni sciolti, altri cementati da incrostazioni calcitiche (fig. 7). Quelli sciolti



Fig. 7 — Solco di Equi. Un aspetto della morena cementata prewürmiana in località Valtredi.

conservano spesso la forma originaria di argine, ed è naturale attribuirli all'espansione di Würm; quelli cementati ad un'espansione precedente. Morene cementate di aspetto conglomeratico erano già note: tali sono per esempio quelle esposte lungo la strada presso Compagrina nella valle di Arni. La cementazione in sé però non era indizio sufficiente per attribuirle ad una glaciazione distinta, tenendo conto dell'abbondanza di ciottoli carbonatici (marmi e «grezzoni») e della forte piovosità della parte più elevata delle Apuane, che attualmente si aggira sui 4.000 mm di media annua.

L'attribuzione dei due diversi tipi di morenico a glaciazioni distinte è risultata documentata da quando, in più luoghi, abbiamo potuto osservare morenico sciolto deposto sopra il cementato senza transizioni graduali. In località Valtredi, nel Solco di Equi, dove tracce glaciali non erano mai state osservate, il morenico sciolto giace su quello cementato lungo una superficie che conserva tracce evidenti di una lunga esposizione (figg. 8 e 9).

I lembi morenici più a valle sono cementati, tanto da suggerire l'ipotesi che il ghiacciaio più antico fosse più esteso; ma la posizione precisa delle fronti non è identificabile; rimane pertanto l'incertezza (fig. 10).

Altro luogo dove entrambi i tipi di morenico sono visibili, anche in rapporti di sovrapposizione, è la Val Terreno, percorsa dal ghiacciaio che scendeva dal versante Nord del M. Corchia e dal versante Est del M. Freddone e che aveva il fronte poco a SW di Isola Santa. Sono resti di morene mediane, deposte durante le fasi regressive, presso la confluenza di due delle tre lingue che formavano un fronte unico, ricostruito in modo approssimato sulla base di forme abrasive arrotondate.

Particolarmente diffusi e abbondanti sono i lembi di morene cementate nell'area del ghiacciaio di Campagrina lungo il Canale delle Gobbie. Il ramo più occidentale, che scendeva dal grande circo dai monti Pelato (m. 1341) e Altissimo (m. 1589) in direzione SW-NE, piegava poi bruscamente verso E (1,5 Km a W di Arni) alla confluenza della valletta NS proveniente dal passo del Vestito (m. 1096). Sul versante destro di questo affluente si sono conservati estesi lembi di morene di sponda sinistra; percorrendo la strada di recente costruzione, che da Case Henraux (alla confluenza) sale al passo del Vestito, si vede dapprima il morenico sciolto e poco oltre quello cementato. Il fatto che quest'ultimo si trova ad un'altitudine un po' superiore fa pensare che il ghiacciaio prewürmiano avesse uno spessore più grande del successivo.

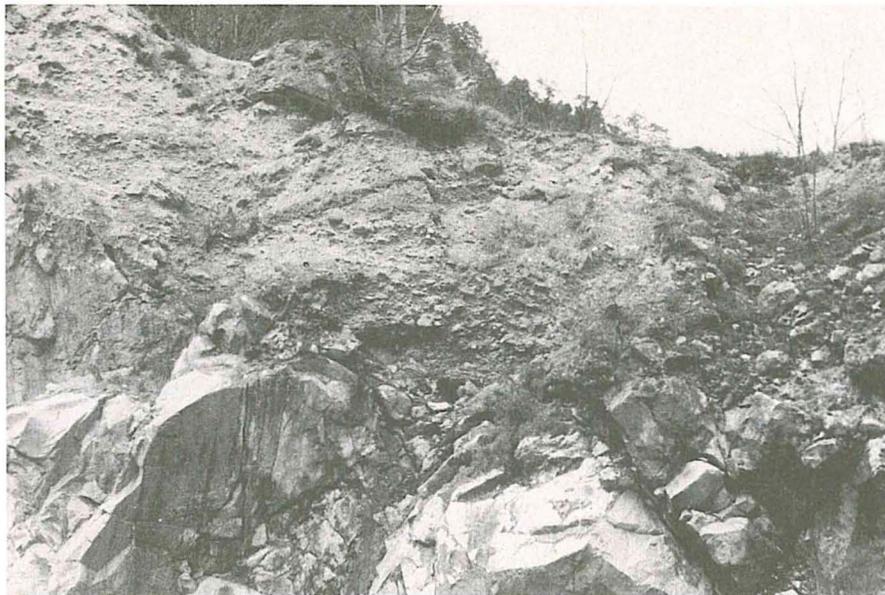


Fig. 8 — Morenico sciolto su morenico cementato nel Solco di Equi, presso Casa Cattani.



