

LA CAROVANA DEI GHIACCIAI

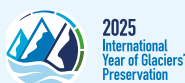
2025

ANNO INTERNAZIONALE DEI GHIACCIAI

VI EDIZIONE



**STATO DEI GHIACCIAI ALPINI ED EVENTI ESTREMI IN UN CLIMA CHE CAMBIA:
DAL MONITORAGGIO ALLA GOVERNANCE PER INTERPRETARE
LE ALPI NELLA TRANSIZIONE CLIMATICA**



UN PROGETTO DI



PARTNER SCIENTIFICO



IN COLLABORAZIONE CON



PARTNER SOSTENITORI



PARTNER TECNICO

EPHOTO

INDICE

PREMESSA	3
ITINERARIO E CALENDARIO	10
STATO DI SALUTE DEI GHIACCIAI ALPINI	11
STATO DI SALUTE DEI GHIACCIAI ALPINI NEL BIENNIO 2024/2025	12
I GHIACCIAI DELLE ALPI OCCIDENTALI	19
GHIACCIAI DELLA BESSANESE DELLA CIAMARELLA	20
I GHIACCIAI DELLE ALPI CENTRALI	25
GHIACCIAIO DELLA VENTINA	26
GHIACCIAIO DELL'ALETSCHE	32
GHIACCIAI DELLA ZUGSPITZE	37
I GHIACCIAI DELLE ALPI ORIENTALI	41
GHIACCIAIO DELL'ADAMELLO	42
GHIACCIAI DELL'ORTLES-CEVEDALE	45
EVENTI ESTREMI E FRAGILITÀ DELLA MONTAGNA	49
EVENTI METEO ESTREMI E DINAMICHE DI INSTABILITÀ NELLE REGIONI ALPINE: EVIDENZE 2025	50
INSTABILITÀ NATURALE IN ALTA QUOTA NEL 2025: NUMERI CONTENUTI MA EMERGONO NUOVE CRITICITÀ	53
LA LENTA MATURAZIONE CULTURALE SUI RISCHI CONNESSI CON LA DINAMICA GLACIALE	57
COME NON RASSEGNAISI DI FRONTE AL DISASTRO DI BLATTEN: IL SUPPORTO DELLA CONOSCENZA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	59
L'IMPORTANZA DEL MONITORAGGIO	65
LA STAZIONE DI RICERCA AMBIENTALE SCHNEEFERNERHAUS SULLA ZUGSPITZE	66
IL BACINO GLACIALE DELLA BESSANESE: UN LABORATORIO DI RICERCA A CIELO APERTO	69
IL PROGETTO WATERWISE	71
PERCHÉ IL MANIFESTO EUROPEO PER UNA GOVERNANCE DEI GHIACCIAI È INDISPENSABILE IN UNA CRISI SISTEMICA	73
PERCHÉ IL MANIFESTO EUROPEO PER UNA GOVERNANCE DEI GHIACCIAI È INDISPENSABILE IN UNA CRISI SISTEMICA	74
CONTRIBUTI E RINGRAZIAMENTI	80
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	81

A cura di

Vanda Bonardo, responsabile Alpi Legambiente, presidente CIPRA Italia
Marco Giardino, vicepresidente Fondazione CGI, docente geografia fisica e geomorfologia Università di Torino
Stefano Perona tecnico Fondazione CGI

Progetto grafico ed impaginazione

Luca Fazzalari

Dicembre 2025

PREMESSA

Secondo l'ultimo rapporto annuale di Copernicus, **il 2024 risulta l'anno più caldo mai registrato a livello globale, con un'anomalia di +1,6°C** nella temperatura media atmosferica globale rispetto al periodo preindustriale (1850-1900). In questo quadro, **l'Europa** evidenzia un riscaldamento ancora più marcato: nel 2024 il continente ha registrato un aumento di **+2,92°C** rispetto alla media preindustriale. Anche il 2025 si sta confermando tra gli anni più caldi mai misurati. **L'estate europea del 2025 è stata infatti la quarta più calda di sempre**, considerando l'intero continente.

Il riscaldamento eccezionale degli ultimi decenni sta producendo effetti particolarmente evidenti nelle Alpi, che si stanno rivelando un osservatorio privilegiato — e al tempo stesso drammatico — sulle conseguenze concrete dell'aumento delle temperature. Qui, l'innalzamento termico si traduce in **un'accelerazione del ritiro dei ghiacciai**: molti conservano ormai soltanto frammenti della loro estensione originaria e almeno **1.938 risultano completamente scomparsi**, con la deglaciazione di interi bacini idrografici (The Cryosphere, 2025).

Questo fenomeno non riguarda soltanto l'arco alpino. Tra il 2000 e il 2023 i ghiacciai di tutto il mondo — con l'esclusione delle calotte

continentali di Antartide e Groenlandia — hanno perso oltre il 5% della loro massa. Una perdita media di **circa 273 miliardi di tonnellate di ghiaccio ogni anno equivalente alla quantità d'acqua che l'intera popolazione mondiale consuma in 30 anni**, ipotizzando tre litri/persona al giorno. Lo evidenzia uno studio del GlACMBIE Team, coordinato dal Servizio mondiale di monitoraggio dei ghiacciai (WGMS) e pubblicato su Nature il 19 febbraio 2025.

Se le Alpi europee risultano l'area più colpita (dal 2000, **la perdita ha raggiunto il 39% della massa glaciale complessiva**), significative riduzioni si registrano anche nei ghiacciai del Caucaso, dell'Asia settentrionale e degli Stati Uniti, mentre neppure alcuni settori delle regioni polari sono stati risparmiati. Il rapido incremento delle temperature ha intensificato la fusione persino in quelle zone che fino a poco tempo fa apparivano stabili o in lieve crescita.

Dal 2000 il riscaldamento globale ha accelerato la perdita di migliaia di ghiacciai. Se in un primo momento a scomparire erano soprattutto i ghiacciai più piccoli e isolati, oggi la crisi climatica sta compromettendo anche grandi apparati glaciali, spesso fondamentali per le comunità umane dal punto di vista culturale, economico e ambientale. In questo scenario,

nel 2024 è stata creata la **Global Glacier Casualty List (GGCL)**, una piattaforma sviluppata da un consorzio internazionale di università e istituzioni scientifiche. La GGCL non si limita a censire i ghiacciai scomparsi o prossimi alla scomparsa, ma ne ricostruisce le storie, gli impatti e il ruolo che hanno svolto nelle società umane.

Nella Global Glacier Casualty List compaiono numerosi ghiacciai alpini ormai estinti. Tra questi figurano il **Calderone** in Italia, scomparso nel **2000**; il **Flua**, estinto sul Monte Rosa nel 2022; il **Pizol** in Svizzera, svanito nel **2019**; il **Sarenne** in Francia, perso nel **2023**; gli **Schneeferner** Meridionale e Sud-orientale in Germania, scomparsi nel **2022** che si aggiungono allo Schneeferner Orientale, estinto nei primi anni 2000; ancora il **Trobio** in Italia, estinto nel **2023**; e anche il **Birch** in Svizzera, scomparso nel maggio **2025** in seguito alla valanga di roccia e ghiaccio che ha distrutto il villaggio di Blatten.

Accanto ai **ghiacciai già perduti**, la lista segnala anche quelli in **pericolo critico**, prossimi alla scomparsa. Il **Careser**, nelle Alpi orientali italiane, è destinato a estinguersi entro gli anni 2040; il **Vadret dal Corvatsch** in

Svizzera è classificato come “critically endangered” e potrebbe scomparire già entro il 2035; mentre i ghiacciai delle **Ziroccole**, e di **Fontana Bianca**, sempre in Italia, vengono indicati come destinati a scomparire negli anni 2030. A questi si aggiungono il **Canin** (in Friuli) e il **Triglav** (in Slovenia) sulle Alpi Orientali, che si sono ridotti a limitatissimi residui di ghiaccio.

La Carovana dei Ghiacciai nel 2025 ha attraversato tre **Paesi alpini** — **Svizzera, Germania e Italia** — monitorando da vicino **otto ghiacciai** particolarmente significativi. Dal maestoso “Re delle Alpi”, l’**Aletsch** in Svizzera, al **Ventina** in Lombardia, ormai non più misurabile alla fronte, fino ai ghiacciai della **Zugspitze** in Germania, dove il **permafrost** è destinato a **scompare entro i prossimi cinquant’anni** e lo **Schneeferner settentrionale**, il quale si ridurrà a poche placche residue entro il 2030. In Piemonte, i ghiacciai della **Bessanese** e della **Ciamarella** sono in forte arretramento, così come l’**Adamello** (Lombardia, Trentino) che, pur essendo il più esteso ghiacciaio italiano, mostra un marcato declino. In Alto Adige, infine, il ghiacciaio di **Solda** si sta trasformando in un mare scuro di detriti e ghiaccio sempre più frammentato.

LA SITUAZIONE DEI GHIACCIAI ALPINI NEL 2025

SVIZZERA

Per quanto riguarda lo stato dei ghiacciai alpini nel 2025, il quadro più completo proviene dalla Svizzera. Secondo la **Rete di monitoraggio dei ghiacciai svizzeri (GLAMOS)**, i ghiacciai hanno perso il **3% del loro volume in un solo anno**, una delle **riduzioni più significative mai registrate**. Questa perdita annuale si inserisce in un trend decennale negativo: negli ultimi **dieci anni** i ghiacciai svizzeri si sono ridotti complessivamente di circa un **quarto**, come riportato da GLAMOS in un comunicato stampa del 1° ottobre 2025.

Nel corso del 2025, i ghiacciai svizzeri hanno risentito di un **inverno povero di neve** e di un’**estate segnata da ripetute ondate di calore**, soprattutto a giugno e poi ad agosto. Solo la prima metà di luglio, relativamente più fresca, ha evitato un bilancio ancora più drammatico.

In Svizzera si contano circa **1.400 ghiacciai**. Sessanta di questi figurano nell’**inventario annuale dei ghiacciai pericolosi** elaborato da **Geoformer**; tra essi era incluso anche il **ghiacciaio di Birch**, pur non comparendo tra i primi posti della lista.

GERMANIA

Secondo i dati della Accademia Bavarese delle Scienze (BADW), ad oggi nelle Alpi Bavaresi rimangono cinque corpi glaciali, ma solo lo **Schneeferner Settentrionale** e l'**Höllentalferner** possono ancora essere considerati ghiacciai. Gli altri tre sono ridotti a piccole placche di ghiaccio. Tra il 1949 e il 2018 la superficie glaciale bavarese è passata da 120 a 45 ettari, con una temporanea espansione tra fine anni Cinquanta e 1980, che beneficiò soprattutto lo **Schneeferner Meridionale**, poi fortemente ridotto, fino a perdere il 94% del suo volume al 2018. Attualmente, sulla Zugspitze **sopravvivono appena 16 ettari** di area coperta da ghiacciai; del vecchio Schneeferner Meridionale rimane solo un piccolo relitto, mentre lo **Schneeferner Orientale** si è estinto nei primi anni 2000.

Secondo le proiezioni dei glaciologi tedeschi, entro il 2030 lo Schneeferner Settentrionale sarà ridotto alle condizioni attuali del Meridionale, ovvero a una o due sottili placche di ghiaccio quasi del tutto sepolte dai detriti, mentre dello Schneeferner Meridionale non resterà più alcuna traccia.

ITALIA

Per i ghiacciai italiani il quadro relativo al 2025 è ancora parziale. È infatti troppo presto per disporre di dati completi delle campagne glaciologiche, validati dal coordinamento nazionale di Fondazione CGI. Tuttavia, alcune prime indicazioni arrivano dalle misure di bilancio di massa realizzate su alcuni ghiacciai campione delle Alpi italiane. Le prime anticipazioni, tuttavia, suggeriscono **un'annata nel complesso simile alla precedente**.

I dati in arrivo dagli operatori glaciologici del **settore occidentale delle Alpi italiane** indicano che i ghiacciai di questo settore restano in difficoltà, pur registrando perdite di spessore e volume meno estreme rispetto al biennio 2022–2023 — il peggiore mai osservato per la

criosfera alpina — e comunque prossime o inferiori ai valori medi degli ultimi decenni.

In Lombardia, la forte ondata di calore di fine giugno, con temperature medie di 7 °C a 3.000 metri (oltre 3 °C sopra la media quindicennale), ha rapidamente annullato le speranze di un'annata positiva. A inizio giugno, molti ghiacciai presentavano un innevamento da buono a ottimo, ma il caldo eccezionale ha ribaltato la situazione in pochi giorni. Un intervallo leggermente più fresco a luglio ha solo temporaneamente attenuato gli effetti, seguito da nuove e intense ondate di calore ad agosto. Emblematico il caso del **Ghiacciaio del Campo Nord a Livigno**: le misurazioni del Servizio Glaciologico Lombardo (SGL) indicano che i **170 cm di neve** presenti il 7 giugno a 2.950 metri erano **completamente fusi il 12 luglio**, e la **superficie di ghiaccio esposta** aveva perso ulteriori **50 cm di spessore**.

I primi “exit poll” sui bilanci di massa in Trentino — elaborati da Provincia autonoma di Trento, SAT, MUSE, SGL e Università di Padova — confermano un quadro pessimistico anche per i ghiacciai di questo territorio. Sul **Ghiacciaio dell'Adamello-Mandrone**, alla quota di 2.600 metri, si è registrato un **abbassamento di 4 metri** della superficie; fino a 3.200 metri di quota, le perdite risultano comunque significative. La neve invernale residua, limitata ai settori più elevati, si è rivelata ancora una volta insufficiente a compensare le perdite estive.

In conclusione, nonostante le abbondanti precipitazioni — talvolta eccezionali — e una stagione di ablazione iniziata relativamente tardi e terminata presto, **il caldo estivo, intenso e continuo, ha determinato l'ennesimo bilancio negativo per i ghiacciai italiani**. Si osserva tuttavia un ritorno a condizioni più simili a quelle precedenti le disastrose annate 2021–2022 e 2022–2023.

PERMAFROST

Oltre ai ghiacciai, anche altre componenti della criosfera alpina subiscono gli effetti del riscaldamento climatico. Nel caso del permafrost, la sua degradazione può avere effetti devastanti sul territorio.

Emblematico è il caso di Blatten, nella Loetschental Vallese (Svizzera) visitata durante la tappa svizzera della Carovana dei Ghiacciai. Questa località è stata al centro dell'attenzione mondiale dopo la **grande valanga** di roccia e ghiaccio originatasi per il collasso del ghiacciaio di Birch nel maggio 2025. Si è trattato di un evento eccezionale, legato al deterioramento del permafrost nelle pareti rocciose soprastanti il ghiacciaio e ad altri fattori concomitanti. Quando il permafrost si degrada, le pareti rocciose diventano instabili e possono crollare per effetto della gravità: **nel caso del ghiacciaio del Birch, i blocchi staccatisi sono caduti sul ghiacciaio, aumentando il peso del ghiaccio e accelerandone il movimento lungo il ripido pendio.**

La vulnerabilità di quest'area non è però riconducibile soltanto al riscaldamento globale: essa **dipende da una combinazione di fattori legati all'instabilità dei ghiacciai e delle montagne.** Quando la criosfera arretra o scompare, le condizioni geologiche locali diventano ancora più determinanti: la natura delle rocce, la struttura dei versanti e la distribuzione dei depositi superficiali controllano l'ubicazione, la tipologia e la magnitudo dei fenomeni di instabilità.

Il deterioramento del permafrost ha un impatto significativo sui rischi in quota e, con l'avanzare della crisi climatica, fenomeni simili a quello di Blatten sono destinati a intensificarsi. Tuttavia, tali eventi catastrofici raramente si manifestano in modo improvviso: sono il risultato finale di un'evoluzione progressiva, che si sviluppa lungo decenni e presenta in-

dizi precursori distribuiti su anni, mesi e giorni. L'**analisi dei rischi**, come quella sviluppata nel **Canton Vallese**, consente di individuare in anticipo le aree vulnerabili, dimostrando che il monitoraggio resta uno strumento essenziale per la sicurezza delle persone e la gestione dei territori montani. Per essere efficace e sostenibile, però, deve essere modulato caso per caso. Le carte di pericolosità devono essere costantemente aggiornate per riflettere le trasformazioni indotte dal cambiamento climatico e per supportare correttamente la pianificazione territoriale. La comunicazione con la popolazione, inoltre, è cruciale per rendere operative le misure di riduzione del rischio.

Secondo i dati scientifici dei ricercatori del laboratorio tedesco **Schneefernerhaus**, centro di ricerca internazionale visitato nella tappa tedesca, il **permafrost in Germania** potrebbe **scompare del tutto entro 50 anni**, con una riduzione significativa su tutto l'arco alpino. La conseguenza diretta sarebbe un aumento dell'instabilità delle montagne. Il permafrost, però, rappresenta anche una risorsa: nei prossimi decenni diventerà una fonte d'acqua preziosa, poiché si degrada più lentamente dei ghiacciai, alimentando i fiumi in estate.

Per questi motivi, sono necessarie ulteriori ricerche per comprendere meglio i sistemi di neve e ghiaccio montani, i sistemi idrici e il loro evolversi sotto l'influenza dei cambiamenti climatici. Ancora una volta, il ruolo delle comunità locali si rivelerà cruciale. Sarà necessario capire come collaborare con loro per individuare soluzioni realmente efficaci e sostenibili.

A questo scopo è nato il progetto europeo **WATERWISE**, a cui partecipa anche Legambiente, volto a sviluppare strategie e strumenti per la gestione sostenibile delle risorse idriche in risposta ai cambiamenti climatici. La forza di WATERWISE risiede nella multidisciplinarietà

dei ricercatori coinvolti e nella varietà dei dati raccolti. Insieme, questi elementi permettono di costruire un quadro completo e analitico della vulnerabilità qualitativa e quantitativa dell'acqua disponibile per le comunità alpine, tenendo conto della loro situazione socioeco-

nomica. Solo disponendo di un quadro preciso della realtà attuale sarà possibile pianificare strategie future, affinché l'adattamento alle sfide poste dal cambiamento climatico sia efficace e calibrato sulle specificità dei territori montani.

INSTABILITÀ NATURALE IN ALTA QUOTA NEL 2025

Dopo un 2024 eccezionale per numero e dimensioni degli eventi d'instabilità in alta quota (cfr. Report 2024), il 2025 registra una numerosità più contenuta, simile a quella documentata nelle Alpi italiane tra il 2000 e il 2016.

Gli eventi si sono concentrati nella **stagione estiva, crescendo da giugno (10) ad agosto (18)**. Rispetto alla media 2000-2023 degli eventi riportati nel "Catasto delle frane di alta quota nelle Alpi" del CNR-IRPI, i crolli di roccia hanno quasi eguagliato le colate detritiche (18 vs 20 eventi), mentre in passato queste ultime erano nettamente più frequenti. Sul piano regionale, il **Veneto**, storicamente rappresentato solo per il 7% degli eventi 2000-2023, **è balzato in testa, seguito dalla Valle d'Aosta**, tra-

dizionalmente con la casistica più numerosa.

Oltre che per i numeri, il 2025 si distingue dagli altri anni per due ulteriori motivi, secondo Marta Chiarle, ricercatrice del CNR-IRPI. Primo, l'evento che ha distrutto Blatten – un vero shock per la Svizzera e per tutte le nazioni alpine – è l'evidenza di nuovi eventi di instabilità "a cascata" che possono propagarsi dalle quote elevate fino al fondovalle. Secondo, le trasformazioni climatiche, in particolare la degradazione della criosfera, hanno "acceso" situazioni di elevata criticità, come le ripetute frane e colate detritiche (14 eventi tra giugno e agosto) lungo la S.S. 51 di Alemagna (BL), riaprendo il dilemma tra sicurezza e viabilità a pochi mesi dalle Olimpiadi invernali di Cortina-Milano.

EVENTI ESTREMI

I fenomeni di instabilità naturale in montagna si collocano in un quadro più ampio dominato dall'aumento degli eventi estremi. Stiamo entrando in una fase in cui tali eventi non si manifestano più come fenomeni isolati, ma come fattori che interagiscono tra loro, amplificandosi reciprocamente e generando effetti a cascata. Come ricorda Mattia Gussoni, meteorologo e operatore del Servizio Glaciologico Lombardo, una temperatura dell'aria più elevata comporta un maggiore contenuto di vapore acqueo in atmosfera, aumentando di conseguenza il potenziale di precipitazioni più frequenti e più intense. Poiché la variazione delle precipitazioni

ni è tra i fattori più rilevanti nell'innescare delle frane, tali modifiche possono tradursi in un incremento della loro frequenza e/o intensità.

