



LA CAROVANA DEI GHIACCIAI

Un viaggio attraverso le Alpi per raccontare
gli effetti dei cambiamenti climatici sui ghiacciai
e promuovere la tutela della montagna di alta quota.



NELL'AMBITO
DELLA CAMPAGNA

**CHANGE
CLIMATE
CHANGE**

CON IL
SUPPORTO DEL



PARTNER
PRINCIPALE



PARTNER
SOSTENITORE



A cura di:
Vanda Bonardo
Marco Giardino

Grafica: Luca Fazzalari

Foto di copertina: Ghiaccio del Miage

Dicembre 2020

SOMMARIO

Introduzione	5
Calendario Carovana dei Ghiacciai	6
Itinerario Carovana dei Ghiacciai	7
Ghiacciai quando dove e perché	8
Come funzionano i ghiacciai	12
Come si studia un ghiacciaio	15
I ghiacciai delle Alpi Occidentali	18
SCHEDE DEI GHIACCIAI VISITATI	
Ghiacciaio del Miage	20
Ghiacciaio di Indren	22
Ghiacciaio delle Locce Sud	24
Ghiacciaio delle Piode	26
Ghiacciaio del Sesia e delle Vigne	28
Ghiacciaio di Bors	30
I ghiacciai delle Alpi Centrali	32
SCHEDE DEI GHIACCIAI VISITATI	
Ghiacciaio dei Forni	34
Ghiacciaio della Sforzellina	36
I ghiacciai delle Alpi Orientali	38
SCHEDE DEI GHIACCIAI VISITATI	
Ghiacciaio della Marmolada	40
Ghiacciaio della Fradusta	42
Ghiacciaio del Travignolo	44
Ghiacciaio del Montasio	46
Il bilancio della campagna	48
Il saluto al ghiacciaio - Musicisti e letterati tra i ghiacci	55
I ghiacciai: serbatoi di memoria	61
Considerazioni conclusive	62
Proposte	65
Ringraziamenti	67
Legambiente	68
Comitato Glaciologico Italiano	68
Sammontana	69
FRoSTA	69

INTRODUZIONE

A causa del riscaldamento globale, i ghiacciai alpini stanno subendo imponenti contrazioni, si prevede che a fine secolo le superfici glaciali si ridurranno ad un quarto di quelle esistenti.

Da fine ottocento ad oggi, più di 200 ghiacciai alpini sono scomparsi lasciando il posto a detriti e rocce. Gli effetti del cambiamento si toccano con mano, il confronto tra la realtà odierna e le vecchie fotografie dei ghiacciai non lascia dubbi sulla fase di riduzione che stanno attraversando. Ora il bosco colonizza suoli un tempo perennemente gelati, la pietra nuda affiora dove qualche decennio fa arrivava il ghiacciaio. Il rapido ritirarsi delle fronti glaciali non comporta solo perdita di paesaggi affascinanti, equivale alla scomparsa di importanti riserve di acqua dolce. Sempre in conseguenza del riscaldamento climatico, il permafrost (il terreno perennemente ghiacciato) si degrada sempre più, causando instabilità sui versanti, con pesanti rischi per le infrastrutture di alta quota.

Dopo il *Requiem per un ghiacciaio*, Legambiente nell'estate 2020 ha lanciato la prima edizione di **Carovana dei ghiacciai**, campagna realizzata con il supporto del Comitato Glaciologico Italiano (CGI) e con partner principale Sammontana e partner sostenitore FRoSTA, che dal 17 agosto al 4 settembre ha monitorato lo stato di salute dei ghiacciai alpini per far conoscere gli effetti che i cambiamenti climatici stanno avendo sull'ambiente glaciale alpino. Sei le tappe al centro di questa campagna pensata nell'ambito di

ChangeClimateChange che ha attraversato le Alpi e che ha avuto per protagonisti dodici ghiacciai: quello del **Miage** in Valle d'Aosta, cinque ghiacciai del **Monte Rosa** (Indren, Bors, Piode, Sesia-Vigne e Locce) in Piemonte, i **ghiacciai dei Forni e della Sforzolina** in Lombardia, il **Ghiacciaio della Marmolada** in Veneto- Trentino Alto Adige, quelli di **Fradusta** e **Travignolo** in Trentino Alto Adige, e il **Ghiacciaio del Montasio occidentale** in Friuli Venezia Giulia. Nel corso di ogni tappa, Legambiente insieme al Comitato Glaciologico Italiano ha realizzato dei monitoraggi scientifici ad alta quota per osservare le variazioni storiche dei ghiacciai e per monitorare le trasformazioni glaciali, seguendo il modello delle Campagne glaciologiche che il CGI realizza annualmente dal 1895. Inoltre, di tappa in tappa sono stati organizzati incontri, mostre, escursioni per conoscere il territorio montano e uno speciale momento di raduno: *"Il saluto al ghiacciaio"*, dove musicisti e scrittori hanno prestato la loro testimonianza per sostenere la campagna.

Le attività messe in campo sono state principalmente indirizzate a raggiungere l'obiettivo di diffondere la consapevolezza che la trasformazione degli ambienti glaciali, seppur rapida e apparentemente inarrestabile, può essere affrontata meglio con una conoscenza approfondita. Il monitoraggio glaciologico è quindi stato interpretato come una condizione indispensabile per rendere efficaci gli interventi di mitigazione dei pericoli e di gestione sostenibile delle risorse e di fruizione duratura dei servizi ecosistemici

propri degli ambienti glaciali.

Questo report è un sunto di quanto osservato e rilevato durante il viaggio. Alle osservazioni d'insieme sui tre settori alpini (occidentale, centrale e orientale) si aggiungono descrizioni dettagliate dei singoli ghiacciai monitorati e considerazioni sulle conseguenze della crisi climatica in atto. Con la campagna Carovana dei ghiacciai e con i dati raccolti nel corso dei monitoraggi non solo abbiamo evidenziato gli effetti che il riscaldamento climatico sta già avendo anche sul nostro Paese. E' stata anche l'occasione per ribadire l'urgenza di mettere in campo misure e politiche ambiziose sul clima, con lo scopo di arrivare a missioni nette pari a zero al 2040, in coerenza con l'Accordo di Parigi.

Il viaggio di Carovana dei Ghiacciai è stato raccontato anche sulle pagine Facebook di Legambiente Alpi e del Comitato Glaciologico Italiano, dove sono state postate news, foto, video, interviste.

**HASHTAG
DELLA CAMPAGNA:**

**#Carovanadeighiacciai
#Changeclimatechange**

CALENDARIO CAROVANA DEI GHIACCIAI



17-18/08

**GHIACCIAIO
DEL MIAGE**

[VALLE D'AOSTA]



19-22/08

**GHIACCIAI
DEL MONTE ROSA**

[PIEMONTE]



23-26/08

**GHIACCIAI FORNI
E SFORZELLINA**

[LOMBARDIA]



27-29/08

**GHIACCIAIO DELLA
MARMOLADA**

[VENETO - TRENINO ALTO ADIGE]



30/08 - 01/09

**GHIACCIAIO
DELLA FRADUSTA**

[TRENINO ALTO ADIGE]



2-4/09

**GHIACCIAIO OCCIDENTALE
DEL MONTASIO**

[FRIULI VENEZIA GIULIA]

CAROVANA DEI GHIACCIAI 2020

LE TAPPE



- 1 **GHIACCIAIO DEL MIAGE**
- 2 **I GHIACCIAI DEL MONTE ROSA**
(INDREN, BORS, PIODE, SESIA - VIGNE E LOCCE SUD)
- 3 **GHIACCIAIO DELLA SFORZELLINA**
- 4 **GHIACCIAIO DEI FORNI**
- 5 **GHIACCIAIO DELLA MARMOLADA**
- 6 **GHIACCIAIO DI TRAVIGNOLO**
- 7 **GHIACCIAIO DELLA FRADUSTA**
- 8 **GHIACCIAIO DEL MONTASIO**

GHIACCIAI: DOVE, QUANDO, PERCHÈ

I ghiacciai sono certamente tra i più spettacolari ed affascinanti fenomeni naturali osservabili sulla Terra. L'estensione attuale delle coperture glaciali è l'ultima "fotografia" di una storia di avanzate e ritiri (*pulsazioni glaciali*) che si alternano da milioni di anni e che hanno lasciato sulla superficie terrestre evidenti tracce della loro attività. Il Quaternario ad esempio (ultimi 2.1 milioni di anni) è stato caratterizzato da una alternanza di periodi freddi (*glaciali*) e caldi (*interglaciali*) durante i quali i ghiacciai hanno aumentato e ridotto periodicamente le loro dimensioni. Queste sequenze di eventi glaciali ed interglaciali a grande scala, sia spaziale sia temporale, sono dovute principalmente a fattori di origine astronomica aventi diverse ciclicità, quali: l'**eccentricità dell'orbita terrestre** (ciclicità circa 100.000 anni), l'**inclinazione dell'asse terrestre** (ciclicità circa 42.000 anni), la **precessione degli equinozi**, ovvero la variazione della direzione dell'asse terrestre rispetto al sole (ciclicità circa 22.000 anni). Nel complesso questi cicli (conosciuti come *Cicli di Milankovitch*) provocano importanti variazioni nella quantità di energia solare ricevuta dalla Terra, andando dunque ad alterare il principale input energetico del nostro sistema climatico. Nelle Alpi Occidentali l'esempio più eclatante di queste pulsazioni glaciali è certamente lo splendido Anfiteatro Morenico di Ivrea (fig.1), edificato a più riprese tra 900.000 e 11.000 anni fa dal Ghiacciaio Balteo il quale, nei momenti di massima estensione, occupava con uno spessore di oltre 1000 m l'intera Valle d'Aosta e raggiungeva con la sua fronte le aree pedemontane canavesane.

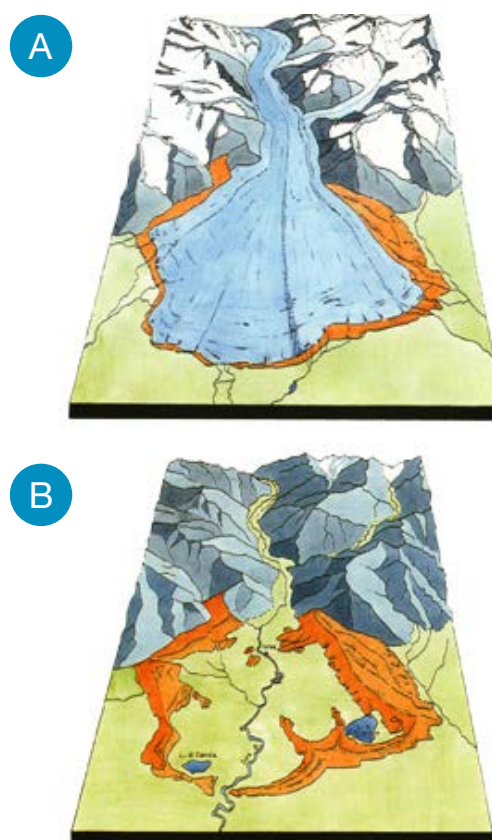


Fig. 1

(A) Ricostruzione della fronte del Ghiacciaio Balteo al culmine della sua espansione, circa 150.000 anni fa.
(B) L'attuale morfologia dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea. Sulla destra si riconosce la Serra di Ivrea, in primo piano il Lago di Candia (sulla sinistra) ed il Lago di Viverone (sulla destra) (disegno di G. Susella in AA VV, 1991).

Nelle Alpi l'ultima fase fredda ebbe termine circa 11.000 anni fa, quando si ebbe un definitivo e progressivo ritiro dei ghiacciai dalle valli principali verso le alte quote, là dove siamo attualmente abituati a vederli, e dove essi hanno continuato a scrivere la loro epopea di avanzate e di ritiri (fig.2). Possiamo dire che gli ultimi due capitoli di questa storia sono

“storia recente”: la Piccola Età Glaciale (PEG: 1350 - 1850 d.C.), la più importante espansione glaciale dal termine delle grandi glaciazioni pleistoceniche, e l'attuale fase di veloce regresso che colloca le attuali fronti glaciali nelle posizioni più arretrate quantomeno degli ultimi 1000 anni (Mercalli & Cat Berro, 2005).

TEMPERATURA MEDIA REGIONE ALPINA OCCIDENTALE NEGLI ULTIMI 11.000 ANNI

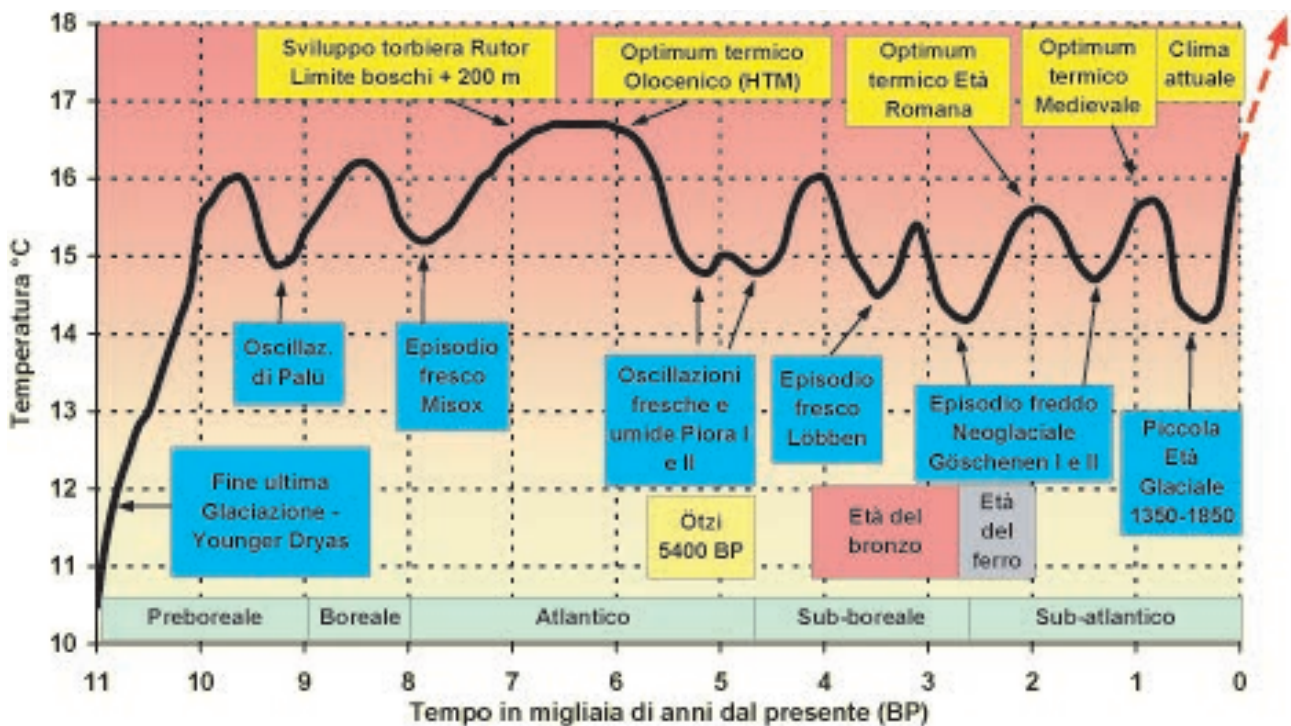


Fig. 2

Tra 11.000 e 10.000 anni fa, con un netto rialzo termico di circa 4°C, termina l'epoca Pleistocenica (delle grandi glaciazioni) ed inizia l'attuale epoca Olocenica (interglaciale). Nel corso degli ultimi 10.000 anni il clima alpino si è stabilizzato su un assetto temperato con fluttuazioni comprese entro i 2,5°C tra i massimi dell'optimum termico Olocenico ed i minimi del Neoglaciale e della PEG. Le temperature attuali hanno raggiunto e ormai superato i valori già miti degli Optimum termici secondari dell'Età Romana e del Medioevo (da Mercalli & Cat Berro, 2005 – *Clima e ghiacciai tra Gran Paradiso e Canavese*. Ed. SMS).

Alla luce di questi fatti risulta evidente che i ghiacciai sono entità naturali fortemente dinamiche e che le loro dimensioni (massa ed estensione) e quindi la loro presenza più o meno evidente sul territorio, varia in funzione delle condizioni climatiche globali.

Ma a livello locale, quali sono le condizioni climatiche favorevoli al glacialismo e dove si instaurano? Un ghiacciaio si forma grazie al progressivo accumulo di numerosi strati di neve nel corso degli anni. Il clima favorevole al glacialismo deve essere dunque freddo e caratterizzato da sufficienti precipitazioni nevose invernali e da temperature estive abbastanza fresche da impedire la totale fusione della neve stagionale. Pertanto i ghiacciai si trovano attualmente dove sono presenti queste condizioni, ovvero ai poli e sulle zone montuose, e sono tanto più estesi quanto più la zona è soggetta all'influenza di correnti di aria umida che favoriscono le precipitazioni, o le temperature sono così basse da conservare ogni centimetro di neve caduta, come accade in Antartide.

Nel massiccio del Monte Bianco, i ghiacciai del versante settentrionale sono in media più estesi rispetto a quelli del versante italiano, proprio perchè godono dell'afflusso delle umide correnti d'aria provenienti dall'Oceano Atlantico le quali, giunte in corrispondenza dello sbarramento alpino, scaricano abbondanti precipitazioni (si stima che sulla vetta del Monte Bianco cadano circa 30 m di neve all'anno). In alta montagna però non è solamente il clima a determinare la presenza o l'estensione di un ghiacciaio ed anche i fattori morfologici giocano un ruolo fondamentale: infatti, attraverso la pendenza della superficie topografica da una parte e l'esposizione all'azione dei venti dominanti dall'altra, essi controllano direttamente l'entità e la possibilità di formazione degli accumuli nevosi (fig.3).



Fig. 3

Scorcio panoramico estivo nel Massiccio del Monte Bianco. La severa morfologia dell'ambiente d'alta quota condiziona la distribuzione delle masse glaciali. L'acclività delle pareti controlla la possibilità di accumulo o meno della neve, l'esposizione determina la quantità di radiazione solare e la sensibilità ai venti dominanti apportatori di precipitazioni.

In linea generale quindi, lo sviluppo e la sopravvivenza di un ghiacciaio sono essenzialmente subordinati alla necessaria conservazione della neve e del ghiaccio da un anno all'altro. Tale conservazione si realizza in determinate condizioni climatiche che sono il risultato di una complessa interazione tra precipitazioni, altitudine, latitudine e caratteristiche morfologiche dell'area. Questa grande complessità porta alla formazione di ghiacciai morfologicamente molto diversi che differiscono l'uno dall'altro per forma, dimensione, posizione geografica e dinamica (fig.4). In

letteratura esistono numerose classificazioni, più o meno dettagliate e basate su svariati criteri distintivi come le caratteristiche fisiche del ghiacciaio piuttosto che quelle geografiche o morfologiche. Per semplicità e per comprenderne facilmente il funzionamento, noi faremo concettualmente riferimento ad *un corpo glaciale che fluisce lungo una valle rocciosa con versanti ripidi e netti*, ovvero ad un *ghiacciaio di tipo vallivo*, così come viene definito secondo la classificazione internazionale del *World Glacier Inventory* (il catasto internazionale dei ghiacciai).

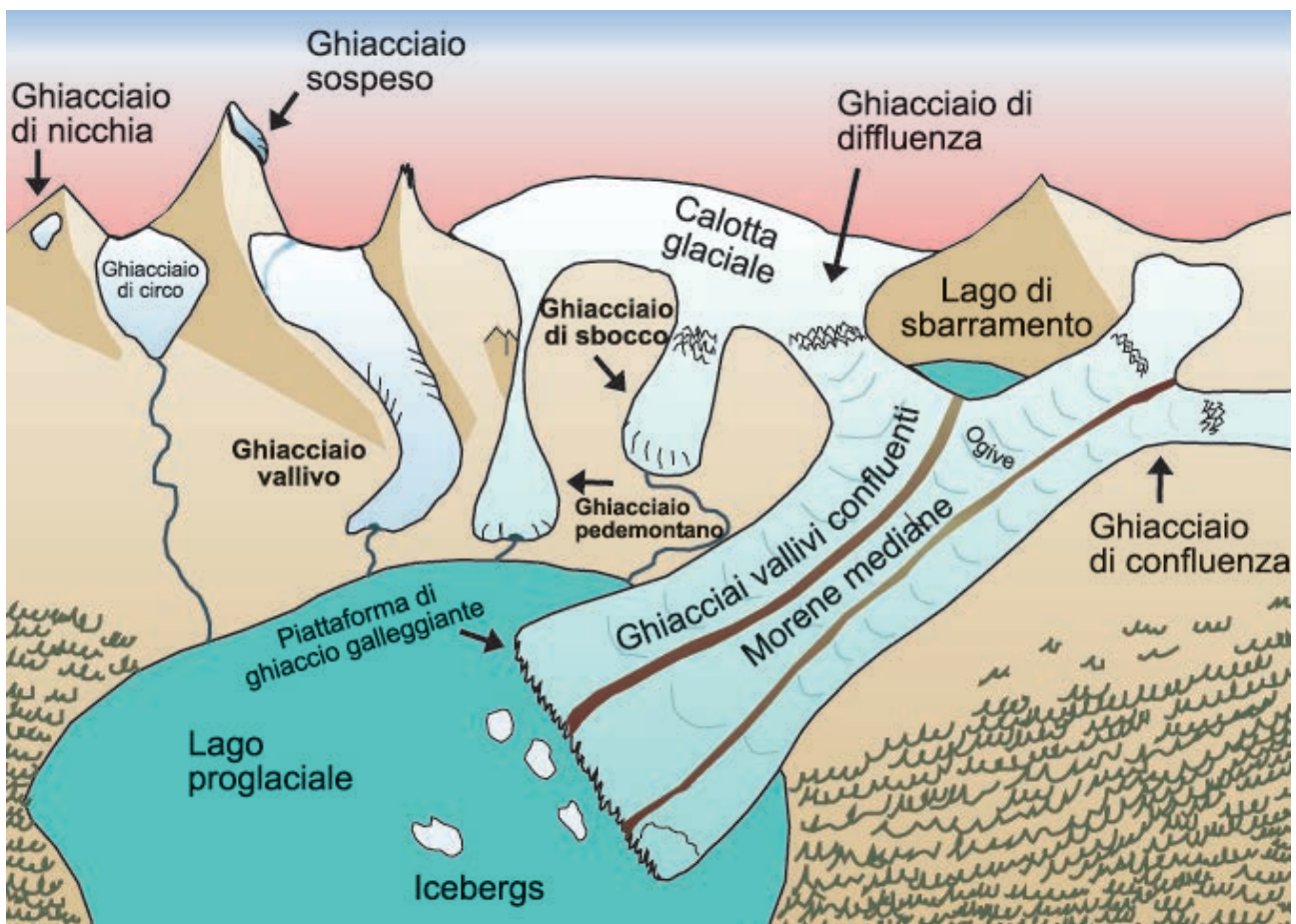


Fig. 4

Semplificazione schematica delle differenti tipologie di ghiacciaio classificate su base morfologica (da Mercalli & Cat Berro, 2001 - Ghiacciai: forme e variazioni; ed. SMS).

COME FUNZIONANO I GHIACCIAI

Il ghiacciaio è una massa in continua trasformazione ed alla costante ricerca di un equilibrio con le condizioni climatiche che lo circondano. Vediamo allora quali sono i processi che ne determinano l'evoluzione.

Il processo fondamentale che è alla base della nascita, della crescita e della sopravvivenza di un ghiacciaio è la trasformazione della neve in ghiaccio. Tale fenomeno avviene esclusivamente grazie al progressivo accumulo degli strati nevosi nel corso degli anni. Il peso crescente della colonna genera una metamorfosi dei cristalli di neve che modificano via via la loro forma e la loro dimensione tendendo ad assumere un aspetto granulare tondeggiante. I cristalli così trasformati vanno a costituire degli strati scarsamente compattati chiamati *firm* o *nevato* che, dal punto di vista stratigrafico, si collocano tra le nevicate dell'anno in corso ed il ghiaccio sottostante, ancora in fase di formazione. Il definitivo passaggio da *firm* a *ghiaccio di ghiacciaio* avviene più o meno velocemente (a seconda delle condizioni termiche) nel corso delle annate successive, quando, per il progredire della compattazione e dei movimenti interni del ghiacciaio, i singoli granelli si saldano tra loro intrappolando l'aria ancora presente sotto forma di piccole bolle (Fig. 5).

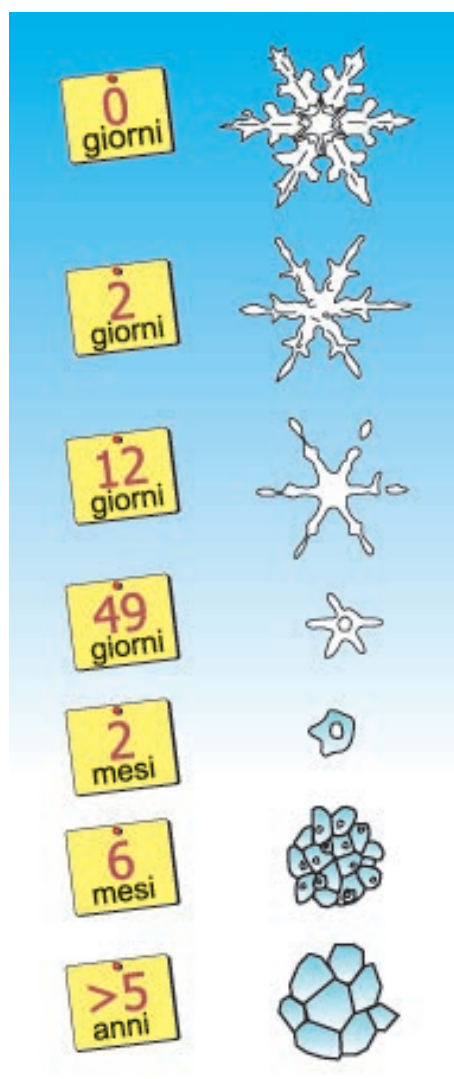


Fig. 5

La trasformazione della neve in ghiaccio. La neve fresca caduta con temperature attorno a 0 °C ha una densità di circa 100 kg/m³ poiché contiene molta aria che si frappona tra i cristalli. Con la compattazione l'aria viene progressivamente espulsa e la neve assume caratteristiche di *firm* o *nevato*, con densità di circa 500 kg/m³. Il passaggio da *firm* a ghiaccio (circa 900 kg/m³) avviene nell'arco di circa 5 anni a seconda delle condizioni (da Mercalli & Cat Berro, 2001 - Ghiacciai: forme e variazioni; ed. SMS).

A più grande scala invece, i processi attraverso i quali un ghiacciaio guadagna e perde parte della sua massa, dipendono dall'**accumulo** e dall'**ablazione** del corpo glaciale.

I **processi di accumulo** sono tutti quelli che, in un modo o nell'altro, forniscono neve al ghiacciaio. Essi sono rappresentati essenzialmente dalle nevicate, ma possono essere causati anche dal trasporto del vento o dalle valanghe provenienti dai versanti rocciosi sovrastanti il ghiacciaio. I **processi di ablazione**, al contrario, sono tutti quelli che asportano neve e ghiaccio dal ghiacciaio. In larga parte essi sono rappresentati dai processi di fusione e sublimazione, ma possono essere causati anche dall'azione del vento (erosione eolica) o delle valanghe, dal crollo di blocchi di ghiaccio da fronti glaciali sospese, oppure dal distacco di iceberg da lingue glaciali che terminano in mare o in un lago, fenomeno che prende il nome di *calving*.