Fig. 9 — Disegno sulla fotografia della fig. 8. Il morenico cementato C è ricoperto da quello sciolto S, che ingloba un blocco del precedente.

Comunque, anche in questo caso, come in quello della Valle di Equi, gli indizi appaiono favorevoli a questa ipotesi, anche se non possono convalidarla in pieno.

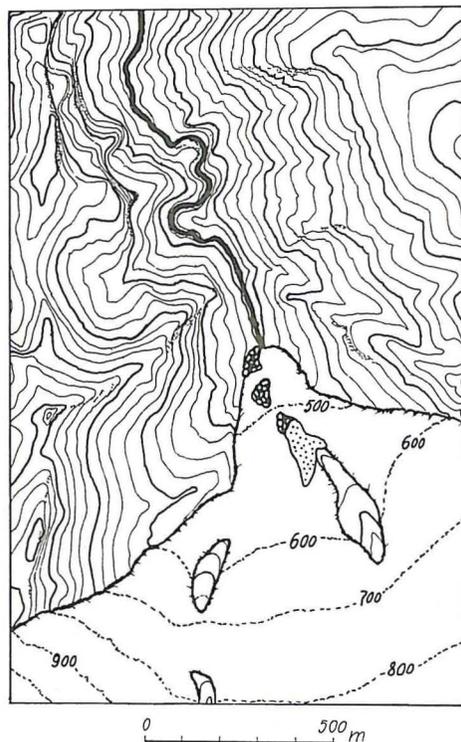


Fig. 10 — Il fronte del ghiacciaio del Solco di Equi e i depositi morenici diversi: quelli cementati sono indicati con punti bianchi su fondo nero, quelli sciolti con punti neri su fondo bianco.

Si può aggiungere che attribuire le morene cementate ad una sola glaciazione prewürmiana è un'ipotesi non controllata.

Sarebbe stato interessante trovare qualche resto organico per determinare l'età, almeno delle morene più recenti, col metodo del radiocarbonio. In attesa di nuovi riferimenti, si può attribuire un'età di circa 20.000 anni al momento della deposizione delle morene sciolte più avanzate, per analogia con l'ultima delle oscillazioni würmiane della catena alpina.