Per quanto riguarda le precipitazioni, si prevede che gli acquazzoni estivi — brevi ma molto intensi — diventeranno sia più frequenti sia più violenti nelle regioni alpine con l'ulteriore riscaldamento del clima. Un recente studio condotto dagli scienziati delle università di Losanna (UNIL) e di Padova, basato sull'analisi dei dati di quasi 300 stazioni meteorologiche montane, indica che **un aumento di 2°C della temperatura regionale potrebbe raddoppiare la frequenza di questi eventi estremi**. Que-

sto dato è ulteriormente confermato da alcuni ricercatori dell'Università di Berkeley (Ombadi e colleghi), secondo i quali la riduzione della quota di precipitazioni che cade sotto forma di neve — effetto diretto del riscaldamento globale — contribuisce ad amplificare l'intensità degli eventi piovosi estremi.

Da inizio anno a novembre, secondo l'Osservatorio Città Clima di Legambiente, le regioni alpine hanno registrato **154 eventi meteo**

estremi, in aumento rispetto ai 146 del 2024, con allagamenti da piogge intense, danni da vento, esondazioni e frane come fenomeni più frequenti, concentrati principalmente in Lombardia, Veneto, Piemonte e Liguria. Complessivamente, **l'arco alpino ospita il 38% delle frane italiane (239.579 su 636.539), interessando oltre 276 mila persone, 210 mila edifici e 17.300 imprese**, con una densità media di circa 200 frane per chilometro lineare.

CONOSCERE L'ALTA MONTAGNA PER AFFRONTARNE I CAMBIAMENTI

L'evoluzione sempre più rapida degli ambienti d'alta quota impone di acquisire dati e conoscenze direttamente nei luoghi in cui le trasformazioni si manifestano. In questa direzione, dal 2013 il team GeoClimAlp del CNR-IRPI — incontrato nell'ultima tappa — ha trasformato il **bacino glaciale della Bessanese in un vero laboratorio naturale**, nato dalla collaborazione sinergica tra enti di ricerca, enti pubblici come l'Arpa Piemonte e partner privati. In dieci anni questo lavoro ha prodotto cartografie, studi glaciologici, monitoraggi termici e ricerche su fauna e flora, affermando la **Bessanese come riferimento nazionale e internazionale** per l'approccio integrato allo studio dell'alta quota.

Parallelamente, i progressi tecnologici e lo sviluppo di reti di monitoraggio remoto hanno reso possibile gestire con maggiore efficacia le situazioni di instabilità glaciale, permettendo

interventi preventivi e operazioni di mitigazione in diversi settori alpini. Il lavoro svolto **dall'Istituto WSL di Sion, centro di prevenzione dei rischi del Canton** vallese rappresenta, in questo senso, un riferimento esemplare. Un contributo fondamentale proviene anche **dall'attività dei Servizi Glaciologici come il Servizio Glaciologico Lombardo, il Servizio Glaciologico CAI Alto Adige, la Società Alpinisti Tridentini e di ricercatori che, come Bruno Secchieri, Pietro Bruschì e Giovanni Kappenberger**, hanno documentato il ritiro dei ghiacciai per decenni, costruendo un archivio di dati e immagini di valore inestimabile per le generazioni future.

Tuttavia, nonostante questi avanzamenti, permangono ampie lacune conoscitive che impongono di ripensare le strategie di osservazione e di gestione del rischio.

GHIACCIAI A RISCHIO: OGNI DECIMO DI GRADO CONTA

Nel lungo periodo, ogni chilogrammo di CO₂ evitata si traduce in **una minore riduzione di massa dei ghiacciai montani globali pari a 16 chilogrammi** (Marzeion et al., 2018). Si tratta di un rapporto che evidenzia quanto anche minimi cambiamenti nelle emissioni

possano avere ripercussioni significative sugli equilibri della criosfera. **Ogni decimo di grado di riscaldamento globale fa infatti la differenza**: anche variazioni apparentemente trascurabili incidono in modo tangibile sul destino dei ghiacciai.

È importante sottolineare che, **con emissioni molto basse** e il raggiungimento della **neutralità carbonica entro il 2050**, in alcune regioni — come l'**Himalaya** — potrebbe essere **preservato fino al 40% del ghiaccio**. In questi scenari, alcune aree glaciali potrebbero persino avviare una lenta ricrescita tra il 2100 e il 2300.

Anche sulle Alpi secondo il glaciologo **Matthias Huss**, “c’è ancora un piccolo margine di manovra per conservare i ghiacciai”. Tuttavia, senza un’inversione dell’attuale tendenza climatica, entro il 2100 **la quasi totalità dei ghiacciai montani sarà scomparsa**. Secondo Huss, solo i più grandi potrebbero ancora essere salvati, a condizione che vengano attuate misure di salvaguardia del clima su scala globale.

In questo contesto, il caso del **ghiacciaio dell’Aletsch** — il “Re delle Alpi”, con i suoi 20 km di lunghezza e quasi 80 km² di superficie — mostra in modo esemplare **come il futuro dei ghiacciai dipenda direttamente dall’entità del riscaldamento globale**. Le proiezioni dei glaciologi svizzeri al 2100 delineano infatti tre possibili traiettorie:

- **Scenario RCP4.5** (incremento tra 2 e 4 °C, considerato il più probabile): il volume dell’Aletsch potrebbe ridursi del **75%** (dal 62% al 92% secondo le diverse simulazioni). In questo caso, la **lingua valliva** scomparirebbe del tutto, lasciando ghiaccio soltanto **oltre i 3000 metri**.
- **Scenario RCP2.6** (coerente con gli obiettivi dell’Accordo di Parigi): si prevede una riduzione del **57% del volume**, del **31% dell’area** e del **56% della lunghezza**. Pur trattandosi di perdite rilevanti, l’Aletsch **mantiene una parte della sua lingua principale**, continuando a rientrare nella categoria dei ghiacciai vallivi.
- **Scenario RCP8.5** (aumento tra 4 e 8 °C): il ghiacciaio risulterebbe **quasi completamente scomparso**, con **solo piccoli re-**

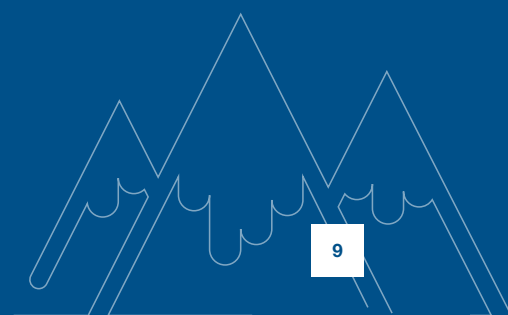
sidui di ghiaccio alle quote più elevate.

Nel complesso anche il futuro del maestoso Aletsch oscilla **tra una sopravvivenza parziale e un rischio quasi totale di estinzione**, un esito che dipende in modo diretto e decisivo dalle politiche climatiche adottate nei prossimi decenni.

L’Anno internazionale per la conservazione dei ghiacciai è un’occasione fondamentale per richiamare l’attenzione sul rischio di scomparsa dei ghiacciai montani. Insieme ai manti nevosi e al permafrost, essi forniscono acqua dolce a miliardi di persone, sostengono gli ecosistemi montani, influenzano il clima globale e contribuiscono a regolare l’innalzamento del livello del mare. Proteggerli significa preservare l’equilibrio ambientale, climatico e sociale del pianeta.

La Carovana dei Ghiacciai è una **campagna internazionale** di Legambiente, realizzata in collaborazione con CIPRA Italia e con il supporto scientifico del Fondazione Glaciologica Italiana, che svolge un monitoraggio dello stato di salute dei ghiacciai alpini e dei processi criosferici correlati. L’iniziativa contribuisce al rafforzamento dell’evidenza scientifica necessaria alla definizione di politiche climatiche e territoriali efficaci, promuovendo modelli avanzati di governance dei territori glaciali e delle aree montane ad alta vulnerabilità. Al contempo, sostiene la costruzione di consapevolezza nei cittadini e nelle istituzioni, facilitando l’allineamento tra conoscenza scientifica, pianificazione strategica e decisioni di policy.

Partner sostenitori: FRoSTA, Sammontana
Partner tecnico: EPHOTO



ITINERARIO E CALENDARIO



LE TAPPE

02/08
01 GHIACCIAIO DELL'ADAMELLO
[LOMBARDIA - TRENTINO, ITALIA]

17-20/08
02 GHIACCIAIO DELL'ALETSCHE
[CANTONI BERNA E VALLESE, SVIZZERA]

20-23/08
03 GHIACCIAIO DELLA VENTINA
[LOMBARDIA, ITALIA]

23-26/08
04 GHIACCIAI DELL'ORTLES-CEVEDALE
[ALTO ADIGE, ITALIA]

26-29/08
05 GHIACCIAI DELLA ZUGSPITZE
[BAVIERA, GERMANIA]

30/08 - 02/09
06 GHIACCIAI DELLA BESSANESE E DELLA CIAMARELLA
[PIEMONTE, ITALIA]

STATO DI SALUTE DEI GHIACCIAI ALPINI



STATO DI SALUTE DEI GHIACCIAI ALPINI NEL BIENNIO 2024/2025

Sebbene sia ancora presto per disporre di un quadro definitivo e completo per il 2025 — anche perché il cambiamento climatico sta prolungando in modo significativo il periodo successivo alla fine dell'estate durante il quale i ghiacciai continuano a mostrare segni di fusione, rendendo necessario programmare i monitoraggi più tardi per evitare dati falsati in positivo — le prime anticipazioni disponibili lasciano presumere che, in definitiva, l'annata non risulterà molto diversa da quella precedente.

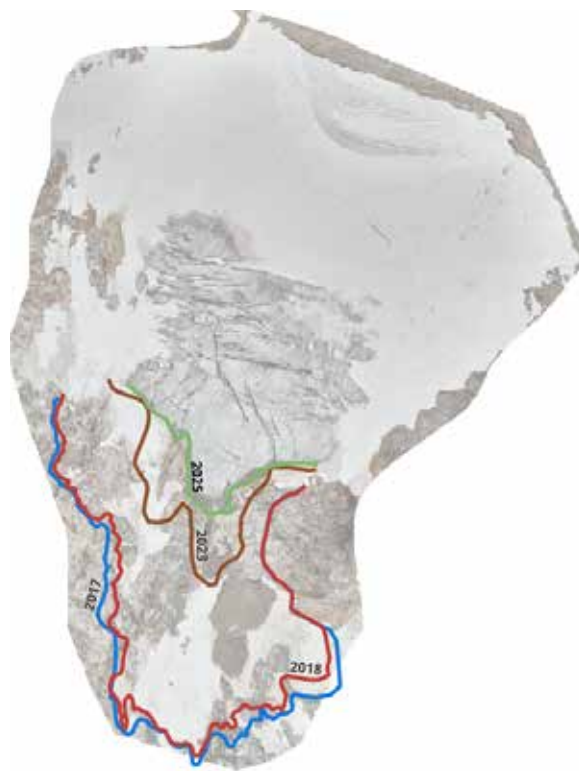
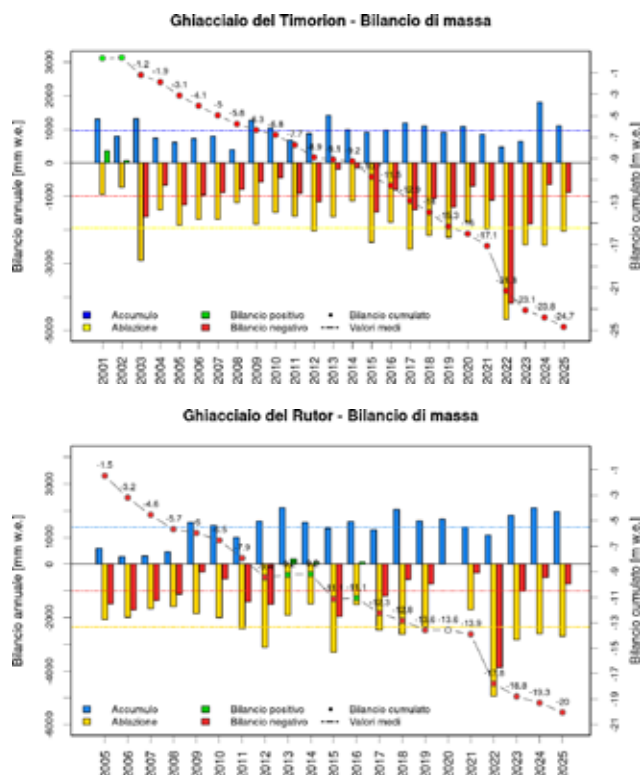
Per il 2025, sull'Ovest delle Alpi italiane, i ghiacciai si confermano in sofferenza, anche se con perdite di spessore e volume assai meno estreme rispetto a quelle del biennio 2022-2023 (il peggiore documentato per la conservazione della criosfera alpina), e prossime o inferiori a quanto mediamente rilevato nei decenni recenti. Arpa Valle d'Aosta ha già comunicato in dettaglio i [risultati dei bilanci di massa per i ghiacciai del Timorion, in Valsavarenche \(Gran Paradiso\), e del Rutor, nella valle di La Thuile](#). Le abbondanti nevicate di fine inverno e primavera 2025, e un periodo fresco a fine luglio, hanno moderato l'impatto in termini di fusione glaciale delle lunghe e intense ondate di caldo di giugno e metà agosto (quando lo zero termico era prossimo o fin superiore a 5000 metri). I due ghiacciai hanno perso una quantità di ghiaccio rispettivamente pari

a -883 e -746 mm di acqua equivalente). Sono risultati incontestabilmente negativi, per quanto leggermente sotto la media delle perdite registrate nell'ultimo ventennio.

Ancora nella Valsavarenche, i [dati dell'Ente Parco nazionale Gran Paradiso relativi al bilancio di massa del Ghiacciaio del Grand Etrêt](#), presso il confine con il Piemonte, confermano una situazione analoga. La perdita di volume corrisponde a 752 mm di acqua equivalente, a fronte di quella media annua calcolata su 25 anni, prossima a un metro di bilancio.

Il [Ghiacciaio del Ciardoney](#), che si trova sempre nel Parco del Gran Paradiso ma in territorio piemontese (Valle dell'Orco) può vantare seconda più lunga serie di dati di bilanci di massa delle Alpi italiane (33 anni) dopo quella del Ghiacciaio del Careser (Gruppo Ortles-Cevedale, 58 anni), grazie all'assiduo monitoraggio da parte della Società Meteorologica Italiana in collaborazione con la Fondazione Glaciologica Italiana. Questo ha perso completamente tutti i 430 centimetri di neve invernale che erano stati misurati a maggio ed ha proseguito il suo declino durante la stagione estiva arrivando a perdere 1,36 metri di acqua equivalente, valore "sfavorevolmente" nella media rispetto all'intervallo 1992-2025

Anche nel settore lombardo, l'esiziale ondata di calore di fine giugno (con una temperatura me-



Valle d'Aosta: grafici dei bilanci di massa 2025 per ghiacciai del Timorion (Valsavaranche) e del Rutor (Valle di La Thuile). A destra, l'arretramento della fronte del Ghiacciaio del Rutor negli ultimi 8 anni (fonte: ARPA Valle d'Aosta - Politecnico di Torino).



Agosto 2025: i ghiacciai di Tza de Tzan e delle Grandes Murailles (Valpelline, Valle d'Aosta), protagonisti della seconda tappa dell'edizione 2024 della Carovana dei Ghiacciai, appaiono con un innevamento residuo più esteso rispetto alla maggior parte degli altri ghiacciai del settore centrale e di quello orientale dell'Arco Alpino italiano. Bisogna però tener presente che le quote alle quali è ancora presente sono elevate, tra i 3200 e i 3500 metri. (immagine satellitare Sentinel 2).

dia di 7 gradi a 3000 metri di quota, di oltre 3 gradi sopra la media rispetto agli ultimi 15 anni) ha cancellato in pochi giorni le speranze degli operatori del Servizio Glaciologico Lombardo riposte sulla positività della situazione ad inizio mese, che vedeva un innevamento da buono ad ottimo

per la maggior parte dei ghiacciai da loro monitorati. Solo un periodo leggermente più fresco a luglio si è interposto alle successive e altrettanto forti ondate di calore del mese di agosto.

Si pensi, ad esempio, che per il Ghiacciaio del Campo Nord a Livigno (le segnalazioni del-

le abbondanti nevicate invernali di cui continua a beneficiare questa località turistica, nota soprattutto come stazione sciistica, hanno spesso trovato spazio sui media anche negli ultimi anni), i 170 centimetri di neve misurati il 7 giugno a 2950 metri di quota risultavano completamente fusi il 12 luglio e c'era già da mettere pure in conto un abbassamento di 50 centimetri della superficie ghiacciata rimasta scoperta.

Sull'altipiano che costituisce il bacino di alimentazione del Ghiacciaio di Fellaria (Gruppo del Bernina in Val Malenco), a 3500 metri di quota, tra il 20 giugno e i primi di giorni di luglio, si è perso un metro di neve dei quasi quattro accumulatisi durante la stagione invernale, dato eclatante se messo in relazione all'altitudine e alla brevità del tempo occorso.

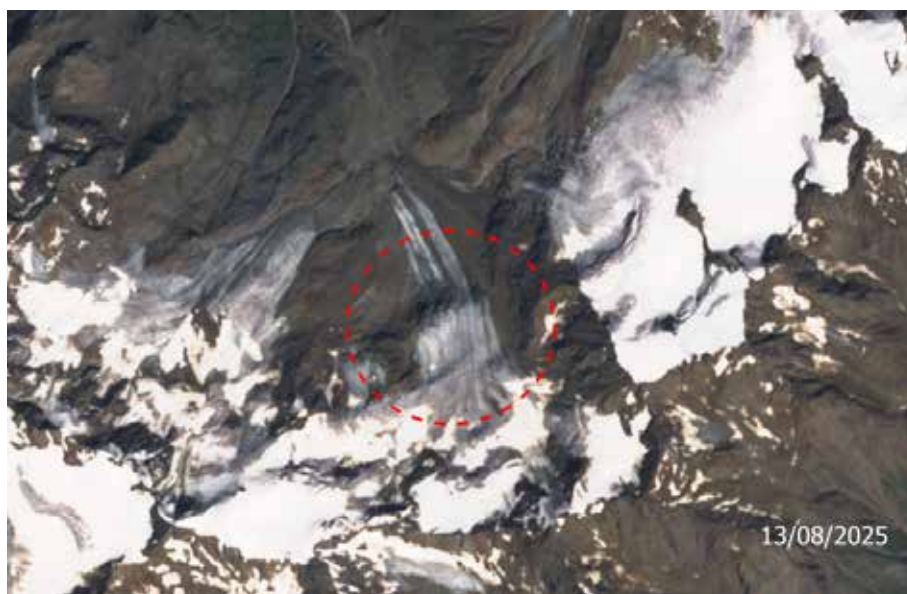
I primi "exit poll" relativi ai bilanci di massa annuali eseguiti in Trentino dall'Ufficio Previsioni e pianificazione della Provincia autonoma di Trento, dalla Commissione Glaciologica della Sat (Società degli alpinisti tridentini), dal Muse di Trento, dal Servizio Glaciologico Lombardo e dall'Università degli Studi di Padova, vanno tutti nella direzione di un quadro negativo pure per i ghiacciai di questa regione. Le misurazioni indicano infatti perdite di spessore comprese tra 65 centimetri e 2,10 metri di acqua equivalente. Solo le superfici situate alle altitudini più elevate hanno beneficiato di alcune nevicate in quota durante l'estate, limitando in parte la fusione glaciale, mentre quelle a quote inferiori hanno registrato una forte perdita di massa.

Il ghiacciaio del Careser, in Val di Pejo, ha registrato la situazione più critica: le scarse precipitazioni nevose invernali e le temperature elevate hanno portato a un precoce affioramento del ghiaccio già a metà luglio le nevicate estive sopracceinate non hanno in pratica avuto nessun effetto positivo. Le misure indicano una perdita media di 2,10 metri di acqua equivalente, tra le più elevate dell'ultimo decennio.

Il Ghiacciaio del La Mare, si trova sempre nella stessa valle, ma è situato ad quota più alta, e per questo motivo è riuscito a conservare più a lungo la copertura nevosa. Tra luglio e settembre, a 3.250 metri, il ghiaccio è infatti rimasto scoperto ed esposto alla fusione "solo" per 25 giorni, a fronte invece dei 55 giorni in cui è rimasto protetto dalla copertura nevosa. La perdita media stimata è pertanto di 0,65 metri di acqua equivalente.