L'accumulo e l'ablazione avvengono in momenti ed in zone diverse del ghiacciaio. Durante l'inverno e la primavera (normalmente le *stagioni di accumulo* nelle Alpi), solitamente, il corpo glaciale viene interamente ricoperto dalla neve (Fig.6). Con l'arrivo dell'estate, la neve comincia a fondere a partire dai settori inferiori del ghiacciaio verso quelli superiori. In questo modo il limite tra l'area di ghiacciaio ancora coperta di neve e quella totalmente scoperta sale progressivamente, fino a raggiungere la sua massima quota al termine della *stagione di ablazione* (Fig.6). Tale limite altitudinale, così identificato, è comunemente chiamato *Linea di Equilibrio* o *ELA* (*Equilibrium Line Altitude*) (Fig. 7) e separa il *bacino di accumulo* del ghiacciaio (zona a monte della ELA) dal *bacino di ablazione* (a valle) e materializza i punti in cui guadagni e perdite del ghiacciaio si eguagliano (questo vale solo per i cosiddetti ghiacciai temperati, come quelli alpini).



Fig. 6

Il Ghiacciaio Ciardoney fotografato al termine della stagione di accumulo il 17 giugno 1998 (sx) ed al termine della stagione di ablazione il 9 settembre dello stesso anno (f. L. Mercalli). Per questo ghiacciaio la stagione 1997-1998 è stata, insieme a quella 2002-03, la peggiore degli ultimi 16 anni, con scarsi accumuli invernali ed una fortissima fusione estiva.

A tutti gli effetti quindi, il bacino di accumulo è quella zona del ghiacciaio dove viene “fabbricato” il ghiaccio ed il bacino di ablazione è tutta la porzione rimanente, dove il ghiaccio viene fuso e rilasciato sotto forma di acqua. Le dimensioni reciproche di queste due zone variano ovviamente di anno in anno a seconda delle condizioni climatiche. Questa “ripar-

tizione di ruoli” tra le due zone, permette un continuo trasferimento di massa tra il bacino di accumulo e quello di ablazione ad opera della forza di gravità che diventa così il motore del movimento (Fig. 7), permettendo alle lingue glaciali di esistere anche al di sotto del limite delle nevi perenni e di avanzare nelle vallate durante i periodi favorevoli al glacialismo.

SEZIONE DI UN GHIACCIAIO

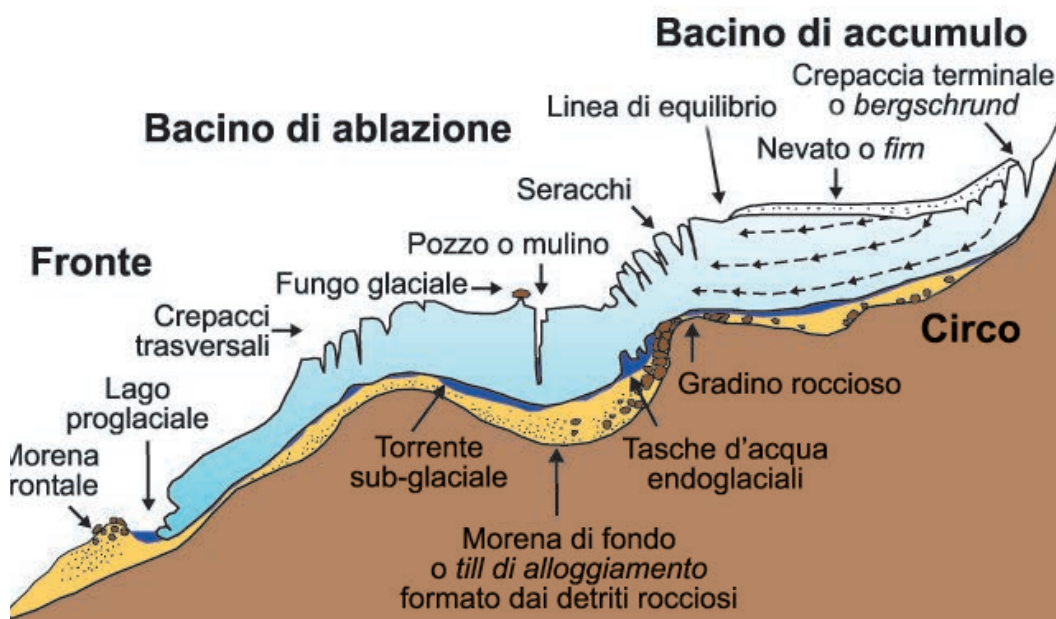


Fig. 7

Sezione schematica di un ghiacciaio di tipo vallivo con le più importanti componenti morfologiche riscontrabili. Si presti particolare attenzione alla posizione della Linea di Equilibrio (posta al limite del firn) ed alle linee di flusso riportate all'interno del bacino di accumulo che evidenziano la dinamica di movimento del ghiacciaio (da Mercalli & Cat Berro, 2001 - Ghiacciai: forme e variazioni; ed. SMS).

L'aumento o la riduzione della massa totale di un ghiacciaio nel corso degli anni è dunque una conseguenza dei rapporti di squilibrio tra accumulo ed ablazione. Se nel corso dell'anno l'accumulo di neve durante i mesi invernali è maggiore della fusione estiva, allora il ghiacciaio ha a disposizione molta neve da trasformare in ghiaccio quindi accresce la sua massa e le sue dimensioni (avanzata). Se in caso contrario la copertura nevosa invernale è scarsa, la quantità di neve trasformata in ghiaccio non è in grado di compensare le perdite dovute all'ablazione ed il ghiacciaio subisce una riduzione di massa e di dimensioni (re-

gresso).

Naturalmente le velocità con cui tali variazioni avvengono sono funzione della dimensione del ghiacciaio: tanto maggiore è la massa dell'apparato glaciale, tanto più grande è l'inerzia che esso possiede nei confronti delle variazioni climatiche. In particolare le avanzate e i regressi sono fenomeni che, tecnicamente, si definiscono “non in fase” con le condizioni climatiche poiché, per verificarsi, necessitano di alcuni anni consecutivi di bilanci di massa rispettivamente positivi o negativi.

COME SI STUDIA UN GHIACCIAIO

Dall'inizio del secolo scorso lo studio ed il monitoraggio dei ghiacciai alpini viene effettuato con il cosiddetto metodo classico che prevede l'integrazione di due tecniche: il **rilievo fotografico** e la **misura delle variazioni frontali** (avanzamenti e ritiri) del ghiacciaio. Si tratta di un metodo piuttosto semplice ed economico, il cui valore risiede nel fatto che essendo applicato da più di un secolo, permette di fare confronti storici e valutazioni molto significative (sebbene si ponga ormai all'ultimo posto nella scala ideale della precisione e del valore tecnico). Ogni anno, al termine dell'estate, si pianifica il giorno in cui effettuare la campagna di misure e si procede con le due fasi.

Il **rilievo fotografico** di un ghiacciaio è un importante elemento del rilievo glaciologico poiché fornisce un dato oggettivo (l'immagine) perfettamente integrabile con qualsiasi altro tipo di misura effettuata sul ghiacciaio. Le fotografie vengono scattate sempre dagli stessi punti di ripresa i quali prendono il nome di stazioni fotografiche. Per ogni ghiacciaio esiste solitamente una stazione di riferimento, posta in posizione dominante, dalla quale è possibile osservare l'apparato nella sua totalità (bacino di accumulo ed ablazione), più alcune stazioni prossime alla fronte, dedicate al monitoraggio di aspetti particolari. Le *stazioni fotografiche* sono punti noti, ben segnalati e facilmente raggiungibili (vette montuose, massi isolati, punti quotati, casolari, ecc.). Al fine di garantire il confronto o addirittura la sovrapposibilità delle immagini da un anno all'altro, per ciascuna stazione vengono specificate le coordinate del punto di ripre-

sa, la lunghezza focale dell'obiettivo da utilizzare per lo scatto e l'orientamento della fotocamera rispetto al nord (azimut).

Le **variazioni frontali** del ghiacciaio, vengono invece misurate di anno in anno a partire da una serie di punti noti posti nelle zone prospicienti la fronte a breve distanza dal corpo glaciale, chiamati *segnali distanziometrici* (Fig.8). Essi forniscono un ottimo dato quantitativo relativo all'attività dinamica del ghiacciaio nel corso del tempo anche se, come abbiamo già accennato, si tratta di misure non in fase con le condizioni climatiche dell'anno in cui si effettuano (tempo



Fig. 8

Operatori della Società Meteorologica Italiana impegnati nelle misure delle variazioni frontali al Ghiacciaio Ciardoney il 17 settembre 2003. Sulla destra un segnale distanziometrico al Ghiacciaio Basei nel gruppo del Gran Paradiso (f. L. Mercalli).

di risposta del ghiacciaio variabile in funzione della sua dimensione). Anche in questo caso l'operatore conosce le coordinate del segnale distanziometrico (caposaldo in roccia o grosso masso ben stabile) e la direzione verso la quale effettuare la misura. Questa viene effettuata utilizzando una cordella metrica ed una bussola, rilevando la distanza in metri che intercorre tra il caposaldo del segnale e il primo ghiaccio che si incontra muovendosi nella direzione prestabilita (Fig.8).

In caso di fronti glaciali particolarmente irregolari vengono normalmente utilizzati più segnali distanziometrici ciascuno dei quali sarà caratterizzato da una specifica direzione di misura. Laddove sia possibile, queste misure frontali, invece che con la cordella metrica, possono essere effettuate con un più preciso e affidabile teodolite-distanziometro oppure con GPS

satellitare (Global Positioning System).

Nel corso degli ultimi decenni si è andata consolidando anche la tecnica del **bilancio di massa**, che consiste nella quantificazione della differenza tra accumuli ed ablazione annuali del ghiacciaio. Il metodo prevede: (i) l'infissione (mediante sonda a vapore o trivella) di un certo numero di *paline ablatometriche* (lunghezza fino a 10 m) in diversi punti del ghiacciaio ritenuti significativi (Fig.9), la cui posizione è determinata in funzione della morfologia e dell'estensione dell'apparato; (ii) la misura dello spessore del manto nevoso (mediante sonde graduate) al termine della stagione di accumulo (fine primavera), sia in corrispondenza delle paline sia in numerosi punti interposti tra di esse (Fig.9); (iii) misura della densità media del manto nevoso stagionale (mediante lo scavo di trincee e la pesatura di campioni) in uno o più punti disposti su diverse fasce altimetriche.

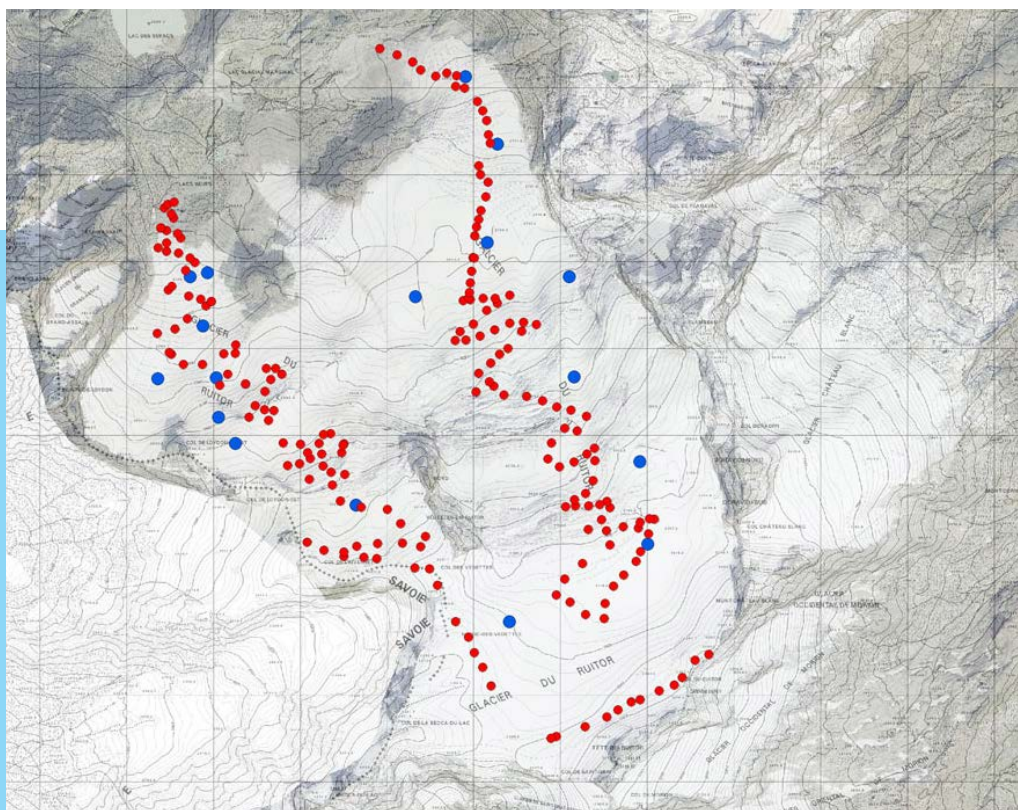


Fig. 9

Ghiacciaio del Rutor (Valle d'Aosta). Posizione delle paline ablatometriche (blu) e dei punti di misura dello spessore del manto nevoso (rosso) della campagna di misure per il bilancio di massa dell'anno idrologico 2006-2007. Ogni squadra di operatori è provvista di GPS mediante il quale registra ciascun punto di misura. Conoscere l'esatta posizione del punto ed il corrispondente valore di altezza della neve è indispensabile per procedere alla successiva fase di spazializzazione del dato sull'intera superficie del ghiacciaio. Tale operazione viene effettuata attraverso l'utilizzo software chiamati Sistemi Informativi Territoriali o più comunemente GIS (Geographical Information System).

Gli accumuli vengono quantificati al termine della primavera moltiplicando l'altezza media del manto nevoso per la sua densità media e sono espressi in metri equivalenti di acqua, (es. un accumulo di 2 metri di neve con densità 300 kg/m³ darà uno spessore equivalente d'acqua pari a 0,6 m w.e., *meters of water equivalent*). L'ablazione viene quantificata in corrispondenza delle paline ablatometriche al termine della stagione estiva, misurando la porzione di palina che è rimasta scoperta a causa della fusione della neve invernale ed eventualmente di parte del ghiaccio sottostante (per il calcolo dell'equivalente d'acqua viene assegnata al ghiaccio una densità di circa 900 kg/m³ (Fig. 10). La differenza tra i metri di acqua equivalente dell'accumulo e quelli dell'ablazione fornisce il bilancio di massa del ghiacciaio, il quale può essere positivo (prevale l'accumulo), negativo (prevale l'ablazione) o nullo (equilibrio).

Il vantaggio di questa metodologia è quello di fornire un dato quantitativo in fase con le condizioni climatiche dell'anno in cui vengono effettuate le misure ed è quindi ideale per studiarne le variazioni. Applicando il calcolo del bilancio di massa per diversi anni consecutivi un ghiacciaio diventa un affidabile *indicatore di cambiamento climatico* molto più sensibile e preciso rispetto alla sola misura delle variazioni frontali. Questa metodologia è però dispendiosa in termini logistici e di tempo e non è di facile applicazione quanto le tecniche tradizionali, pertanto è attuabile solamente su pochi apparati glaciali. Se però la scelta dei ghiacciai sui quali attuare questo tipo di indagine viene fatta con criterio (morfologia, posizione geografica, accessibilità, ecc), il dato ricavato su un singolo apparato, può essere considerato indicativo e rappresentativo di un intero settore di catena alpina o a livello di gruppo montuoso.

Oltre a quelle appena illustrate, nel corso degli ultimi anni, **nuove metodologie di studio** e nuove tecnologie hanno trovato impiego nel campo della glaciologia e sono state applicate al monitoraggio e allo studio dei ghiacciai, tra queste: il GPS, il telerilevamento da aereo o da satellite, le scansioni laser, i

rilevi topografici con tecniche geodetiche, le indagini geofisiche, ecc. Tutte queste metodologie, sebbene siano molto più precise e scientificamente corrette rispetto ai metodi tradizionali, hanno anch'esse il grave problema di essere molto onerose in termini economici, organizzativi e di disponibilità di risorse umane. Attualmente il loro utilizzo è limitato agli Istituti Universitari ed ai Centri di Ricerca soprattutto per applicazioni a grande scala (continentale, globale) o per indagini molto mirate sul singolo apparato; una loro applicazione diffusa e prolungata nel tempo per ottenere indicazioni sui trend climatici non è ancora possibile.



Fig. 10

Personale ARPA Valle d'Aosta impegnato sul campo. Sinistra: posa di una palina ablatometrica mediante sonda a vapore al ghiacciaio del Pré de Bar; da notare la grande quantità di detrito presente sull'attuale fronte (rif. scheda ghiacciaio). Destra: lettura di una palina ablatometrica al termine della stagione ablativa al ghiacciaio del Rutor; da notare la totale assenza di accumulo invernale.

GHIACCIAI DELLE ALPI OCCIDENTALI

GRUPPO MONTUOSO	N. GHIACCIAI VISITATI
Alpi Marittime	0
Alpi Cozie	3
Alpi Graie	84
Alpi Pennine	12
Alpi Lepontine	3
TOTALI	102

Nella Campagna Glaciologica, il settore occidentale delle Alpi include i territori di Piemonte e Valle d'Aosta nella quale sono state svolte attività in coordinamento con la cabina di regia dei ghiacciai Valdostani e la fondazione Montagna Sicura. Sulla base dei censimenti più recenti, sono presenti circa 300 ghiacciai, che occupano una superficie complessiva di 160 km². Le caratteristiche glaciologiche di questo settore sono tuttavia estremamente variabili, risentendo delle marcate differenze altimetriche, latitudinali e climatiche dei massicci montuosi che lo compongono.

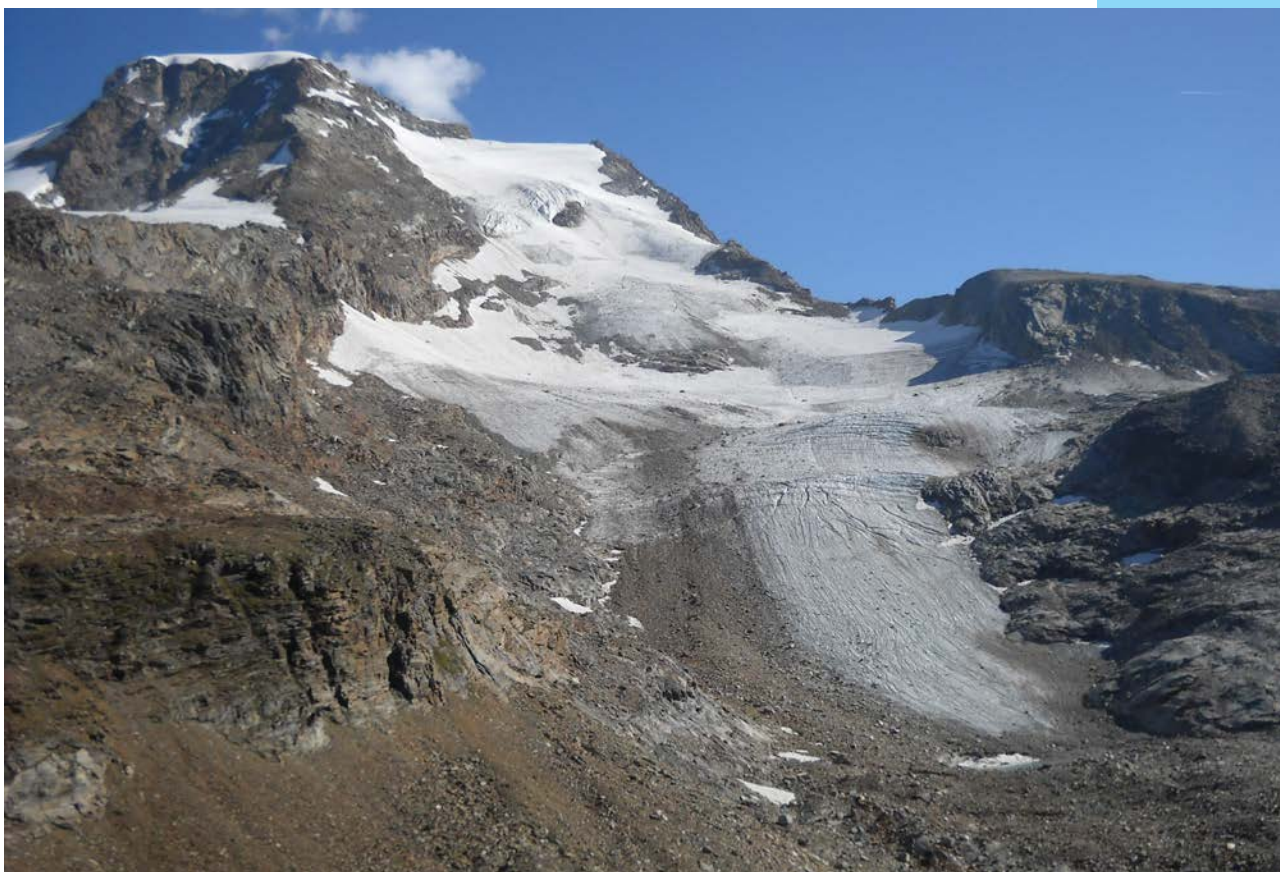
I gruppi del Monte Bianco (4810 m) e del Monte Rosa (4634 m) sono i più glacializzati dell'intero settore: ospitano ciascuno una trentina di ghiacciai, per una superficie glacializzata complessiva di quasi 80 km²; le Alpi Marittime, estrema propaggine meridionale del Piemonte, sono invece il settore meno glacializzato delle Alpi (un solo ghiacciaio rimanente, con una superficie di 0,04 km²). La Valle d'Aosta, nel suo insieme, è la regione più glacializzata d'Italia (134 km² di ghiaccio, corrispondenti al 36% della superficie totale, e quasi 200 ghiacciai).

I ghiacciai del settore alpino occidentale sono per lo più di piccole o piccolissime dimensioni (circa l'80% ha una superficie inferiore a 0,5 km²) e molti di essi (in particolare in Piemonte) possono ormai essere considerati glacionevati, piuttosto che veri e propri ghiacciai. In questo settore troviamo comunque i due più estesi ghiacciai neri delle Alpi Italiane (il Miage, 10,5 km², e il Belvedere, 4,5 km²), testimoni dell'interazione tra dinamica glaciale e delle pareti rocciose circostanti.

Rispetto al catasto realizzato dal CGI in occa-



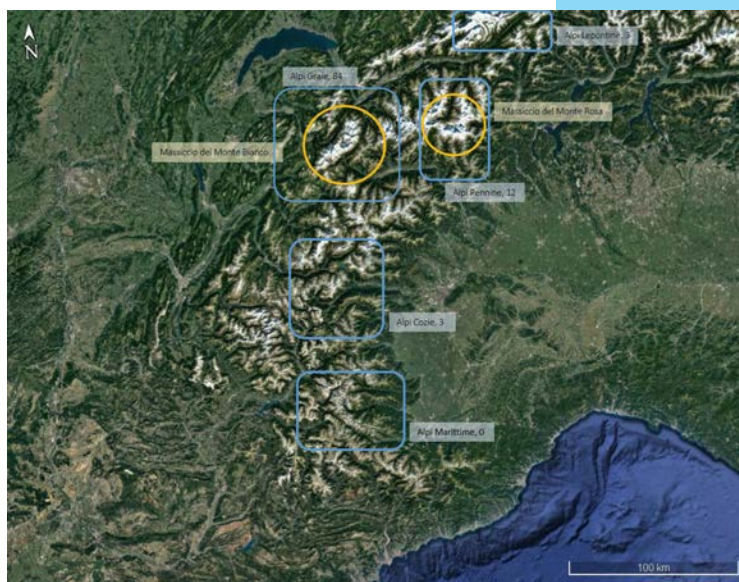
Ghiacciaio delle Piode, 2013. Foto: Cristina Viani



Ghiacciaio di Indren, 2012. Piccin

sione dell'Anno Geofisico Internazionale del 1957-1958, la perdita di superficie glaciale è stata imponente: -48% in Piemonte e -26% in Valle d'Aosta. La tendenza ad un rapido regresso è confermata dalle misure di variazione frontale che annualmente vengono realizzate nell'ambito delle campagne glaciologiche del CGI su circa 60 ghiacciai del settore. In anni recenti, i ritiri frontali sono sovente valori a due cifre, ma in alcuni casi possono raggiungere le centinaia di metri (-335 m al Ghiacciaio del Gran Paradiso nel 2019). L'arretramento delle fronti, tuttavia, rappresenta solo in parte la drammatica perdita di massa glaciale documentata dai bilanci di massa effettuati su alcuni ghiacciai selezionati del settore: il Ghiacciaio del Grand Etrèt (Gran Paradiso) ha perso negli ultimi 20 anni quasi 20 m di spessore. Frammentazione dei corpi glaciali, formazione di laghi, crolli di roccia dai versanti e cedimenti degli argini morenici sono alcuni dei fenomeni che più frequentemente vengono osservati nel corso dei sopralluoghi e che testimoniano in modo inequivocabile le modificazioni ambientali in atto per effetto dei cambiamenti climatici. Molti dei ghiacciai del settore (in particolare quelli a quote più basse) sono in condizioni di disequilibrio

rispetto al clima attuale, anche qualora il riscaldamento climatico dovesse stabilizzarsi, molti di essi sono destinati a sparire, o a trasformarsi in glacionevati, nell'arco delle prossime decine d'anni, e solo i ghiacciai posti alle quote più elevate potranno sopravvivere: tuttavia, ogni ghiacciaio ha una storia e un comportamento a sé, per cui è fondamentale e continuare a seguirne anno per anno l'evoluzione.



GHIACCIAIO DEL MIAGE

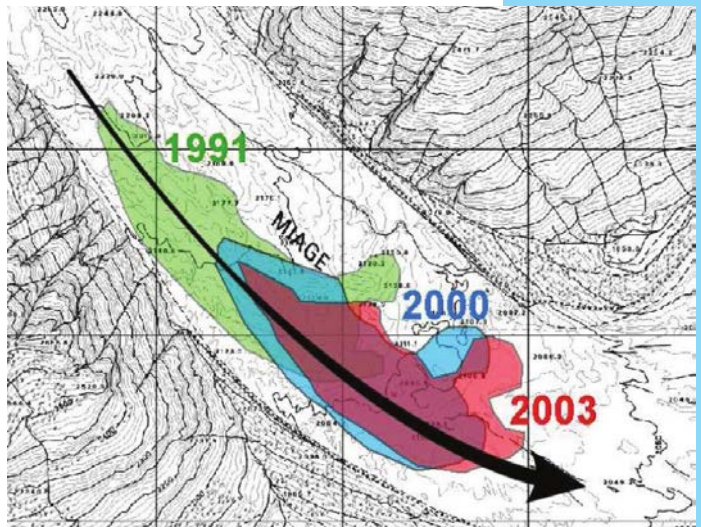
Numero Catasto C.G.I.	213
Tipo Ghiacciaio	Montano
Forma	Vallivo
Alimentazione	Diretta, valanghe
Esposizione	Sud-Est
Superficie	10.36 km ²
Quota max bacino	4.810 m
Quota max	4.605 m
Quota min	1.723 m
Anno di acquisizione	2006
Data di acquisizione	23/08/2006
Lunghezza Massima	10.329 m
Inclinazione media	12°

Il Ghiacciaio del Miage è situato in Val Veny, sul versante meridionale del Massiccio del Monte Bianco, dove rappresenta il bacino glaciale maggiormente sviluppato, con un'estensione superficiale pari a 11 km². Copre un importante dislivello altimetrico superiore ai 3000 metri, dai 4810 (vetta del Monte Bianco) ai 1700 della fronte glaciale trilobata. La sua principale caratteristica geomorfologica è la quasi totale copertura detritica del settore di ablazione, per cui è classificato come un debris covered glacier. Lo strato detritico protegge e isola il sottostante ghiaccio dalle radiazioni solari dirette, permettendone la parziale conservazione. Infatti, per il Ghiacciaio del Miage non sono stati (ancora) registrati arretramenti della posizione della fronte, a differenza di quanto si osserva per gli altri ghiacciai alpini.