## BIBLIOGRAFIA

- BENELO E. (1945) - Nuova località fossilifera e nuovo ghiacciaio nelle Alpi Apuane. *Boll. Soc. Geol. It.*, **64**, 40-41.
- CASTIGLIONI B. (1940) - L'Italia nell'età quaternaria. In: DAINELLI G., Atlante fisico-economico d'Italia: Tav. 3, Consoc. Turist. Ital. Milano.
- COCCHI I. (1864) - Sulla geologia dell'Italia centrale. Da «*Alcune lezioni orali raccolte da Perini e Mariani*», Mariani, Firenze.
- COCCHI I. (1872) - Del terreno glaciale delle Alpi Apuane. *Boll. R. Comit. Geol. It.*, **3**, 187-197.
- DE STEFANI C. (1874) - Gli antichi ghiacciai dell'Alpe di Corfino ed altri dell'Appennino settentrionale e delle Alpi Apuane. *Boll. R. Comit. Geol. It.*, **5**, 86-94.
- DE STEFANI C. (1890) - Gli antichi ghiacciai delle Alpi Apuane. *Boll. C.A.I.*, **24**, 175-202.
- FEDERICI P.R. (1978) - Una possibile copertura dell'Unità tettonica delle Panie (a proposito di una morena di «macigno» nelle Alpi Apuane). *Atti Soc. Tosc. di Sc. Nat. Mem. Ser. A*, **85**, 51-59.
- FEDERICI P.R. (1979) - Una ipotesi di cronologia glaciale würmiana nell'Appennino centrale. *Geogr. Fis. e Dinam. Quatern.*, **2**, 196-202.
- FEDERICI P.R. (1980) - On the Riss glaciation of the Apennines. *Zeitschr. f. Geomorphologie*, NF **24** (I), 111-116.
- FEDERICI P.R. (1981) - The quaternary glaciation on the seaward side of the Apuan Alps. *Riv. Geogr. Ital.*, **88** (2), 183-199.
- LOSACCO U. (1949) - La glaciazione quaternaria dell'Appennino settentrionale. *Riv. Geogr. Ital.*, **56**, 3-142.
- LOSACCO U. (1982) - Gli antichi ghiacciai dell'Appennino settentrionale. Studio morfologico e paleogeografico. *Atti. Soc. Natur. e Matem. di Modena*, **113**, 1-224.
- LOTTI B. (1881) - La doppia piega d'Arni e la sezione trasversale delle Alpi Apuane. *Boll. R. Comit. Geol. It.*, **12**, 419-445.
- MASINI R. (1949) - Lembi di morene glaciali nella valle Scesta (Lima) e nella Turrite di Galliciano. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem.*, **37**, 55-89.
- MAXWELL J.C. (1956) - Tectonics of Pania della Croce, Pania Secca area, Alpi Apuane. *Boll. Soc. Geol. It.*, **75**, 55-79.
- MERCIAI G. (1912) - Fenomeni glaciali nelle Alpi Apuane. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem.*, **28**, 70-90.
- MORO G. (1872) - Il gran ghiacciaio della Toscana. *Lettera al prof. Meneghini. Giacchetti, Firenze*.
- PACI M. (1935) - Revisione dei terreni morenici quaternari delle Alpi Apuane. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Proc. Verb.*, **44**, 13-30.
- SACCO F. (1893) - Lo sviluppo glaciale nell'Appennino settentrionale. *Boll. C.A.I.*, **27**, 263-282.
- SESTINI A. (1934) - Nuovi contributi alla conoscenza della glaciazione pleistocenica nell'Appennino. *Boll. R. Soc. Geogr. It.*, ser. VI, **11**, 136-139.
- SESTINI A. (1935) - Sui ghiacciai quaternari delle Alpi Apuane. *Boll. R. Soc. Geogr. It.*, ser. VI, **12**.

- SESTINI A. (1936) - Forme glaciali e antico limite delle nevi nell'Appennino settentrionale. *Riv. Geogr. Ital.*, **43**, 293-298.
- STOPPANI A. (1872) - Sull'esistenza di un antico ghiacciaio nelle Alpi Apuane. *Rendic. Ist. Lombardo Sc. Lett.*, **5**, 1-7.
- SUTER K. (1936) - Die eiszeitliche Vergletscherung der Apenninen. 5: Alpi Apuane. *Zeitschr. f. Gletscherkunde*, **24**, 140-155.
- TONGIORGI E. e TREVISAN L. (1940) - Aspetti glaciali e forestali delle Alpi Apuane durante l'ultima glaciazione. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Proc. Verb.*, **49** (3), 3-10.
- TREVISAN L. (1940) - I limiti nivali attuali e würmiani in Italia. *Boll. Comit. Glac. It.*, Ser. I, **20**, 3-16.
- TREVISAN L. (1948) - Sui rapporti fra precipitazioni e rilievo nella regione apuana. *Atti IV Congr. geogr. ital.*, 1-2.
- TREVISAN L., DALLAN L., FEDERICI P.R., GIGLIA G., NARDI R., RAGGI G. (1970) - Note illustrative della Carta geologica d'Italia. Foglio 96 Massa. *Servizio Geol. d'It.*, Roma.
- ZACCAGNA D. (1932) - Descrizione geologica delle Alpi Apuane. *Memorie descrittive Carta geol. d'Italia*, **25**.
- ZACCAGNA D. (1937) - Sull'estensione dei ghiacciai delle Alpi Apuane. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Proc. Verb.*, **46**, 65-66.

(ms. pres. il 15 dicembre; ult. bozze il 30 marzo 1987)

S. BRASCHI, P. DEL FREO, L. TREVISAN

Ricostruzione degli  
antichi ghiacciai sulle  
Alpi Apuane

Scala 1:50.000



0 1 2 km.