La superficie del Ghiacciaio dell'Adamello-Mandrone, alla quota di 2.600 metri, si è abbassata di 4 metri, e fino a 3.200 metri si sono riscontrate perdite da considerare rilevanti in relazione alla quota. La neve invernale rimasta solamente nei settori più elevati, quindi, è ancora una volta insufficiente a bilanciare le perdite. Su una superficie di 13,05 km², il ghiaccio fuso viene quantificato in 1,10 metri di acqua equivalente.

Anche il Prof. Mauro Varotto (Museo di Geografia dell'Università di Padova) continua a non avere motivi per cambiare idea sul fatto che il Ghiacciaio della Marmolada - da lui monitorato da oltre trent'anni in collaborazione con la Fon-



Agosto 2025, Ghiacciaio dei Forni (Alta Valfurva - Valtellina). La cesura della lingua centrale sembra proseguire inesorabilmente. Quando questa sarà completa, il tratto a valle, lungo circa 900 metri, sarà considerato "ghiaccio morto". Potrebbe quindi risultare uno degli arretramenti di fronte attiva dovuti a questo tipo di fenomeno più ingenti riscontrati in oltre un secolo di glaciologia in Italia (immagine Satellitare Sentinel 2).

dazione Glaciologica Italiana - abbia ormai gli anni contati.

Un quadro della stagione 2024 molto più dettagliato e completo di quello che, per lo stesso motivo esposto all'inizio di queste anticipazioni 2025, era stato possibile delineare nella scorsa edizione del Report della Carovana dei Ghiacciai è invece ora disponibile e verrà riassunto qui di seguito.

Si ricorda infatti che da quasi un secolo la [campagna glaciologica annuale del Comitato Glaciologico Italiano](#) (ora Fondazione Glaciologica Italiana) è il documento di riferimento per quanto riguarda i dati e le informazioni relative ai ghiacciai italiani. Dal 1927 viene infatti regolarmente pubblicata (salvo limitate interruzioni in alcuni anni del secondo periodo bellico) sul Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano (nel 1978 la rivista ha cambiato testata diventando "Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria"). Tutte le campagne sono liberamente consultabili sul sito della Fondazione Glaciologica Italiana.

Per rendere l'idea del lavoro su base volontaria di raccolta dei dati e della loro validazione che ogni anno viene richiesto per arrivare alla pubblicazione della Campagna Glaciologica e, conseguentemente, delle tempistiche necessarie che, per il momento non consentono ancora che avvenga un sincronismo con quelle della divulgazione di questo report, si consideri che nel corso del 2024, oltre 160 operatori volontari, coadiuvati da numerosi collaboratori, hanno visitato 183 ghiacciai nei tre settori delle Alpi Italiane (Piemontese - Valdostano, Lombardo e Triveneto) e l'unico ghiacciaio dell'Appennino (Ghiacciaio del Calderone, Gruppo del Gran Sasso). Nel settore Piemontese - Valdostano sono stati osservati 110 ghiacciai, di 39 dei quali sono state misurate le variazioni frontali; nel settore Lombardo sono stati visitati 26 ghiacciai, per 15 dei quali è stata misurata la variazione frontale, mentre nel settore Triveneto sono stati visitati 48 ghiacciai (41 dei quali sono stati misurati). Sono stati inoltre eseguiti i bilanci di massa di 19 ghiacciai: 4 nelle Alpi Occidentali (settore Piemontese - Valdostano), 14 nelle Alpi Orientali (tre nel settore Lombardo e gli altri nel Triveneto) e uno nell'Appennino Centrale.

Ritornando quindi al riepilogo precedentemente anticipato, nonostante le abbondanti pre-

CAMPAGNA GLACIOLOGICA 2024 CONTEGGIO DEI GHIACCIAI VISITATI

GRUPPO MONTUOSO
- SETTORE

NUMERO GHIACCIAI
VISITATI

SETTORE PIEMONTESE - VALDOSTANO	
ALPI MARITTIME	1
ALPI COZIE	4
ALPI GRAIE	82
ALPI PENNINE	21
ALPI LEPONTINE	2
TOTALE	110

SETTORE LOMBARDO	
TAMBÒ-STELLA	2
BADILE-DISGRAZIA	7
BERNINA	5
PIAZZI-CAMPO	1
ORTLES-CEVEDALE	6
OROBIE	2
ADAMELLO	3
TOTALE	26

SETTORE TRIVENETO E APPENNINI	
ADAMELLO - PRESANELLA (VERSANTE TRENTINO)	6
BRENTA	1
ORTLES - CEVEDALE (VERSANTE TRENTINO E ALTOATESINO)	16
VENOSTE	6
BREONIE	3
AURINE	3
PUSTERESI	5
DOLOMITI	7
APPENNINI	1
TOTALE	48

cipitazioni (con valori talora eccezionali) e un inizio relativamente tardivo e una fine precoce della stagione di ablazione, il caldo estivo marcato e ininterrotto ha determinato l'ennesima annata negativa per i ghiacciai italiani, seppure con il ritorno a condizioni più in linea con quelle antecedenti alle disastrose annate 2021-2022 e 2022-2023



Il fascicolo numero 8 del Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano Serie 1 (1928) ospita la prima vera campagna glaciologica svolta durante l'estate 1927. I numeri precedenti erano sostanzialmente delle raccolte di monografie dedicate a singoli gruppi montuosi che, in genere per motivazioni personali, erano stati oggetti di studio da parte dei rispettivi autori. A partire da questo fascicolo, invece, le relazioni dei monitoraggio svolti annualmente dai membri del Comitato Glaciologico e dai collaboratori vengono strutturate in una sezione ad esse ad esse dedicata. Le copie digitali di tutte le campagne glaciologiche fino ad ora pubblicate sono liberamente consultabili sul sito della [Fondazione Glaciologica Italiana](https://www.fondazione-glaciologica.it).

Nelle **Alpi Occidentali** l'annata 2023-2024, pur contrassegnata dal perdurare di un marcato regresso glaciale, ha segnato il ritorno a condizioni più in linea con quelle antecedenti alle disastrose annate 2021-2022 e 2022-2023. Il valore medio di ritiro frontale è stato infatti di 12 m, contro valori di 19.5 m nel 2023 e addirittura di 35.5 m nel 2022. Anche il massimo valore di regresso frontale (59.5 m al Ghiacciaio del Trajo) è stato decisamente più contenuto dei valori raggiunti nel 2023 (306 m al Ghiacciaio di Indren) e nel 2022 (209.5 m, Ghiacciaio del Gran Paradiso). Tre ghiacciai sono risultati in condizioni di stazionarietà (Dzasset, Moncorvè, Settentrionale di Entrelor). A questo riguardo, occorre tuttavia richiamare come il campione di ghiacciai misurati (39) sia stato nel 2024 di molto inferiore al numero di ghiacciai misurati nel 2023 (59) e nel 2022 (60). Questo è stato dovuto in parte al perdurare di neve residua alle fronti di alcuni ghiacciai, per effetto delle abbondanti nevicate primaverili, in parte alle nevicate precoci di inizio settembre: in molti casi, infatti, le fronti glaciali sono ormai così sottili che poche decine di cm di neve sono in grado di mascherarle, impedendone la misura.

I dati sono stati raccolti con il contributo di operatori del Comitato Glaciologico Italiano (CGI), del Parco Nazionale Gran Paradiso (PNGP), di ARPA Piemonte, di ARPA Valle d'Aosta (ARPA VDA), di Fondazione Montagna Sicura (FMS), di

IMAGEO s.r.l., del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), della Società Meteorologica Italiana (SMI), dell'Università di Torino (UNITO) e del Politecnico di Torino (POLITO).

Nel **settore lombardo**, nonostante la situazione all'inizio della stagione si sia presentata molto positiva, con valori di accumulo ai massimi degli ultimi 20 anni (secondi solo al 2001), la seconda parte dell'estate, estremamente calda e umida, ha portato a una forte riduzione degli accumuli nevosi, specialmente al di sotto dei 3000 m di quota. Le temperature elevate, che hanno ininterrottamente interessato l'arco alpino dalla metà di luglio fino ai primi giorni di settembre, hanno provocato una consistente riduzione del manto nevoso e la fusione del ghiaccio alle quote più basse. La stagione di ablazione si è conclusa attorno alla fine della prima decade di settembre solo alle quote oltre i 3000 m con le prime nevicate e temperature sotto le medie stagionali. Più a valle, si è avuta una ripresa dei fenomeni ablativi nel mese di ottobre con ulteriore, lieve perdita volumetrica delle fronti glaciali.

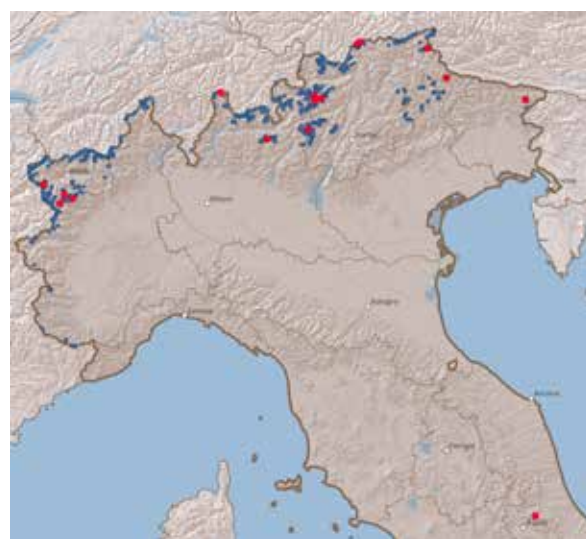
La campagna glaciologica 2024 è stata quindi condizionata nel suo svolgimento sia dall'andamento meteorologico nel periodo delle osservazioni a fine estate, sovente perturbato, sia dalle condizioni dei ghiacciai che hanno inciso sulla quantità e qualità delle osservazioni glaciologiche. I dati delle misure frontali, sempre meno

indicative del reale stato di salute dei ghiacciai in questo contesto climatico, mostrano arretramenti per 14 su 15 ghiacciai, con il solo Ghiacciaio del Passo di Bondo che mostra un dato incerto. I dati di arretramento sono leggermente meno importanti rispetto ai valori del 2023. I dati più negativi sono stati registrati ai ghiacciai del Ventina (-40 m) e Centrale dei Forni (-33.5 m). I ghiacciai monitorati con la tecnica del bilancio di massa forniscono dati meno negativi rispetto alle ultime annate con alcuni apparati glaciali in equilibrio, come il Ghiacciaio del Lupo nel Gruppo Orobic, o leggermente negativi come il Ghiacciaio Settentrionale di Campo (n. catasto 997) nel Gruppo Piazz-Campo, monitorato dal Servizio Glaciologico Lombardo, con una perdita pari a -0.6 m di acqua equivalente (ovvero l'altezza della colonna d'acqua per unità di superficie del ghiacciaio che si otterrebbe facendo fondere la neve e il ghiaccio che risultano persi alla chiusura del bilancio) Il grande apparato Fellaria-Palù ha fatto registrare un valore di AAR (l'indice che esprime il rapporto tra l'area del ghiacciaio che presenta ancora una copertura nevosa e quella invece che ne è priva) pari a 0.51, che equivale ad un bilancio di relativo equilibrio con valori simili al 2021.

Nel **Settore Orientale**, In linea generale, rispetto alle annate precedenti, i dati rilevati indicano una situazione meno grave, con alcuni ghiacciai che hanno registrato ritiri frontali minimi, come il Ghiacciaio Occidentale di Nardis, il Ghiacciaio di Sternai, la Vedretta Alta, il Ghiacciaio del Madaccio e il Ghiacciaio della Marmolada. I ritiri frontali più marcati sono stati osservati sul Ghiacciaio dell'Adamello/Mandrone (-127 m) e sul Ghiacciaio Superiore dell'Antelao (-79.5 m). In media, i ghiacciai hanno subito un ritiro di circa 18.3 m, con una mediana di -10 m e una moda di -10 m, valori che, pur evidenziando una certa variabilità da apparato ad apparato, delineano un quadro omogeneo di decrescita, anche se meno marcato rispetto all'anno precedente. Tutte le masse glaciali esaminate risultano al di sotto della linea di equilibrio, evidenziando una riduzione della superficie e un assottigliamento significativo, fenomeni che hanno determinato un progressivo affioramento delle superfici rocciose sottostanti.

In questo settore, linea generale, rispetto alle annate precedenti, i dati rilevati indicano una si-

tuazione meno grave, con alcuni ghiacciai che hanno registrato ritiri frontali minimi, come il Ghiacciaio Occidentale di Nardis, il Ghiacciaio di Sternai, la Vedretta Alta, il Ghiacciaio del Madaccio e il Ghiacciaio della Marmolada. I ritiri frontali più marcati sono stati osservati sul Ghiacciaio dell'Adamello/Mandrone (-127 m) e sul Ghiacciaio Superiore dell'Antelao (-79.5 m). In media, i ghiacciai hanno subito un ritiro di circa 18.3 m, valori che, pur evidenziando una certa variabilità da apparato ad apparato, delineano un quadro omogeneo di decrescita, anche se meno marcato rispetto all'anno precedente. Tutte le masse glaciali esaminate risultano al di sotto della linea di equilibrio, evidenziando una riduzione della superficie e un assottigliamento significativo, fenomeni che hanno determinato un progressivo affioramento delle superfici rocciose sottostanti.



I ghiacciai italiani per i quali viene attualmente eseguito il bilancio di massa attuale. Questo tipo di monitoraggio, sebbene restituisca un dato che, negli ultimi anni, sta diventando sempre più rappresentativo della sofferenza dei corpi glaciali rispetto a quello della sola misura delle variazioni frontali, può essere eseguito solo per un numero ridotto di essi. (fonte: Fondazione Glaciologica Italiana).

Un ulteriore elemento rilevante è rappresentato dall'incremento della copertura detritica: numerosi rilievi hanno evidenziato il deposito di detriti derivanti da frane e cedimenti delle pareti rocciose, fenomeno spesso correlato alla degradazione del permafrost. L'apertura e l'ampliamento di finestre rocciose, uniti alla formazione di nuovi laghi proglaciali, attestano una trasformazione dinamica del territorio, in cui il progressivo scopriamento del substrato roccioso si configura come indicatore fondamentale dell'alterazione in atto. Pur essendosi riscontrati ritiri frontali contenuti, in alcuni apparati, il quadro complessivo testimonia un processo di degradazione che interessa l'intera gamma dei fenomeni osservati. L'aumento della copertura detritica ha altresì reso difficoltose le misurazioni, ostacolando l'individuazione precisa della fronte. Nei settori superiori di vari ghiacciai, infine, è stata osservata una crescente fratturazione del ghiaccio, accompagnata da una significativa riduzione dello spessore complessivo. Nonostante le abbondanti nevicate invernali, i dati raccolti durante la campagna 2024 confermano una generale riduzione delle masse glaciali nel settore Triveneto. Tale tendenza è in linea con quanto osservato negli ultimi decenni, seppur con variazioni meno drammatiche rispetto alle annate precedenti. Il persistere di condizioni climatiche sfavorevoli sta conducendo alcune aree glacializzate a uno stato di quasi totale estinzione, e il bilancio complessivo evidenzia un quadro critico della situazione glaciologica. I dati della campagna glaciologica del 2024 sono stati raccolti con il contributo degli operatori del Comitato Glaciologico Italiano (CGI), del Comitato Glaciologico Trentino della Società degli Alpinisti Tridentini (SAT) e del Servizio Glaciologico del CAI Alto Adige (SGAA).

Per quanto riguarda i bilanci di massa, a differenza dei due anni precedenti, caratterizzati da forti e generalizzate perdite di massa su tutti i ghiacciai monitorati, l'anno idrologico 2023-2024 è stato caratterizzato da condizioni meno penalizzanti e più simili al biennio 2020-2021. I valori di bilancio sono stati compresi tra -1834 mm di acqua equivalente sulla Vedretta Pendente e 540 mm di acqua equivalente sui ghiacciai Alto del Popera e Orientale del Canin. Il valore medio del bilancio annuale su tutti i ghiacciai osservati è stato pari a -611 mm di acqua equivalente Il

bilancio è risultato negativo su 14 dei 19 ghiacciai misurati, in pareggio sul Ghiacciaio del Lupo, e positivo sui 4 ghiacciai rimanenti. Ancora una volta, i bilanci più negativi si sono registrati sui ghiacciai Pendente e Careser. In questi ghiacciai persistono le aree a maggior spessore, mentre tendono a scomparire molto rapidamente le aree più sottili a quota maggiore, risultando in un progressivo abbassamento della quota media (2741 m s.l.m. sul Pendente e 3050 m s.l.m. sul Careser), già molto inferiore alla linea di equilibrio negli ultimi anni. Le dimensioni sempre più piccole e il diffuso affioramento del substrato roccioso riducono inoltre l'effetto raffreddante della superficie glaciale sull'atmosfera soprastante. Particolarmente rilevanti, in questo contesto, le forti perdite subite nel 2024 dal Ghiacciaio di Malavalle, che rispetto alla vicina Vedretta Pendente ha quota media di 2983 m, sensibilmente superiore, e area molto maggiore. Come già detto, il 2024 è stato caratterizzato da ottimi accumuli nevosi, con anomalie diffusamente e largamente positive di bilancio invernale. Solo nell'Alto Adige più settentrionale gli accumuli nevosi sono stati relativamente meno abbondanti. Unitamente alla forte ablazione estiva, con valori pari o prossimi ai massimi di tutta la serie di misura su molti ghiacciai, questa relativa scarsità negli accumuli può spiegare l'andamento particolarmente penalizzante del 2024 sui due ghiacciai dell'alta Val Ridanna. In genere si può affermare che le ottime condizioni di alimentazione di quasi tutti i ghiacciai (in diversi casi ai massimi o prossimi ai massimi delle serie storiche) non sono state sufficienti a compensare la fortissima fusione estiva, determinando così bilanci in prevalenza negativi. Le poche eccezioni sono rappresentate dai piccoli ghiacciai ad alimentazione valanghiva, parzialmente o completamente ricoperti di detrito, e collocati in aree caratterizzate da abbondanti precipitazioni, come quelli delle Alpi Giulie, Dolomiti, Orobie. Questo tipo di ghiacciai beneficia maggiormente di annate nevose, come il 2024, e questi fattori hanno determinato il bilancio in pareggio sul Ghiacciaio del Lupo e i bilanci positivi su Alto di Popera, Conca Prevala, Orientale del Canin e Occidentale del Montasio. Piuttosto singolare, sul Ghiacciaio del Lupo, la coesistenza del miglior bilancio invernale e del peggior bilancio estivo dell'intera serie di misura.

**I GHIACCIAI DELLE ALPI
OCCIDENTALI**



GHIACCIAI DELLA BESSANESE E DELLA CIAMARELLA

[PIEMONTE, ITALIA]



I ghiacciai della Bessanese e della Ciamarella si trovano nella Alpi Graie alla testata della Val d'Ala di Stura, che si trova in posizione centrale rispetto alle altre due valli di Lanzo ad essa parallele: la Valle di Viù a Ovest e la Val Grande ad Est.

La loro osservazione da parte del Comitato Glaciologico Italiano è iniziata verso la fine degli anni Trenta del Novecento, si è interrotta nel corso degli anni Quaranta ed è ripresa in modo abbastanza regolare a partire dagli anni Cinquanta. Dagli anni Novanta vengono assiduamente e scrupolosamente monitorati dall'operatore Franco Rogliardo che segue anche molti altri ghiacciai

delle Valli di Lanzo. Dal 2022 si sono affiancati a lui anche i tecnici di ARPA Piemonte. In seguito all'istituzione in quell'anno del Tavolo Tecnico Nazionale "Rischio connesso ai fenomeni di dissesto in ambiente glaciale e periglaciale questa agenzia ha infatti assunto anche il compito di censire e monitorare i corpi glaciali piemontesi (non solo i ghiacciai, ma anche i glacionevati) mantenendo però uno stretto rapporto di cooperazione con la Fondazione Glaciologica Italiana.