L'instabilità dei versanti circostanti il Ghiacciaio del Miage è la causa della copertura detritica. Sulla base della composizione litologica, si distinguono diversi corpi di frana che vengono trasportati dal movimento del ghiacciaio. La maggior velocità dei blocchi si registra nei settori centrali, al contrario, nelle porzioni laterali-distali il maggior attrito con le morene, ne rallenta il flusso.



Ortofoto Ghiacciaio del Miage.



Movimento copertura detritica sulla superficie del ghiacciaio



Laghi proglaciali del Miage

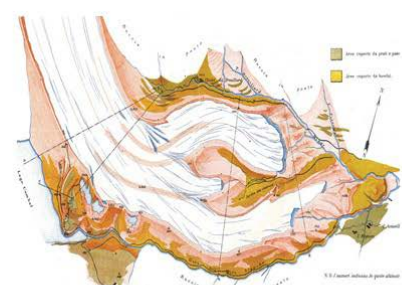
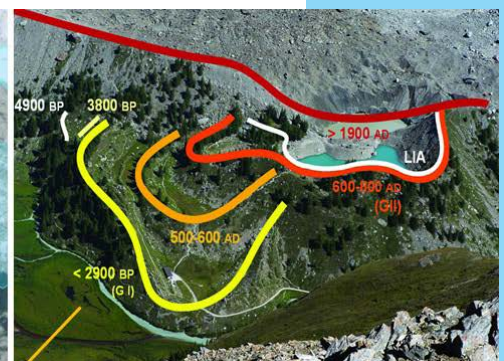
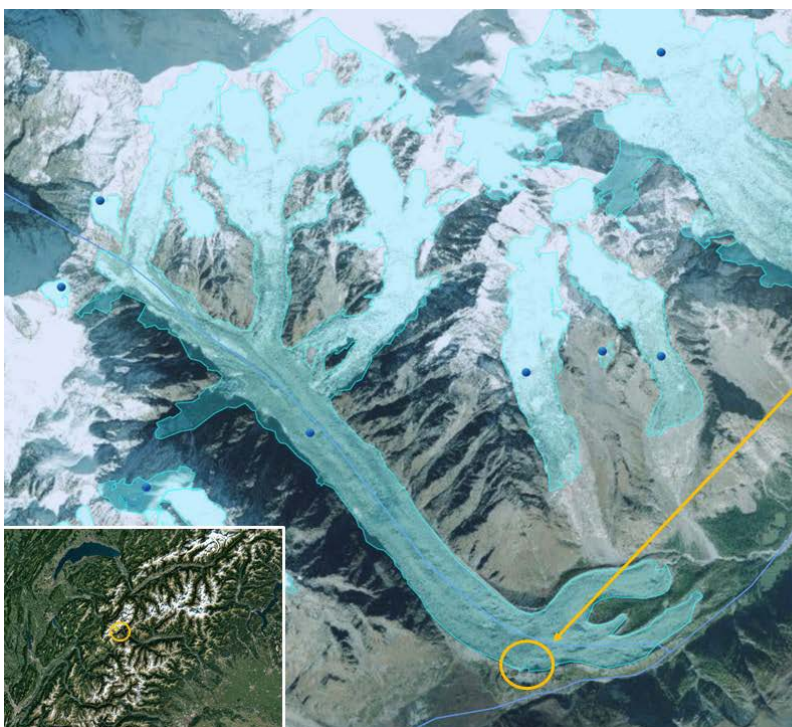
I LAGHI DEL MIAGE

Definibili come laghi proglaciali-periglaciali, le loro caratteristiche morfo-metriche sono soggette a continue modificazioni. Delimitati dai cordoni morenici, risultato dell'avanzata della fronte durante fasi di espansione glaciale oloceniche, sono alimentati sia dalle acque di fusione sia dai continui distacchi di ghiaccio dalla falesia sovrastante. Possono variare per forma e dimensione anche nel corso della stessa stagione estiva, ed assunto colorazioni differenti a seconda del tipo di sedimento presente nei diversi bacini lacustri.

La morfologia glaciale è profondamente influenzata dai cambiamenti climatici, con effetti tangibili non solo sul lungo periodo, ma con profonde variazioni anche nel breve periodo: ad esempio le alte temperature estive modificano la superficie glaciale, fondendo con maggiore intensità le zone del ghiacciaio non interessate da copertura detritica, inducendo l'apertura e l'approfondimento dei canali di flusso delle acque supra-glaciali, la formazione di piccoli laghi supra-glaciali ed in generale determinando rapide perdite di volume di ghiaccio per abbassamento della superficie. Questi processi, piuttosto che l'arretramento frontale, stanno profondamente trasformando il Ghiacciaio del Miage causando inoltre l'instabilità gravitativa delle morene laterali le quali in più punti stanno collassando verso l'interno, non più sostenute dalla massa glaciale.



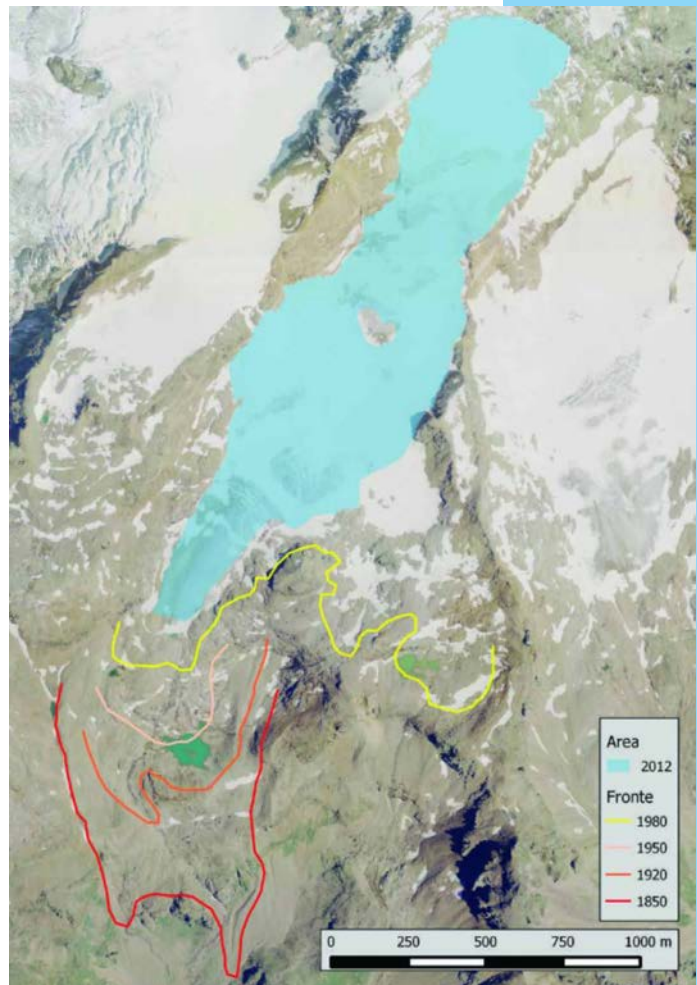
Laghi proglaciali del Miage



GHIACCIAIO DI INDREN

Numero Catasto C.G.I.	306
Tipo	Montano
Forma	Pendio
Alimentazione	Diretta, valanghe
Esposizione	Sud-Ovest
Superficie	1 km ²
Quota max bacino	4.215 m
Quota max	4.100 m
Quota min	3.090 m
Lunghezza max	2.300 m
Larghezza max	800 m
Inclinazione media	23°
E.L.A.	3.350 m
Attività	Regresso forte

Il Ghiacciaio di Indren è situato in territorio valdostano, alle pendici della Piramide Vincent. Occupa la testata dell'alto vallone di Mos, tributario del torrente Lys. Ha una storia recente di rapporto turistico con la Valsesia, grazie agli impianti che dal 1964 al 1998 collegavano Alagna a Punta Indren, ai margini orientali del ghiacciaio stesso. Oggi, nonostante esista un nuovo impianto funiviario, la pratica dello sci estivo è ormai un ricordo, per la fortissima contrazione del ghiacciaio. Il Ghiacciaio di Indren occupa un ampio pendio delimitato da due creste convergenti verso l'alto che racchiudono l'attuale bacino collettore. Un tempo esso presentava due marcati lobi frontali: nella ortofoto viene rappresentato quello occidentale (1850), corrispondente all'espansione della Piccola Età Glaciale. Nella foto storica del 1915 si coglie pure il fenomeno di transfluenza dal Ghiacciaio del Garstelet all'alto bacino alimentatore dell'Indren. Nel tempo i lobi si sono fortemente contratti, sino alla totale scomparsa di quello orientale, per effetto della risalita della quota delle nevi permanenti. Oggi il ghiacciaio si presenta con forma allungata e con esposizione a sud-ovest e nella sua parte terminale appare privo di coni d'ombra che ne proteggano la superficie. In un periodo di aumento delle temperature medie e di intensa ablazione estiva come l'attuale, questa conformazione non favorisce la conservazione della massa glaciale. Il substrato su cui poggia il Ghiacciaio



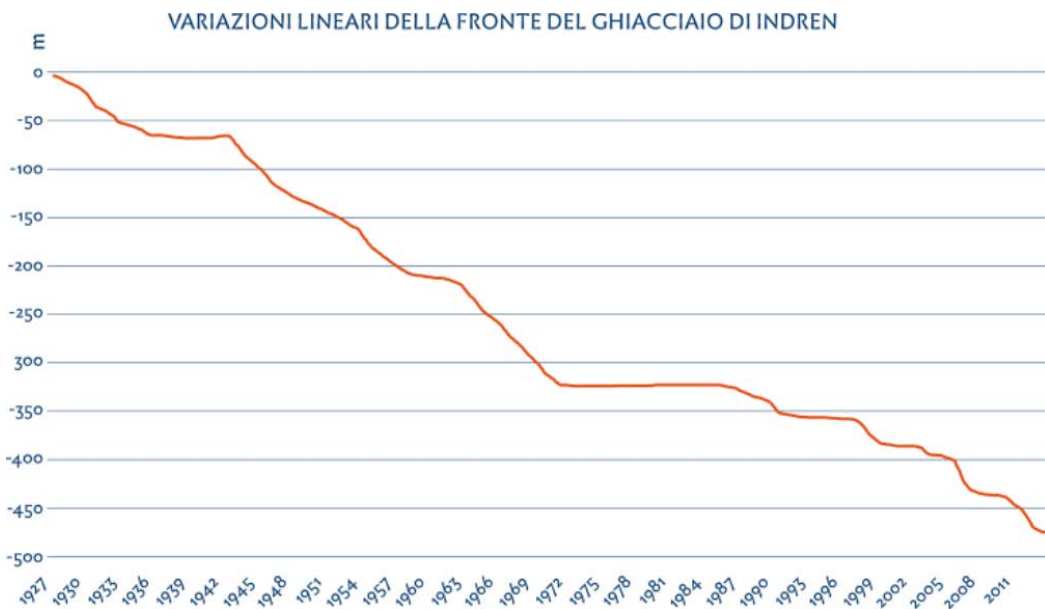
Elaborazione su ortofoto 2006



1915 Foto: Umberto Monerlin



2012 - Il confronto tra le due immagini evidenzia la notevole contrazione subita dal Ghiacciaio di Indren nell'arco di un secolo. Foto: Paolo Piccini (Campagna CGI)



di Indren mostra un profilo a gradoni: ciò ha favorito il crollo di porzioni di ghiaccio in corrispondenza delle più marcate rotture di pendio durante le fasi di ritiro. Nel 1920, epoca di massima espansione del ghiacciaio nel secolo scorso, il 68% della superficie si trovava ad una quota inferiore ai 3400 m, il restante 32% occupava quote superiori tra le due creste che delimitano il bacino di accumulo. Al termine della torrida estate del 2003, si è registrata una marcata riduzione delle superfici glaciali poste al di sotto dei 3400 m, che rappresentano il 40% dell'area totale dell'Indren, un'estensione ancora eccessiva per le attuali condizioni climatiche. Il bilancio negativo dell'intero ventesimo secolo porta alla perdita di circa 90 ettari di superficie glacializzata in meno di un secolo ed un regresso lineare di 471 metri dall'inizio delle misure del CGI nel 1927.

I LAGHI GLACIALI DEL GHIACCIAIO DI INDREN

Nelle fasi di deglaciazione è frequente la formazione di specchi d'acqua alla fronte dei ghiacciai (laghi proglaciali), particolarmente visibili nel periodo estivo. Questi laghi si formano in corrispondenza di contropendenze del substrato liberate dal ghiacciaio stesso, o di sbarramenti morenici, dove le acque di fusione hanno la possibilità di raccogliersi. Non raggiungono solitamente grandi profondità e nel tempo possono estinguersi al variare della posizione della fronte glaciale ed al tracciato del torrente ablatore.



1954 - Il forte ritiro degli anni '40 porta alla formazione di un piccolo lago proglaciale in prossimità della fronte del lobo occidentale. Foto: Willy Monterin (Campagna CGI)



2005 - Lo stesso lago proglaciale dista ormai diverse centinaia di metri dal ghiacciaio. Foto: Paolo Piccini



2013 - La fronte del Ghiacciaio di Indren immersa dal 2004 in una pozza proglaciale di neoformazione denominata "Laghetto Monterin". Foto: Willy Monterin (Campagna CGI)

GHIACCIAIO DELLE LOCCE SUD

Numero Catasto C.G.I.	316
Tipo	Montano
Forma	Pendio
Alimentazione	Diretta, valanghe
Esposizione	Sud-Ovest
Superficie	0,57 km ²
Quota max bacino	3.650 m
Quota max	3.600 m
Quota min	2.950 m
Lunghezza max	1.000 m
Larghezza max	870 m
Inclinazione media	14°
E.L.A.	2.004 m
Attività	Regresso forte



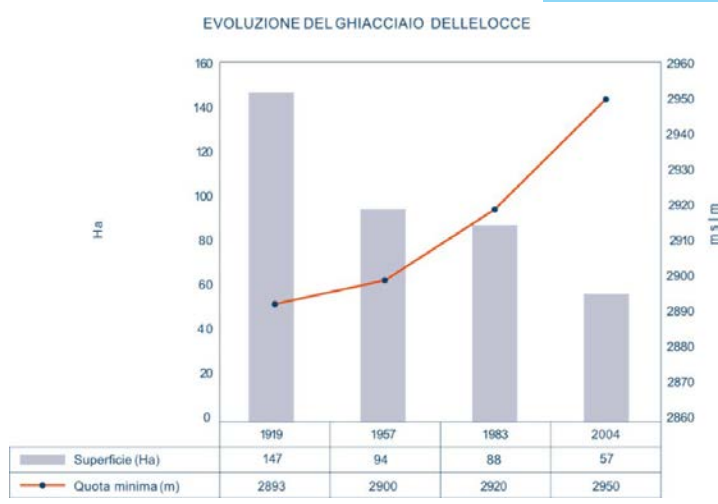
A fine Ottocento il Ghiacciaio Sud delle Locce ammantava ancora interamente il pendio sottostante la Punta Grober, fino a confluire inferiormente nel Ghiacciaio delle Vigne; sulla destra il Ghiacciaio di Flua oggi smembrato in tre piccoli glacionevati. Foto: G.B. e G.F. Gugliermina



2004. Foto Paolo Piccini, da "Ghiacciai in Valsesia"

Il Ghiacciaio Sud delle Locce si estende su ampio pendio alla base della Punta Grober; la sua alimentazione beneficia degli apporti valanghivi provenienti dalla soprastante Cresta Signal e dalla Grober stessa. Fino ai primi decenni del XX secolo la maggior parte della colata confluiva nel vicino Ghiacciaio delle Vigne, contribuendo all'alimentazione della sua lingua valliva. Anch'esso deriva, come massa glaciale autonoma, dal progressivo smembramento del "Ghiacciaio Valsesiano" che all'apice della Piccola Età Glaciale occupava la testata della valle alle pendici Sud del Monte Rosa.

Il grafico mette in relazione la superficie del Ghiacciaio Sud delle Locce e la quota minima della sua fronte, illustrando chiaramente la progressiva diminuzione della prima all'aumentare della seconda variabile. Nel resoconto della campagna glaciologica 2004, l'operatore Paolo Piccini riferisce: «la superficie glaciale appare solcata da numerosi crepacci, i quali, vista la regolarità del pendio, indicano uno spessore residuo ormai limitato. I margini appaiono sollevati e la zona frontale prossima alla frammentazione ed al rapido disfacimento». Negli anni suc-



cessivi, la progressiva ininterrotta contrazione della massa glaciale è ben testimoniata dalla sequenza fotografica sottostante.

LA RAPIDA EVOLUZIONE DEL GHIACCIAIO NELL'ULTIMO DECENNIO

Il Ghiacciaio Sud delle Locce più di altri mostra di essersi assottigliato su tutta la propria superficie. Alcuni fattori, come l'esposizione meridionale, la diminuzione dei residui nevosi stagionali e la limitata superficie di accumulo sono comuni ad altri ghiacciai della parete sud del Monte Rosa. Ma rispetto ai vicini Ghiacciai di Piode, Sesia e Vigne, questo ghiacciaio presenta una quota massima notevolmente inferiore. Quindi, in un contesto di temperature medie in aumento, il limite altimetrico delle precipitazioni nevose risulta spesso prossimo alla quota massima del Ghiacciaio Sud delle Locce, e ciò non ne favorisce l'alimentazione nevosa.



Elaborazione su ortofoto 2006



2003



2005



2006



2008



2010



2011

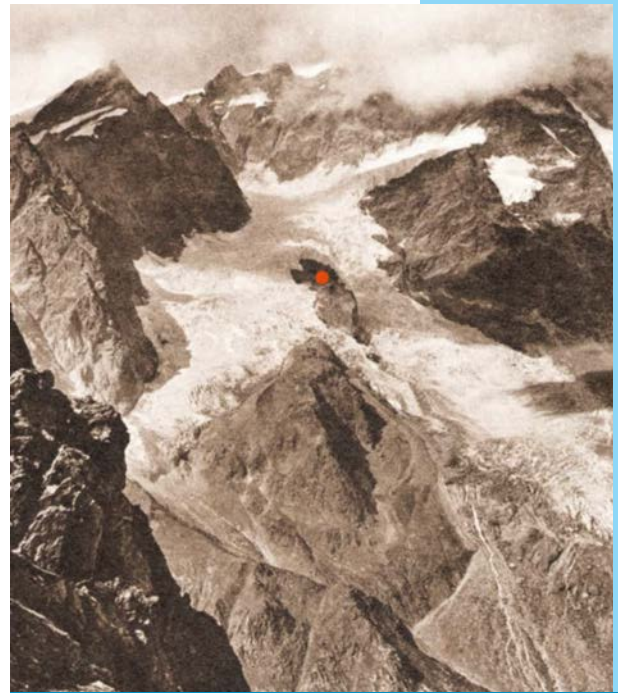
Sequenza fotografica: Paolo Piccini

GHIACCIAIO DELLE PIODE

Numero Catasto C.G.I.	312
Tipo	Montano
Forma	Circo vallone
Alimentazione	Diretta, valanga, trasfluenza
Esposizione	Sud-Est
Superficie	1,73 km ²
Quota max bacino	4.342 m
Quota max	3.800 m
Quota min	2.476 m
Lunghezza max	2.600 m
Larghezza max	1.130 m
Inclinazione media	27°
E.L.A.	3.200 m
Attività	Regresso moderato

Dati relativi al 2006

Il Ghiacciaio delle Piode è il più esteso della Valsesia. La sua alimentazione proviene dal circo glaciale racchiuso tra la Punta Giordani, la Piramide Vincent, il Corno Nero ed il Ludwishahe, vette di oltre 4000 m nel massiccio del Monte Rosa ed in minima parte dalla trasfluenza dal ghiacciaio del Lys attraverso il Canale Vincent. Al di sotto dei 3200 m, la colata del Ghiacciaio delle Piode viene separata da una cresta rocciosa denominata «Roccia Piode»: questa origina uno sdoppiamento frontale, con due lobi glaciali (occidentale ed orientale) ben distinti. Il lobo occidentale presenta una fronte quasi sospesa mentre il lobo orientale raggiunge ancora nel 2012 quota inferiore ai 2500 m. Data la relativa facilità di accesso, il Ghiacciaio delle Piode è quello più ricco di osservazioni in Valsesia nel corso degli anni. Si tratta della più estesa unità glaciale derivante dal progressivo smembramento del «Ghiacciaio Valsesiano», unità glaciale valliva esistente e cartografata ancora nel 1860. Interessante notare come la separazione tra il Ghiacciaio delle Piode e quello del Sesia sia costituita non da una cresta rocciosa ma dai rispettivi cordoni morenici esterni affiancati. I dati disponibili indicano che il XIX secolo terminò con il ghiacciaio già distinto dalle altre masse glaciali. Successivamente, durante gli anni '40 del XX secolo, i due rami che si riunivano ancora alla base della «Roccia Piode» persero il loro contatto inferiore. La recentissima evoluzione morfologica del Ghiacciaio delle Piode (estate 2013) è contraddistinta dal distacco di una vasta porzione della sua fronte orientale, con conseguente ridimensionamento della fronte attiva e risalita della quota minima.



Fine '800. Foto G.B. Gugliermi



2013. Foto Cristina Viani (Campagna CGI)



NELL'AMBITO DELLA CAMPAGNA

CHANGE
CLIMATE
CHANGE

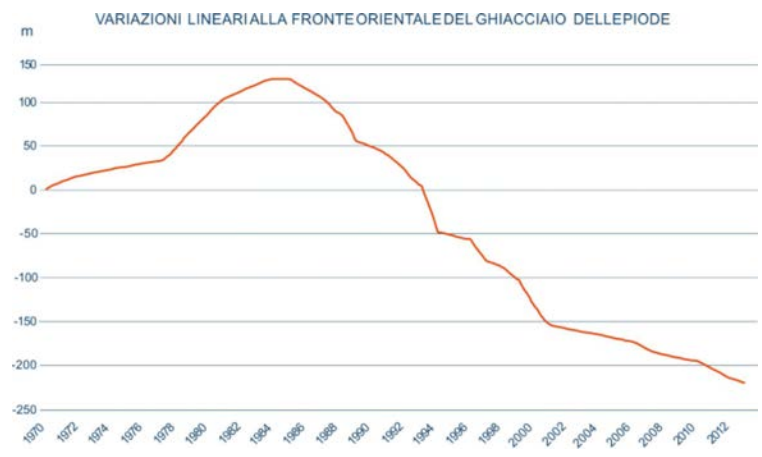
CGI Comitato
Glaciologico
Italiano



Comune di Alagna Valsesia



Il rilievo delle variazioni lineari delle fronti glaciali rappresenta una visione sicuramente parziale sullo stato del ghiacciaio. Tuttavia questo tipo di misura consente la prosecuzione di serie storiche e quindi permette la continuità dell'osservazione su tempi lunghi, senza necessitare grossi mezzi. I movimenti dei margini frontali dipendono dal tempo di risposta dell'intera massa glaciale e risultano quindi funzione delle sue dimensioni e della pendenza del substrato su cui scorre. Più il ghiacciaio è esteso, più tempo impiega a rispondere alle variazioni climatiche, a causa del trasferimento della massa glaciale dal bacino di accumulo a quello di ablazione. Per gli anni più recenti la curva delle variazioni frontali



sul ramo orientale del Ghiacciaio delle Piode ci consente di collocare la breve fase di avanzata tra 1970 e 1985.

FASI DI AVANZATA DEL GHIACCIAIO DELLE PIODE

La massima espansione del Ghiacciaio delle Piode durante la Piccola Età Glaciale si è verificata intorno al 1820, la quota minima raggiunta in quegli anni era inferiore ai 2200 m e la sua superficie di circa 2,8 km². I rilievi del 2006 documentano una perdita di superficie del 38% ed una risalita della quota minima di circa 300 m. Misure annuali continuative sono svolte dal 1970, con una documentata fase di avanzata di 127 m. Dal 1986 al 2013 si rileva un ininterrotto regresso lineare di complessivi 343 metri.



Elaborazione su ortofoto 2006



1970, fronte del ramo orientale.
Foto Willi Monnerin



1978, fronte del ramo orientale in evidente avanzamento. Foto Willi Monnerin



Il Sesia Glacier ("Ghiacciaio Valsesiano") cartografato ancora come apparato unitario nel 1862 (carta Alpine Club)

GHIACCIAI DEL SESIA E DELLE VIGNE

Numero Catasto C.G.I.	314 Sesia; 315 Vigne
Tipo	Montano
Forma	Circo - vallone
Alimentazione	Diretta, valanga, trasfluenza
Esposizione	Sud-Est
Superficie	1,55 km ²
Quota max bacino	4.435 m; 4.558 m
Quota max	4.250 m; 3.850 m
Quota min	2.686 m
Lunghezza max	2.000 m; 2.500 m
Larghezza max	530 m, 650 m
Inclinazione media	25°, 27°
E.L.A.	3.050 m; 3150 m
Attività	Regresso frontale

Quello del Sesia è il ghiacciaio valesiano che raggiunge la quota più elevata (4435 m). Il suo bacino di accumulo è posto alle pendici della Punta Parrot e del Colle Sesia in un ripido canalone che sfocia nel circo glaciale dove si origina il Ghiacciaio delle Vigne. Da qui la colata del Sesia, compressa in uno stretto canale, discende con caratteristica seraccata fino a ricongiungersi nuovamente con il Ghiacciaio delle Vigne, ai piedi delle Rocce Sesia.

Il Ghiacciaio delle Vigne si forma nel vasto circo glaciale ai piedi della Punta Gnifetti, denominato pianoro Ellermann, un bacino di accumulo condiviso con il Ghiacciaio del Sesia. Rispetto ad esso, la colata del Ghiacciaio delle Vigne, pur ripidissima in alcuni tratti, discende aggirando le Rocce Sesia con una larghezza ed uno sviluppo maggiore. Le due colate proseguono affiancate sugli spalti rocciosi dove, da una fronte glaciale comune ha origine il Fiume Sesia.

La distinzione tra i ghiacciai del Sesia e delle Vigne può apparire artificiosa: qual è la sua ragione? I due ghiacciai vennero per la prima volta distinti nel Catasto del Comitato Glaciologico Italiano del 1957-'58 per rilevare l'origine da distinti bacini di accumulo, pur coalescenti, e rimarcare il successivo



Inizio 1900. Le distinte colate dei Ghiacciai di Sesia e Vigne si riuniscono alla base delle Rocce Sesia e proseguono con una potente lingua unitaria. Foto G.B. e G. F. Gugliermine



2013. Foto Cristina Viani (Campagna CGI)

indipendente scorrimento verso valle delle due colate, fino alla ricongiunzione frontale. Il regresso degli ultimi anni evidenzia maggiormente questa dicotomia che si è voluto confermare nei successivi studi, indicando due distinti ghiacciai pur riuniti in un'unica massa glaciale. L'attuale contesto climatico lascia presagire una prossima separazione frontale tra Sesia e Vigne, con formazione di 2 distinte fronti glaciali.

Dai rilievi glaciologici risulta che la quota minima dei ghiacciai del Sesia e delle Vigne sia risalita di oltre 200 metri dall'inizio del XX secolo; dal 1996 il regresso lineare è stato di oltre 300 metri, liberando il vasto falsopiano antistante l'attuale fronte. Come per altri ghiacciai, il forte arretramento negli ultimi anni va posto in relazione con la distribuzione altimetrica delle aree glacializzate. Ancora oggi, la maggior superficie glacializzata di Sesia e Vigne è posta al di sotto dei 3100 metri: essa raramente conserva a fine estate un residuo nevoso e quindi appartiene indiscutibilmente al bacino di ablazione. L'accumulo di neve è negli ultimi anni relegato a quote molto elevate e su superfici alquanto modeste poste nelle zone di circo, evidentemente insufficienti ad alimentare i margini frontali.

EVOLUZIONE DEL GHIACCIAIO DEL SESIA E DELLE VIGNE



La potente fronte seraccata dei ghiacciai di Sesia e Vigne nella penultima fase di avanzata precedente a quella degli anni '80. Foto Umberto Monterin

LA RAPIDA EVOLUZIONE DEL GHIACCIAIO NELL'ULTIMO DECENNIO

I margini frontali di questi ghiacciai negli ultimi decenni si sono attestati nei pressi di un netto cambio di pendenza posto al di sotto dei 2650 m. Negli anni '20 del XX secolo, periodo di breve ma significativa avanzata delle fronti, la seraccata comune dei ghiacciai del Sesia e delle Vigne percorreva questo tratto con crolli ripetutamente segnalati sui pendii sottostanti presso l'alpe Vigne superiore. Questa morfologia ha ostacolato negli anni i rilievi alla sua fronte, oggettivamente pericolosa. Ancora nei primi anni '80 la fronte presentava seracchi prossimi al collasso verso valle.



Le sorgenti del Sesia viste dalla fronte del ghiacciaio stesso, il vasto falsopiano è stato liberato dal ghiacciaio nel corso degli ultimi venti anni. Foto: Paolo Piccini

GHIACCIAIO DI BORS

Numero Catasto C.G.I.	311
Tipo	Montano
Forma	Pendio
Alimentazione	Diretta, valanghe
Esposizione	Sud
Superficie	0,84 km ²
Quota max bacino	4.046 m
Quota max	3.700
Quota min	3.130
Lunghezza max	1.500 m
Larghezza max	900 m
Inclinazione media	21°
E.L.A.	3.320 m
Attività	Regresso moderato

Il Ghiacciaio di Bors è un ghiacciaio di pendio che attualmente si estende per 0.84 km² a sud-est della Punta Giordani (4046 m), essendo delimitato ad est dalla Cresta del Soldato e ad ovest dalla Cresta Rossa. Il bacino di accumulo beneficia delle valanghe provenienti dai pendii soprastanti e la fronte, seppure in regresso, non sembra a rischio di distacco dal corpo principale del ghiacciaio per l'assenza di contrasti morfologici fra le diverse parti del ghiacciaio. Il lato occidentale, sottostante la Cresta Rossa, risulta in parte coperto di detriti provenienti dal versante soprastante; l'opposto lato orientale invece è caratterizzato da superfici generalmente libere dal detrito. La pendenza modesta e regolare non determina la presenza di seracchi, mentre si trovano numerosi crepacci trasversali nella parte mediana del ghiacciaio; la crepacciatura scompare nella zona frontale, ormai di ridotto spessore. Il Ghiacciaio di Bors ebbe la sua massima espansione in epoca storica nella prima metà dell'Ottocento: in questo periodo raggiunse la sottostante conca delle Pisse. A causa della forte pendenza di questa zona, non si hanno però archi morenici frontali definiti a confermarne i limiti raggiunti, probabilmente prossimi a 2800 m. A causa della morfologia del pendio, si presume che la fronte non presentasse una vera e propria bocca glaciale, ma tendesse piuttosto ad assottigliarsi con l'accentuarsi della pendenza, originando vari torrenti di fu-



Fine '800. Foto G.B. e G.F. Gugliermi

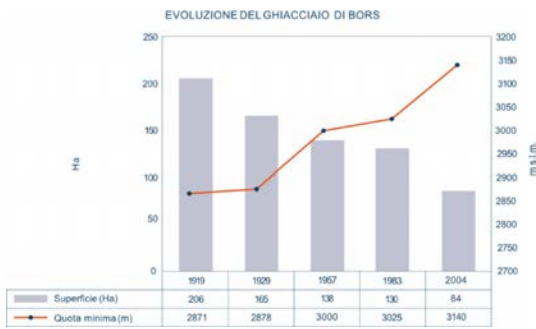


2005. Il confronto delle due immagini evidenzia il drastico regresso e la perdita di spessore del Ghiacciaio di Bors. Foto Paolo Piccini



Il ridotto spessore del Ghiacciaio di Bors





sione. All'inizio del secolo scorso la superficie complessiva del ghiacciaio era di oltre 2 km² e comprendeva l'attuale nevaio sottostante la Punta Giordani.

Il Ghiacciaio di Bors ebbe la sua massima espansione in epoca storica nella prima metà dell'Ottocento: in questo periodo raggiunse la sottostante conca delle Pisse. A causa della forte pendenza di questa zona, non si hanno però archi morenici frontali definiti a confermarne i limiti raggiunti, probabilmente prossimi a 2800 m. A causa della morfologia del pendio, si presume che la fronte non presentasse una vera e propria bocca glaciale, ma tendesse piuttosto ad assottigliarsi con l'accentuarsi della pendenza, originando vari torrenti di fusione. All'inizio del secolo scorso la superficie complessiva del ghiacciaio era di oltre 2 km² e comprendeva l'attuale nevaio sottostante la Punta Giordani. I rilievi glaciologici più recenti (2004-2008) hanno evidenziato che il regresso lineare della fronte glaciale è stato di 21 metri complessivi; le estati 2009 e 2010 sono invece terminate con i margini frontali innevati a causa del cospicuo accumulo nevoso dell'inverno 2008-09, fatto che ha impedito i consueti rilievi glaciologici.

LA PRATICA DELLO SCI SUL GHIACCIAIO DI BORS

Con la costruzione della funivia di Alagna-Punta Indren nel 1965, il Ghiacciaio di Bors vide un aumento della sua frequentazione sia in inverno sia in estate. Come evidenziato nella figura a lato, sulla sua superficie venne impiantata una prima sciovina (linea continua), poi distrutta da una valanga nel 1986, mentre una seconda venne ipotizzata ma mai realizzata (linea tratteggiata). Fino al 2005 la parte inferiore del pendio glaciale di Bors ospitava, nella sola stagione invernale, il tratto iniziale della pista nera denominata "Balma", inclusa nel comprensorio Monterosa Ski.



I ghiacciai d'Indren (sinistra) e di Bors (destra) in un'immagine di inizio Novecento. In basso il Passo dei Salati con l'originario profilo antecedente la costruzione degli impianti di risalita. Il toponimo si è evoluto per successive modificazioni: risultano rinvenibili anche «Passo dei Salassi» o «Passo dei Soldati» in quanto percorso dagli stessi come via più sicura per la discesa in Valsesia (W. Monterin, comunicazione personale). O, ancora, «Stolin Pass» - «Passo d'acciaio» (P. Ferraris).



Dislocazione delle sciovie già realizzate (linee continue) e in progetto (linee tratteggiate) sui ghiacciai di Bors e Indren nei primi Anni 1980 (fonte STV)



Elaborazione su ortofoto 2006

GHIACCIAI DELLE ALPI CENTRALI

GRUPPO MONTUOSO	N. GHIACCIAI VISITATI
Adamello	2
Badile-Disgrazia	6
Bernina	4
Ortles-Cevedale	6

Dati riferiti alla campagna glaciologica 2017 per il Settore Centrale

Nel settore delle Alpi centrali, monitorato con il sostanziale contributo del Servizio Glaciologico Lombardo, procede incessante da numerosi anni la contrazione delle fronti, particolarmente marcata nel 2018.

Vengono osservati una trentina di ghiacciai campione ma le misure delle variazioni frontali misurate si riferiscono a una ventina di apparati. Le misure si riferiscono di solito all'anno precedente ma, in alcuni casi, possono riferirsi anche a due o più anni.

Nel corso di ogni campagna vengono posizionati nuovi segnali alla fronte molti ghiacciai.

Da diversi anni i ghiacciai lombardi registrano marcati ritiri delle fronti e mostrano evidenti riduzioni areali e volumetriche. La contrazione dei ghiacciai lombardi è sottolineata da numerosi apparati che sono scarsamente alimentati o addirittura quasi completamente privi di neve residua alla fine della stagione di ablazione. Tra i gruppi montuosi più esposti vi sono il Gruppo Ortles - Cevedale, il Gruppo Badile - Disgrazia e il Gruppo Bernina e anche il Gruppo Adamello.

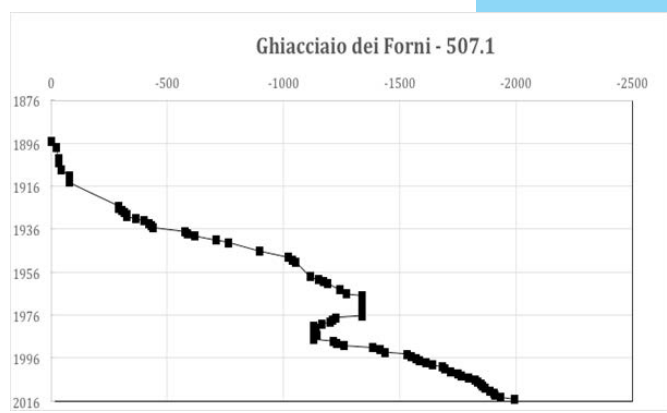
Si protrae dalla fine degli anni '80 anche la scarsissima alimentazione dei due ghiacciai più estesi delle Alpi italiane (Ghiacciaio dell'Adamello e Ghiacciaio dei Forni nel Gruppo Ortles - Cevedale). Quest'ultimo, dal 2016, si è suddiviso in tre distinte porzioni e, nel 2018, la sua porzione orientale ha fatto registrare un arretramento alla fronte di oltre 110 m.

Dalla fine dell'800 (1896) la fronte del Ghiacciaio dei Forni è arretrato di oltre 2000 m!

Segnali di elevata riduzione areale e volumetrica



Ghiacciaio del Forni Centrale (Gruppo Ortles-Cevedale, foto di R. Scotti, 09.08.2019). Il ghiacciaio, suddiviso dal 2016 in tre apparati, è poco alimentato, mostra una fronte appiattita e coperta di detrito, crepacciata, con fenomeni di collasso e cavità in ghiaccio.



Regresso frontale Ghiacciaio dei Forni dal 1896 al 2016."

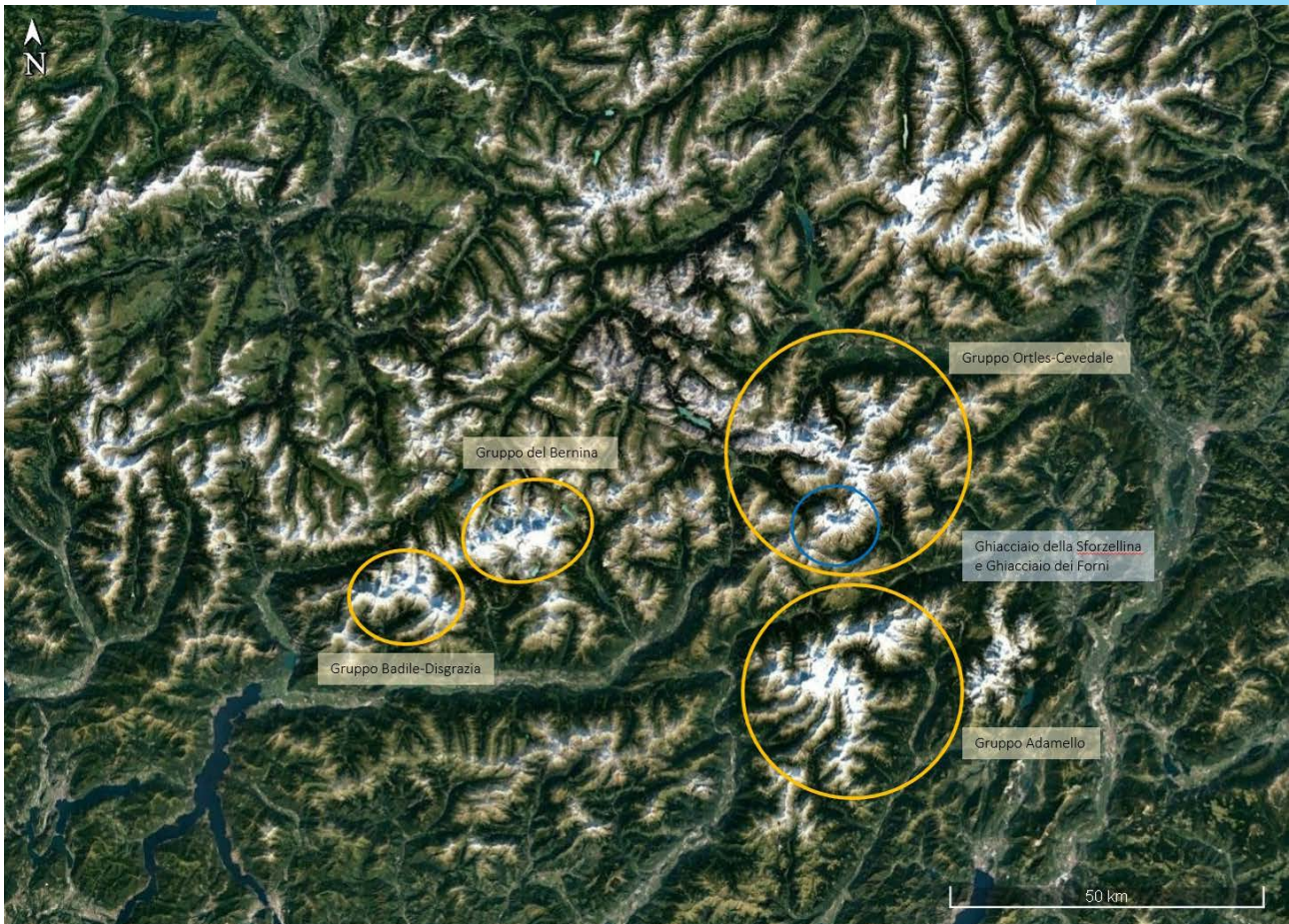
si osservano anche nei settori più elevati dei ghiacciai lombardi, dove si ampliano le finestre rocciose e si riducono i bacini di accumulo.

Frequenti sono le segnalazioni di grotte in ghiaccio, così come le segnalazioni di bédrières, che solcano le aree frontali come una fitta rete di rivoli e torrenti sopragliaciali.

Le misure frontali sono sempre più problematiche perché estese coperture di detrito coprono gran parte delle fronti, spesso sfrangiate e assottigliate, in molti casi anche sollevate dal substrato roccioso.

Da diversi anni si ampliano i laghi proglaciali e vengono segnalati nuovi laghetti epiglaciali e al contatto con il substrato roccioso, anche alle quote più elevate.

Con l'ultima campagna glaciologica, quella del 2019, nel Gruppo Disgrazia si sono registrati i ritiri più consistenti, con il ghiacciaio omonimo che ha perso 35 m alla fronte e il Ghiacciaio della Ventina che è arretrato di 40 m; nel Gruppo Bernina, il Ghiacciaio di Scerscen superiore ha perso 86 m rispetto al 2017.



Riferimenti bibliografici

Baroni, C., Bondesan, A., Carturan, L., Chiarle, M. [Eds.] 2019. Relazioni della Campagna Glaciologica 2018. Report of the Glaciological Survey 2018. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 42 (2):113-202. DOI:10.4461/GFDQ.2019.42.9.

Baroni, C., Bondesan, A., Carturan, L., Chiarle, M. [Eds.] 2018. Relazioni della Campagna Glaciologica 2017. Report of the Glaciological Survey

2017. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 41(2):115-193. DOI:10.4461/GFDQ.2018.41.17.

CGI -Comitato Glaciologico Italiano, Relazioni delle campagne glaciologiche. (<http://www.glaciologia.it/en/i-ghiacciai-italiani/le-campagne-glaciologiche/>).

CGI-CNR, Comitato Glaciologico Italiano & Consiglio Nazionale delle Ricerche 1959, 1962. *Catasto dei Ghiacciai Italiani*, Anno Geofisico Internazionale 1957-1958. Ghiacciai della Lombardia e dell'Ortles-Cevedale. Comitato Glaciologico Italia-no, Torino, v. 1-4.

Desio A., con la collaborazione di Belloni S., Giorcelli A. 1967. *I Ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale (Alpi Centrali)*. C.N.R. -Comitato Glaciologico Italiano, Tamburini Ed., Torino, v. 1-2.

Pogliachi 1883. *Carta Topografica del Gruppo Ortler-Cevedale*. Rilevata e disegnata per incarico della Sezione di Milano del C.A.I. Scala 1:40.000. Ed. Artaria, Milano.

Salvatore, M.C., Zanoner, T., Baroni, C., Carton, A., Banchieri, F.A., Viani, C., Giardino, M. & Perotti, L. 2015. The state of Italian glaciers: a snapshot of the 2006-2007 hydrological period. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 38, 175-198. DOI 10.4461/GFDQ.2015.38.16.

SGL, Servizio Glaciologico Lombardo 2012. *Ghiacciai della Lombardia -Evoluzione e attualità*. Hoepli.

SGL, Servizio Glaciologico Lombardo 1992. *Ghiacciai in Lombardia*. Bolis, Bergamo, 368 pp.

Smiraglia, C. & Diolaiuti, G.A. [Eds] 2015. *Il nuovo Catasto dei Ghiacciai Italiani*. Ev-K2-CNR, Bergamo, 400 pp.

GHIACCIAIO DEI FORNI

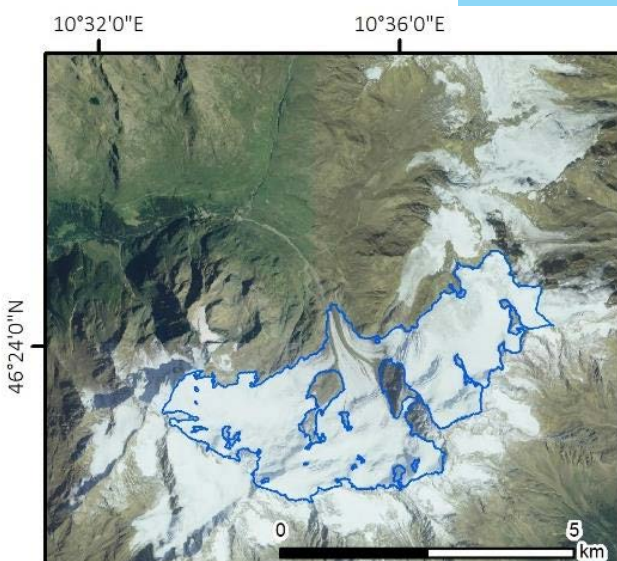
Numero Catasto C.G.I.	507.1
Tipo	Vallivo
Forma	Bacino composito
Alimentazione	Diretta, valanghe
Esposizione	Nord
Superficie	10.71 km
Quota max bacino	3.678 m
Quota max	3.639 m
Quota min	2.515 m
Lunghezza max	3.135 m
Larghezza max	184.6 m
Inclinazione media	20°
Attività	Regresso forte

Dati relativi al 2015

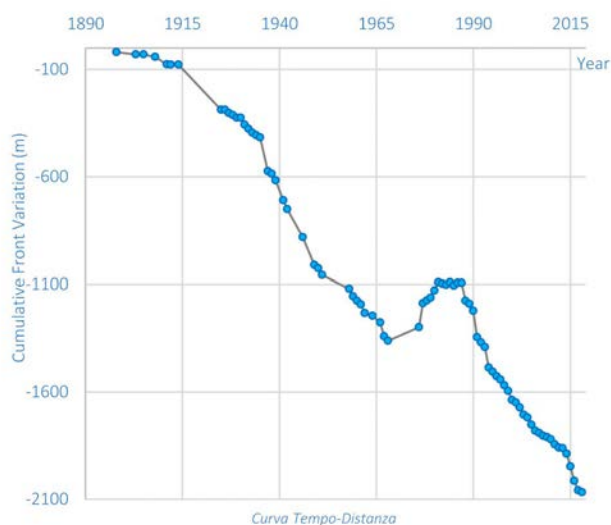
Il Ghiacciaio dei Forni (o del Forno) è ubicato in Alta Valfurva, nella Valle dei Forni che rappresenta la valle maggiormente glacializzata del settore lombardo del Gruppo Ortles-Cevedale. Il Ghiacciaio dei Forni, con un'estensione areale di circa 11 km², è il più esteso ghiacciaio delle Alpi italiane dopo il Ghiacciaio dell'Adamello. Si sviluppa a quote comprese tra 3639 m e i 2515 m, raggiunti dalla fronte centrale del ghiacciaio. Si tratta di un ghiacciaio di tipo vallivo a bacino composito (di tipo himalayano) costituito dalla confluenza di tre grandi bacini (ad alimentazione diretta), che occupa un anfiteatro di elevate dimensioni delimitato da cime che superano i 3500 m. Almeno fino al 2012, la confluenza dei tre grandi bacini faceva sì che lungo la lingua del Ghiacciaio dei Forni si individuassero due morene mediane che raggiungevano la fronte del ghiacciaio. Dal 1898 la fronte del ghiacciaio è arretrata di quasi 2100 m. Negli ultimi anni il Ghiacciaio dei Forni ha subito un sensibile ritiro della fronte, di oltre 208 m dal 2012 al 2018. Il ghiacciaio è inoltre andato incontro ad una riduzione della superficie e ad un forte assottigliamento, ben evidenziati dal progressivo ampliamento e dall'apertura di nuove finestre in roccia anche nel bacino di accumulo.

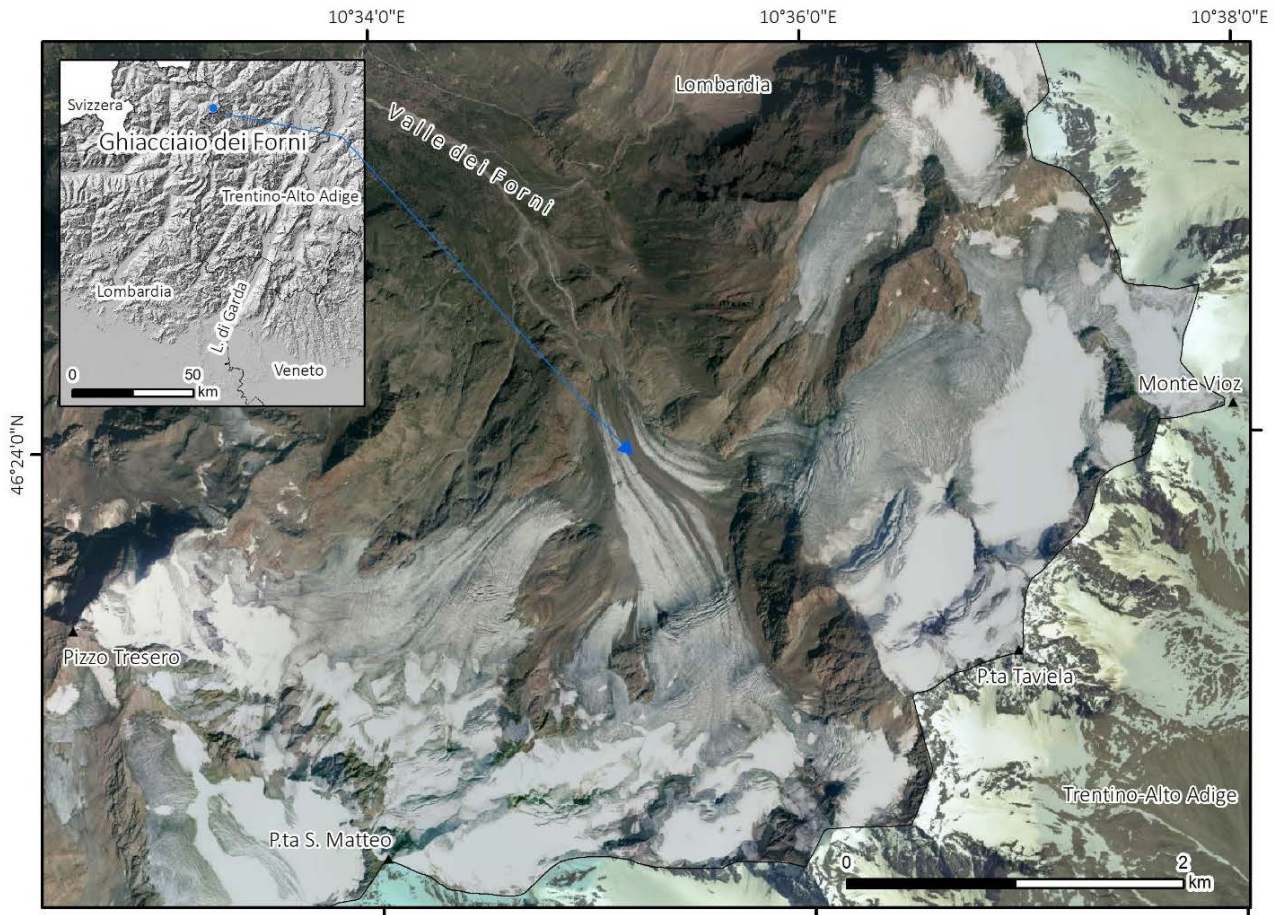


Carta Topografica del Gruppo Ortler-Cevedale (Pogliachi, 1883)