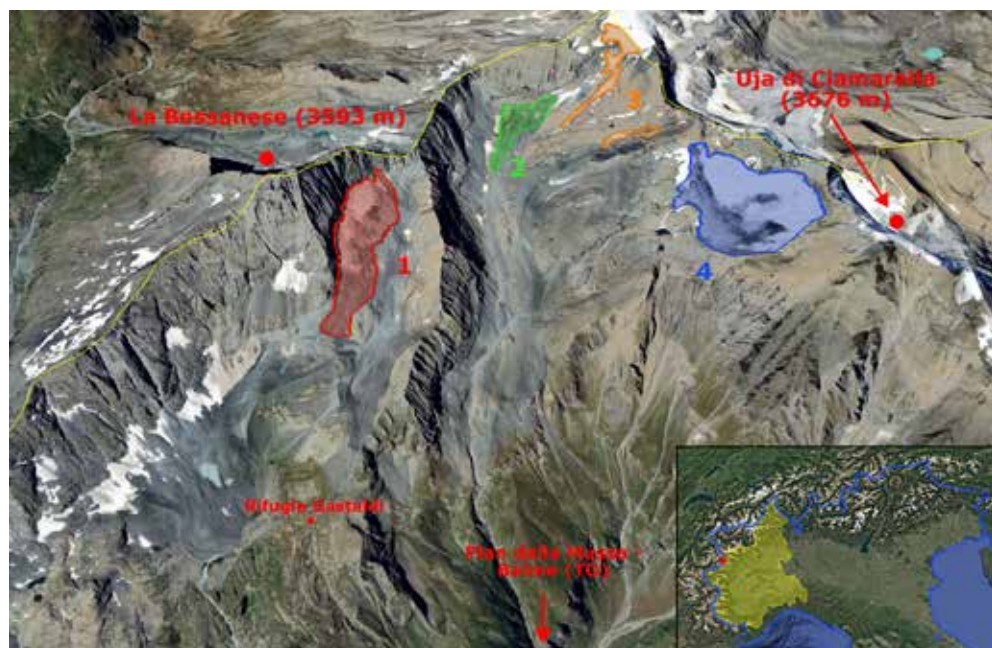
Nel Catasto dei Ghiacciai del Comitato Glaciologico Italiano pubblicato alla fine degli anni Cinquanta, il Ghiacciaio della Bessanese risul-

GHIACCIAIO DELLA BESSANESE

TIPO	MONTANO
FORMA	GHIACCIAIO DI FALDA MONTUOSA
ALIMENTAZIONE	DIRETTA, VALANGHE
ESPOSIZIONE	EST
SUPERFICIE	2,7 HA (2023)
QUOTA MAX BACINO	3593 M (UJA DI BESSANESE)
QUOTA MAX	3190 M
QUOTA MIN	2840 M
ATTIVITÀ	FORTE REGRESSO
MONITORAGGIO	FONDAZIONE GLACIOLOGICA ITALIANA -

GHIACCIAIO DELLA CIAMARELLA

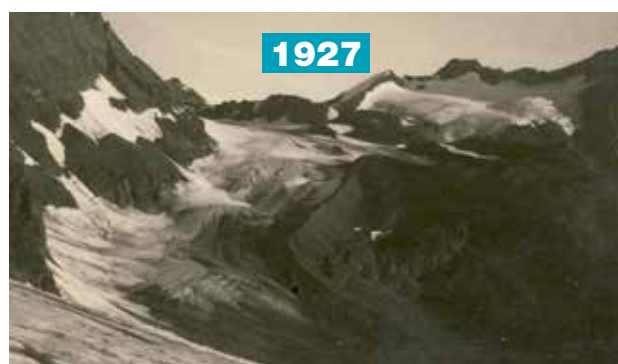
TIPO	MONTANO
FORMA	CIRCO
ALIMENTAZIONE	DIRETTA, VALANGHE
ESPOSIZIONE	VARIA
SUPERFICIE	5 HA (2023)
QUOTA MAX BACINO	3676 M (UJA DI CIAMARELLA)
QUOTA MAX	3420 M
QUOTA MIN	3150 M
ATTIVITÀ	REGRESSO
MONITORAGGIO	FONDAZIONE GLACIOLOGICA ITALIANA -



Il glacialismo alla testata della Valle di Ala di Stura (Valli di Lanzo). 1) Ghiacciaio della Bessanese Settentrionale; 2) Ghiacciaio di Pian Gias; 3) Ghiacciaio di Collerin d'Arnas; 4) Ghiacciaio della Ciamarella. I ghiacciai di Pian Gias e di Collerin d'Arnas sono in disfaccimento e sono di difficile osservazione per via della copertura detritica.



A sinistra, questa fotografia di C. Capello mostra la fronte del Ghiacciaio della Ciamarella nel 1927. La posizione viene evidenziata anche nella veduta panoramica del 2023 a destra (foto di F. Quirico).



Una fotografia del Ghiacciaio della Bessanese (in primo piano) e della Ciamarella (in alto a destra) del 1927 di C. Capello messa a confronto con quella di F. Rogliardo del 2023.

tava avere una estensione superficiale doppia rispetto a quella del Ghiacciaio della Ciamarella (145 ettari contro 70). Settant'anni dopo le proporzioni si sono invertite (2,7 ettari contro 5) perché in questo arco temporale la contrazione del primo è stata molto più intensa di quella del secondo soprattutto sotto l'aspetto planimetrico.

Per spiegare come e perché si sia arrivati a questa situazione è però necessario fare un passo indietro nel tempo.

Nei primi decenni del secolo scorso il Ghiacciaio della Bessanese, oltre ad essere come già detto quello più esteso, aveva anche una morfologia più interessante e articolata rispetto a quel-



La maestosa morena laterale sinistra della lingua principale del Ghiacciaio della Bessanese. Quello in primo piano è il pianoro del “Crot del Ciaussinè”. Alla fine degli anni Venti del secolo scorso, la fronte si trovava pressappoco al centro di questa foto (F. Parizia, 2025).

la piuttosto ordinaria del Ghiacciaio della Ciama-rella, che invece si presentava come un tipico ghiacciaio di circo/versante.

Formava infatti due lingue. Quella che si potrebbe definire secondaria scendeva verso Nordest, lungo l'asse del bacino di alimentazione compreso tra il versante Est della cresta Col-lerin d'Arnas – Uja di Bessanese a destra e la più bassa dorsale Punta Adami – Rocce delle Russelle. Le direttrici delle strutture geologiche del substrato condizionavano invece la direzione di flusso dell'altra lingua, quella più grande, facendola deviare di 60 gradi verso Sud rispetto a quella della prima, in corrispondenza della base dello “Spigolo Murari”, l'evidente contraf-

forte che solca la parete della Bessanese. Fino agli anni Trenta, la fronte di quest'ultima arrivava fino alla piana denominata “Crot del Ciaussinè”, che si estende a Sudovest del Rifugio Gastaldi ad una quota media di 2600 metri. La curvatura della lingua verso destra (orografica) favorì anche la costruzione di una magnifica morena laterale sinistra, che oggi rimane la testimonianza più evidente della trascorsa “età dell'oro” di questo ghiacciaio. Nella seconda metà degli anni Trenta, però, iniziò la fase di ritiro che perdura tutt'ora. La lingua che già “illo tempore” appariva meno pronunciata è scomparsa da tempo. Della grandiosità della seconda non è rimasto che una sorta di propaggine semisommersa dal detrito che



Evoluzione del Ghiacciaio della Ciama-rella nel corso degli oltre trent'anni di monitoraggi dell'operatore Franco Rogliardo (Fondazione Glaciologica Italiana). Le riduzioni di spessore e di area, nonostante appaiano evidenti, non hanno però completamente mutato la morfologia di questo ghiacciaio come invece è accaduto per quello della Bessanese. Le foto del 1990 e del 2005 sono di F. Rogliardo, quella del 2023 è di F. Quirico.



Altre vedute del Ghiacciaio della Bessanese (a sinistra) e della Ciamarella riprese dai tecnici di ARPA Piemonte nel settembre 2023 in occasione del sorvolo per eseguire un rilievo fotogrammetrico (per gentile concessione di ARPA Piemonte).

si estende di poche centinaia di metri verso valle dalla massa di ghiaccio ancora presente nel bacino di alimentazione. Il ritiro rispetto a quando la fronte raggiungeva il Crot del Ciaussinè, quasi un secolo fa, risulta essere di 1,3 chilometri.

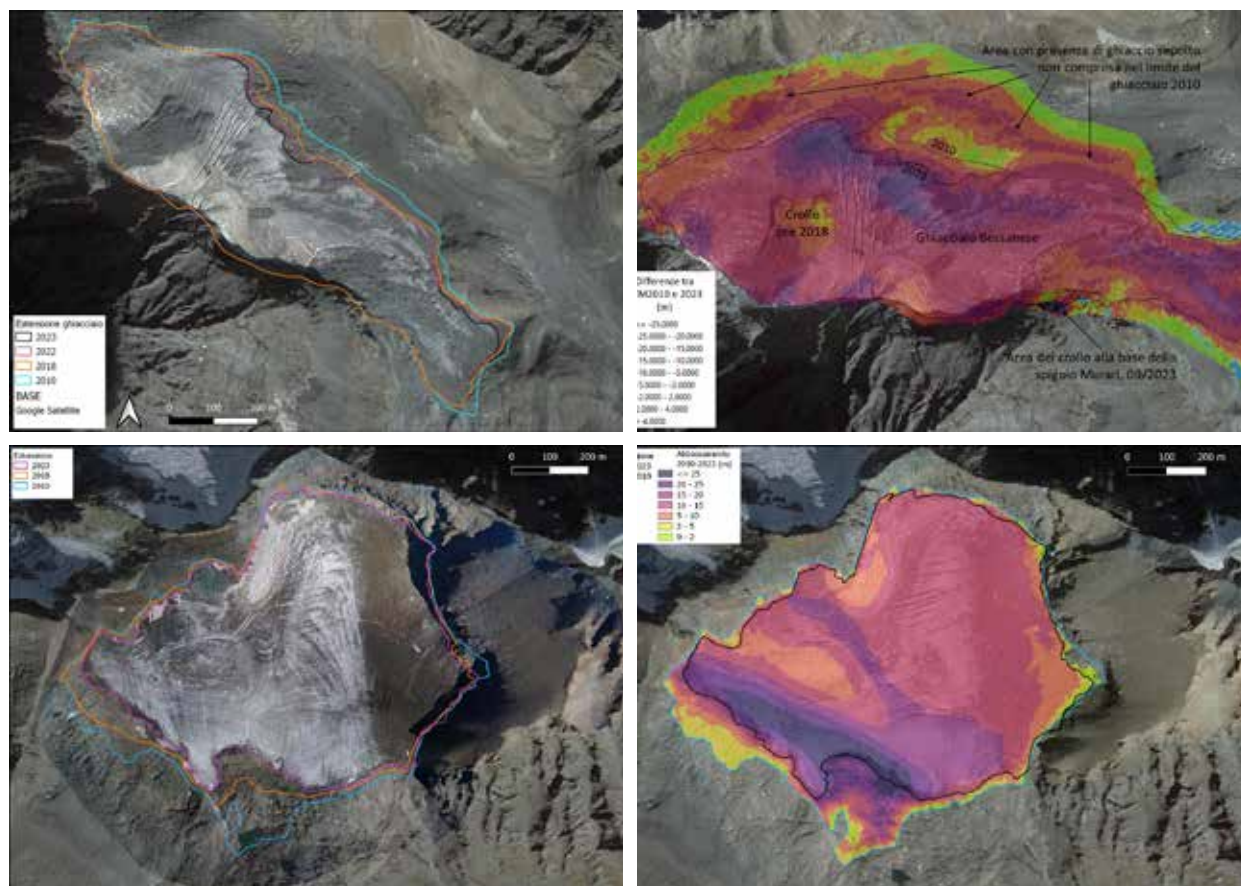
Il Ghiacciaio della Ciamarella, invece, avendo una forma più circoscritta, nel tempo ha sicuramente subito anch'esso una forte diminuzione del suo spessore e della sua superficie, come attestano i dati che verranno esposti più avanti, ma la minor accelerazione con cui questo è avvenuto ha fatto in modo che si potesse arrivare al ribaltamento di quel rapporto areale 1:2 risultante dai dati del Catasto degli anni Cinquanta. Sicuramente un ruolo importante lo ha giocato la differenza di quota media a cui si trovano questi due ghiacciai (3056 il Ghiacciaio della Bessanese e 3296 quello della Ciamarella). Pertanto, si può considerare che fino a quando il clima permetteva l'accumulo di massa glaciale anche al ghiacciaio posto alla fascia altimetrica più bassa, questo, avendo la possibilità di espandersi verso valle, aveva ovviamente anche un'estensione maggiore di quella dell'altro, che invece non aveva meno spazio a disposizione per ampliarsi lateralmente e non arrivava a scendere sul fondo-valle con una seraccata. Questo, però, ha fatto la differenza quando le condizioni non sono più state così favorevoli per via dell'aumento delle temperature e della riduzione delle precipitazioni. Il Ghiacciaio della Bessanese ha quindi sofferto maggiormente delle anomalie climatiche negative e ha subito la drastica riduzione del suo apparato precedentemente descritta. Il Ghiacciaio della Ciamarella invece, per via della quota più

elevata, ha dilazionato maggiormente nel tempo la perdita dello spessore raggiunto al suo ultimo acme consentendo anche alla sua estensione superficiale di ridursi in modo relativamente gradualmente, almeno fino ad un certo punto.

A proposito di bilancio di massa glaciale, per questi due ghiacciai non è mai stato fatto quello glaciologico "tradizionale", che ricorre all'infissione delle paline ablatometriche per valutare la variazione annuale di massa glaciale espressa in termini di millimetri di acqua equivalente (ovvero l'altezza della colonna d'acqua per unità di superficie che si otterrebbe facendo fondere il ghiaccio e la neve persi o guadagnati).

Disponendo delle conoscenze e delle risorse necessarie, negli ultimi anni è però anche possibile ricorrere ad una analisi di bilancio su base geodetica. Questa, sostanzialmente, consiste nel ricavare un modello digitale altimetrico della superficie del ghiacciaio da un rilievo fotogrammetrico eseguito con drone o elicottero. Questo dato può essere quindi messo a confronto con quelli disponibili per le annate precedenti (è possibile ottenerli anche dalle vecchie carte topografiche, purché accurate).

I tecnici dell'ARPA Piemonte hanno quindi compiuto un primo sorvolo nel 2023 e hanno ottenuto i DEM (Digital Elevation Model) dei due ghiacciai per quell'anno. Le differenze tra questi e quelli selezionati dal "dataset" pubblico del 2010 disponibile per l'intera Regione Piemonte sono poi state calcolate per ogni cella corrispondente (i DEM sono essenzialmente dei file raster come le foto digitali ma i loro pixel contengono l'informazione di una quota altimetrica anziché



Gli elaborati grafici realizzati dai tecnici di ARPA Piemonte a partire dal rilievo fotogrammetrico del 2023 che mostrano la distribuzione spaziale delle variazioni di spessore del ghiaccio e la perdita di superficie rispetto alla situazione del 2010 per il Ghiacciaio della Bessanese (in alto) e per quello della Ciamarella (in basso). Per gentile concessione di ARPA Piemonte.

quella che viene interpretata come un certo colore dalla scheda video del computer). Oltre ad elaborare mappe che mostrano la distribuzione spaziale degli abbassamenti della superficie glaciale e le relative entità occorsi in questi tredici anni, è stato anche possibile fornire una stima attendibile delle perdite di volume di ghiaccio nello stesso lasso temporale. Queste corrispondono a 3.875.000 metri cubi (margine di errore di 452.000 m³), con un abbassamento medio di 13 metri della superficie glaciale per il Ghiacciaio della Bessanese e a 8.100.000 metri cubi per il Ghiacciaio della Ciamarella (margine di errore di 1.040.000 m³) e un abbassamento medio superficiale analogo a quello precedente.

Un altro prodotto che si ottiene dal rilievo fotogrammetrico è l'ortofoto dell'area di interesse (una composizione di sequenze di fotografie aeree che viene elaborata per rimuovere distorsioni prospettiche e renderla quindi perfettamente sovrapponibile ad una carta ottenuta da un rilievo topografico). Anche questa può essere compa-

rata con quelle disponibili per gli anni precedenti al fine di determinare le variazioni areali. Sempre in riferimento al periodo 2010-2023, le perdite di superficie sono state di 4,9 ettari per il Ghiacciaio della Bessanese e di 10,9 ettari per quello della Ciamarella. A proposito di questi ultimi dati, si tenga presente che sebbene la riduzione planimetrica del Ghiacciaio della Ciamarella risulti doppia rispetto a quella del Ghiacciaio della Bessanese, nel 2010 l'area del primo era quasi due volte quella del secondo (6,1 ettari contro 3,2). Quindi, nonostante tutto, nel 2023 il rapporto tra le aree dei due ghiacciai è rimasto quasi invariato (5 ettari contro 2,7 come già precedentemente anticipato).

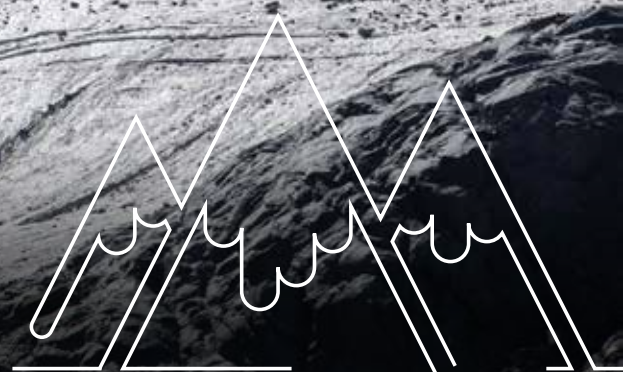
Quali potranno dunque essere gli scenari futuri? Il Ghiacciaio della Ciamarella sopravviverà a quello della Bessanese almeno per qualche tempo? Oppure, se esso arriverà a perdere il suo attuale vantaggio sull'altro, rimarrà a quel punto solo la triste curiosità di sapere quale dei due scomparirà per primo?

I GHIACCIAI DELLE ALPI CENTRALI



GHIACCIAIO DELLA VENTINA

[LOMBARDIA, ITALIA]



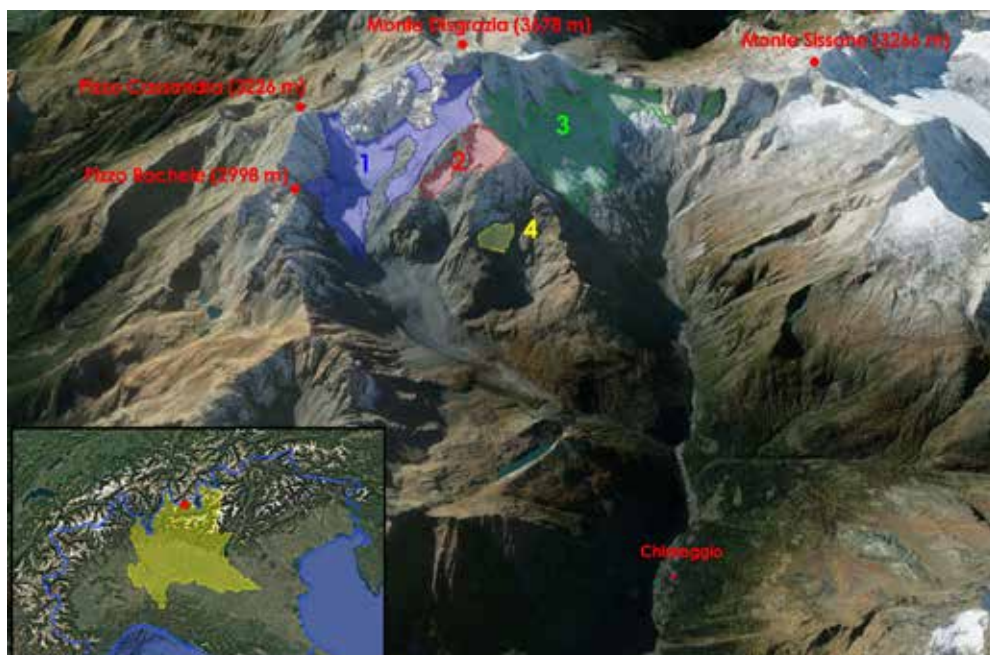
“[...] Perché poi io abbia preferito l'esplorazione del ghiacciaio Ventina è presto detto: [...] è l'unico ghiacciaio del Disgrazia, che più s'accosta alla figura tipica, se per essere tali basti ch'esso abbia uno sviluppo in lunghezza maggiore degli altri tutti e abbia il caratteristico corso di ghiaccio scaricatore del circo, che gli altri non presentano certo così pronunciato [...]” (L. Marson 1897, “Sui ghiacciai del Monte Disgrazia o P.zzo Bello”. Memorie della Società Geografica Italiana, Vol. VI, Pt. Seconda)

Luigi Marson è un insegnante di origini venete che negli anni Novanta dell'Ottocento si trasferisce in Valtellina per lavoro. Durante un'esplorazione al Piz Umbrail, (Valle del Braulio, Bormio) la grandiosità del panorama su molti ghiacciai tra cui quello dei Forni fa scattare l'interesse per la glaciologia. Nel corso degli anni successivi, acquisisce le sue conoscenze consultando letteratura scientifica disponibile all'epoca, prevalentemente prodotta da autori svizzeri, tedeschi e inglesi, seguendo anche i suggerimenti dell'eminente geografo e suo amico Olinto Marinelli. Nella primavera del 1895 il Club Alpino Italiano, per ovviare alla mancanza in Italia di un movimento strutturato di studi dedicati ai ghiacciai del Sud delle Alpi analogo a quella già in corso oltreconfine istituisce la “Commissione per lo studio

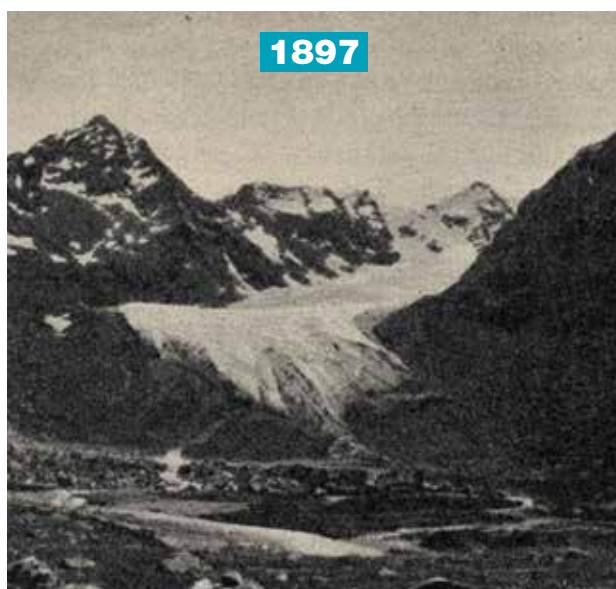
TIPO	MONTANO
FORMA	VALLIVO
ALIMENTAZIONE	DIRETTA, VALANGHE
ESPOSIZIONE	VARIA
SUPERFICIE	1,38 KM2 (2022)
QUOTA MAX BACINO	3678 M (MONTE DISGRAZIA)
QUOTA MAX	3500 M
QUOTA MIN	2370
ATTIVITÀ	FORTE REGRESSO
MONITORAGGIO	SERVIZIO GLACIOLOGICO LOMBARDO

dei movimenti dei ghiacciai” (organismo che dal 1914 si renderà autonomo diventando “Comitato Glaciologico Italiano”) e per l'estate dello stesso anno viene pianificata una prima campagna conoscitiva che raccolga le osservazioni provenienti dai frequentatori della montagna.

Marson, “desideroso di dare il proprio contributo”, pensa subito al Gruppo del Disgrazia, in Alta Val Malenco, per “ragione di opportunità”. Essendo interessato ad istituire una serie di dati che documentino le dinamiche glaciali, tra tutti i ghiacciai del gruppo, va “a colpo sicuro” su quello della Ventina proprio perché, con la sua “forma tipica” – per usare le sue parole – di ghiacciaio vallivo, risulta evidente che sia quello che si



I ghiacciai del versante settentrionale del Monte Disgrazia:
 1) Ghiacciaio della Ventina;
 2) Ghiacciaio del Canalone della Vergine;
 3) Ghiacciaio del Disgrazia;
 4) Ghiacciaio del Pizzo Ventina.



1897



2025

Il ghiacciaio della Ventina nel 1897, fotografato da L. Marson nel corso del suo primo sopralluogo. In questa circostanza verranno istituiti anche i primi segnali glaciologici per il monitoraggio delle variazioni della fronte. A destra, la situazione attuale (foto di S. Perona).



Il magnifico apparato morenico che testimonia la passata grandezza del Ghiacciaio della Ventina (foto di S. Perona, 2025).



La fronte del Ghiacciaio della Ventina fotografata da C. Smiraglia nel 1981 durante il suo studio per stabilire i tempi con cui le dinamiche glaciali reagivano alle variazioni dei forzanti climatici.

presta meglio allo scopo. Le variazioni di posizione della fronte di un ghiacciaio con una lingua che mantiene un marcato sviluppo longitudinale come quello di tipo vallivo sono chiaramente indicative dell'andamento della sua situazione così come la variazione dell'altezza della colonna di mercurio di un termometro ci dice se le temperature si stanno alzando o abbassando.

A Marson si deve dunque l'istituzione dei primi segnali glaciologici del Ghiacciaio del Ventina e le misure prese in riferimento ad essi saranno il fondamento di una serie di dati ultracentenaria.

Nei decenni successivi del Novecento, altre importanti figure del Comitato Glaciologico si succederanno nel ruolo di operatore: Domenico Sangiorgi, Giuseppe Nangeroni, Antonio Riva, Cesare Saibene e Claudio Smiraglia. Dagli anni

Novanta lo svolgimento delle campagne annuali è stato preso in carico dal Servizio Glaciologico Lombardo.

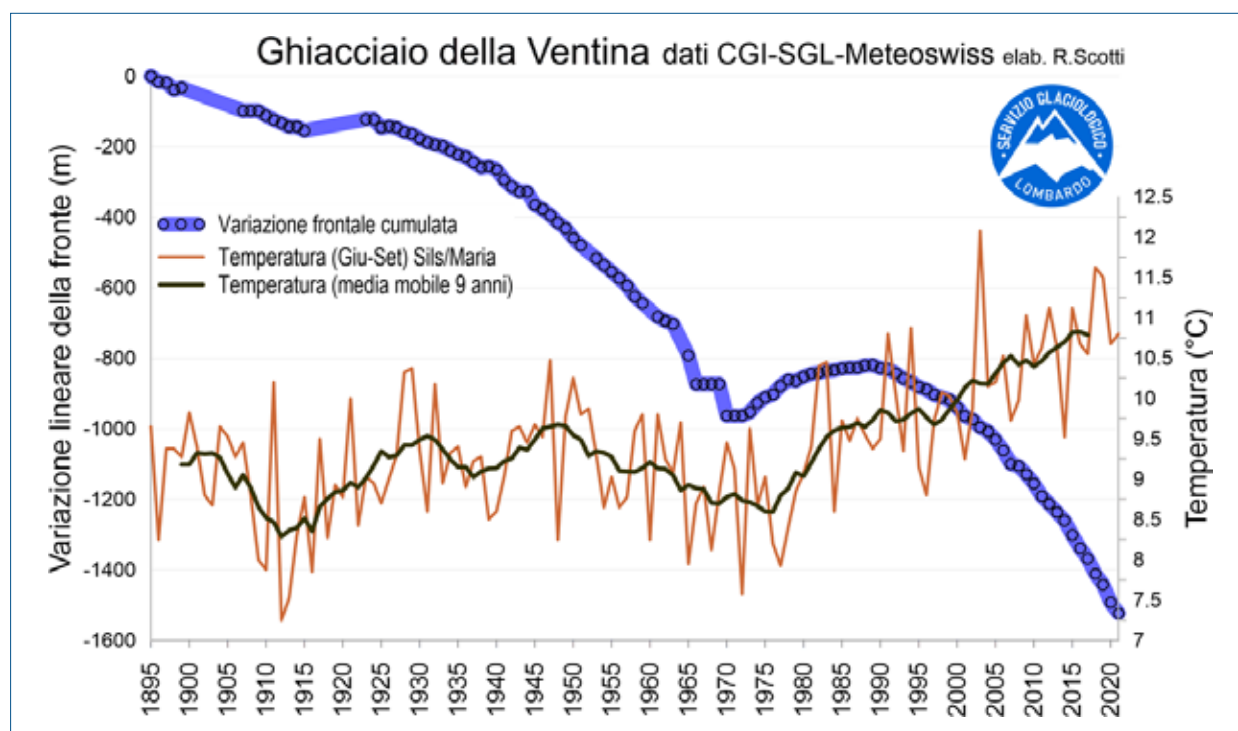
Nel 1983 La disponibilità di una serie di dati che acquista completezza e attendibilità soprattutto dal 1924 consentì inoltre a Smiraglia di intraprendere uno studio volto a determinare il tempo di risposta del ghiacciaio alle sollecitazioni climatiche. Dalle elaborazioni statistiche effettuate sulle variazioni delle misure frontali e quelle di temperatura e precipitazioni annuali fornite dalla stazione meteorologica di Sondrio risultò come il forzante delle temperature fosse molto più condizionante per dinamiche glaciali di quello delle precipitazioni. Si ottenne inoltre che lo scostamento temporale tra i dati di temperatura e di posizione della fronte con cui si aveva il maggior



Confronto fotografico reso possibile dalle immagini scattate durante i monitoraggi annuali dagli operatori del Servizio Glaciologico Lombardo A. Toffaletti e M. Gussoni che illustra efficacemente con quale velocità il ghiacciaio si sia ritirato solamente nell'ultimo decennio (400 metri lineari).

sincronismo tra le variazioni dei primi e quelle dei secondi – il cosiddetto tempo di risposta, appunto – era di 10 anni. Da notare che il momento in cui fu prodotto questo lavoro era particolarmente interessante perché il Ghiacciaio della Venti-

na, dopo essere retrocesso tra il 1924 e il 1970 di 950 metri, si trovava al culmine della fase di espansione che attorno agli anni Ottanta aveva riguardato la maggior parte dei ghiacciai alpini e dal 1973 era avanzato di 100 metri.



Questa elaborazione realizzata da R. Scotti (Servizio Glaciologico Lombardo) evidenzia la correlazione tra l'aumento delle temperature e l'accelerazione del ritiro del ghiacciaio in questi ultimi anni. La convessità che la curva cumulata della variazione lineare della fronte mostra tra la seconda metà degli anni Settanta e la prima degli anni Novanta corrisponde all'ultimo periodo in cui è stata osservata una inversione di tendenza.



La fronte del ghiacciaio risulta ormai troppo esposta ai crolli di roccia provenienti dal versante del Pizzo Rachele. Inoltre, anche il tratto di morena evidenziato contiene ancora molto ghiaccio al suo interno che, fondendo nelle ore più calde, diminuisce imprevedibilmente la stabilità dei blocchi che ingloba. La responsabile presa d'atto di questa situazione da parte dell'operatore ha quindi portato a sospendere le operazioni di misura per la prima volta da oltre un secolo (foto di S. Perona, 2025).

Dalla seconda metà degli anni Ottanta, riprende la fase regressiva che perdura tuttora. Rispetto alla posizione che la fronte aveva quando venne misurata da Marson 130 anni fa, il ritiro attuale è di 1800 metri, dei quali 400 solo negli ultimi dieci anni.

Come già anticipato, Il Servizio Glaciologico Lombardo, a cui fra l'altro si deve la realizzazione del sentiero intitolato a Vittorio Sella per richiamare l'attenzione dei frequentatori della montagna

sulla presenza delle forme del modellamento glaciale e scandire le tappe del ritiro glaciale, si occupa attualmente di eseguire i monitoraggi conferendo i dati anche alla Fondazione Glaciologica Italiana. Purtroppo però il 2025 segna il primo anno in cui l'operatore Mattia Gussoni ha dovuto rinunciare per motivi di sicurezza. L'accelerazione del ritiro e la perdita di spessore del ghiacciaio di questi ultimi anni non hanno di per sé complicato eccessivamente l'accesso alla fronte glaciale, ma



Il Servizio Glaciologico Lombardo ha allestito nel 1992 un sentiero tematico (intitolato a Vittorio Sella) che tramite pannelli illustrativi e segnaletici vuole sensibilizzare i numerosi escursionisti che frequentano la valle sulle testimonianze geomorfologiche lasciate nel corso dell'evoluzione di questo ghiacciaio a partire dalla fine della Piccola Età Glaciale.



Un'immagine scattata dai gestori del rifugio Ventina durante l'evento alluvionale del 27 agosto 2023, i cui effetti sulla Piana della Ventina sono ancora ben visibili nel 2025 (per gentile concessione di G. Lenatti).

lo hanno reso molto più esposto al pericolo costituito dai crolli di roccia provenienti dal versante occidentale del Pizzo Rachele e del rotolamento di blocchi dai fianchi interni delle morene laterali.

Come già accaduto in Valpelline con il Ghiacciaio dello Tza de Tzan nel giugno 2024 (veda si il report della Carovana di quell'anno), pure lo scenario della valle del Ghiacciaio della Ventina è stato recentemente segnato (27 agosto 2023) dagli effetti che si hanno quando le precipitazioni concentrate degli eventi estremi – peraltro sempre più frequenti - cadono su un ambiente in cui

all'inesauribile disponibilità di depositi glaciali da erodere e da mobilitare come trasporto solido dei flussi si aggiunge quella sempre maggiore, negli ultimi anni, dei depositi gravitativi risultanti dalle dinamiche di versante innescate dalla deglaciazione e dalla degradazione del permafrost. La colata detritica che si è innescata nei pressi della fronte ha vistosamente sovralluvionato la piana dell'Alpe Ventina e, raggiungendo il fondo-valle principale, ha distrutto alcuni ponti sul Torrente Malenco nei pressi di Chiareggio.

GHIACCIAIO DELL'ALETSC

[CANTONI BERNA E VALLESE, SVIZZERA]

Il Ghiacciaio dell'Aletsch si trova in Svizzera, nel Canton Vallese ed è il più grande ghiacciaio delle Alpi Europee. Questi i suoi numeri: una superficie che sfiora gli 80 km² (3 volte quella dell'altrettanto celebre Ghiacciaio della Mer de Glace, sul versante francese del Monte Bianco – visitato dalla Carovana dei Ghiacciai durante l'edizione 2024 - e 6 volte quella del Ghiacciaio dell'Adamello, che formalmente è ancora il più esteso ghiacciaio italiano), una lunghezza di 20 km (contro i 13 km della Mer de Glace e i 10 Km del Ghiacciaio del Miage, sul versante valdostano del Bianco, il più lungo dei ghiacciai vallivi italiani). Il volume della sua massa glaciale (lo spessore di questa, in corrispondenza della "Konkordia Platz", la vastissima piana glaciale alla confluenza dei tre principali bacini di alimentazione dalla quale si origina la maestosa lingua valliva, raggiunge gli 800 metri), viene stimato attorno ai 12 chilometri cubi e rappresenta da solo più del 20% del volume complessivo di tutto il ghiaccio presente sulle Alpi Svizzere.

La sua eccezionalità ha fatto sì che fosse oggetto di osservazioni già a partire dalla seconda metà del XIX secolo. Sul portale di GLAMOS, l'ente federale svizzero deputato al monitoraggio dei ghiacciai sono pubblicate le serie di dati relative alle variazioni frontali (a partire dal 1870) e ai bilanci di massa (dai primi anni del secolo scorso).

TIPO	HIMALAYANO
FORMA	VALLIVO
ALIMENTAZIONE	DIRETTA, VALANGHE
ESPOSIZIONE	SUDEST
SUPERFICIE	78,49 KM ² (2017)
QUOTA MAX BACINO	4156 M (JUNGFRAU)
QUOTA MAX	4120 M
QUOTA MIN	1610 M
ATTIVITÀ	REGRESSO
MONITORAGGIO	GLAMOS – GLACIER MONITORING SWITZERLAND

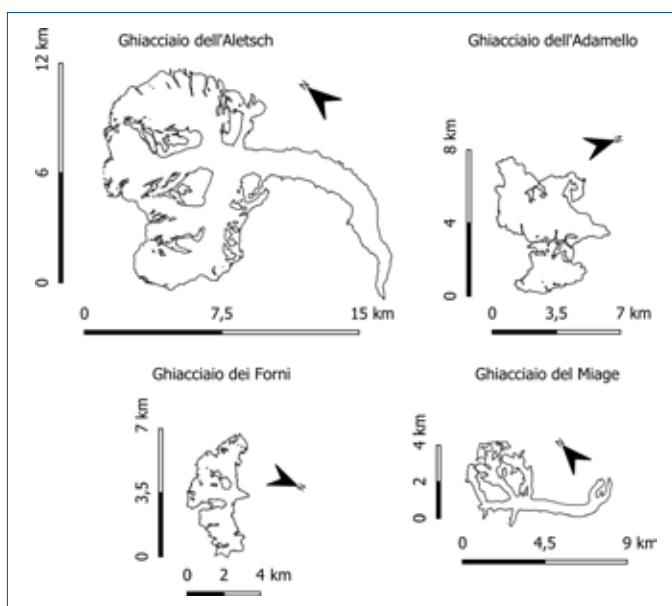
so). I 155 anni di misurazioni della prima documentano che la fronte del ghiacciaio si è ritirata di 3,3 km mentre dalla cumolata delle letture della rete di paline ablatometriche (aste graduate infisse nel ghiaccio per misurare le variazioni verticali della superficie) contenute nella seconda risulta che dal 1915 l'Aletsch ha perso una sessantina di metri di acqua equivalente (si ricorda che questa misura rappresenta l'altezza della colonna d'acqua per unità di superficie del ghiacciaio che si otterrebbe facendo fondere il ghiaccio e la neve risultante dal bilancio annuale tra le "entrate" apportate dalle precipitazioni invernali le perdite dovute alla fusione estiva). L'abbassamento



L'Aletsch, il più grande ghiacciaio delle Alpi, si trova nel Canton Vallese in Svizzera. Fanno parte del suo bacino idrografico anche i ghiacciai del Mittelaletsch ("Aletsch di mezzo") e dell'Oberaletsch ("Aletsch di sotto"). Nell'inquadratura è indicata anche la vicina Lötschental in cui è avvenuta la grande frana che ha distrutto il villaggio di Blatten.



La classica veduta dal belvedere del Moosfluh del tratto finale della lingua valliva del Ghiacciaio dell'Aletsch. La "Konkordiaplatz", la grande piana glaciale da cui la lingua fluisce, si trova 10 chilometri più a monte, oltre la curva sullo sfondo.



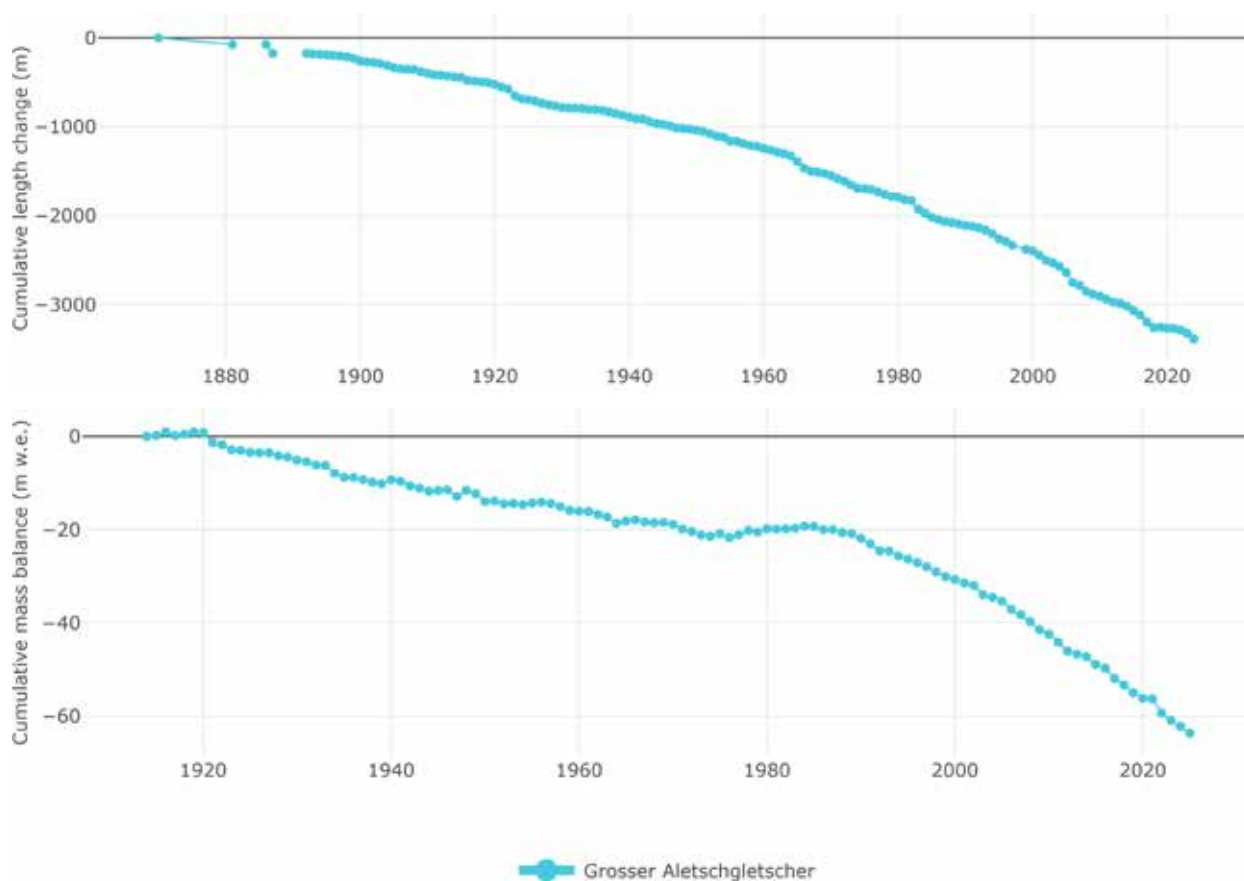
Una comparazione tra le dimensioni del Ghiacciaio dell'Aletsch, e quelle dei tre maggiori ghiacciai italiani: L'Adamello, il Ghiacciaio dei Forni in Alta Valtellina e il Ghiacciaio del Miage in Valle d'Aosta (Monte Bianco).

del ghiacciaio rispetto alla situazione al termine della PEG risulta evidente anche osservando il dislivello tra le linee delle morene risalenti all'ultima massima espansione glaciale, ancora ben visibili sul versante destro della valle e l'attuale superficie del ghiacciaio.