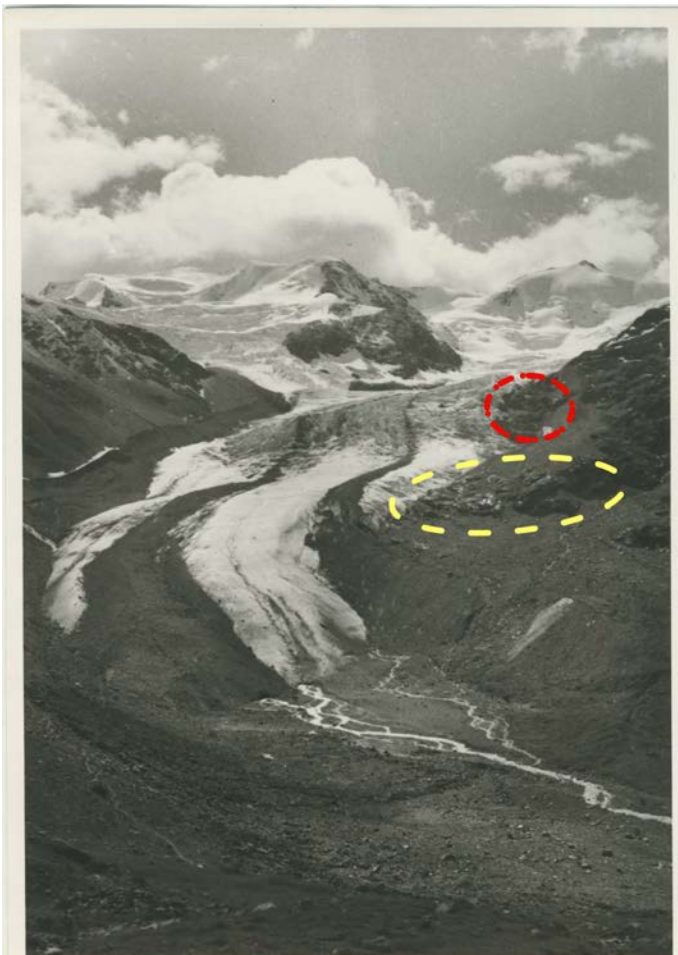


Limite del Ghiacciaio dei Forni nel 2006 (Salvatore et al., 2015). Ortofoto del 2006 (WMS, PCN)

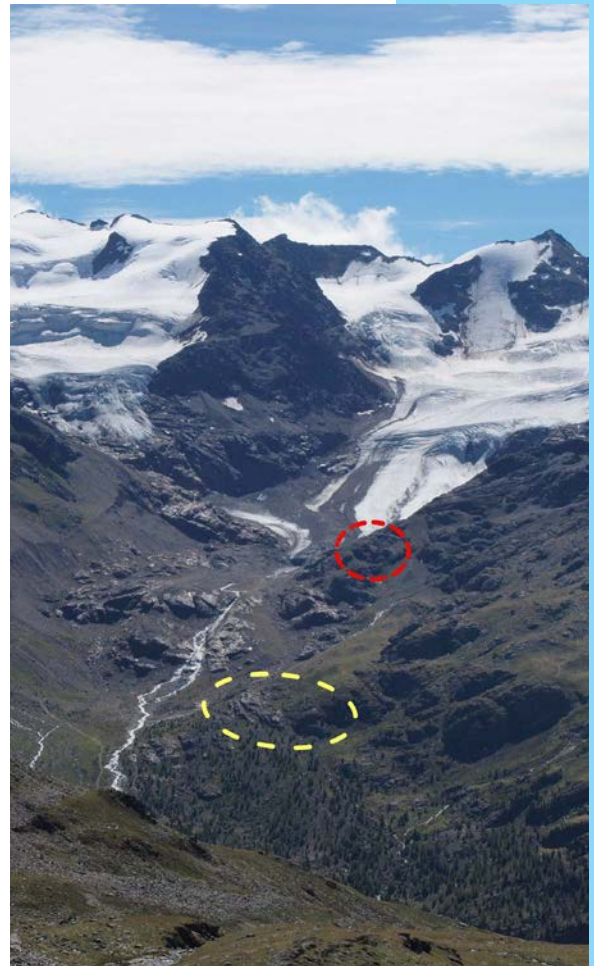




Ortofoto del 2012 (WMS, PCN)



21 agosto 1941. Foto: Ardito Desio



25 agosto 2020. Foto: Stefano Perona

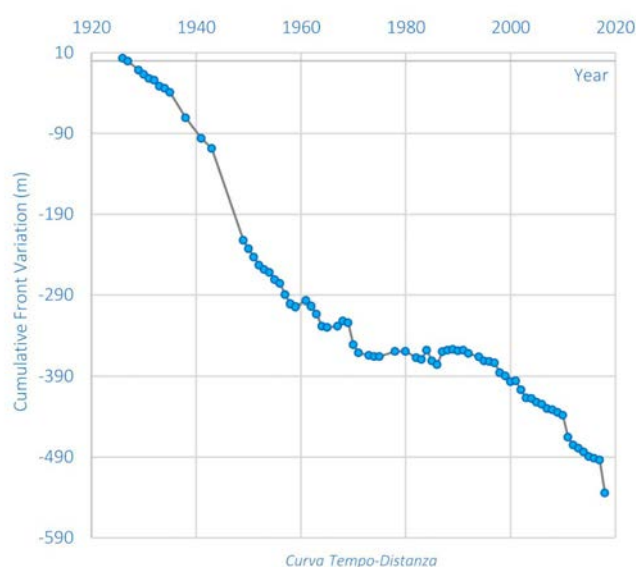
GHIACCIAIO DELLA SFORZELLINA

Numero Catasto C.G.I.	516
Tipo	Montano
Forma	Circo
Alimentazione	Valanghe
Esposizione	Nord ovest
Superficie	0.23 km ²
Quota max bacino	3.360 m
Quota max	2.938 m
Quota min	2.800 m
Lunghezza max	488 m
Larghezza max	694 m
Inclinazione media	16°
Attività	Regresso

Il Ghiacciaio della Sforzellina occupa un circo glaciale con esposizione verso il settore di NO situato nel versante destro della Valle di Gavia. Il ghiacciaio, con un'estensione minore di 0.5 km², presenta una superficie poco inclinata che si sviluppa tra 2938 m e 2800 m ed è classificato come un ghiacciaio montano di circo. Negli ultimi anni si è osservato un forte aumento della copertura detritica sulla superficie di questo ghiacciaio. Il Ghiacciaio della Sforzellina è uno dei corpi glaciali delle Alpi italiane maggiormente investigato, indicatore del comportamento dei ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale. Fa parte dei ghiacciai italiani che presentano le più lunghe serie storiche di bilanci di massa (Catasta & Smiraglia 1988, 1993; Carturan et al. 2016; Baroni et al. 2018, 2019). In particolare, anche il bilancio di massa con metodo glaciologico per l'anno idrologico 2017-2018 è risultato negativo, e ha portato ad un bilancio complessivo di -34.7 m di equivalenti in acqua (w.e.) per il periodo 1987-2018. Le misure delle variazioni frontali hanno messo in evidenza un arretramento di oltre 40 m tra il 2017 e l'osservazione del settembre del 2018. Il progressivo arretramento della fronte del ghiacciaio è stato quantificato tramite la curva Tempo-Distanza dello stesso ghiacciaio in circa 535 m dal 1927 al 2018.

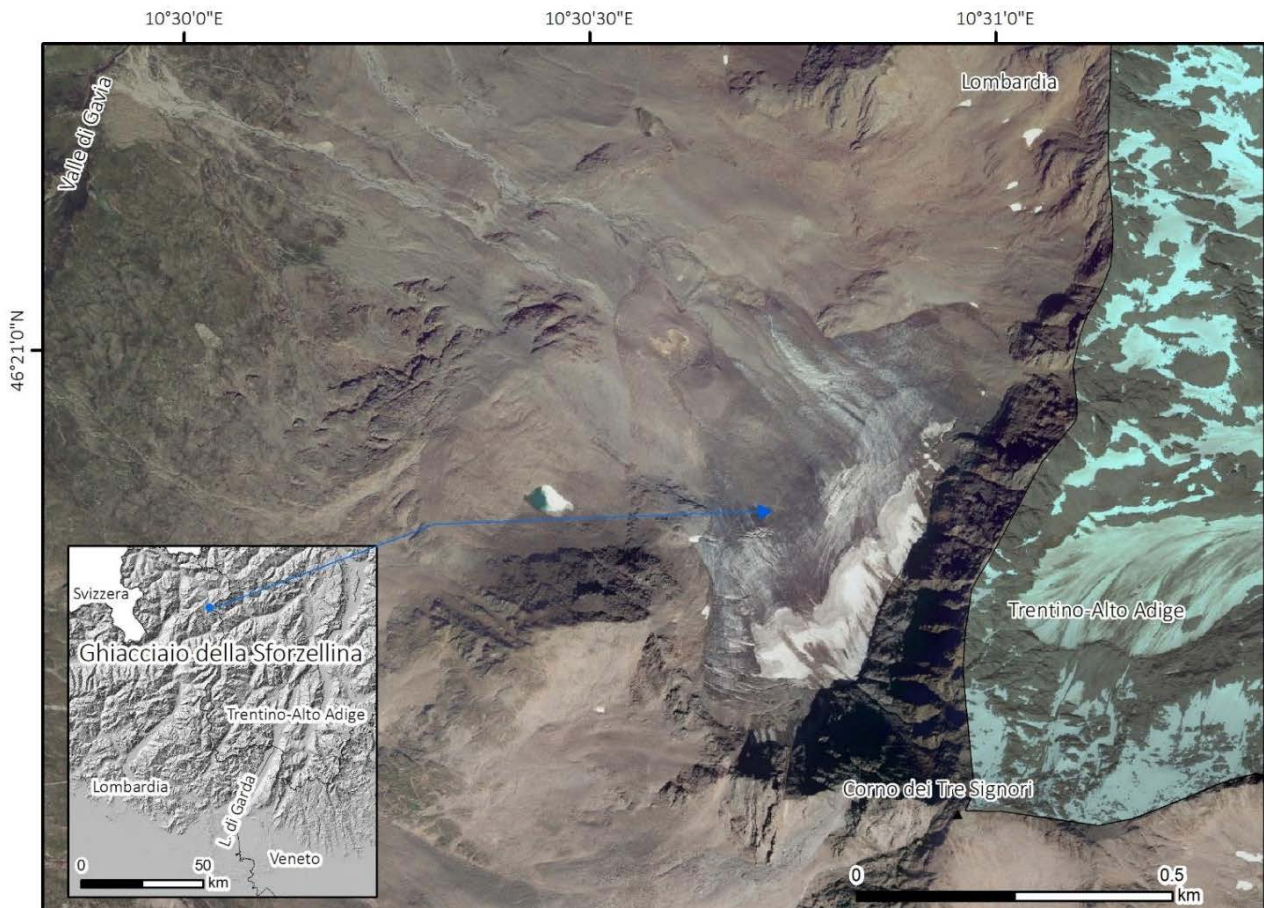


Ghiacciaio della Sforzellina (foto A. Desio, 1930.09.13)





Ghiacciaio della Sforzellina (foto A. Lendvai - SGL, 2018.08.21)



Ortofoto del 2012 (WMS, PCN)

Bibliografia citata

- Baroni, C., Bondesan, A., Carturan, L., Chiarle, M. [Eds.] 2019. Relazioni della Campagna Glaciologica 2018. Report of the Glaciological Survey
2018. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 42 (2):113-202. DOI:10.4461/GFDQ.2019.42.9.
- Baroni, C., Bondesan, A., Carturan, L., Chiarle, M. [Eds.] 2018. Relazioni della Campagna Glaciologica 2017. Report of the Glaciological Survey
2017. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 41(2):115-193. DOI:10.4461/GFDQ.2018.41.17.
- Carturan, L., Baroni, C., Brunetti, M., Carton, A., Dalla Fontana, G., Salvatore, M.C., Zanoner, T. & Zuecco, G. 2016. Analysis of the mass balance time series of glaciers in the Italian Alps. *The Cryosphere*, 10, 695-712. DOI:10.5194/tc-10-695-2016.
- Catasta, G. & Smiraglia, C. 1988. Primi risultati delle ricerche sul bilancio di massa al Ghiacciaio della Sforzellina (Gruppo del Cevedale, Alpi Centrali). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 11, 25-3.
- Catasta, G. & Smiraglia, C. 1993. The mass balance of a cirque glacier in the Italian Alps (Ghiacciaio della Sforzellina, Ortles-Cevedale Group). *Journal of Glaciology*, 39, 87-90.

GHIACCIAI DELLE ALPI ORIENTALI

GRUPPO MONTUOSO	N. GHIACCIAI VISITATI
Adamello – Presanella	6
Ortles – Cevedale	18
Venoste	11
Breonie	3
Aurine	6
Pusteresi	6
Dolomiti	11

Nel corso della Campagna Glaciologica del Comitato Glaciologico Italiano (CGI) avvenuta nel 2018 nell'area del settore delle Alpi Orientali sono stati visitati 61 ghiacciai, suddivisi in diversi gruppi montuosi. Una delle misure di maggiore importanza è quella della quota minima raggiunta dalla fronte della massa glaciale, effettuata su 50 ghiacciai. Si è potuto così valutare che il 96% di essi (48 su 50) risulta essere in una fase di ritiro. Direttamente collegate allo stato di salute dei ghiacciai sono le condizioni climatiche, nell'anno idrologico 2017/2018 i dati della stazione meteo di Cortina confermano fenomeni meteorologici estremi di notevole entità sia sul fronte delle precipitazioni che per le temperature. Nell'ultimo inverno le precipitazioni nevose invernali hanno infatti segnato un record storico rispetto agli ultimi 30 anni di misurazioni, con incrementi in alta quota fino ad un +30%. Nonostante questa abbondanza di neve i fenomeni di ablazione superficiale sui ghiacciai sono stati molto intensi. Sempre nell'anno 2017/2018 si è registrata una diminuzione delle temperature medie mensili durante tutto il periodo invernale e in totale contrapposizione le misurazioni indicano un incremento in media di +1° C in estate. Risulta drammatica la tendenza della perdita di volume su tutti i ghiacciai, ben visibile con la riduzione degli spessori, fenomeno che ha luogo specialmente lungo il fronte dove ormai il ghiaccio è spesso poco riconoscibile, coperto

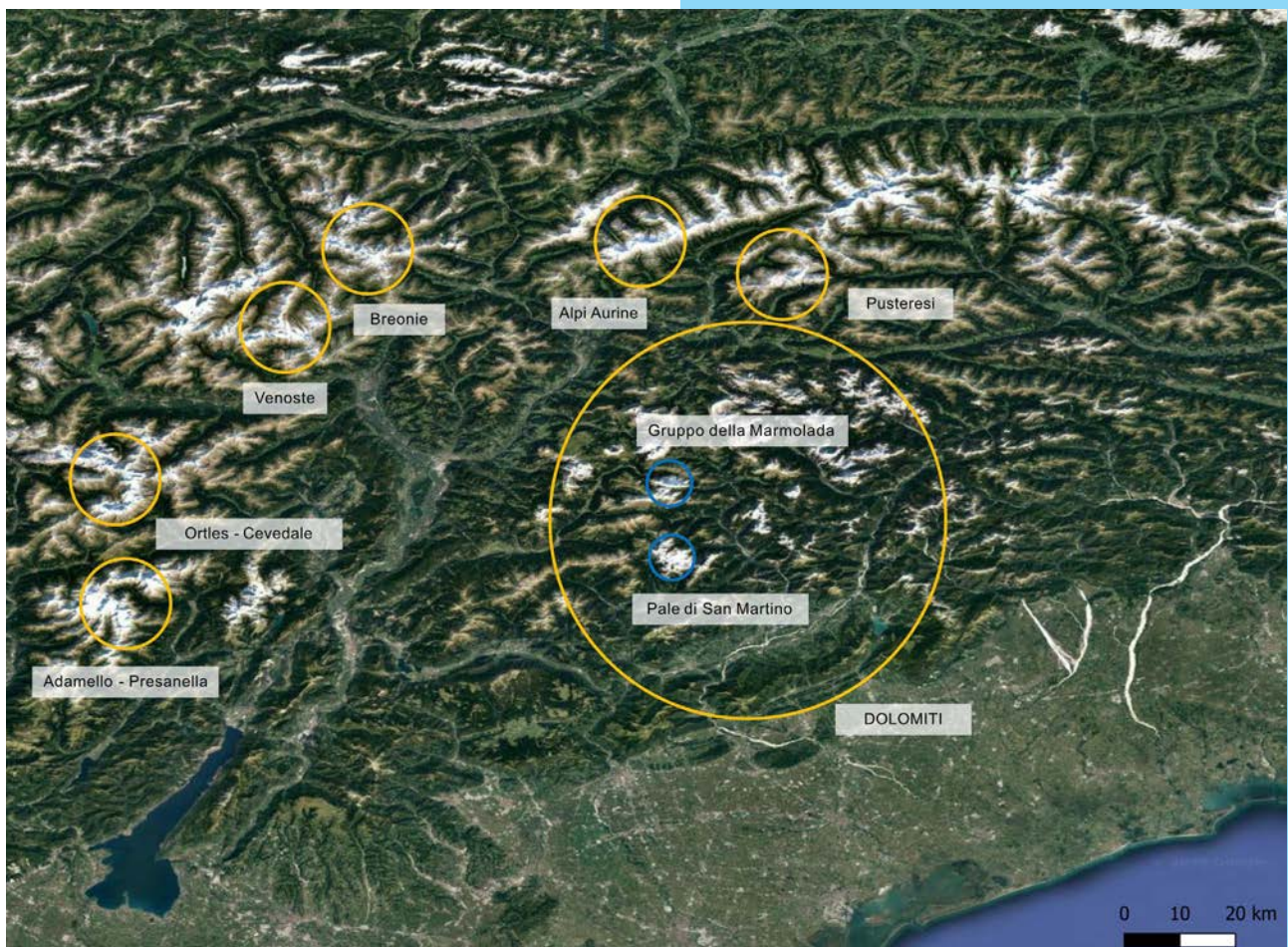


Il Ghiacciaio Principale della Marmolada nel 2015.
Foto: Stefano Benetton



Il Ghiacciaio di Travignolo, agosto 2020 Foto: Stefano Perona

da una fitta coltre detritica. Anche i fenomeni di frammentazione dei ghiacciai, con la messa in luce di porzioni deglaciate spesso rappresentate da finestre rocciose, portano a suddividere in settori ben distinti le masse glaciali, che possono rimanere isolate dalla reale area di alimentazione del ghiaccio. In questo quadro allarmante, nell'area delle Dolomiti sono stati scelti due ghiacciai con caratteristiche differenti da un punto di vista geomorfologico, che attualmente si mostrano in due fasi evolutive distinte del processo di forte riduzione del ghiaccio e arretramento della fronte. Il Ghiacciaio della Marmolada riveste una notevole importanza soprattutto poiché è stato monitorato fin dagli albori della glaciologia, oltre che per il ruolo che ha rivestito da un punto di vista storico. Il Ghiacciaio di Fradusta può essere preso come esempio di ghiacciaio ormai nella sua fase morente, poiché presenta molte delle caratteristiche che indicano il pessimo stato del ghiaccio di fronte al cambiamento climatico in atto.



GHIACCIAIO DELLA MARMOLADA

Numero Catasto C.G.I.	941
Tipo	Montano
Forma	Pendio
Alimentazione	Diretta, valanghe
Esposizione	Nord-nord-est
Superficie	0.57 km ²
Quota max bacino	3.343 m
Quota max	3.240 m
Quota min	2.650 m (fronte orientale)
Lunghezza max	950 m
Larghezza max	2.000 m
Inclinazione media	25°
Attività	Regresso forte

Dati relativi al 2016

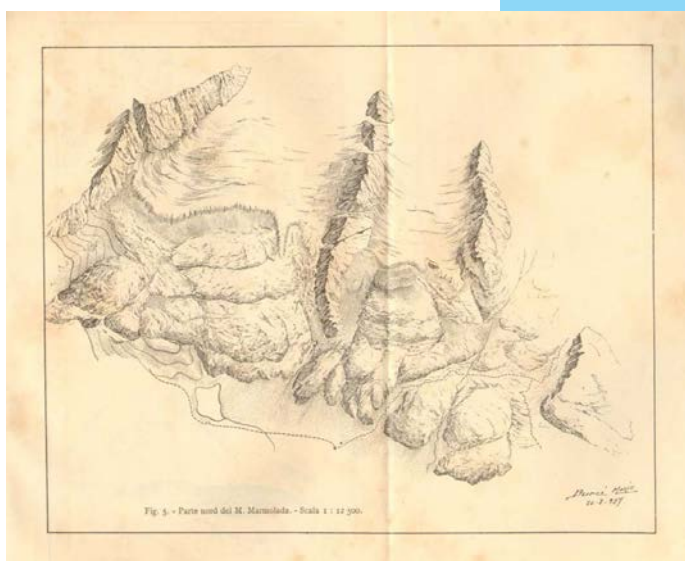
La Marmolada è comunemente conosciuta come la “Regina delle Dolomiti” ed include numerosi ghiacciai differenti per forme e dimensioni tra cui il Ghiacciaio Principale della Marmolada. Esso è per estensione il maggiore dell’area dolomitica e giace su di un pendio inclinato verso nord che termina con le cime di Punta Rocca e Punta Penia. Le forti riduzioni di volume degli ultimi anni sono causa di un maggiore partizionamento del ghiacciaio in flussi di ghiaccio distinti tra loro, per via dell’emersione di affioramenti rocciosi. Il ghiacciaio è stato studiato con un interesse scientifico fin dall’inizio del 1900, in particolar modo a causa della necessità di conoscere l’area per la successiva costruzione di bacini idroelettrici. La fronte del ghiacciaio è complessivamente arretrata di centinaia di metri, partendo da una quota minima storica di 2370 m (Trinkler, 1865) e grazie alla cartografia di inizio ‘900, è possibile identificare le morene della Piccola Età Glaciale e ricostruirne la sua intera l’evoluzione. Un altro fattore che consente di valutare lo stato del ghiacciaio è la diminuzione dei valori della velocità di avanzamento del ghiaccio che passa da valori massimi di 24 m/yr misurati nel 1908 a valori di circa 1 m/yr nel 1959. Nel 1915 il con-



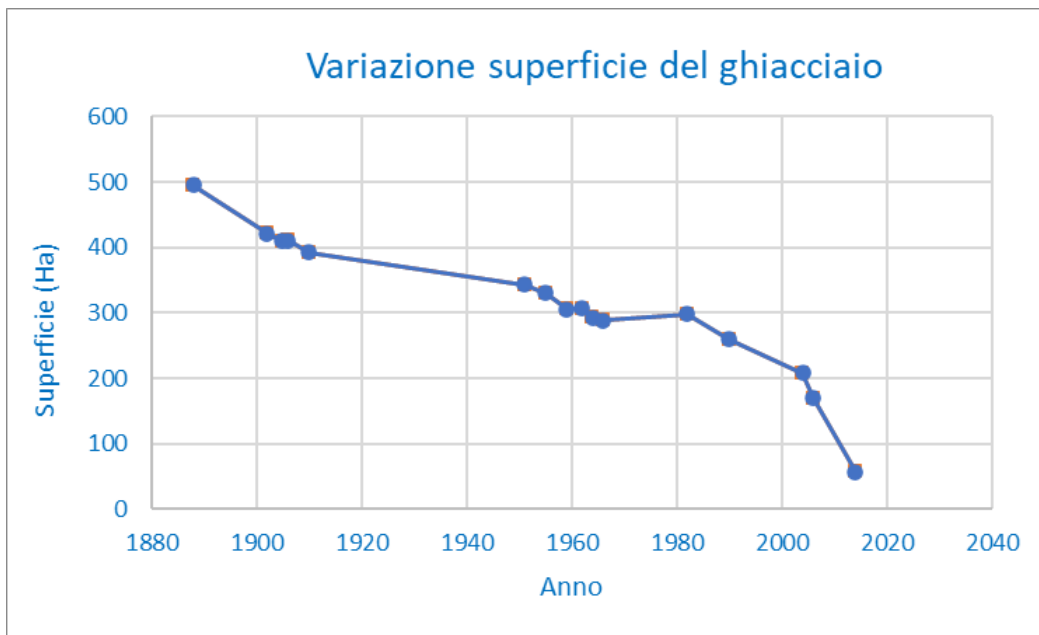
1910. Foto Würthle & Sohn



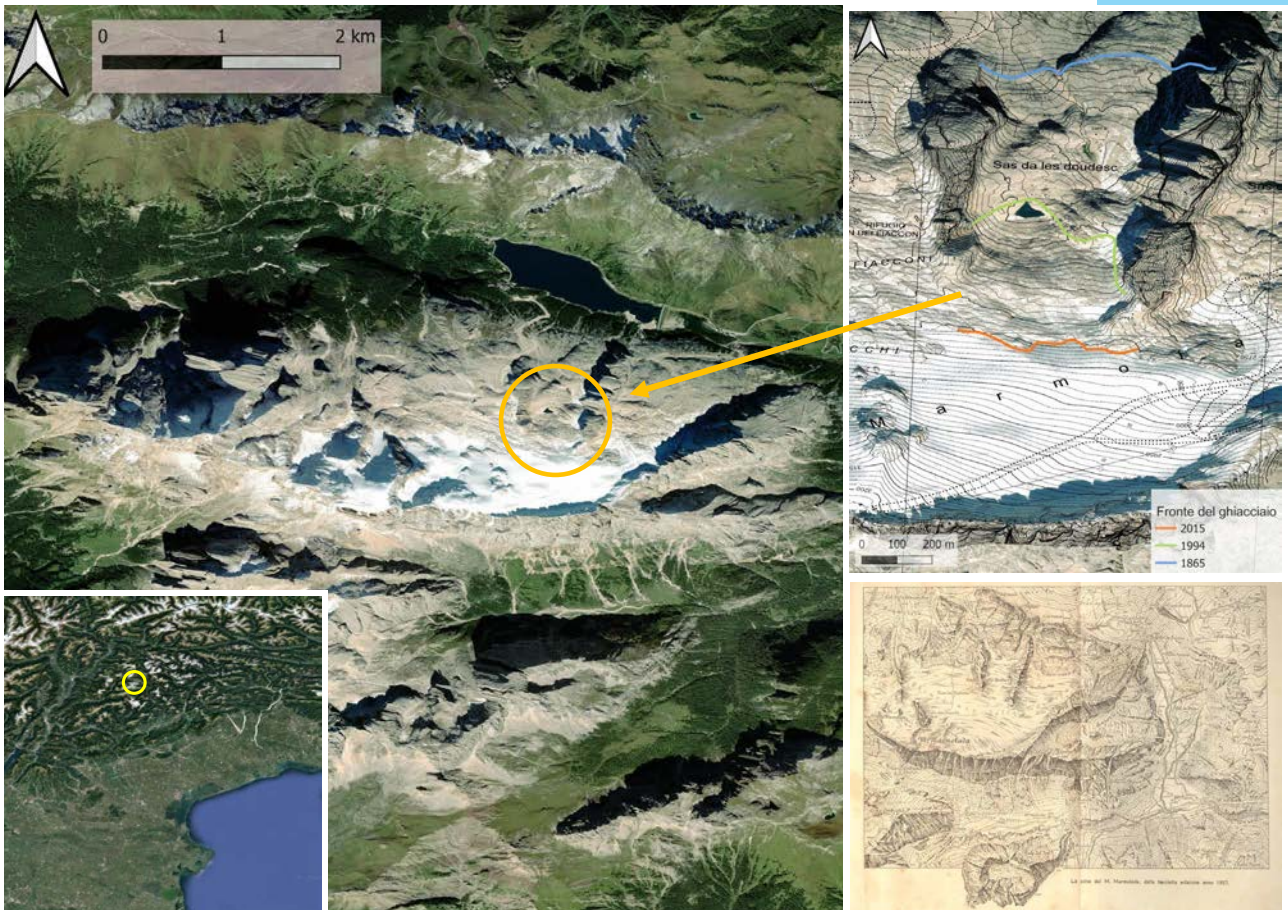
2016. Foto Mauro Varotto



Disegno del ghiacciaio da un corso di cartografia dell'I.G.M. del 1927



fine di stato tra il Regno d'Italia e l'Impero Austro- Ungarico correva lungo il massiccio della Marmolada che rappresentava una posizione fortemente strategica. L'occupazione effettiva dell'area risale al 1916 con la prima linea austriaca. In poco tempo tutti i confini del ghiacciaio furono militarizzati con fortificazioni in cavità e la costruzione di trincee. Le operazioni militari proseguirono secondo lo schema della guerra di posizione, e se gli italiani scavarono rifugi artificiali nella roccia, gli austriaci costruirono per difendersi dalle esplosioni la Eisstadt, ovvero la Città di Ghiaccio. Questo sistema di fortificazione si configura come un insieme di tunnel e cavità scavati nel ghiacciaio a scopo difensivo, logistico e per consentire lo spostamento delle truppe alle spalle delle linee nemiche. Con circa 8 km di sviluppo, la Città di Ghiaccio permetteva di collegare l'arrivo della funivia con le posizioni più avanzate del Sasso delle Undici e Sasso delle Dodici, oltre che di ospitare fino a 300 soldati al proprio interno.