In conseguenza di questa importante contrazione volumetrica della lingua un'ampia fascia dei fianchi della valle non si è più trovata a dover sostenere l'enorme spinta idrostatica esercitata dal ghiaccio. Soprattutto sul versante sinistro, nel tratto tra il Riederhorn e l'Eggishorn (quello su cui ci si affaccia dal celebre punto panoramico del Moosfluh) la decompressione degli ammas-

si rocciosi ha innescato un esteso processo di deformazione gravitativa con l'apertura di vistosi sistemi di fratture trasversali beanti, anche molto profonde. Questa situazione rappresenta sicuramente un rischio per l'intensa frequentazione turistica della zona e viene pertanto costantemente monitorata

Se in tutto l'Arco Alpino anche molti dei corpi glaciali più piccoli, come i glacionevati, continuano ad essere osservati per valutare il loro contributo in quanto risorsa idrica, è facile immaginare quale possa essere la rilevanza del Ghiacciaio dell'Aletsch per l'idrologia del Vallese e di tutta la Valle del Rodano, ora come nel passato. Tra le



I grafici interattivi delle cumulate delle variazioni frontali della lingua (ritiro di 3 km in 155 anni di misurazioni) e del bilancio di massa (60 metri di acqua equivalente persi in 110 anni) sono disponibili sulla piattaforma di [GLAMOS](#), l'ente svizzero deputato allo studio e alla osservazione dei ghiacciai.



Confronto tra un'immagine del 1938 di H. Kreb (fonte E-Pics Image Archive, ETH Library) ed una del 2025 (S.Perona). La linea tratteggiata blu indica il livello a cui scorreva il ghiacciaio 87 anni prima (il dislivello è di un centinaio di metri).

fonti storiche che sono state consultate dai ricercatori per la ricostruzione delle fluttuazioni storiche del ghiacciaio nell'ultimo millennio ci sono infatti quelle relative alla costruzione e alla manutenzione delle ardite canalizzazioni che portavano l'acqua sul versante sinistro della Fiescher-tal, quello su cui si trovano i paesi di Riederalp e Bettmeralp. Le comunità ora vivono in gran parte

di turismo ma fino alla metà del secolo scorso le uniche risorse erano quelle dell'allevamento e dell'agricoltura di montagna. Sebbene l'esposizione sud-est consentisse condizioni più miti, il microclima locale, molto più arido di quello che a solo ad una ventina di chilometri di distanza consentiva gli enormi accumuli nevosi alle testate dei bacini alimentatori dell'Aletsch, richiedeva ne-



Per via della decompressione anelastica del substrato roccioso non più sottoposto alla enorme spinta idrostatica del ghiacciaio, il versante sinistro della valle, soprattutto nel tratto compreso tra i rilievi del Riederhorn e dell'Eggishorn è soggetto ad una intensa deformazione gravitativa che si manifesta in superficie con la presenza pervasiva di sistemi di fratture, trincee trasversali e contropendenze. Il fenomeno viene costantemente monitorato.



Gli arditi tracciati delle canalizzazioni— “les bisses” (in Svizzera vengono spesso indicate con il nome francese, ma si usano anche altri vocaboli in lingua tedesca) - che sono state approntate fin dal Medioevo per portare l’acqua di fusione dei ghiacciai dove ve n’era più bisogno testimoniano che l’importanza di questa risorsa era tale da valere il prezzo di fatiche immani e spesso rischi mortali per la loro realizzazione e manutenzione presso le comunità montane. Oggi molte di esse, pur avendo perso la funzione originaria, sono state riconvertite in percorsi escursionistici (fonte delle immagini: Sito “[Les bisses du Valais](#)”).

cessariamente un sistema di irrigazione che garantisca acqua per l’erba dei pascoli e per le coltivazioni. Dagli archivi emergono storie di fatiche immani e pericoli costanti per la costruzione e le corvée di mantenimento di queste opere (in alcuni tratti fiancheggianti pareti di roccia, le canalizzazioni venivano realizzate con tronchi scavati che venivano posati su cenge esposte o impalcature sospese nel vuoto, spesso senza nessun

accorgimento di sicurezza) e di conflitti per il controllo della risorsa idrica. Quei tempi sono passati, ma l’acqua dell’Aletsch continua ad essere di primaria importanza sia a livello regionale per poter continuare a soddisfare le crescenti esigenze dello sfruttamento turistico dell’area, sia a livello nazionale considerando che in Svizzera, nel 2024, il 59,5% dell’energia elettrica è stato prodotto con gli impianti idroelettrici. Diventa quin-

di altrettanto importante cercare di capire quale possa essere l'evoluzione del ghiacciaio almeno per il resto di questo secolo. Per questo motivo, è stato realizzato un modello "allo stato dell'arte" (la prima versione del 2011 è stata aggiornata nel corso dell'anno di questo report) che – in estrema sintesi – prevede quali possano essere le dinamiche della massa glaciale dal presente fino al 2100 per i diversi contesti climatici degli scenari climatici RCP ([Jouvet et al. 2025, Modelling the retreat of Grosser Aletschgletscher, Switzerland, in a changing climate](#)).

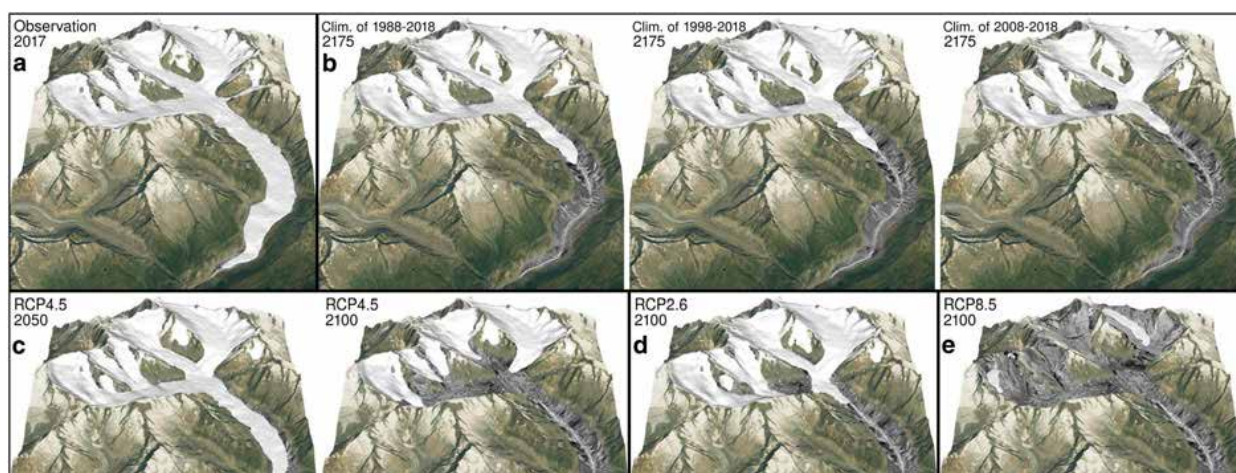
I risultati dicono che fino al 2050 la situazione attesa è sostanzialmente la stessa anche al variare degli scenari RCP: riduzione del 41% del volume del ghiaccio, 17% di riduzione dell'area e del 26% della lunghezza (rispetto alle condizioni del 2017). Questo perché un ghiacciaio grande come l'Aletsch ha una forte inerzia nel rispondere ai cambiamenti climatici e pertanto, a metà secolo, il suo comportamento risulterebbe ancora condizionato dalla situazione climatica attuale e gli effetti le variazioni dei forzanti climatici previsti dagli scenari RCP non avrebbero ancora avuto tempo di manifestarsi pienamente.

Molto più diversificate invece le previsioni per il 2100 in base all'aumento della temperatura media ipotizzato.

con RCP4.5 – aumento di temperatura dai 2 ai quattro gradi, la riduzione del volume di ghiacciaio potrebbe essere del 75% (del 62% nella simulazione più conservativa, del 92% in quella meno conservativa) l'Aletsch perderebbe completamente la sua lingua e rimarrebbe ghiaccio solo al di sopra dei 3000 metri

Con lo scenario RCP2.6 (quello più vicino agli accordi di Parigi), si arriverebbe (sempre al 2100) al 57% di riduzione del volume di ghiaccio, 31% dell'area e 56% della lunghezza. Sebbene queste proiezioni non possano certo essere definite molto più confortanti, in base ad esse l'Aletsch riuscirebbe perlomeno a mantenere ancora una parvenza della sua lingua principale potendo così essere ancora definito un ghiacciaio di tipo vallivo.

Come risultato della modellazione sulla base dello scenario RCP8.5 (aumento medio della temperatura dai 4 agli 8 gradi) non vengono più indicate le percentuali attese di riduzione della superficie, di volume e della lunghezza rispetto al presente come negli altri due casi semplicemente perché di tutto ghiacciaio rimarrebbero solo alcuni ridotti glacionevati alle quote più elevate. In altri termini, l'Aletsch sarebbe da considerare prossimo all'estinzione.



Elaborazioni grafiche prodotte dalla modellizzazione del ritiro del Ghiacciaio dell'Aletsch e della sua situazione a fine secolo in base a differenti scenari climatici: a) situazione del 2017; b) risultati delle simulazioni ipotizzando che le condizioni climatiche non varino rispetto a quelle osservate tra il 1988 e il 2018 (30 anni), il 1998 e il 2018 (20 anni) e tra il 2008 e il 2008 (10 anni). Per ciascuno di questi tre scenari climatici la simulazione del ritiro del ghiacciaio viene fatta proseguire fino a quando l'area raggiunge una situazione di equilibrio e rimanga stabile nonostante lo scorrere del tempo. Secondo il modello, questo avverrebbe nel 2175. La finalità è quella di valutare se e come le condizioni climatiche degli ultimi dieci anni che sono state caratterizzate da una accelerazione degli eventi estremi rispetto al passato possano fare la differenza quanto a effetti sulle dinamiche del ghiacciaio rispetto a quelle dei periodi di 20 e 30 anni in cui gli eventi estremi risultano più diluiti nel tempo; c) situazioni con scenario climatico RCP4.5 (aumento di temperatura dai 2 ai 4 gradi) nel 2050 e nel 2100; d) situazione con scenario climatico RCP2.6 (Accordi di Parigi) nel 2100; e) situazione con scenario climatico RCP8.5 (aumento di temperatura dai 4 agli 8 gradi) nel 2100. Fonte: [Jouvet et al. 2025](#)

GHIACCIAI DELLA ZUGSPITZE

[BAVIERA, GERMANIA]



Nelle Alpi Bavaresi, in Germania, sono rimasti 5 corpi glaciali, di cui solo due mantengono ancora lo “status” di ghiacciai, essendo gli alti tre delle placche di ghiaccio di estensione e volume ridottissimi. Si consideri infatti che nel Secondo Rapporto sui Ghiacciai Bavaresi ([Bayerischer Gletescherbericht 2021](#)) emesso dall'Accademia delle Scienze Bavarese e dal Ministero per l'ambiente e la tutela dei consumatori bavaresi la somma di tutte le loro superfici arrivava appena a 0,5 km²

Delle tre montagne che ancora ospitano queste “presenze” glaciali – a Sudovest, nella catena del Wetterstein nei pressi di Garmisch-Partenkirchen, la Zugspitze, la più alta vetta della Germania, con i ghiacciai Höllentalferner, Schneeferner Settentrionale e la placca residua dello Schneeferner Meridionale e a Sudest, nelle Alpi del Berchtesgaden, le cime di Hochkalter (glacionevato del Blaueis) e di Waltzmann (glacionevato omonimo) la prima è sempre stata quella più rilevante.

Infatti, a metà del XIX secolo, i ghiacciai della Baviera coprivano ancora una superficie di poco superiore ai quattro chilometri quadrati, di cui il 75% era rappresentato da quella del solo Ghiacciaio Plattachferner sulla Zugspitze. Plattachferner era il nome con cui era chiamato l'esteso ghiacciaio unitario che ancora alla fine della Piccola Età Glaciale che occupava la testata della

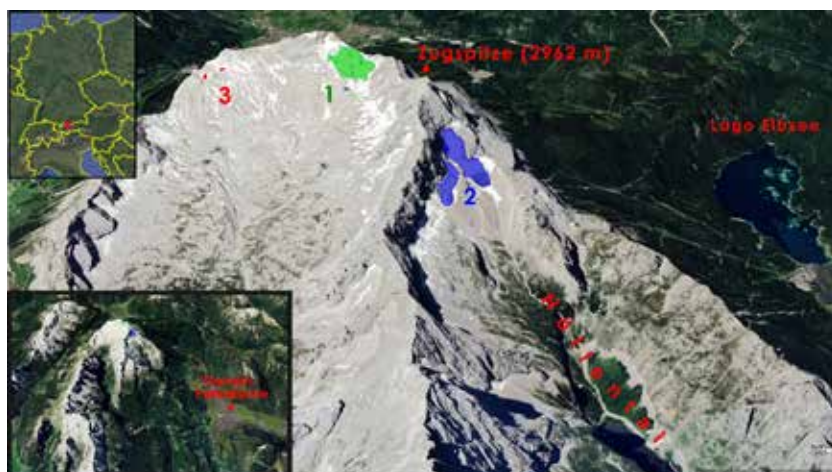
GHIACCIAIO SCHNEEFERNER SETTENTRIONALE

TIPO	MONTANO
FORMA	CIRCO
ALIMENTAZIONE	DIRETTA
ESPOSIZIONE	VARIA
SUPERFICIE	16,1 HA (2018)
QUOTA MAX BACINO	2962 M (ZUGSPITZE)
QUOTA MAX	2700 M
QUOTA MIN	2600 M
ATTIVITÀ	FORTE REGRESSO

GHIACCIAIO HÖLLENTALFERNER

TIPO	MONTANO
FORMA	CIRCO
ALIMENTAZIONE	DIRETTA, VALANGHE
ESPOSIZIONE	VARIA
SUPERFICIE	16,7 HA (2018)
QUOTA MAX BACINO	2962 M (ZUGSPITZE)
QUOTA MAX	2560 M
QUOTA MIN	2240 M
ATTIVITÀ	REGRESSO

Valle di Reintal, (la più meridionale delle due che scendono quasi parallelamente dalla montagna verso Est – la seconda, anch'essa con il proprio



I ghiacciai della Zugspitze (in Baviera sul confine con l'Austria), la più alta montagna della Germania. 1) Ghiacciaio Schneeferner Settentriionale; 2) Ghiacciaio Höllentalferner; 3) Placche di glacionevato relitte del Ghiacciaio Schneeferner Meridionale.



In alto, una delle prime rappresentazioni cartografiche del Ghiacciaio Plattachferner della Zugspitze, eseguita nel 1820 dal cartografo militare Josef Naus. In basso, un'immagine dello stesso ghiacciaio nel 1890 di S. Finsterwalder. Dopo la progressiva frammentazione durante i primi decenni del Novecento, i settori alla destra e alla sinistra orografica del rilievo centrale, la Schneefernerkopf (2874 m) prenderanno rispettivamente il nome di "Schneeferner Meridionale" e "Schneeferner Settentriionale".



Vista verso la Zugspitzeplatt ("piana della Zugspitze") dalla terrazza della stazione di arrivo della funivia in cima alla montagna. La conca ospita uno dei più vecchi e frequentati comprensori sciistici della Germania. Quello a destra nella foto è il Ghiacciaio Schneeferner Settentriionale. Evidenziata a sinistra l'area un tempo occupata dal Ghiacciaio Schneeferner Meridionale, di cui restano solo due ridottissime placche di ghiaccio spesse meno di 2 metri. La piccola "macchia" bianca visibile corrisponde come posizione ad una di esse ma è in realtà è la rimanenza di accumulo di neve messo precedentemente da parte per gli interventi di manutenzione delle piste da sci (tecnica dello "snow farming") che si conserva più a lungo grazie alla sua base di appoggio naturalmente refrigerata (foto S. Perona, 2025).



L'ambiente in cui si trova il Ghiacciaio Schneeferner Settentrionale è soggetto ad un marcato impatto antropico da quasi un secolo. Risale infatti al 1930 la costruzione dei primi impianti e delle piste da sci sulla "Zugspitzeplatt". Nelle due immagini, la situazione di questo ski-lift testimonia contrazione volumetrica in atto. I tralicci sono ormai quasi tutti "appesi" ai cavi perché la loro altezza progettata per un contesto risalente a molti anni addietro non riesce più a compensare l'abbassamento per fusione di quello che era il loro piano di appoggio (foto D. Fricano, 2025).



Vista sul versante meridionale della Zugspitze dal bordo del Ghiacciaio Schneeferner Settentrionale. L'edificio scuro a metà del pendio (dettaglio a destra) è la "Schneefernerhaus", un ex-hotel riconvertito dopo il 1990 in un moderno centro di ricerca, all'avanguardia in particolare per gli studi del permafrost negli ammassi rocciosi. In alto nella foto, la stazione di arrivo della funivia che collega Garmish-Partenkirchen con la vetta della Zugspitze. In basso a destra, l'altra stazione di Sonn-Alpin che, fino al 2006, era ancora quasi raggiunta dalla lingua formata dal ghiacciaio, ora scomparsa (foto S. Perona, 2025).

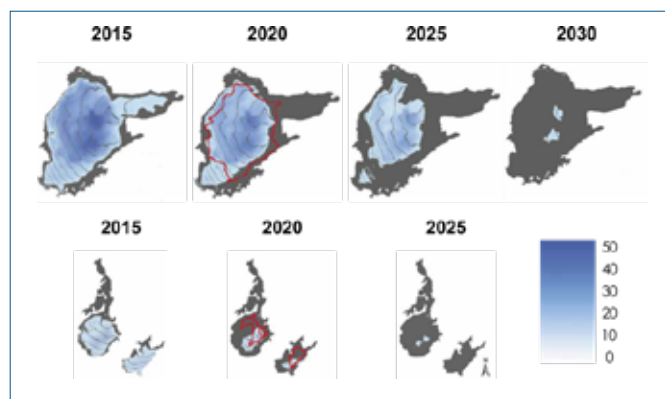
ghiacciaio, è quella di Höllental). Questo, per effetto della deglaciazione in corso tra il 1920 e il 1950, si frammentò progressivamente in tre parti che divennero i ghiacciai dello Schneeferner Meridionale, Settentrionale e Orientale.

Sebbene risulti che tra il 1949 e il 2018 la superficie complessiva glacializzata della Baviera sia diminuita di quasi due terzi passando da 120 a 45 ettari, tra la fine degli anni Cinquanta del Novecento e il 1980 si è ancora verificata una fase di espansione. Il Ghiacciaio dello Schneeferner Meridionale è quello che, per la Zugspitze, ne ha beneficiato di più ma, paradossalmente, è quello che ha poi risentito maggiormente della successiva ripresa delle condizioni sfavorevoli arrivando a perdere, già nel 2018, il 94% del volume che aveva raggiunto 38 anni prima. La situazione attuale, sempre rimanendo sulla Zugspitze, è la seguente: due corpi glaciali che possono ancora essere definiti ghiacciai, anche se entrambi con

una superficie di 16 ettari - lo Schneeferner Settentrionale e l'Höllentalferner (che però si trova alla testata della Valle di Höllental, a meno di un chilometro e mezzo a Nordest del primo) – ed il misero relitto di quello che era lo Schneeferner meridionale, ormai non più grande di un campo da calcio e con uno spessore del ghiaccio di un paio di metri. Il sopraccennato Ghiacciaio dello Schneeferner Orientale si è invece estinto nel corso dei primi anni 2000.

Nel 2010 sono state fatte analisi modellistiche sulla possibile evoluzione dei due ghiacciai Schneeferner Settentrionale e Meridionale. In linea generale, queste simulazioni sono il risultato dell'interazione di varie componenti per la modellizzazione nel tempo di ciascuna delle variabili in gioco: la variazione dello spessore del ghiaccio, il movimento della massa glaciale e ovviamente il clima

Interessante notare come lo scenario previsto



L'evoluzione dei ghiacciai dello Schneeferner Settentriale (sopra) e dello Schneeferner Meridionale (sotto) ottenuta con una modellizzazione realizzata nel 2010. Le aree in grigio scuro sono quelle del 2006 mentre i limiti in rosso sono quelli effettivamente rilevati rispetto a quelli predetti dal modello. Nel 2030, dello Schneeferner Settentriale potrebbe rimanere ancora qualche ridottissima placca di ghiaccio. Situazione analoga, quindi, a quella attuale dello Schneeferner Meridionale che per quella data sarà invece già completamente estinto (Fonte: ["Bayerischer Gletscherbericht 2021 - Accademia Bavarese delle Scienze"](#)).



Nell'immagine a sinistra del Ghiacciaio Höllentalferner di S. Finsterwalder (fine del XIX secolo) e in quella a destra (recente) del Ghiacciaio del Montasio in Friuli si può notare la stessa condizione che permette loro di resistere pur trovandosi interamente a quote molto basse (al di sotto dei 2500 metri il primo e dei 2000 metri il secondo): la posizione incassata alla base di un'alta parete di roccia che protegge dall'irraggiamento solare diretto, e da cui provengono le valanghe che contribuiscono significativamente alla loro alimentazione e il detrito che va a ricoprire il ghiaccio preservandolo dalla fusione quando non c'è più neve.



In alto il ghiacciaio dell'Höllentalferner in una foto del 2018 di C. Mayer. Il suo apparato morenico è quello più sviluppato e definito di tutti ghiacciai bavaresi.

per 2025 corrisponda abbastanza bene alla situazione che la "Carovana" ha potuto osservare nel corso della tappa. Se si tiene quindi ancora fede all'accuratezza predittiva del modello, nel 2030 lo Schneeferner Settentriale si troverà nelle condizioni attuali dello Schneeferner Meridionale (quindi una o due placchette di area e

spessore insignificanti quasi completamente sepolte dalla copertura detritica) mentre dello Schneeferner Meridionale non ne rimarrà più traccia.

Anche se non è stato fatto uno studio analogo sull'altro "vero" ghiacciaio della Zugspitze, l'Höllentalferner, è plausibile ipotizzare che questo possa sopravvivere ancora per qualche anno allo Schneeferner Settentriale andando così a diventare l'ultimo dei ghiacciai tedeschi. Questo "surplus" di resistenza gli viene conferito dagli stessi fattori che hanno permesso anche al Ghiacciaio del Montasio, in Friuli (una delle "vecchie conoscenze" della Carovana) di diventare un caso a sé nel contesto glaciologico italiano: un'esposizione a Nordest più favorevole di quella a Est dello Schneeferner e la posizione ai piedi di alte pareti di roccia verticali che offrono protezione dall'irraggiamento solare e una consistente alimentazione da valanga che integra quella ancora generalmente abbondante dovuta alle nevicate invernali.

I GHIACCIAI DELLE ALPI ORIENTALI



GHIACCIAIO DELL'ADAMELLO

[LOMBARDIA - TRENTINO, ITALIA]



Il Ghiacciaio dell'Adamello è già stato un protagonista di tappa della Carovana dei Ghiacciai nel 2023. Si rimanda quindi alla relativa [scheda del report di quella edizione](#) (la quarta) per quanto riguarda i cenni della sua storia a partire dal XIX secolo.

Per questa “anteprima” della Carovana 2025 verrà fatto un riassunto della situazione trovata due anni fa e un aggiornamento sulla sua evoluzione più recente.

Nel corso della precedente escursione, il team della Carovana, accompagnato dagli operatori glaciologici della SAT, aveva potuto raggiungere la fronte del Ghiacciaio del Mandrone. Si ricorda che il Ghiacciaio dell'Adamello viene definito come un “ghiacciaio di altipiano” perché è (anche se sarebbe più appropriato dire “era”) costituito da un vasto e pianeggiante bacino di accumulo con effluenze sia verso le valli lombarde, sia verso il Trentino. Inoltre, già nella precedente scheda era stata chiarita la questione relativa alla toponomastica che può disorientare i “non addetti ai lavori”. In questi ultimi decenni la denominazione “Ghiacciaio dell'Adamello” fa riferimento a tutto l'apparato glaciale formato dall'insieme del bacino di alimentazione e dalle lingue da questo generate. Nel Catasto pubblicato dal Comitato Glaciologico Italiano negli anni Cinquanta/Sessanta, invece, ciascuno dei settori era stato inventariato

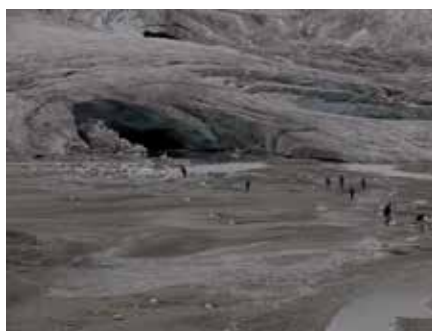
NUMERO CATASTO C.G.I.	600, 603, 604, 609, 639
TIPO GHIACCIAIO	MONTANO
FORMA	DI ALTOPIANO CON LINGUE RADIALI
ALIMENTAZIONE	DIRETTA
ESPOSIZIONE	NE (FRONTE DEL MANDRONE)
SUPERFICIE (2022)	14 KM2
MONITORAGGIO	SAT - SOCIETÀ ALPINISTI TRIDENTINI

separatamente indicandolo con il toponimo con cui era già precedentemente noto, oppure con quello della vallata di pertinenza. Pertanto, il bacino di alimentazione era il “Pian di Neve” e le lingue drenanti verso la Lombardia diventavano i ghiacciai Adamè, Salarno e Miller, mentre la lingua che si affaccia sulla trentina Val di Genova era nota (e lo è ancora adesso) come Ghiacciaio del Mandrone. Quest'ultima è sempre stata la più importante e attualmente è rimasta l'unica in quanto le altre lingue verso la Lombardia sono pressoché scomparse.

Sempre rimanendo alla lingua dell'Adamello – Mandrone, nella data dell'Anteprima della Carovana di quest'anno non si sarebbe potuta ripetere l'escursione del 2023 in quanto la grande



Il massiccio dell'Adamello e i suoi Ghiacciai. Le valli di Genova e di Fumo si trovano in territorio trentino, in quello lombardo le valli di Fumo, di Adamè e di Salarno. Il Ghiacciaio dell'Adamello, il più grande dell'Arco Alpino italiano, viene considerato come una singola unità mentre nel Catasto del Comitato Glaciologico Italiano (primi anni Sessanta) erano schedate separatamente le suddivisioni (più convenzionali che fisiche) corrispondenti alle diverse direzioni con cui il ghiaccio fluiva dall'altipiano principale verso le valli radiali: Pian di Neve (il bacino di alimentazione principale), Mandrone (verso la Val di Genova), Adamè, Salarno e Miller alle testate delle valli omonime.



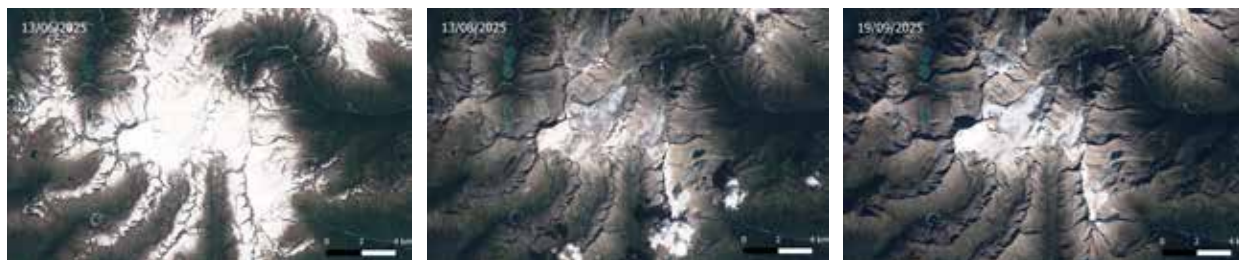
A sinistra e al centro, la fronte del Mandrone come si presentava nel 2023, con la piana proglaciale in condizioni tali da poter essere attraversata per raggiungere la fronte del ghiacciaio. (foto di S. Perona). A destra, nella foto scattata dal Passo Presena il 2 agosto 2025, in occasione dell'Anteprima della Carovana dei Ghiacciai, la piana appare allagata. Pur con i limiti dovuti alla risoluzione dell'ingrandimento, è possibile notare che le strutture di collasso visibili nelle due foto del 2023 si sono ulteriormente evolute fino ad intercettarsi e a formare una sorta di fiordo che biseca la fronte della lingua (foto di E. Andreotti).



Le immagini satellitari Sentinel 2, nonostante la loro risoluzione di 10 metri del pixel a terra, permettono comunque di apprezzare visivamente come la lingua nel settembre 2025 appaia più disgregata rispetto all'agosto 2024 (nell'immagine a destra sono stati evidenziati i due limiti frontali: in rosso quello del 2023 e in giallo quello del 2025).

piana proglaciale che nella precedente occasione era stato possibile attraversare per raggiungere la fronte - allora erano presenti solo pozze

d'acqua isolate e sulle distese di limo circostanti, pur essendo ancora molto umide, era possibile camminare senza che il piede sprofondasse



Tre fasi dell'estate 2025 per i ghiacciai dell'Adamello (quello a destra - Est - del Ghiacciaio dell'Adamello - Mandrone è il Ghiacciaio della Lobbia e quello che si allunga verso Sud è il Ghiacciaio di Lares) nelle immagini Sentinel 2: al 13 giugno l'innevamento è ancora ottimo a tutte le quote e anche la fronte del Mandrone risulta ancora completamente coperta. Al 13 Agosto la neve era presente solo al di sopra dei 3000 metri mentre al 19 settembre le prime nevicate di fine estate sembrano aver posto fine alla fusione sulla maggior parte delle superfici glaciali, ma le fronti continuano ad essere scoperte.

troppo - dal belvedere del Passo Presena appariva completamente allagata. Il tratto terminale della lingua del Mandrone, in effetti, è il settore che negli ultimi anni mostra maggiormente una rapida e drammatica evoluzione.

L'acqua che circonda la fronte erodendola durante i cicli di inondazione dalla piana e soprattutto l'apertura di grandi finestre circolari sul pendio di ghiaccio soprastante che lasciano affiorare estesamente il substrato roccioso, dovuta in gran parte all'incremento della portata del reticolo idrico subglaciale, stanno accelerando esponenzialmente la disgregazione di questo settore. Fra l'altro, anche per gli operatori glaciologici sta diventando sempre più complicato misurare accuratamente il ritiro della fronte perché, quando la piana è allagata, devono arrestarsi a parecchie centinaia di metri dal margine glaciale e, senza la possibilità di collocare su questo una mira da guardare con precisione, le letture ottenute con il telemetro (strumento che, per cause di forza maggiore, sta sostituendo sempre più spesso la bindella metrica), essendo poco precise, devono essere confermate o corrette ricorrendo ad altre metodologie, come ad esempio i rilievi ortofotogrammetrici eseguiti con l'utilizzo del drone, non certo alla portata di tutti.

Si pensi che solamente tra il 2023 e il 2024 il ritiro è stato di 127 metri (21 metri nel 2023 rispetto al 2022), anche per via di questa continua e imprevedibile riconfigurazione della linea della fronte con cui gli operatori si trovano a fare i conti negli ultimi anni.

Altro aspetto che vale la pena di ricordare è che il Ghiacciaio dell'Adamello, pur rimanendo ancora sul primo gradino del podio dei più estesi ghiacciai italiani, è anche tra quelli che corri-

sponde meglio all'identikit del "fossile climatico". Si trova infatti interamente al di sotto dei 3500 metri di quota e, per le sue peculiarità morfologiche, non ha pareti che lo possano proteggere dall'irraggiamento solare diretto e che contribuiscano alla sua alimentazione con le valanghe. Il suo unico "nutrimento", quindi, rimane quello delle precipitazioni invernali. Queste, però, anche quando relativamente abbondanti, non riescono più ad esercitare un effetto "attivamente" positivo sul volume del ghiaccio, in quanto negli ultimi anni, il susseguirsi delle ondate di calore estive che portano anche per più giorni lo zero termico a permanere a quote tra i 4000 e i 5000 metri, riducono di molto o fanno scomparire del tutto una copertura nevosa che poteva apparire ancora consistente solo poche settimane prima. In altre parole, come già si è avuto modo di rimarcare più volte anche nei precedenti report della Carovana, le precipitazioni invernali (quando ci sono!) non riescono più a stratificarsi anno dopo anno per arrivare a trasformarsi in firn (neve ghiacciata) e poi in ghiaccio. Formano solamente una copertura termica – sempre più stretta – che, a seconda delle annate, riesce più o meno a mitigare gli effetti della fusione estiva. Negli ultimi due anni, ad esempio, si è trattato fortunatamente di un "più" per via delle precipitazioni tardo invernali e primaverili abbondanti. Un altro discorso è però proprio quello che le nevicate "riparatrici" si verificano ultimamente sempre molto tardi e pertanto, pur rappresentando sicuramente un "meglio che niente", sono molto meno efficaci per la salute del ghiacciaio di quello che potrebbero essere se occorressero invece a partire dall'inizio della stagione invernale.

GHIACCIAI DELL'ORTLES-CEVEDALE

[ALTO ADIGE, ITALIA]



Il Ghiacciaio di Solda (Suldenferner), situato nella valle omonima, tributaria della Val Venosta occidentale, è tra i più importanti del Gruppo Ortles-Cevedale. Le sue zone di accumulo corrispondono a tre settori principali:

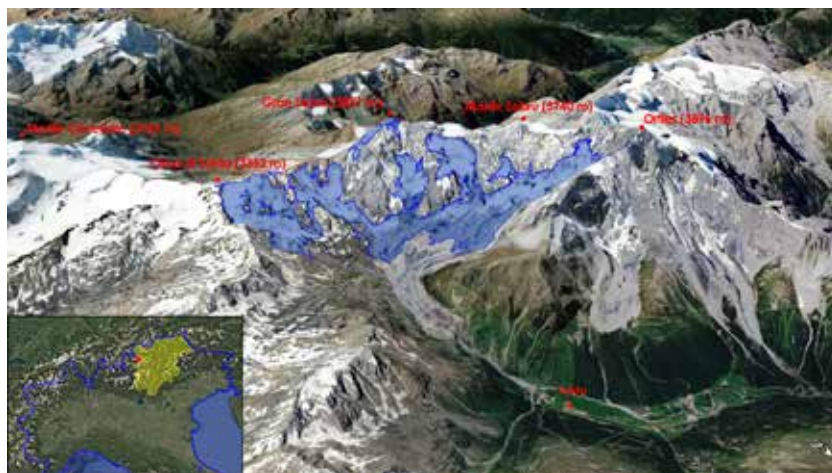
il primo è quello occidentale, che arriva alla base del versante sudorientale dell'Ortles ed è fiancheggiato a destra dalla cresta che, passando per il Monte Zebrù, arriva alla cima del Gran Zebrù (Königspitze) e a sinistra da quella del Coston di Dentro (Hintergrat); il secondo comprende i circhi della parete Nord del Gran Zebrù e quello sottostante la Punta Graglia (Kreilspitze) – Passo di Cedec mentre il terzo è sotteso dalla cresta che va dal Passo di Cedec alla Cima di Solda (Suldenspitze). Le colate provenienti dei primi due settori arrivano ancora ad avere un punto di contatto e, insieme a rispettivi bacini di alimentazione formano quello che viene attualmente considerato il complesso glaciale principale. La parte ad est, invece, è completamente isolata ed è pertanto da considerare come se fosse un ghiacciaio a sé.

Fino agli anni Quaranta del Novecento, il Ghiacciaio di Solda appariva come un classico ghiacciaio vallivo, con una lingua principale alimentata dalla confluenza dei flussi provenienti dalle zone circostanti. Nel 2021, la rivista “Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria” della Fon-

TIPO	MONTANO
FORMA	VALLIVO
ALIMENTAZIONE	DIRETTA, VALANGHE
ESPOSIZIONE	NO
SUPERFICIE	4,201 KM2 (2023)
QUOTA MAX BACINO	3851 M (GRAN ZEBRÙ)
QUOTA MAX	3573 M
QUOTA MIN	2401 M
ATTIVITÀ	REGRESSO
MONITORAGGIO	SERVIZIO GLACIOLOGICO DEL CAI - ALTO ADIGE E PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

dazione Glaciologica Italiana ha pubblicato uno studio che ricostruisce dettagliatamente la storia degli ultimi duecento anni del ghiacciaio ([Savi, Dinale & Comiti 2021](#)). In questa sede, ne vengono riassunte le tappe più importanti.

È importante sottolineare che l'evoluzione del ghiacciaio è sempre stata influenzata dall'interazione variabile tra i diversi flussi principali. I bacini che lo alimentano sono differenti per morfologia, esposizione, geologia del substrato e sensibilità ai cambiamenti climatici locali. Di conseguenza, la quantità di ghiaccio che ciascun flusso forniva all'unica lingua principale – e successivamente, dopo che nella seconda metà degli anni Quaranta-



Il Ghiacciaio di Solda / Suldenferner. Evidenziati in blu, i limiti del ghiacciaio nel 2017 (fonte: Provincia Autonoma di Bolzano—Catasto dei Ghiacciai). Più a valle, le morene e i depositi glaciali di ablazione grigiastri rendono ancora evidente fino a dove arrivasse la lingua valliva principale nella metà del XIX secolo, ovvero nei pressi della soglia del gradino della Croda di Beltovo / Lagerwand.



Una immagine panoramica del Ghiacciaio di Solda conservata nell'archivio fotografico della Fondazione Glaciologica Italiana (autore ignoto, databile presumibilmente ai primi del Novecento) a confronto con una dell'agosto 2025. La grande seraccata della parete del Gran Zebrù ha perso volume fino a separarsi dal ghiacciaio sottostante nel 2014 (foto di S. Perona).



ta le lingue si separarono, le variazioni delle loro fronti – non sono mai state proporzionali tra loro.

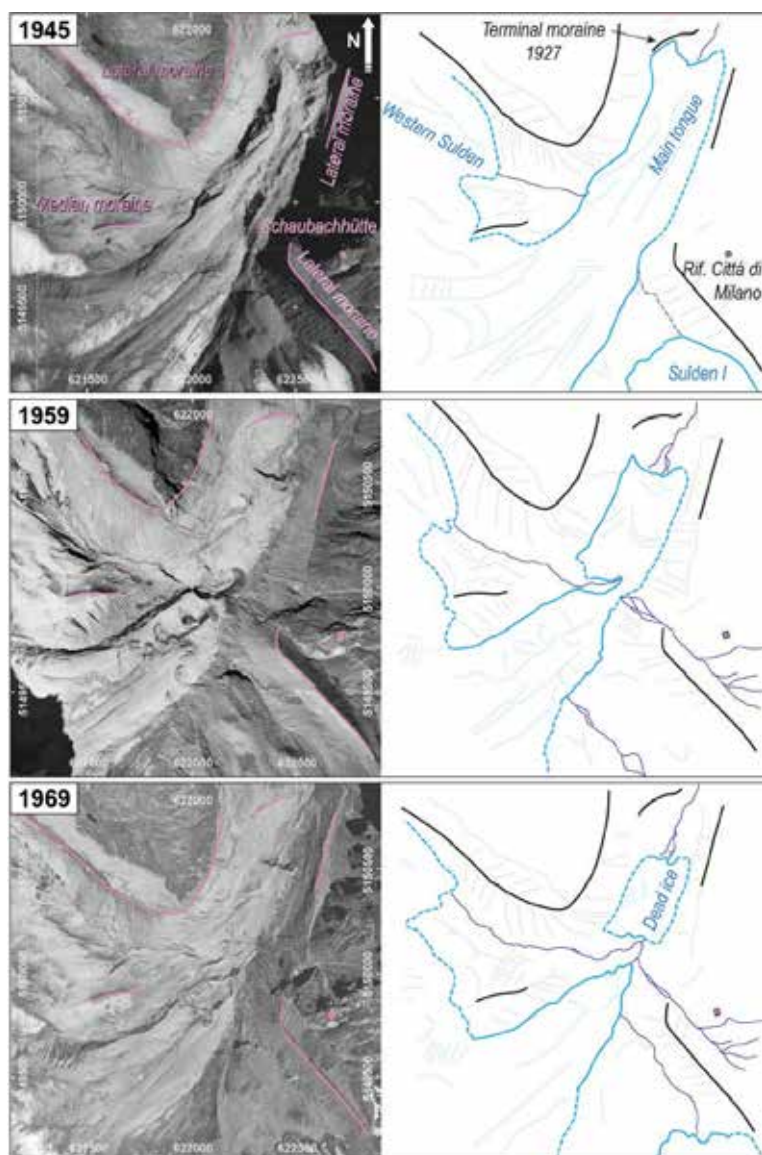
Uno dei primi episodi documentati dalle fonti storiche riguarda l'eccezionale avanzata di 1200 metri compiuta dal ghiacciaio tra il 1815 e il 1818, tanto significativa da minacciare seriamente l'abitato di Solda. Questo evento segnò l'ultimo picco della sua espansione; successivamente ebbe inizio una fase di ritiro che nel 1846 portò la fronte del ghiacciaio a monte della Croda di Beltovo (Lagerwand), un evidente gradino alto un centinaio di metri che interrompe la regolarità del profilo altimetrico del fondovalle a circa un chilo-

metro verso monte da dove si trova la stazione di partenza della funivia di Solda. Nei decenni successivi, fino ai primi anni del Novecento, gli osservatori dell'epoca annotarono una serie di avanzamenti alternati a ritiri, sempre prendendo come riferimento la soglia della Croda di Beltovo, senza che però si delineasse ancora una tendenza decisamente negativa.