GHIACCIAIO DI FRADUSTA

Numero Catasto C.G.I.	950
Tipo	Montano
Forma	Circo e pendio
Alimentazione	Diretta, valanghe
Esposizione	Nord
Superficie	0.027 km ²
Quota max bacino	2.938 m
Quota max	2.890 m
Quota min	2.801 m
Lunghezza max	135 m
Larghezza max	250 m
Inclinazione media	25°
Attività	Regresso forte

Dati relativi al 2018

Il Ghiacciaio di Fradusta si sviluppa lungo il versante nord della Cima la Fradusta, la quale rappresenta il punto più elevato della serie di creste rocciose che formano il perimetro meridionale dell'Altopiano delle Pale di San Martino. Tale altipiano si configura come una grande superficie tabulare lievemente inclinata verso nord, con quote comprese tra circa 2400 e 2700 m, contraddistinto da numerosi fenomeni sia nivo-glaciali che carsici. L'area risulta per gran parte dell'anno coperta da accumuli nevosi, spesso localizzati nelle depressioni aventi morfologie associabili a forme miste come conche glacio-carsiche. Fino agli anni '90 si poteva ben distinguere un'unica massa di ghiaccio fino alla fronte a quota circa 2650 (dove è tutt'ora presente un lago proglaciale), tuttavia negli ultimi anni le significative variazioni di spessore hanno portato a formarne tre porzioni distinte. Il fenomeno della comparsa di finestre rocciose che separano gli ammassi di ghiaccio è dovuto alla forte riduzione del volume e portano in un breve periodo a determinare la "morte" di intere porzioni dei ghiacciai come ben visibile sul Fradusta. Il ghiacciaio risulta così suddiviso in due principali masse



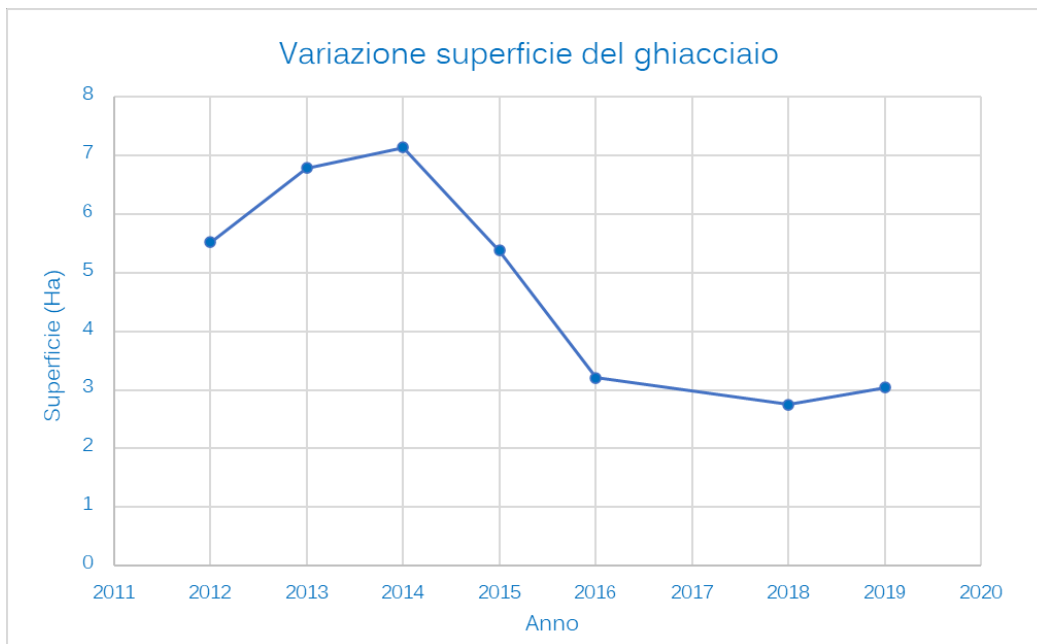
Il Ghiacciaio di Fradusta nel 1933. Foto: G. Vianello



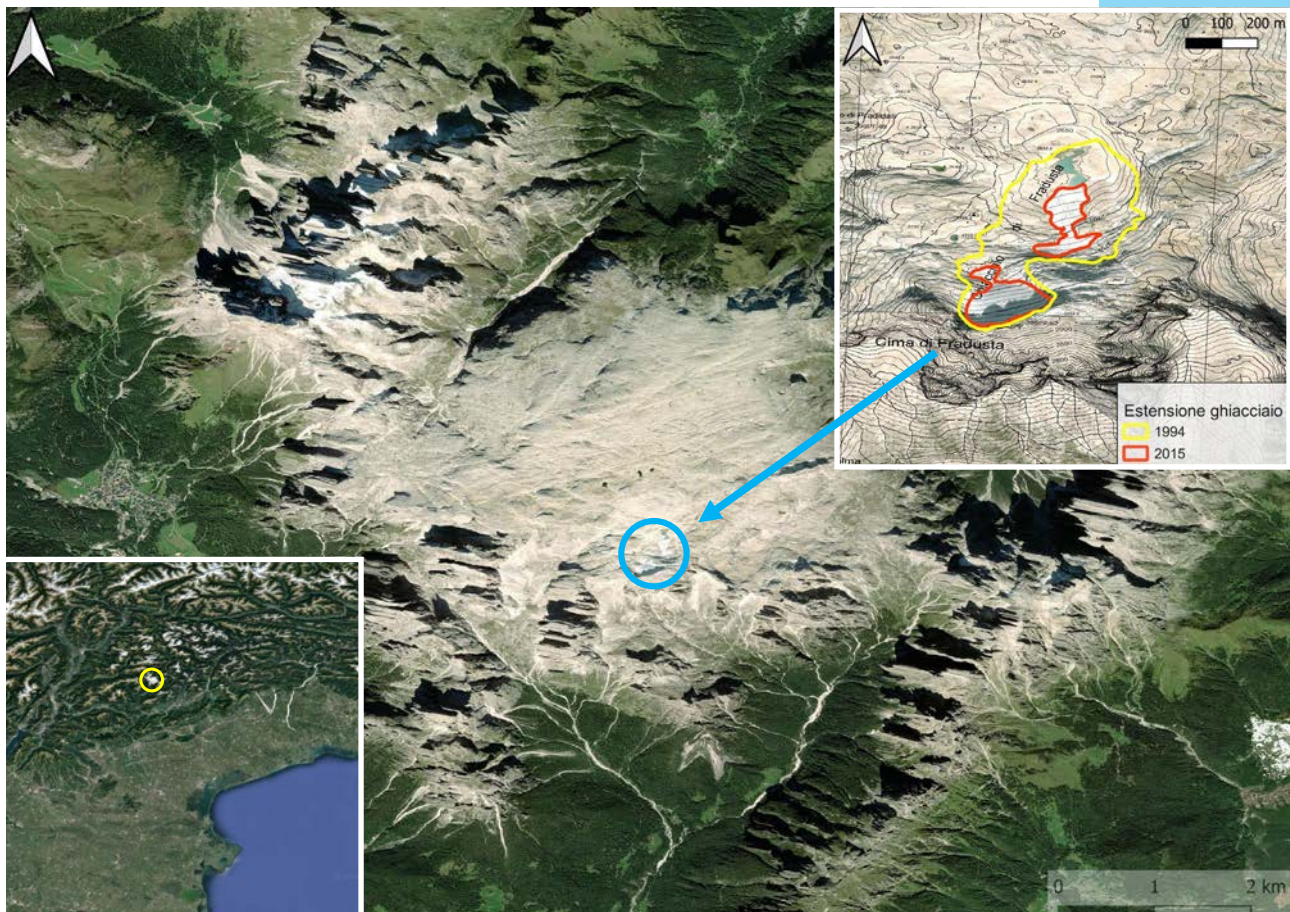
Il Ghiacciaio di Fradusta nel 2014



Il Ghiacciaio di Fradusta nel 2018. Foto: Carlo Turra



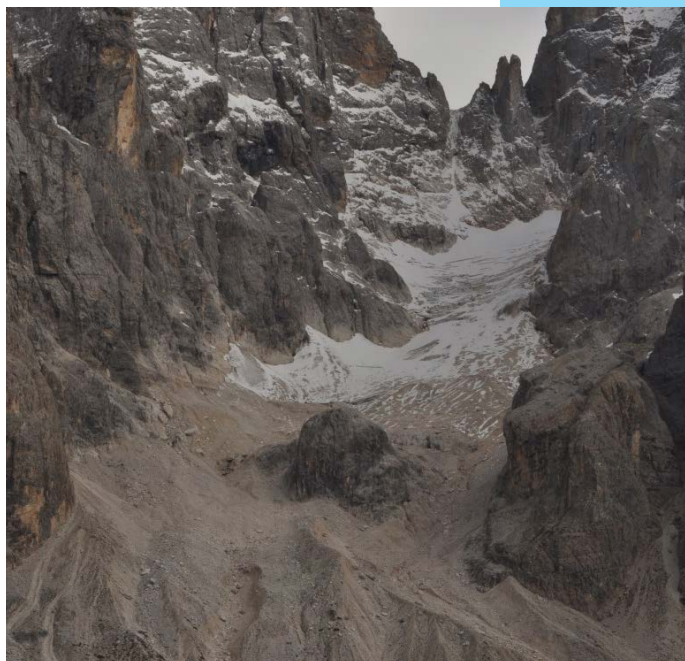
glaciali. La porzione inferiore che ad oggi non è più ben identificabile è posta lungo un pendio a bassa inclinazione, tra 2750 e 2650 m circa, fino a bordare il lago proglaciale. La porzione superiore è a sua volta suddivisa in due unità da una piccola finestra di roccia e solamente la porzione sommitale si può considerare attiva. Questo piccolo ghiacciaio dolomitico può essere considerato, data la drastica riduzione e le caratteristiche morfologiche, un esempio ben evidente di “morte di un ghiacciaio”. La divisione del ghiaccio per mezzo di superfici rocciose ha portato al totale abbandono della porzione inferiore da fenomeni di attività e di alimentazione, complice anche la sfavorevole esposizione e la bassa quota. Il ghiacciaio inferiore a partire dal rilievo del 2018 non è stato più preso in considerazione, poiché caratterizzato da semplici accumuli di ghiaccio residuo totalmente coperto da detrito di difficile distinzione.



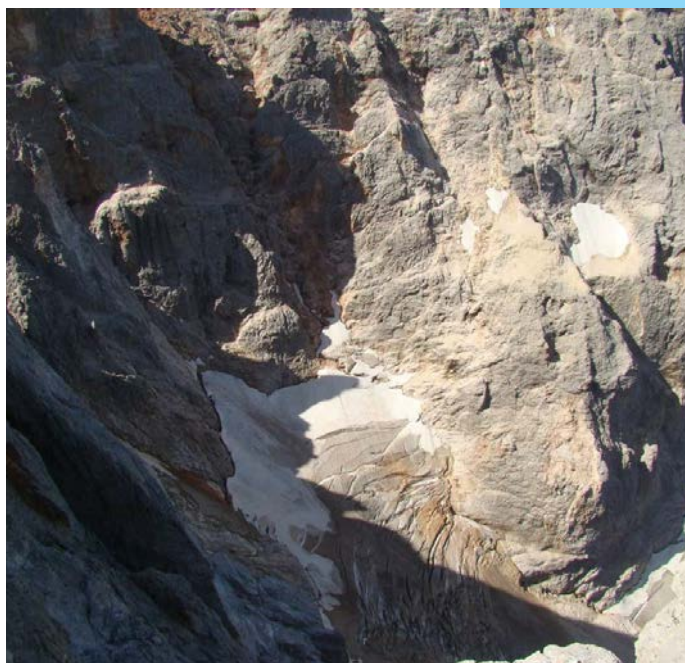
GHIACCIAIO DI TRAVIGNOLO

Numero Catasto C.G.I.	947
Tipo	Montano
Forma	Circo-pirenaico
Alimentazione	Diretta, valanghe
Esposizione	Nord-ovest
Superficie	0.15 km ²
Quota max bacino	3.192 m
Quota max	2.780 m
Quota min	2.396 m
Lunghezza max	700 m
Larghezza max	400 m
Inclinazione media	26°
Attività	Regresso forte

Il Ghiacciaio di Travignolo si sviluppa lungo una valle laterale della Val Venegia compresa tra la Cima della Vezzana e il Cimon della Pala. Le due vette, che rappresentano i punti di maggior elevazione del gruppo delle Pale, sono collocate nella terminazione meridionale della serie di creste più occidentali del massiccio montuoso. Il ghiacciaio può essere considerato più specificatamente, oltre che un ghiacciaio di circo, di tipo pirenaico, ovvero adagiato sul fondo di una stretta valle delimitata da alte creste. In questo caso tale valle si presenta con un'alta inclinazione e suddivisa in diverse porzioni da salti rocciosi, estremamente importanti per la morfodinamica della massa glaciale. Il Ghiacciaio di Travignolo può essere diviso in tre principali porzioni con caratteristiche differenti. La porzione inferiore risulta coperta da detrito per circa il 90%. I depositi gravitativi sono organizzati in piccoli conoidi alimentati dall'azione crioclastica. Tali forme sono rimaneggiate da intensi fenomeni di ruscellamento anche da parte dei torrenti supragliaciali, che consentono in alcuni punti di osservare la superficie del ghiaccio sottostante. Le due lingue di ghiaccio che bordano i lati dello sperone roccioso in prossimità della fronte non sono più identifica-



2017, il Ghiacciaio di Travignolo dalla Val Venegia.
Foto: Gino Taufer

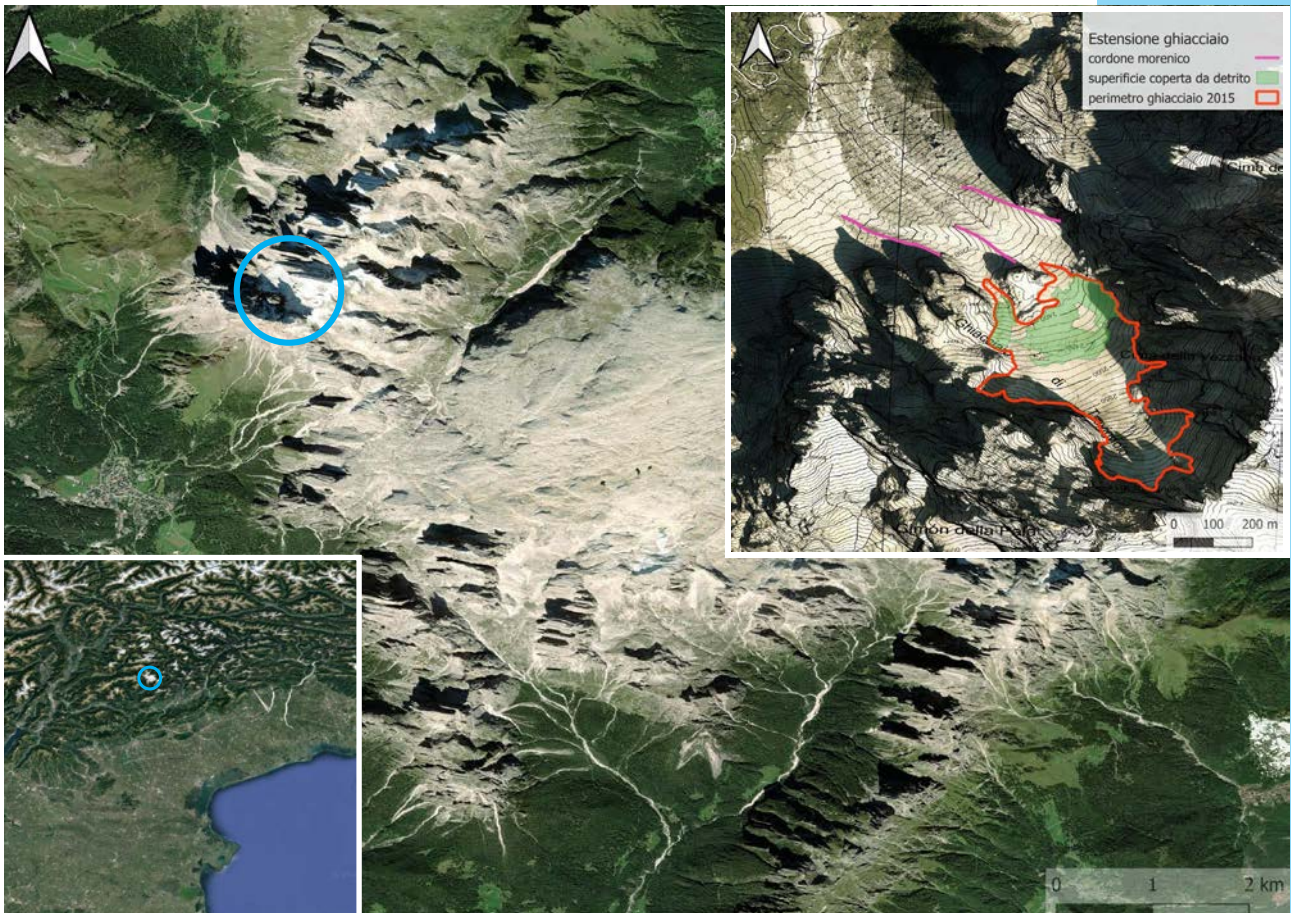


2017, Il Ghiacciaio di Travignolo dalla Cima di Vezzana.
Foto: Gino Taufer

bili per via del detrito. La porzione intermedia è interessata da alcuni crepacci orizzontali di dimensione variabile, mentre la porzione a quote più elevate presenta crepacci molto pervasivi, che probabilmente permettono all'acqua derivante dai processi di ablazione di penetrare fino al contatto con il substrato. Tra le caratteristiche che rendono importante il Ghiacciaio di Travignolo vi è la presenza di un apparato morenico, risalente alla piccola età glaciale, ben conservato su entrambi i lati oltre che un particolare comportamento nella dinamica dei movimenti della fronte. Il ghiacciaio è in un trend di generale regressione, specie considerando la diminuzione dello spessore del ghiaccio. Tuttavia è possibile registrare un avanzamento della fronte, legato al carico esercitato dai fenomeni gravitativi, la cui frequenza è indubbiamente correlata alla degradazione del permafrost, intensificatasi con l'attuale regime climatico.



Il Ghiacciaio di Travignolo in una immagine di Nanni Gadenz antecedente al 1925 e pubblicata sul Bollettino del CAI n. 75 del 1925 (B. Castiglioni, "Alcuni ghiacciai delle Dolomiti e il loro ambiente orografico e climatico")



IL GHIACCIAIO OCCIDENTALE DEL MONTASIO

Numero Catasto C.G.I.	981
Tipo	Montano
Forma	Di circo
Alimentazione	Valanghiva
Esposizione	Nord
Superficie	0.07 km ²
Quota media	1.910 m
Lunghezza max	350 m
Larghezza max	380 m

Dati relativi al 2013

Il Ghiacciaio Occidentale del Montasio (Figura 1), con la quota media di 1910 m, è il più basso dell'arco alpino. Attualmente copre un'area di circa 7 ha ed ha un volume stimabile in 1 milione di m³. Storicamente era ritenuto un nevaio o un glacionevato ma, attorno al 1920, gli studi di Ardito Desio riconobbero la sua reale natura di ghiacciaio, che permane tuttora. Il Montasio si trova nelle Alpi Giulie, alla base della parete Nord dello Jôf di Montasio (2754 m) e si affaccia sulla Val Saisera, nella testata del bacino dell'omonimo torrente. Lo Jôf di Montasio, di natura sostanzialmente calcarea e di formazione triassica, è circondato dalle valli Saisera, Dogna e Raccolana. Il ghiacciaio è delimitato nella zona sommitale e in quelle laterali da pareti rocciose sub-verticali mentre, nella zona basale, è confinato da apparati morenici depositi in epoche diverse (Foto 2 e 3). Il cordone morenico principale visibile nelle foto è riferibile alla Piccola Età Glaciale (~1570-1900) (Figura 1).

Un secondo arco, addossato a monte del cordone principale, è invece attribuito alla fase di avanzamento del ghiacciaio, avvenuta all'inizio

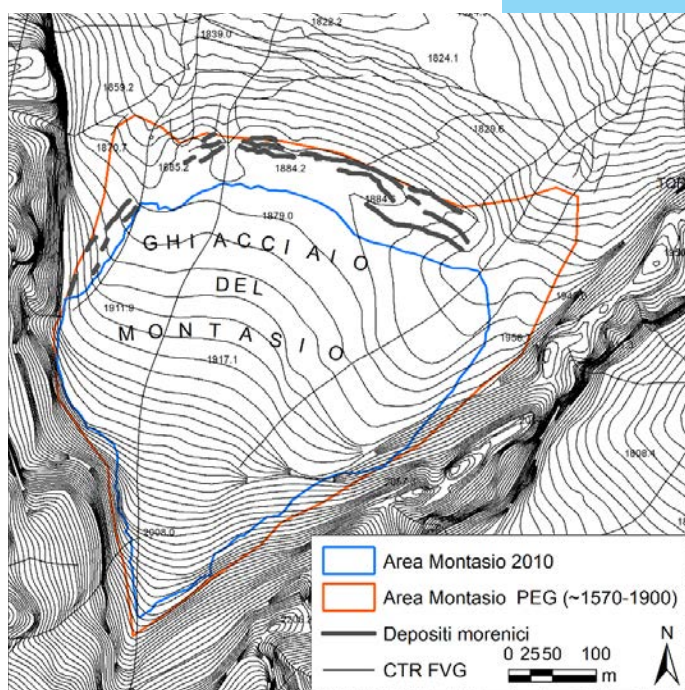


Figura 1 - Estensione del Ghiacciaio del Montasio nel 2010 (blu) e nella Piccola Età Glaciale (rosso). Localizzazione dei depositi morenici (grigio). In sfondo Carta Tecnica Regionale (Friuli Venezia Giulia).



Figura 2 - Il Ghiacciaio del Montasio al termine della stagione di ablazione. (Riccardo De Infanti, Università di Udine-DI4A, 01/10/2019).

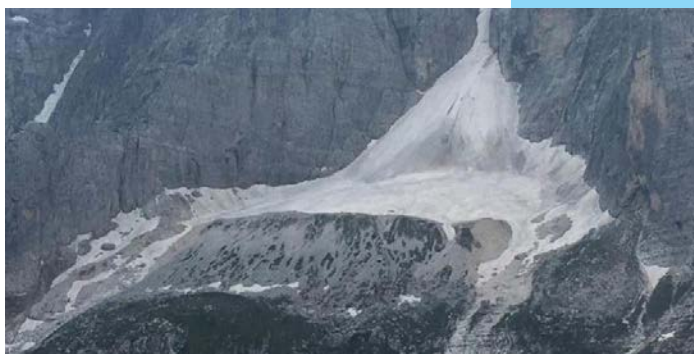


Figura 3 (in alto) - Il Ghiacciaio del Montasio durante la stagione di ablazione. In primo piano il cordone morenico principale. (Jessica De Marco, Università di Udine-DI4A, 28/06/2020).

del XX secolo. Le soprastanti pareti dello Jôf di Montasio sono caratterizzate da una conformazione ad imbuto che favorisce un notevole accumulo di neve da valanga, rendendo il Montasio un ghiacciaio ad alimentazione prettamente valanghiva. La parete nord dello Jôf ombreggia il ghiacciaio nelle ore estive più calde del giorno, proteggendolo dalla radiazione diretta e dando origine allo strato di detrito che copre la zona basale del ghiacciaio, e che funge da isolante termico. Rilievi eseguiti tra il 2006 e il 2019 hanno evidenziato come, proprio grazie a queste caratteristiche, il ghiacciaio abbia avuto un bilancio nettamente meno negativo rispetto a gran parte dei ghiacciai alpini, nonostante la quota estremamente bassa. Rispetto al 1920, comunque, si può osservare una notevole perdita volumetrica, come visibile in Figura 4. In caso di assenza di copertura nevosa sono visibili tre profonde incisioni nella morena principale, uno ad est (Figura 3) e due ad ovest (Figura 2), generati dall'erosione causata dalle acque di pioggia e di fusione. Nella settore inferiore del ghiacciaio, la copertura detritica presenta morfologie riconducibili al trasporto detritico da parte di processi fluvio-glaciali. Nelle aree meno pendenti coperte da detrito si notano avvallamenti di forma circolare (sinkholes, Figura 5), dovuti alla fusione e collassamento del ghiaccio sottostante. Il Ghiacciaio Occidentale del Montasio sta mostrando la possibile evoluzione futura di molti piccoli ghiacciai alpini soggetti ad alimentazione valanghiva e fortemente ricoperti di detrito, tipici ad esempio delle Dolomiti, in uno scenario futuro di aumento delle temperature.

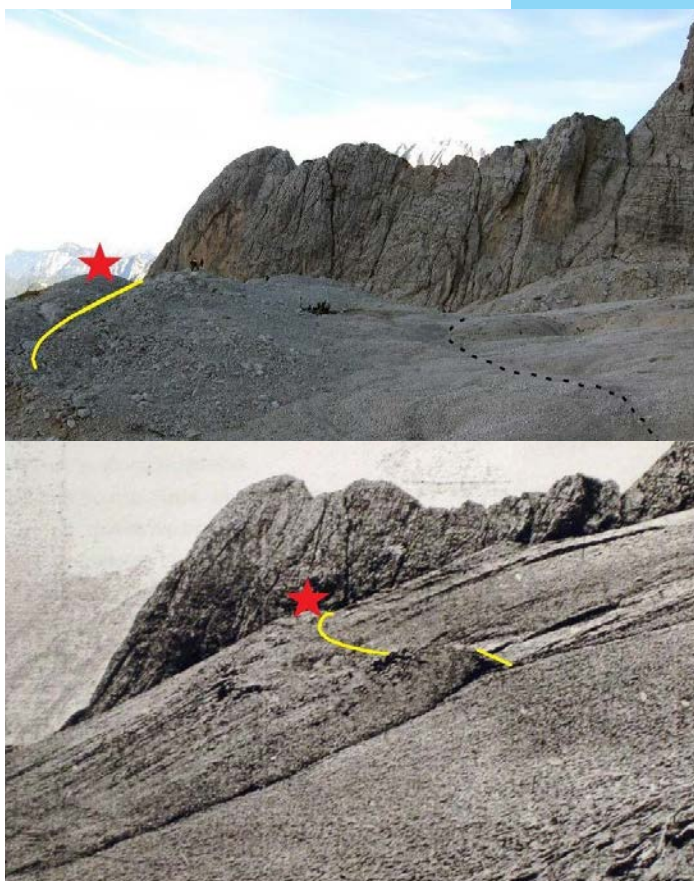


Figura 4 - Zona basale del ghiacciaio ritratta lateralmente (in alto Luca Carturan, Università di Padova-TeSAF, 23/09/2010; in basso Ardito Desio, 05/10/1920). La stella indica la morena deposta durante la massima espansione storica, mentre la linea giallo evidenzia il limite del ghiacciaio nel 1920. Nelle immagini è visibile come il Ghiacciaio nel 1920 fosse a ridosso della morena più esterna, con fronte rigonfia e solcata da crepacci radiali. La foto più recente mostra l'ingente perdita di spessore rispetto ai primi anni '20. Il limite attuale è indicato dal tratteggio nero.



Figura 5 - Foto aerea da drone dei sinkholes principali segnati in rosso (Sara Cucchiari, Università di Udine-DI4A, 01/10/2019).

IL BILANCIO DELLA CAMPAGNA

Ghiacciai alpini in forte sofferenza, alcuni già quasi estinti, e che con il progressivo riscaldamento climatico, pur in presenza di fattori favorevoli come ad esempio una limitata esposizione all'irradiazione, nel giro dei prossimi decenni sono destinati a scomparire del tutto, a partire da quelli sotto i 3000 metri. È quanto emerge in sintesi dagli studi fatti fino ad ora e osservati durante la prima edizione di Carovana dei ghiacciai. Dodici quelli monitorati, differenti per dimensioni, tipologia e reattività ai cambiamenti climatici: il ghiacciaio del Miage in Valle D'Aosta, Indren, Bors, Locce Sud, Piode, Sesia-Vigne sul Monte Rosa fra Piemonte e Valle d'Aosta, i ghiacciai Sforzellina e Forni in Lombardia, Marmolada in Veneto-Trentino Alto Adige, Fradusta in Trentino Alto Adige, Travignolo e Montasio in Friuli Venezia Giulia. Su tutti è stato registrato un regresso della fronte glaciale o una diminuzione del volume di ghiaccio, e in diversi casi anche consistenti affioramenti di rocce. Tra i ghiacciai monitorati, quello in maggiore sofferenza è il Fradusta, la cui superficie si è ridotta di oltre il 95% tra il 1888 e il 2014, passando dai 150 ettari dell'altopiano glaciale del 1888 agli attuali 3 ettari. La drastica riduzione dell'area e le caratteristiche morfologiche osservate su questo piccolo ghiacciaio dolomitico possono essere considerate evidenze della "agonia di un ghiacciaio". Sul ghiacciaio dei Forni, oltre all'aumento della copertura detritica, è stato riscontrato il fenomeno del *black carbon*, con tracce di microplastiche e di vari inquinanti che, come su tutti i ghiacciai del pianeta, è un altro lampante segnale della presenza dell'im-

patto antropico anche nelle regioni di alta quota e più remote della terra. Il ghiacciaio del Montasio è risultato il più "resiliente" delle Alpi orientali in quanto, nonostante sia il più basso in quota delle Alpi, riesce a sopravvivere, reso forte dalla sua particolare collocazione: le sovrastanti pareti dello Jôf di Montasio ombreggiano il ghiacciaio e sono caratterizzate da una conformazione ad imbuto che lo alimentano con accumuli di neve conseguenza di eventi valanghivi. Dati, quelli emersi da Carovana dei Ghiacciai, che indicano l'urgenza di mettere in campo misure e politiche ambiziose sul clima per arrivare a emissioni di gas ad effetto serra nette pari a zero al 2040, in coerenza con l'Accordo di Parigi.

MONITORAGGIO DEI 12 GHIACCIAI

L'elemento centrale di Carovana dei ghiacciai è stata la raccolta di dati su alcuni ghiacciai "simbolo" del cambiamento climatico e ambientale delle Alpi, verificato sul terreno e attraverso il confronto con i dati storici prodotti dal Comitato Glaciologico Italiano che dal 1895 opera in Italia con il compito di promuovere e coordinare le ricerche nel settore della glaciologia.

PRIMA TAPPA MIAGE

Il più himalaiano dei ghiacciai italiani, la fronte non è arretrata a causa delle sue caratteristiche morfodinamiche; ma lo spessore del ghiaccio si è fortemente assottigliato: dagli anni Novanta ad oggi, si è ridotto di circa trenta metri nel suo settore frontale, quasi un metro l'anno. Inoltre, sono stati svolti monitoraggi tecnologici (laser scanner e fotogrammetria da drone) sulla falesia di ghiaccio che un tempo incombeva sul Lago del Miage. Essa è arretrata di 10 metri circa e la conca del lago, ora vuota, si approfondisce e si spo-

sta verso valle anno dopo anno. Rispetto all'inizio del secolo scorso, la copertura detritica del Miage ne ha cambiato le caratteristiche della superficie, facendolo classificare il ghiacciaio da "bianco" a "nero" ("debris covered glacier") e l'instabilità delle morene laterali, data dalla mancanza di sostegno e la fusione della massa glaciale, ha causato l'abbassamento di oltre sei metri e lo sdoppiamento della sommità della morena.



Miage, foto di Stefano Perona

SECONDA TAPPA GHIACCIAI DEL ROSA

Indren. Sono state confrontate le posizioni della fronte rilevate dalle fotografie storiche del 1915 (foto Umberto Monterin) fino al 2012 (foto Paolo Piccini) con la posizione attuale, dimostrando il costante regresso, con una forte accelerazione negli ultimi decenni. Sullo stesso ghiacciaio, mentre il gruppo escursionistico della Carovana confrontava le immagini storiche con l'attuale configurazione glaciale in panoramica, gli operatori del Comitato Glaciologico Italiano (CGI) hanno svolto un sopralluogo diretto. Il ghiacciaio non è più percorribile come un tempo, poiché completamente crepacciato; per effettuare i rilievi si è reso necessario transitare da un fianco. Il proliferare di crepacci variamente orientati e di sempre più ampie finestre rocciose dimostra la sofferenza del ghiacciaio: dovuto a una diminuzione delle precipitazioni nevose e all'aumento della fusione che ne hanno alterato la dinamica glaciale.

Anche il ghiacciaio di **Bors** è risultato in forte sofferenza, con una buona porzione di ghiaccio già esposto, ovvero privo della copertura nevosa invernale che lo protegge dalla fusione. Le osservazioni hanno confermato un consistente aumento degli affioramenti rocciosi a quote elevate (3650 m slm circa) fino alla zona di accumulo, ovvero la zona dove la neve dovrebbe conservarsi tutto l'anno, trasformarsi in ghiaccio e così alimentare il ghiacciaio.

Il ghiacciaio **Locce sud**, ormai ha poco ghiaccio residuo e questo è stato testimoniato dalla modesta quantità di acque del torrente proglaciale, se confrontate con quelli provenienti dai ghiacciai Piode e Sesia-Vigne.

Piode, il ghiacciaio più esteso dei ghiacciai valesiani, si divide nella parte frontale in due distinti flussi che appaiono sempre più appiattite e annerite dal detrito. Nel 2013, uno dei due flussi si è separato dalla massa centrale diventando una porzione di ghiaccio morto che poi si è disintegrato.

Il ghiacciaio **Sesia-Vigne** ha evidenziato un regresso lineare della fronte superiore ai 20 metri annui, anche se talvolta mascherato da accumuli nevosi. Proprio nel settore frontale sono state osservate, sia in panoramica che sul posto, le maggiori criticità per la sopravvivenza della massa glaciale, crepacciata e in assottigliamento.



Indren, foto di Stefano Perona

TERZA TAPPA SFORZELLINA E FORNI

Una perdita di spessore di circa un metro l'anno e un ingente ritiro di 500 metri tra il 1925 e il 2020 (5 metri l'anno) caratterizzano il ghiacciaio della Sforzellina, mentre il ghiacciaio dei Forni, il secondo più grande in Italia per superficie, riporta un regresso frontale di 2 km negli ultimi 150 anni, passando dai 13,2 km² di superficie del 1981 agli 11 km² attuali. Per quanto riguarda il "ciclo vitale del ghiacciaio", sulla Sforzellina si rileva che in questi ultimi anni, in conseguenza dei cambiamenti climatici, gli apporti provenienti da valanghe invernali prevalgono su quelli derivanti dalle precipitazioni nevose.

Il ghiacciaio dei **Forni**, con i suoi 11 km² è uno dei maggiori ghiacciai italiani, secondo per superficie solo all'Adamello-Mandrone. Classificabile come "ghiacciaio vallivo a bacini composti o confluenti", è costituito (o meglio era costituito) da tre bacini collettori dai quali scendono altrettante colate con vasti seracchi che confluiscono in una zona centrale, formando un'unica lingua. In realtà nell'ultimo decennio flussi provenienti dai bacini superiori si sono sempre più assottigliate e frammentate, tanto che attualmente solo il bacino centrale è in grado di alimentare compiutamente la lingua.

In totale il regresso frontale del ghiacciaio è di circa 2 km negli ultimi 150 anni. La superficie totale del ghiacciaio è passata da 13,2 km² nel 1981, a 12,9 km² nel 1991, a 12 km² nel 2003, a 11,3 km² nel 2007, a 11,1 km² attuali. Gli scenari basati sui modelli glacioclimatici mostrano che, a meno di sensibili quanto improbabili modifiche delle tendenze in corso, a metà secolo il ghiacciaio potrebbe conservare solo il 5-17% del volume di oggi, che si potrebbe ridurre al 5-0% a fine secolo.

Anche questo ghiacciaio sta diventando sempre più scuro negli ultimi anni. Tuttavia, ciò non è dovuto unicamente all'aumento della copertura detritica. Un altro fenomeno che lo interessa è per l'appunto

quello dei *black carbon*, costituito da polveri derivanti dall'inquinamento atmosferico di origine antropica proveniente da incendi e da inquinanti che arrivano dalla pianura. Questa componente, al contrario di ciò che avviene per effetto di una copertura detritica di un certo spessore, fa sì che il ghiacciaio fonda più rapidamente. La presenza di black carbon, di tracce di microplastiche e di vari inquinanti qui, come su tutti i ghiacciai del pianeta, è un altro lampante segnale dell'invasione dell'impatto antropico sulla terra.



Sforzellina, foto di Greppi - Peduzzi

QUARTA TAPPA MARMOLADA

La storia di questo ghiacciaio si è più volte intersecata con la storia dell'uomo. Dalle prime grandi sfide alpinistiche di fine ottocento sulla **Marmolada**, alla Grande Guerra con la costruzione della Città di Ghiaccio, alla nascita del lago artificiale di Fedaia per fini energetici e idraulici fino allo sviluppo e infine alla crisi del turismo di massa legato allo sci. Il ghiacciaio

della Marmolada è stato testimone di tutto ciò. Una riduzione del volume maggiore dell'85% avvenuta tra il 1905 ed il 2010 e una diminuzione dello spessore della fronte, dai quasi cinquanta metri dell'inizio del secolo scorso ai pochi metri di oggi, sono i segnali che lasciano presagire la scomparsa del ghiacciaio tra 15 e 30 anni, a seconda dei modelli interpretativi.



Marmolada, foto di Stefano Perona

QUINTA TAPPA FRADUSTA E TRAVIGNOLO

Fradusta: la superficie del ghiacciaio si è ridotta di oltre il 95% tra il 1888 e il 2014, passando dai 150 ettari dell'altopiano glaciale del 1888 agli attuali 3 ettari. La drastica riduzione di area e le caratteristiche morfologiche osservate sulla Fradusta questo piccolo ghiacciaio dolomitico possono essere considerate evidenze della "agonia di un ghiacciaio". Proprio la divisione del ghiacciaio per mezzo di superfici rocciose ha portato alla totale scomparsa, nella porzione inferiore, dei fenomeni di attività e di alimentazione, complice anche la sfavorevole esposizione e la bassa

quota.

Una riduzione inferiore investe il **ghiacciaio del Travignolo** che passa dai 30 ettari di fine Ottocento ai 15 attuali, ma anch'esso è vittima di un profondo cambiamento morfologico. Il confronto di immagini storiche ha mostrato la scomparsa di una falesia di ghiaccio alta decine di metri che sovrastava un dosso roccioso, attualmente isolato al centro del vallone, mentre un tempo essa divideva il ghiacciaio in due lobi.



Travignolo, foto di Stefano Perona

SESTA TAPPA MONTASIO

Con una quota minima di circa 1950 m slm, il **Ghiacciaio Occidentale del Montasio**, è il più basso dell'arco alpino. La sua riduzione di 34 metri di spessore rispetto agli anni 80' indica una perdita media di almeno un metro l'anno; lo spessore medio è passato dai 15 metri del 2013 agli attuali dieci metri. Un bilancio che, tra il 2016 e il 2019, risulta

comunque meno negativo rispetto alla gran parte dei ghiacciai alpini in virtù delle sovrastanti pareti dello Jôf di Montasio che ombreggiano il ghiacciaio e sono caratterizzate da una conformazione ad imbuto che lo alimentano con accumuli di neve conseguenza di eventi valanghivi.



Montasio, foto di Stefano Perona

SALUTO AL GHIACCIAIO MUSICISTI E LETTERATI TRA I GHIACCI

Musicisti e scrittori hanno prestato la loro testimonianza per sostenere la Carovana dei ghiacciai. Un modo diverso ma complementare a quelli scientifico e di militanza per raccontare al vasto pubblico l'urgenza di mettere in campo misure e politiche adeguate sul clima per ridurre le emissioni di gas nell'ambiente.

ENRICO CAMANNI GHIACCIAIO DEL MIAGE

Il primo contributo d'autore alla Carovana dei ghiacciai è stato offerto da Enrico Camanni, che giusto 10 anni fa ha pubblicato per Priuli e Verluccha *Ghiaccio vivo: storia e antropologia dei ghiacciai alpini*. Dall'indifferenza di allora, il tema è diventato di pubblico dominio, con tutti limiti dell'informazione generalista: fa più rumore un crollo al ghiacciaio di Planpincieux che la lenta agonia di tutti i ghiacciai. Ecco una riflessione di Camanni sul Miage.

“Il Monte Bianco è un fantastico contenitore di ghiacciai dalle mutevoli forme e dimensioni. I più grandi scendono sul versante francese, ma sul lato ovest del massiccio, versante italiano, c'è un fiume lunghissimo che si chiama Miage. Il fiume congelato non si vede quasi più, coperto da una corazza di detriti scuri, eppure scende ancora per almeno dieci chilometri infilandosi nella Val Veny e baciando le tende dei campeggiatori. I glaciologi dicono che il Miage «è il simbolo dei ghiacciai neri o *debris covered glaciers*

italiani. La porzione terminale della lingua è colonizzata da una ricca vegetazione erbacea e da piante arboree, in prevalenza larici, che registrano nelle caratteristiche morfologiche del tronco e nella sequenza degli anelli di crescita annuali i movimenti e le sollecitazioni glaciali». In pratica il Miage è un relitto glaciale spiato da relitti vegetali. La Carovana dei Ghiacciai è partita da lì, precisamente dal cratere in cui un tempo si apriva il verde lago glaciale. In una giornata velata in cui anche il cielo poneva interrogativi, ci siamo trovati di fronte al grande fiume coperto di sassi, che è lo specchio della nostra epoca: da un lato il riscaldamento climatico che sta cambiando il volto al Monte Bianco, dall'altro la potenza del ghiaccio che resiste, ponendoci di fronte alle nostre responsabilità”.

SAX YOUNG PASSO DEI SALATI, GRUPPO DEL ROSA

Con un impeccabile dress code da concerto, portato in spalla insieme agli strumenti, i Sax Young hanno suonato a 2900 metri, sulla terrazza dell'Istituto scientifico Giovanni Mosso. A nome di questo quartetto di musicisti vercellesi tra i 21 e i 23 anni parla il sax contralto, Francesco Deangelis: “Quando Carolina Melpignano della Camerata Ducale di Vercelli ci ha parlato della Carovana dei Ghiacciai abbiamo aderito

con entusiasmo, anche se ero un po' scettico sulla nostra tenuta fisica: suonare uno strumento a fiato a quella quota è davvero una sfida. Lo è stata, ma lo rifaremmo! E' stata soprattutto una grande emozione suonare in un contesto così particolare, selvaggio e affascinante, e per sostenere una campagna così importante e urgente". Un breve concerto, con brani che hanno spaziato da Oblivion di Piazzolla al tema di Nuovo Cinema Paradiso, fino a Moonlight Serenade di Glenn Miller. Attraverso i social, dice Francesco, oggi è più più facile per i giovani entrare in contatto con le tematiche ambientali. Ma è l'esperienza diretta che fa la differenza: "I miei hanno una casa in montagna, e mi ricordo il ghiacciaio del Gran Paradiso com'era 15 anni fa: praticamente il doppio di adesso. E' triste e impressionante che pur essendo così giovane, in un lasso di tempo infinitesimale rispetto ai ritmi della Terra, io abbia potuto assistere a un cambiamento di questa portata. Penso che ognuno di noi

possa dare il suo contributo per limitare i danni. E' necessario che ognuno faccia la sua parte, anche se l'azione individuale può sembrare insignificante, non lo è. La forza sta nell'agire insieme: ma non c'è tempo da perdere, ci vuole più consapevolezza diffusa per preservare quel poco che rimane".

MARTIN MAYES GHIACCIAIO DEI FORNI, BORMIO

"A Bormio c'è stata la conferenza stampa più bella che ho mai visto: tutti dicevano cose importanti, con competenza e passione. Ma l'intervento che mi ha colpito di più è stato quello di una giovane geologa, che ha detto: "Scusate, non riesco a parlare, tutto questo mi tocca nel profondo, sono troppo coinvolta." Mi ha ricordato Greta Thunberg che dice:



Martin Mayes

io ho paura, dovremmo tutti avere paura. In questo momento l'angoscia dominante è il Covid, ma la crisi climatica è ben più grave. Il Covid è come un nemico esterno, da cui ci possiamo difendere, mentre il nemico del clima siamo noi stessi, il genere umano. Il problema è che non abbiamo più il concetto del tempo della natura. Mi viene in mente Craig Foster, biologo marino e documentarista sudafricano. Dopo anni in giro per il mondo si è preso un anno di pausa: abita sull'oceano, e ogni giorno ha fatto il bagno nello stesso posto. Pian piano, ha fatto amicizia con un polipo. Ha tirato fuori il suo aspetto femminile. Invece di andare a caccia del polipo ha aspettato che fosse lui ad avvicinarsi. Mi ha fatto capire che solo stando nello stesso posto e avendone cura si può vivere in armonia con la natura". L'anno scorso, Martin Mayes è stato il pioniere del tributo ai ghiacciai, suonando al requiem celebrato al Lys, 2300 metri di quota. "Suonare in un luogo dove il tuo contributo si integra con il contesto è un onore, è qualcosa di speciale. Il corno delle Alpi è parte integrante della cultura delle montagne, è come se fosse una loro voce." I ghiacciai sono esseri viventi in via di estinzione, e Martin lancia una proposta: realizzare un progetto partendo dai contributi dei musicisti che hanno suonato durante la Carovana, integrando nella composizione i suoni dei ghiacciai, come ha fatto Vittorio Demarin alla Marmolada. Il precedente è "A guide to Birdsong", ideato nel 2015 dal compositore inglese Robin Perkins e dedicato agli uccelli selvatici, altre creature viventi, minacciate come i ghiacciai. Finora sono stati realizzati 2 album, uno dedicato alle specie del Sud America e un altro appena uscito, con le voci agli uccelli dell'America Centrale.

VITTORIO DEMARIN MARMOLADA

Polistrumentista, Vittorio Demarin è partito dal violino ed è arrivato anche a costruirsi da solo gli strumenti, per ottenere nuove e insolite sonorità. Per



Vittorio Demarin

l'omaggio alla Marmolada ha raccolto sul campo i suoni di un ghiacciaio, intrecciandoli con la voce della sua viola. "Ho creato una tavolozza, che ho utilizzato come una sorta di tastiera. Un tappeto sonoro su cui dal vivo ho interagito, con la viola e con uno strumento elettroacustico costruito da me, una scatola di latta con molle, amplificata, che ricorda un po' certi suoni dei ghiacciai". Perché ha tante voci, il ghiacciaio: tra quelli che possiamo udire, i suoni delle microbollicine d'aria imprigionate nel ghiaccio che scoppiano durante la fusione. E poi i tonfi, il rumore delle spaccature e dei cedimenti. "Ma ci sono anche frequenze profonde, inudibili per l'orecchio umano". Suonare in un contesto simile è stata un'esperienza straordinaria, dice Vittorio, che come tutti i musicisti ha suonato gratuitamente: "Ho dato, ma ho ricevuto molto di più". È stato un modo per celebrare il suo legame con la montagna. Fin dall'infanzia frequenta l'altopiano di Asiago, e ancora oggi, a 42 anni, la montagna per Vittorio è sinonimo di evasione, di vacanza. Anche la "sua" montagna è cambiata: "Ha avuto sempre più successo, ma se arriva troppa gente il territorio inevitabilmente cambia. Ho visto con i miei occhi anche l'effetto del cambiamento climatico, tante realtà meno conosciute morire di abbandono, mentre altri luoghi sono diventati così popolari che mi attirano di meno: troppa gente, troppe strutture. Molte piccole cose sono andate perdute, è cambiata l'atmosfera".

CARLO LAMANNA GHIACCIAIO DI SFORZELLINA

"Quand'ero piccolo volevo foglie al posto dei capelli, rami invece delle braccia e radici invece delle gambe, perché volevo essere natura, e non uomo". Questa è la dimensione poetica di Carlo Lamanna, musicista, "uomo che scrive" di 61 anni, "ma con animo da 12enne. Sono un solitario, ma mi piace donare, vivo di poco, passando con passo leggero sulla Terra".

Al ghiacciaio della Sforzellina ha offerto un sag-

gio delle Storie di Enzo, progetto realizzato insieme a Alessio Kogoj suo compagno di viaggio con i Teatri Soffiati. "Ho messo a disposizione le piccole storie e le piccole musiche scritte da noi durante il lockdown. Un periodo difficile per tutti, ma per qualcuno ancora di più: nell'isolamento, la solitudine ha colpito duramente chi non era attrezzato per convivere e apprezzarla. Attraverso il Festival della Lentezza abbiamo lanciato la proposta di regalare quelle storie al telefono. Ci alternavamo, eravamo in tre, Siamo arrivati a rispondere a 50 chiamate al giorno, ci presentavamo dicendo: ciao, sono Enzo. E scattava la magia". Dalle favole al telefono è nato un libro, e un altro progetto, "il quadro parlante". Dove il rapporto è sempre 1 a 1, e attore e spettatore sono separati da una lastra di plexiglass incorniciata e sospesa all'aperto, in mezzo alla natura. Un quadro che continua a viaggiare, e ha fatto tappa in associazioni, case private e luoghi pubblici, come il Parco di Levico Terme, che lo ha acquistato. Teatro per 5/6 persone all'ora, e rapporto 1 a 1: "È un lusso in un momento di estrema povertà", dice Carlo. Per lui, la montagna è un altro mondo: "La vicinanza al cielo e alle stelle per me è un nutrimento. E quella notte al rifugio, prima della performance sul ghiacciaio, c'era una stellata pazzesca".

GIANLUCA RUSSO GHIACCIAIO DEL TRAVIGNOLO

"Non avevo mai suonato la chitarra sopra i 2000 metri, e la situazione era molto complicata: faceva freddo, il cielo era cupo sul ghiacciaio del Travignolo, alle Pale di san Martino. Per farmi sentire ho portato piccole attrezzature professionali. Il paradosso è che la tecnologia, anzi la tecnocrazia che ci ha in pugno ed è anche responsabile della fusione di ghiacciai, ci permette di fare cose che 15 anni fa sarebbero state impensabili". Mentre Gianluca suonava Allelujah, c'è stato un crollo sul ghiacciaio, con un boato impressionante. "Mi verrebbe da fare una battuta: magari non gli è piaciuta la canzone... Scherzi a parte, i ghiacciai

sono creature vive, mutano, si muovono. Ci parlano. Sono indicatore eclatanti del cambiamento climatico, penso che oggi non ci sia un tema più importante. Dovrebbe essere per tutti un pensiero fisso e dominante. Il punto di svolta per me è stato quando ho rivisto da adulto il lago Trasimeno, dove ero andato con mio nonno da bambino. Mi ricordavo acque cristalline, che vent'anni dopo erano diventate marroni. Mi ha scioccato, è stato come rivedere un amico dopo tanto tempo e non riconoscerlo affatto. A proposito dell'esperienza con la Carovana dei Ghiacciai, mi ha colpito la scarsa curiosità di alcuni escursionisti che hanno incrociato il nostro gruppo per caso. Il rischio, insomma, è di confrontarsi tra persone già informate e coinvolte, senza riuscire davvero a raggiungere chi è potenzialmente sensibile. Penso a quegli adolescenti cresciuti in questa cultura dell'apparenza: sarebbe decisivo, per la loro crescita e per costruire un futuro che è soprattutto loro, se si rendessero conto di essere, come tutti noi, un piccolo tassello dell'enorme ingranaggio che ha indotto nel pianeta la malattia che stiamo vivendo”.

ELISA COZZARINI GHIACCIAI DELLA MARMOLADA E DEL MONTASIO

“Uno stormo di fringuelli alpini, d'improvviso, si alza al cielo. È appena finita la performance musicale da brividi di Vittorio Demarin: “Urlo”. Gli spettatori applaudono. Raffiche di vento rimescolano le nubi nascondendo e scoprendo ciò che resta del ghiacciaio alle nostre spalle. Tocca a me. Non mi sembra possibile trovare la voce per leggere il mio saluto alla Marmolada, in un momento così denso di emozioni.” Racconta Elisa, giornalista e scrittrice. “Sono consapevole di essere al cospetto di un'entità effimera, avverto il suono del ghiaccio che fonde e che tra pochi anni non ci sarà più. Ma lo sconforto si unisce alla gioia di esserci, di aver ritrovato la libertà di andare in



Gianluca Russo

montagna e soprattutto di poter condividere questo istante con altri: una parentesi di tregua dalla pandemia, quasi un regalo. Leggo un brano tratto dal primo capitolo del mio libro “Radici liquide”, con il racconto di un ghiacciaio lontano, quello del Lys, sul Monte Rosa, unito dallo stesso destino della Marmolada e dei ghiacci delle nostre amate Alpi.

Qualche giorno dopo, seguendo le tappe della Carovana, mi trovo a ripetere il rito laico del saluto, di fronte allo Jouv di Montasio, in Friuli. Anche la magia si ripete e mi sorprende, perché non è più la prima volta. Mi rendo conto che accade soprattutto perché non sono sola. Siamo tanti a desiderare un cambiamento, non siamo qui per caso. Gli occhi cercano di fotografare quel francobollo bianco che resiste, tenacemente, tra le rocce. Fa tenerezza, forse perché rispecchia così bene la fragilità e la forza di noi esseri umani.”

SANDRO CARGNELUTTI GHIACCIAIO DEL MONTASIO

“Di fronte al Montasio: dialoghi sul senso della neve”. Questa è la favola che Sandro di Legambiente ha voluto dedicare al Montasio.

“E’ notte fonda, il silenzio avvolge ogni cosa. Sono sveglio. Aspetto la neve. Sento un rumore lontano: è il treno. Il fischio lo annuncia. Ma è un fischio attenuato, avvolto, tombato. Sii nevicata. Mi alzo bambino e guardo la fioca luce del lampione. Milioni di fiocchi bianchi volteggiano nell’aria. Rimango rapito a guardare, insensibile al freddo. Accompagno la notte fino all’alba, poi lentamente il sonno mi prende per mano e ... mi sveglio.

La nostalgia per la neve richiama l’infanzia. Ma ora che i capelli si tingono di bianco e cadono come foglie d’autunno la nostalgia si arricchisce di ulteriori significati: la neve è pace.

Dialogo:

- *Pace perché? chiese il bambino dagli occhietti vivaci al padre*

- *Il calore del mondo - rispose il padre - rapisce i fiocchi sempre più in alto o quelli adagiati a terra dormienti e li trasforma in pianto*

- *Ma il calore è amore, è mamma, obietta il bambino, non può rapire i fiocchi di neve*

- *No! il calore in più del mondo è un calore cattivo. È il conto della sua avidità, della natura fatta ancella e di altri uomini fiocchi di neve*

- *Allora anche il piccolo ghiacciaio del Montasio sparirà*

- *Sì, fonderà. Però venderà cara la pelle. Le pietre lo proteggeranno. Purtroppo tutte le torri di ghiaccio diventeranno fiumi di lacrime.*

Il padre vedendo che gli occhietti vivaci si stavano intristendo, aggiunse:

- *Devo dirti una cosa bella e importante: iniziamo il cammino, ti accompagnerò, tu proseguirai. Molte generazioni seguiranno dopo di te. Se la meta e il percorso saranno giusti ritornerà la neve e avremo imparato a vivere in pace.*

Un raggio di sole, riuscì a infilarsi tra le nuvole, asciugò la lacrima e un tenue sorriso si accese.”

I GHIACCIAI: SERBATOI DI MEMORIA

I ghiacciai, testimoni del clima che cambia, sono anche sentinelle della qualità dell'aria. Dai campionamenti che i glaciologi effettuano sulle Alpi, emerge infatti la presenza diffusa di *black carbon*, di pesticidi, di ritardanti di fiamma, di ddt accumulato negli anni Settanta, quando la fusione era molto più lenta, di microplastiche. Sono sostanze che viaggiano in atmosfera e precipitano assieme alla neve, che poi si trasforma in ghiaccio.

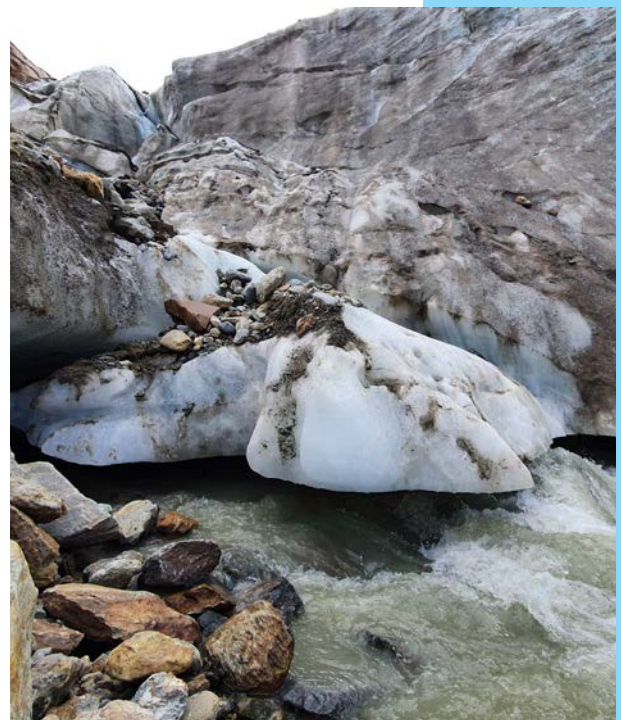
Nel parco dello Stelvio, sul ghiacciaio dei Forni, per esempio, Guglielmina Diolaiuti, glaciologa dell'Università di Milano ha trovato delle cenosfere, cioè particelle che si generano negli altiforni delle aree industriali, non certo nell'area protetta. Ciò dimostra che il trasporto degli inquinanti in atmosfera avviene a grandi distanze e i ghiacci sono archivi di quanto emettiamo nell'ambiente, a partire dalla pianura.

Il *black carbon* è particolato che deriva principalmente dalla combustione di motori diesel di vecchia generazione, dalle attività industriali e dagli incendi boschivi. Si deposita su neve e ghiaccio e contribuisce a renderli più scuri e meno riflettenti, assieme all'aumento di detriti dovuti alla frammentazione e crolli delle pareti rocciose, sempre più scoperte dai ghiacci.

Ciò ne aumenta la velocità di fusione. Ecco perché il *black carbon* è considerato un acceleratore del cambiamento climatico, oltre a essere dannoso per la salute umana.

Più di recente, dall'idea di Roberto Ambrosini, anche lui glaciologo dell'Università di Milano, su molti

ghiacciai alpini si è cominciato a rilevare la presenza di microplastiche. Queste, vista l'attuale velocità di fusione, ben presto raggiungono i torrenti, i fiumi e il mare, con conseguenze ancora poco conosciute per gli ecosistemi. Derivano principalmente da un non corretto smaltimento delle fibre tessili sintetiche di cui ormai tutti ci vestiamo.



Forni, foto di Greppi - Peduzzi

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I ghiacciai, sensibili “sentinelle” dei cambiamenti climatici, sono in una fase di regressione senza precedenti, per rapidità ed evidenza degli effetti sui territori delle Alpi.

I dati raccolti con Carovana dei Ghiacciai, confrontati con le evidenze storiche, ci confermano innanzitutto la generalizzata e veloce contrazione delle masse glaciali. Dal 1850 ad oggi, mentre la temperatura media annuale aumentava di 2° C (il doppio della media globale), le aree alpine ricoperte dai ghiacciai si riducevano di oltre il 50% con punte dell’82% in area, del 96% di riduzione in volume, nel caso delle Alpi Giulie, tra Italia e Slovenia.

Le prospettive future si ricavano dal confronto coi dati più recenti: la contrazione dei ghiacciai sta accelerando negli ultimi decenni. Nelle Alpi occidentali vi sono ghiacciai in cui l’arretramento della fronte ha superato le decine di metri all’anno, nell’area orientale delle Alpi vi sono ghiacciai in cui negli ultimi 30 anni si sono rilevate addirittura riduzioni areali del 70%.

Queste situazioni sono state osservate, studiate e misurate nel viaggio della Carovana dei Ghiacciai attraverso le Alpi. Gli importanti dati raccolti durante la campagna organizzata con il fondamentale supporto scientifico del Comitato Glaciologico Italiano hanno permesso a Legambiente di trasformare la semplice percezione del cambiamento in numeri concreti, misure ripetibili e confrontabili, indispensabili per comprendere i cambiamenti in atto e sviluppare adeguate politiche di mitigazione e adattamento.

Il successo operativo e mediatico della Carovana

dei Ghiacciai ha consentito di lanciare il messaggio che è ormai irrinunciabile approfondire le ricerche sulle variazioni dei ghiacciai e sul loro comportamento futuro, per le notevoli implicazioni che essi hanno per la salvaguardia dell’ambiente e dell’economia della regione alpina.

La campagna ha dimostrato che solo attraverso l’attenta analisi di particolari indicatori del cambiamento ambientale è possibile comprendere che i processi che influenzano il clima possono esibire notevole variabilità naturale, così come subire forti condizionamenti da parte dell’uomo. Attraverso un’opera collettiva di ricerca (“citizen Science”), con la condivisione di metodi e strumenti scientifici (“engaged research”), si possono così rilevare le velocità dei cambiamenti climatico-ambientali registrati nei ghiacciai, veri e propri archivi naturali, confrontarli con i dati degli archivi storici, ricavando quindi le evidenze dell’effettivo cambiamento climatico attuale.

La regressione dei ghiacciai comporta preoccupanti conseguenze a valle, sulle risorse idriche, oltre che un aumento dei fenomeni di instabilità naturale, causa di erosione del suolo e di dissesto idrogeologico.

Paradigmatica è la situazione delle risorse idriche immagazzinate nell’arco alpino, una vera e propria “water tower” che si sta progressivamente assottigliando fino a rischiare di scomparire. Per questo è indispensabile approfondire le ricerche sulle variazioni dei ghiacciai al fine di avere una precisa conoscenza delle future disponibilità idriche e pianificare meglio la

corretta gestione dell'acqua come risorsa naturale, non solo per le aree alpine ma anche nell'intero bacino fluviale.

Negli ambienti alpini d'alta quota, concomitante alla riduzione dei ghiacciai si registra il degrado del permafrost, il terreno perennemente ghiacciato. La fusione del ghiaccio che funge da collante sui materiali dei versanti montani, associata all'aumento dell'intensità delle precipitazioni, sta favorendo crolli rocciosi, colate di detriti e fango. La grande frana-valanga nel 2017 della parete nord del Pizzo Cengalo in Svizzera ne è un tragico esempio.

Gli effetti dei sempre più numerosi eventi meteorologici estremi sono purtroppo acuiti dalle condizioni di instabilità naturale dei territori alpini d'alta quota. La maggior frequenza di precipitazioni intense contribuirà ad un'ulteriore crescita del rischio idraulico per i piccoli bacini di montagna, mentre aumenterà il rischio associato a fenomeni franosi superficiali nelle

aree con suoli con maggior permeabilità.

Dobbiamo considerare il quadro di instabilità naturale che si ricava dagli ambienti glaciali delle Alpi come un monito a riflettere: in generale, sulle mutue e mutevoli relazioni fra uomo e natura; in particolare sulle condizioni territorio italiano, dove gli impatti attesi dei cambiamenti climatici contribuiranno ad intensificare il dissesto idrogeologico, amplificando e aggravando una situazione già di per sé molto complessa. Non va infatti dimenticato l'aumento generalizzato del rischio conseguente a fenomeni come l'espansione urbana che ha interessato tutta l'Italia, anche le alte quote, l'occupazione di aree prima disponibili per l'invaso dei volumi di piena, la canalizzazione dei corsi d'acqua e il progressivo abbandono della funzione di manutenzione e presidio del territorio.

La montagna oggi sta assumendo nuovi significati paradigmatici: da luogo dominato da solide vette e ghiacci perenni, oggetto di mitiche imprese alpinisti-



Sforzellina, foto di Stefano Perona

che e studi scientifici pionieristici, si sta trasformando nel modello di riferimento dell'instabilità naturale, per la sua intrinseca fragilità di fronte al riscaldamento climatico che mette in pericolo le risorse dell'ambiente e a rischio la nostra frequentazione.

Le sempre più pesanti conseguenze dei cambiamenti climatici globali richiedono forti sinergie fra scienza, politica e società e nuove forme di governance, capaci di produrre nuove strategie e misure di adattamento. Il monitoraggio ambientale, il controllo del territorio, la difesa del suolo, la riduzione del rischio e l'uso corretto delle risorse necessitano di percorsi di pianificazione partecipata, attività di autoprotezione e responsabilità condivise tra le popolazioni interessate. Scelte di campo che mirino a promuovere cooperazione e coordinamento tra istituzioni, modo scientifico e parti interessate. Ciò al fine di costruire quella rete di differenti attori, indispensabile per attuare un nuovo concetto di "governance integrata del

territorio" che consideri l'insieme delle risorse e dei rischi che lo contraddistinguono. Essa infatti costituisce uno strumento indispensabile per aumentare da un lato la resilienza sia a livello individuale che generale, e dall'altro favorire uno sviluppo sostenibile del territorio, poiché è necessario fondare le decisioni su un concetto dinamico e integrale di rischi e risorse che permetta di attivare la capacità di adattamento della popolazione a tutti i livelli.

Occorre agire adesso e presto se non vogliamo che il riscaldamento climatico produca effetti devastanti e irreversibili sui territori alpini. Occorrono articolati e approfonditi piani di gestione ed adattamento, risultato di politiche e di investimenti che sappiano valorizzare il grande lavoro di studio che si sta producendo sulla montagna al fine di tradurlo in strategie concrete volte ad aumentare la resilienza delle popolazioni e del territorio.



Forni, foto di Stefano Perona

PROPOSTE

Si rinnova la richiesta al Governo di approvazione immediata del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.

Dodici gli obiettivi che dovrebbe porsi il provvedimento di legge per affrontare adeguatamente l'acuirsi dei cambiamenti climatici in montagna, che determina pesanti e molteplici effetti tra i quali la perdita di neve e ghiaccio e la degradazione del permafrost. Questi cambiamenti renderanno le zone alpine e appenniniche maggiormente interessate da variazioni consistenti della risorsa idrica, associate a incrementi nei fenomeni di dissesto. Essi andranno irrimediabilmente a sommarsi al consistente aumento di eventi meteorologici estremi, i quali stanno accrescendo il rischio idrogeologico nelle zone montuose. Precisamente si propone di:

1

Approfondire le **ricerche** sulle variazioni dei ghiacciai e del permafrost, sul loro comportamento futuro in relazione alle notevoli implicazioni ambientali e economiche;

2

Acquisire **nuovi scenari idrologici** sui bacini montani in relazione al riscaldamento climatico, per comprendere come cambierà in futuro la disponibilità idrica.

3

Rivedere la **delimitazione** delle zone a rischio di tutte le regioni montane secondo procedure armonizzate e sempre aggiornate, tenendo conto dei rischi indotti dai cambiamenti climatici (frane, valanghe, colate detritiche torrentizie, inondazioni, incendi ...) e adeguare di conseguenza i documenti urbanistici, individuando perimetri di sicurezza sufficienti.

4

Pianificare e gestire le aree di alta quota in funzione dell'adattamento ai cambiamenti climatici con particolare attenzione ai bacini soggetti a rischi naturali legati alla trasformazione di neve, ghiaccio e permafrost, per modulare i loro possibili contributi alle inondazioni, e aumentare la resistenza delle valli montane ai fenomeni meteorologici estremi;

5

Affrontare le conseguenze economiche del riscaldamento climatico, come quelle sull'**industria del turismo invernale** riconoscendo la necessità di convertire progressivamente quei modelli di sviluppo che espongono i territori alla continua incertezza stagionale;

6

Considerare le regioni alpine e appenniniche come aree soggette a crescente **siccità**, in cui la gestione della scarsità d'acqua è una indispensabile misura di adattamento ai cambiamenti climatici, da realizzarsi potenziando la preparazione e il coordinamento a scala di bacino, anche a livello transfrontaliero;

7

Favorire il miglioramento della **filtrazione naturale** dell'acqua e della ricarica delle falde acquifere grazie al *river restoration* e a *natural basic solution*;

8

Sostenere un uso equo ed economico delle risorse idriche (collegando le diverse reti, trovando fonti alternative, utilizzando tecniche di efficienza e risparmio idrico) - compreso un **uso più parsimonioso dell'acqua** per l'innevamento artificiale nelle stazioni sciistiche;

9

Attuare strategie e piani adeguati per affrontare i sempre più numerosi conflitti relativi agli **usi plurimi** dell'acqua;

10

Rafforzare le **sinergie** fra scienza, politica e società, indispensabili per nuove forme di *governance* capaci di produrre nuove strategie e misure di adattamento;

11

Individuare opzioni di adattamento a breve e lungo termine per i vari settori, a partire dall'esame delle eventuali **buone pratiche** e misure già esistenti;

12

Promuovere percorsi di **pianificazione partecipata**, attività di autoprotezione e responsabilità condivise tra le popolazioni interessate per una "governance integrata" del territorio che consideri l'insieme delle risorse e dei rischi che lo contraddistinguono.

RINGRAZIAMENTI

SI RINGRAZIANO

Università degli studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra, CNR-IRPI, Edytem - Univ. Savoie, Fondazione Montagna Sicura, Associazione Forte di Bard, ARPA Valle d'Aosta, ARPA-Piemonte, Funivie MonteRosa 2000, Istituto Scientifico Angelo Mosso, Amministrazione Comunale di Alagna, Ente di Gestione delle Aree Protette della Val Sesia, Camerata Ducale e il Viotti Festival di Vercelli, Associazione Sesia Val Grande UNESCO Global Geopark, Università di Pisa, CNR-IGG, Università di Milano, Parco Nazionale dello Stelvio Lombardia, Comune di Bormio, Club Alpino Italiano, Servizio Glaciologico Lombardo, ARPA Lombardia, Comune di Rocca Pietore, Funivie Marmolada, Museo di Geografia dell'Università di Padova, Università di Parma, SAT Società Alpinisti Tridentini, Hotel Principe di Marmolada - Italy Resort, Consorzio Turistico Marmolada, Mountain Wilderness, Parco Naturale di Paneveggio Pale di San Martino, APT San Martino di Castrozza, ARPA Veneto-Centro Valanghe di Arabba, Università di Milano-Bicocca, Università di Udine, CNR-ISMAR, Regione Friuli Venezia Giulia, Comune di Malborghetto Valbruna, Naturasì, Comitati regionali e circoli di Legambiente e tutti gli afferenti al CGI coinvolti nella campagna.

GLI ARTISTI E SCRITTORI

Enrico Camanni, Francesco Casolo, Andrea Caretto e Raffaella Spagna, Carlo La Manna, Martin Mayes, Gianluca Russo, Vittorio Demarin, Elisa Cozzarini; il videomaker Daniele Pierani, il tecnico del CGI Stefano Perona, gli studenti Andrea Greppi, Silvia Peduzzi, Marco Fioraso, Gaia Roati, i dottorandi Federico Tognetto, Simona Gennaro, Jessica De Marco, Sara Cucchiaro; i responsabili delle Campagne glaciologiche CGI Carlo Baroni, Aldino Bondesan, Luca Carturan e Marta Chiarle; gli operatori glaciologici Walter Alberto, Mauro Palomba, Paolo Piccini, Tito Princisvalle, Cristina Viani, Gino Taufer, Daniele Moro; i ricercatori Giovanni Mortara, Luigi Perotti, Giovanni Leonelli, Elena Motta, Michele Freppaz, Claudio Smiraglia, Guglielmina Diolaiuti, Mauro Varotto, Roberto Francese, Mauro Valt, Giovanni Baccolo, Federico Cazorzi, Renato Colucci e per Legambiente Luisa Calderaro, Francesca Cugnata, Paola Fagioli, Grazia Battiato, il grafico Luca Fazzalari, il videomaker Alessandro Tettamanti; la giornalista Claudia Apostolo.

I TESTI DEI CAPITOLI

“I ghiacciai: dove, quando e perché. Come funzionano i ghiacciai. Come si studia un ghiacciaio” sono stati tratti da “I ghiacciai italiani delle Alpi Occidentali- Stato di salute. Regione Piemonte, luglio 2008 - A cura di Legambiente Piemonte e Valle d'Aosta e Società Meteorologica Italiana.

GLI AUTORI DELLE SCHEDE GLACIOLOGICHE E LE RELATIVE AFFERENZE, OLTRE A QUELLA DEL COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO

Alpi Occidentali (Marta Chiarle^a, Andrea Greppi^b, Giovanni Mortara, Silvia Peduzzi^b): Ghiacciaio del Miage (Walter Alberto^c, Andrea Greppi^b, Silvia Peduzzi^b), Ghiacciai di Indren, Locce Sud, Piode, Sesia-Vigne (Paolo Piccini^b, Cristina Viani^b, Marco Giardino^b); Ghiacciai delle Alpi Centrali (Carlo Baroni^{d,e}, Andrea Greppi^b, Silvia Peduzzi^b); Ghiacciaio dei Forni e Sforzellina (Carlo Baroni^{d,e}, Simona Gennaro^d, Maria Cristina Salvatore^{d,e}); Ghiacciai delle Alpi Orientali: Ghiacciai della Marmolada, di Fradusta, e del Travignolo (Aldino Bondesan^f, Marco Fioraso^f), Ghiacciaio del Montasio (Federico Cazorzi^g, Jessica De Marco^g).

(a) Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, (b) Università di Torino - Dip. Scienze della Terra e Centro NatRisk, (c) Imageo srl, (d) Università di Pisa - Dip. Scienze della Terra, (e) Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Geoscienze e Geosorserse, (f) Università di Padova - Dipartimento di Scienze Storiche Geografiche e dell'Antichità, (g) Università di Udine, Dipartimento di Scienze AgroAlimentari, Ambientali e Animali.



LEGAMBIENTE

Legambiente è la più grande associazione ambientalista italiana, senza fini di lucro, fatta di cittadini e cittadine che hanno a cuore la tutela dell'ambiente in tutte le sue forme, la qualità della vita, una società più equa e giusta. Un grande movimento apartitico che, attraverso il volontariato e la partecipazione diretta, si fa promotore del cambiamento per un futuro migliore. L'operato dell'associazione si fonda sull'ambientalismo scientifico, con la raccolta dal basso di migliaia di dati sul nostro ecosistema, approfondimenti scientifici, scienza partecipata e analisi delle principali emergenze ambientali del paese e della qualità di territori, servizi, infrastrutture, dati alla base di ogni vertenza e proposta.

Dal 2002 Legambiente promuove in modo sistematico politiche e attività a sostegno e tutela dell'arco alpino. Le Alpi costituiscono un patrimonio di inestimabile valore per i paesaggi e luoghi unici, oggi sono anche la culla di tante esperienze virtuose, moderne e rispettose dell'ambiente, in grado di dar impulso ad una nuova economia e incentivare un turismo rispettoso della natura. Buone pratiche montane che Legambiente racconta e premia con le tradizionali bandiere verdi di Carovana delle Alpi, la campagna che ogni anno monitora lo stato di salute dell'arco alpino analizzando le buone e cattive pratiche realizzate sul territorio da amministrazioni, imprese, associazioni e cittadini. A questa iniziativa si aggiungono Nevediversa e dal 2020 la Carovana dei Ghiacciai, promossa insieme al Comitato Glaciologico Italiano.

Da 40 anni Legambiente si batte per un mondo diverso, combattendo contro ogni forma di inquinamento, illegalità e ingiustizia, con l'obiettivo di promuovere il cambiamento verso un futuro migliore.



**Comitato
Glaciologico
Italiano**

Il **Comitato Glaciologico Italiano (CGI)** è una storica istituzione scientifica fondata nel 1895 a Torino all'interno del Club Alpino Italiano, con iniziale denominazione di "Commissione per lo studio dei ghiacciai", per dare impulso agli studi sui ghiacciai, con particolare attenzione alla loro dinamica ed evoluzione. Diventa un'istituzione scientifica autonoma nel 1914, anno in cui vede la luce anche il Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano (poi diventato Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria), tuttora un ineludibile punto di riferimento per la ricerca glaciologica in Italia. Questo periodico raccoglie una sterminata massa di dati analitici e di sintesi ed una ricchissima iconografia sugli apparati glaciali italiani. Queste informazioni sono tutte accessibili al sito www.glaciologia.it.

Gran parte dei dati scientifici viene fornita dalle annuali Campagne glaciologiche organizzate dal CGI e condotte da operatori volontari su circa 200 ghiacciai-campione delle Alpi e dell'Appennino (su un totale di circa 800). Un'attività senza uguali che procede da oltre un secolo e che ha consentito la raccolta di un ingente patrimonio iconografico di assoluto valore documentale e storico messo a disposizione di studiosi, studenti, organi di informazione.

Il CGI, avvertendo l'esigenza di disporre di una statistica sempre aggiornata dei ghiacciai che sono entità in continua trasformazione per adeguarsi alle sollecitazioni del clima e dell'ambiente fisico, ha realizzato una serie di catasti cadenzata nel tempo: da quello di Porro-Labus (1925-1927), uno dei primi al mondo, al più recente (2015), realizzato nell'ambito del progetto CNR-NextData.

Il CGI mantiene rapporti di collaborazione con servizi glaciologici locali, partecipa a progetti di respiro internazionale, promuove e sostiene iniziative di carattere divulgativo (ad esempio, la recente opera in tre volumi dedicata dalla Società Geologica Italiana a 22 itinerari glaciologici e la Carovana dei Ghiacciai, promossa insieme a Legambiente).

Il CGI offre agli studenti universitari l'opportunità di svolgere attività di tirocinio finalizzata alla valorizzazione del patrimonio storico dei dati glaciologici.



Salmontana è la prima azienda italiana per la produzione di gelato del nostro Paese, nata oltre 70 anni fa a Empoli grazie all'iniziativa della famiglia Bagnoli. È oggi un Gruppo – Salmontana Italia – leader per la produzione di gelato e di croissanterie, con brand importanti come Salmontana, Tre Marie e Il Pasticcere. Italiane sono le origini, la produzione e la proprietà dell'Azienda, italiane sono la ricerca e lo sviluppo che alimentano la tensione continua verso la più alta qualità e sostenibilità del prodotto.

L'evoluzione dell'azienda è una storia di successo imprenditoriale tipicamente italiana, basata sull'inventiva, sulla consapevolezza del valore delle proprie radici culturali e della propria responsabilità verso il territorio in cui opera e le persone con cui interagisce. La mission di Salmontana è creare prodotti di alta qualità con ricette pensate per un'esperienza di vero piacere, impegnandosi al contempo in favore di una maggiore sostenibilità ambientale e circolarità dei processi interni, attraverso una ricerca progressiva delle più efficaci innovazioni.



FROSTA, partner dell'edizione 2020 della Carovana dei Ghiacciai, ribadisce il suo impegno per la tutela dell'ambiente grazie alla collaborazione con Legambiente da cui nasce il progetto FROSTA, AMICA DELLA NATURA.

FROSTA, è un'azienda che opera nel mercato dei surgelati nella produzione di pesce, piatti pronti e verdure surgelate, che unisce qualità, trasparenza e attenzione all'ambiente. FROSTA dimostra che esiste #unaltromodoper produrre cibo in maniera del tutto naturale e rispettosa dell'ambiente, grazie alla decisione coraggiosa, fatta nel 2003, di sposare la scelta 100% naturale e l'impatto ambientale come filosofia aziendale. Una precisa posizione che si traduce in azioni concrete quali le scelte delle materie prime, i sistemi produttivi e di raffreddamento, i trasporti, ed i packaging che sono sostenibili. Da azienda di surgelati FROSTA sa quanto sia importante il freddo nell'equilibrio dell'ambiente e come vada tutelato ogni giorno, per questo l'impegno aziendale è quello di rendere la catena del freddo la più sostenibile possibile, contribuendo a difendere i ghiacciai, utilizzando energia verde, rinunciando alle colture in serre e al trasporto aereo degli ingredienti. Il tutto per realizzare un grande obiettivo aziendale: ridurre ulteriormente del 7% dell'impronta di carbonio entro il 2022. Un impegno concreto, iniziato nel 2008, che negli ultimi 12 anni ha già portato a ridurre del 30% le emissioni aziendali di CO₂ emesse.

legambiente.it