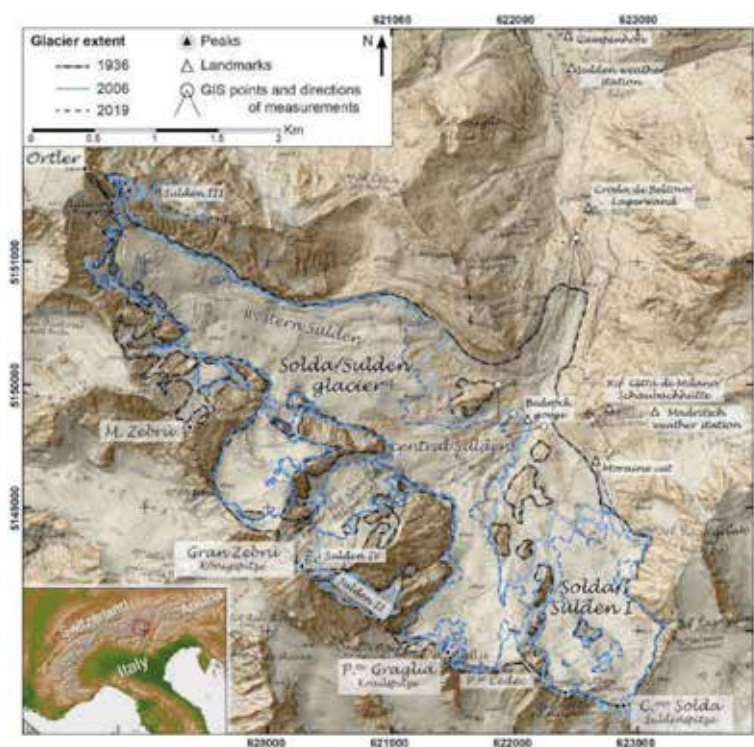
Il XIX secolo inizia invece con un regresso che prosegue fino all'inizio degli anni Venti, quando per alcuni anni avviene una inversione di tendenza (7,5 metri tra il 1920 e il 1924). Dopo il 1927 la lingua valliva riprende e continua a regredire



Due tavole a corredo della monografia sul Ghiacciaio di Solda pubblicata da Finsterwald e Lagally nel 1913 sulla rivista tedesca di glaciologia "Zeitschrift für Gletscherkunde" (lavoro di riferimento per quanto riguarda la storia di questo ghiacciaio nel XIX secolo). A sinistra la posizione della fronte nel 1855, a destra nel 1896.



Sulle immagini aeree del 1945 il Ghiacciaio di Solda risulta avere 3 lingue distinte, una per ciascuno dei tre settori (nordoccidentale dell'Ortles, centrale del Gran Zebù — Punta Graglia e sudorientale del circo della Cima di Solda). Le tre colate, quindi, non arrivano più a fondersi a valle per formare un'unica grande lingua principale. In conseguenza di questa evoluzione, il torrente ablattore proveniente dalla lingua di sinistra intercetta la lingua centrale ed inizia ad eroderla. Verso la fine degli anni Sessanta la cesura risulta completa e la fronte attiva si sposta a monte del punto di separazione. La sezione rimasta isolata a valle è pertanto da considerare "ghiaccio morto". Ne verrà constatata la completa fusione nel 1988 (da Savi, Dinale & Comiti 1921, "The Sulden/Solda Glacier (Eastern Italian Alps): fluctuations, dynamics, and topographic control over the last 200 years", Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria 44-1).



I limiti del Ghiacciaio di Solda nel 1936 (uno degli ultimi anni in cui il ghiacciaio si presentava ancora come un unico grande corpo generante una sola lingua valliva), nel 2006 e nel 2019 (da Savi. Dinale & Comiti 2021, “The Sulden/Solda Glacier (Eastern Italian Alps): fluctuations, dynamics, and topographic control over the last 200 years”, Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria 44-1).



A sinistra il settore sudorientale del Ghiacciaio di Solda, ormai completamente separato da quello centrale. La sua fronte bilobata è l'unica che permetta ancora agli operatori glaciologici del Servizio Glaciologico CAI—Alto Adige di monitorarne annualmente le variazioni di posizione in modo "tradizionale", utilizzando quindi la bindella metrica o il telemetro per misurare la distanza tra i capisaldi di riferimento (i segnali glaciologici) e il margine glaciale. Questa parte è anche la sola a non presentarsi come un ghiacciaio nero, completamente ricoperto dal detrito, come quello che è invece presente negli altri due settori a Nordovest (a destra). Foto di S. Perona, 2025.

almeno fino alla fine degli anni Settanta.

I ricercatori, consultando le carte topografiche e le immagini aeree dell'Archivio dell'Istituto Geografico Militare, hanno constatato che il ghiacciaio era ancora un unico corpo glaciale almeno fino al 1936, mentre nel 1945 le due lingue dei settori laterali (quello nordoccidentale proveniente dall'Ortles e quello sudorientale dal circo della Cima di Solda) apparivano staccate dal corpo centrale, con le rispettive fronti distanti alcune centinaia di metri da quest'ultimo.

In seguito a questa separazione, le acque del torrente ablattore proveniente dal settore nordoccidentale (quello dell'Ortles) hanno iniziato ad erodere il ghiaccio del settore centrale fino a provocare, verso la fine degli anni Sessanta, la completa cesura della lingua. Tutta la parte rimasta isolata a valle è diventata "ghiaccio morto" e la fronte attiva si è spostata a monte del taglio. Gli operatori glaciologici di quei decenni, da una parte in difficoltà nel valutare con la sola osservazione da terra la progressione e le conseguenze del fenomeno in atto e dall'altra comprensibilmente restii ad interrompere una lunga serie di dati, hanno comunque continuato a raccogliere misure di variazione della fronte della massa di ghiaccio distaccata fino agli inizi degli anni Settanta. Queste però, sono state in seguito svalutate proprio perché, come già detto, la fronte alla quale si riferivano non era più quella attiva del ghiacciaio.

All'inizio degli anni Ottanta e fino al 1985 avviene l'ultima, breve fase di avanzata. In quest'ultimo anno, il glaciologo Franco Secchieri inizia a

privilegiare la misurazione della fronte del ghiacciaio sudorientale (quello del circo della Cima di Solda) per via dell'accesso più breve ed agevole rispetto a quello della fronte attiva del settore centrale ed è quella che viene tuttora regolarmente monitorata dagli operatori del Servizio Glaciologico del CAI – Alto Adige. Va quindi tenuto presente che i dati che negli ultimi quarant'anni sono stati pubblicati su "Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria" nell'ambito delle campagne glaciologiche annuali non riflettono le dinamiche del Ghiacciaio di Solda "in toto", ma solo di una parte di esso. L'attività grazie alla quale questa serie può proseguire rimane comunque molto importante perché permette di aggiungere ogni anno un ulteriore tassello al quadro delle indicazioni climatiche alpine. Da quando sono iniziate le misurazioni del settore sudorientale (quindi dal 1985, come detto in precedenza), la sua lingua si è ritirata di 500 metri, dei quali 300 nell'ultimo ventennio. La media con cui prosegue il ritiro è al momento attestata intorno ai 20 metri all'anno.

Facendo invece riferimento al Ghiacciaio di Solda "lato sensu" (i tre settori nel loro insieme), i risultati del sopraccitato studio del 2021, ottenuti anche dall'elaborazione geomatica delle foto aeree e dei rilievi topografici realizzati nel secolo scorso, indicano che dall'inizio del XIX secolo il ritiro può essere quantificato in oltre 3 km e dal 1936 sono stati persi circa 169 milioni di metri cubi di ghiaccio. Solo nel periodo 1985-2020 si sono fusi circa 144 milioni di metri cubi di ghiaccio, il 42% dei quali (61 milioni di metri cubi) dopo il 2005, ovvero in soli 14 anni.

**EVENTI ESTREMI
E FRAGILITÀ
DELLA MONTAGNA**



EVENTI METEO ESTREMI E DINAMICHE DI INSTABILITÀ NELLE REGIONI ALPINE: EVIDENZE 2025

È chiaramente un'ovvietà affermare che il cambiamento climatico stia colpendo le Alpi, come tutti gli ecosistemi montani nel mondo, con impatti sempre più facilmente osservabili, ma è fondamentale andare a investigare le dinamiche che ne scaturiscono. I ricercatori del Lawrence Berkeley National Laboratory, ad esempio, hanno analizzato come il cambiamento climatico stia **trasformando le nevicate in piogge intense** sulle montagne dell'emisfero settentrionale, con lo studio dal titolo "A warming-induced reduction in snow fraction amplifies rainfall extremes". Questo cambio nella tipologia di precipitazioni sta portando a una serie di pericoli più frequenti, tra cui **inondazioni, frane ed erosione del suolo**. Gli scienziati sono riusciti a calcolare il fenomeno: per ogni grado Celsius di aumento della temperatura globale, i ricercatori prevedono in media il 15% di pioggia in più ad altitudini elevate.

Uno degli studi più recenti sul tema, dal titolo "Elevation-dependent climate change in mountain environments", pubblicato a fine novembre 2025 su *Nature Reviews Earth&Environment*, esamina il fenomeno per cui i cambiamenti ambientali possono accelerare ad altitudini più elevate. La ricerca rappresenta l'analisi più approfondita finora condotta su temperatura, precipitazioni e nevicate nelle catene montuose globali. I risultati rivelano tendenze allarmanti tra il

1980 e il 2020, con la temperatura delle regioni montuose che sta **aumentando di 0,21°C al secolo più velocemente rispetto alle pianure** circostanti, mentre le precipitazioni sono più imprevedibili e più sbilanciate sugli eventi di pioggia.

Infine, un altro tema da attenzionare è stato sollevato dallo studio "Climate change and human health in Alpine environments: an interdisciplinary impact chain approach understanding today's risks to address tomorrow's challenges" e riguarda gli impatti sulla popolazione alpina in Europa. Questa ricerca utilizza il concetto di "catena di impatto" per **esplorare l'interazione tra cambiamenti climatici e salute nelle aree alpine**, offrendo una valutazione interdisciplinare delle conseguenze attuali e future sulla salute e delle potenziali strategie di adattamento. Le tendenze in atto, infatti, aumentano il rischio di problemi di salute correlati al caldo, soprattutto per i gruppi vulnerabili, tra cui gli anziani, mentre le inondazioni e i fenomeni che rendono i pendii più instabili influiscono direttamente sui **programmi di amministrazione e gestione dell'assistenza sanitaria, già compromessi dall'aumento del turismo** e dalla necessità di garantire l'accesso alle cure.

I dati rilevati dall'**Osservatorio Città Clima di Legambiente**, sottolineano la tendenza all'aumento degli impatti causati da eventi me-

teo estremi nelle regioni alpine. Sono **154 gli eventi meteo estremi registrati nelle regioni dell'arco alpino nel 2025** (fino al 30 novembre incluso), rispetto ai 146 dello stesso periodo del 2024.

Tra le tipologie di eventi più ripetute si trovano gli **allagamenti da piogge intense, con 52 casi, seguiti dai danni da vento (27), eson-**

dazioni fluviali (25) e frane da piogge intense (21). Le **regioni più colpite nel 2025** sono la Lombardia con 50 eventi meteo estremi che hanno causato danni, seguita da Veneto (32), Piemonte (28) e Liguria (27). I **comuni** che hanno registrato il numero maggiore di eventi sono Genova (12), Milano (7) e Como (4).

GLI EVENTI METEO ESTREMI NELLE REGIONI ALPINE NEL 2025

LOMBARDIA

50	EVENTI PIÙ RIPETUTI Allagamenti da piogge intense (20) Danni da vento (12) Esondazioni fluviali (9)
----	--

VENETO

32	Allagamenti da piogge intense (10) Danni da vento (9) Danni da grandine (6)
----	---

PIEMONTE

28	Allagamenti da piogge intense (9) Esondazioni fluviali (6) Frane da piogge intense (5)
----	--

LIGURIA

27	Allagamenti da piogge intense (9) Esondazioni fluviali (6)
----	---

FRIULI VENEZIA GIULIA

13	Allagamenti da piogge intense (4) Esondazioni fluviali (3)
----	---

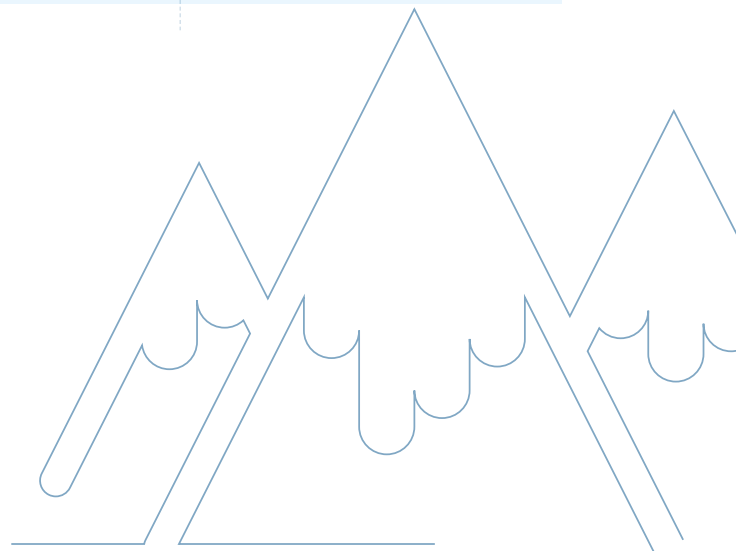
TRENTINO-ALTO ADIGE

3	Frane da piogge intense (2)
---	-----------------------------

VALLE D'AOSTA

1	Danni alle infrastrutture
---	---------------------------

Osservatorio Città Clima, 2025



FRANE NELLE ALPI: UN TERZO DEI DISSESTI ITALIANI CONCENTRATO IN SETTE REGIONI

REGIONI ARCO ALPINO	FRANE	FRANE MONITORATE	EVENTI PRINCIPALI	POPOLAZIONE A RISCHIO	EDIFICI	IMPRESE
LIGURIA	13.507	80	114	105.840	60.455	4.897
PIEMONTE	37.785	344	108	77.162	92.867	5.858
VALLE D'AOSTA	5.812	13	26	13.444	13.408	1.017
LOMBARDIA	141.970	132	192	43.275	24.629	2.922
VENETO	10.112	61	78	6.184	5.633	418
TAA	24.571	164	97	26.411	10.073	1.967
FRIULI VENEZIA GIULIA	5.822	28	56	3.990	3.276	223
TOTALE	239.579	822	671	276.306	210.341	17.302

Elaborazione Legambiente su dati Ispra- Inventario dei fenomeni franosi in Italia (Progetto IFFI)

In Italia sono state censite e classificate ben 636.539 frane grazie al lavoro svolto dall'Ispra attraverso l'**Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia**, uno strumento che fornisce dati sulla distribuzione, tipologia, attività e pericolosità delle frane sul nostro territorio e che copre un arco temporale che va dal 1116 fino al 2025. Di queste, **ben il 38% riguarda le regioni dell'arco alpino (239.579 su 636.539)**, dalla Liguria fino al Friuli-Venezia Giulia, passando per Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige e Veneto.

In queste sette regioni **la popolazione residente in aree a rischio frana è pari a 276.306 persone (il 22% della popolazione italiana**

che vive in aree classificate a rischio frana), mentre sono oltre 210 mila gli edifici presenti (il 28% degli edifici che ricade in aree classificate a rischio frana) e 17.302 le imprese (il 28% delle imprese che ricade in aree classificate a rischio frana). Gli eventi franosi principali registrati dal 2018 al 2025 sono stati 671 (il 66% degli eventi registrati sul territorio italiano) mentre le frane attualmente monitorate sono 822 (il 59% di quelle monitorate che ammonta a 1.139 in tutto il territorio nazionale). Numeri impressionanti se si considera che l'arco alpino si sviluppa da est a ovest per circa 1.200 km, che si traduce con una densità di circa 200 frane per ogni km lineare.

INSTABILITÀ NATURALE IN ALTA QUOTA NEL 2025: NUMERI CONTENUTI MA EMERGONO NUOVE CRITICITÀ

Dopo un 2024 eccezionale, non solo per il numero di eventi d'instabilità avvenuti in alta quota, ma anche per le dimensioni straordinarie raggiunte da alcuni di essi e per la tipologia di fenomeni che si sono sviluppati (si veda il Report 2024), il 2025 segna, per quanto riguarda la numerosità degli eventi, il ritorno a condizioni simili a quanto documentato per le Alpi Italiane dal 2000 al 2016

(<https://geoclimalp.irpi.cnr.it/catasto-frane-alpi/>).

Una ragione per questo dato potrebbe risiedere nel fatto che nel 2025 le anomalie termometriche si sono verificate nei mesi invernali e, soprattutto, nel mese di giugno, quando le aree di alta quota erano ancora in buona parte protette dal manto nevoso invernale.

Sono infatti “solo” poco più di 40 gli eventi

Bardonecchia, località Camini © Laura Turconi



finora documentati, anche se, come noto, certamente molti fenomeni sfuggono alla documentazione perché avvengono in aree remote senza causare danni. Gli eventi si sono concentrati, come di consueto, nella stagione estiva, con un crescendo dal mese di giugno (10) ad agosto (18). Rispetto a quanto mediamente osservato nel periodo 2000-2023, nel 2025 i crolli di roccia hanno quasi eguagliato per numerosità le colate

detritiche (rispettivamente 18 e 20 eventi documentati), negli ultimi anni solitamente nettamente più frequenti. Per quanto riguarda la distribuzione regionale, nel 2025 il Veneto, che conta solo un 7% degli eventi documentati per il periodo 2000-2023, è balzato in testa alla classifica per numero di fenomeni, seguito dalla Valle d'Aosta che storicamente, per vari motivi, è la Regione per la quale si dispone della casistica più ampia.

EVENTI PER REGIONE

TRENTINO ALTO ADIGE

6

VENETO

17

LOMBARDIA

5

VALLE D'AOSTA

12

PIEMONTE

6

Tuttavia, al di là dei numeri, il 2025 è stato un anno significativo almeno da due punti di vista. Innanzitutto, l'evento che ha distrutto Blatten (per il quale si rimanda all'apposito capitolo) ha rappresentato uno shock non solo per la Svizzera (che pure, per tradizione e condizioni ambientali è da sempre all'avanguardia nello studio e nella gestione dei pericoli di origine glaciale e periglaciale) ma per tutte le nazioni "alpine", apren-

do nuovi scenari di rischio legati allo sviluppo di inattese "catene di processi", che dalle quote più elevate sono in grado di propagarsi fino alle aree abitate di fondovalle. In secondo luogo, il 2025 ha dimostrato come le trasformazioni ambientali indotte dai cambiamenti climatici, in particolare la degradazione della criosfera, possano "accendere" situazioni puntuali di elevata criticità.

Ne sono un esempio eclatante le ripetute fra-

TIPO PROCESSO

BLOCKFALL

3

LANDSLIDE

3

ROCK-ICE AVALANCHE

1

DEBRIS FLOW

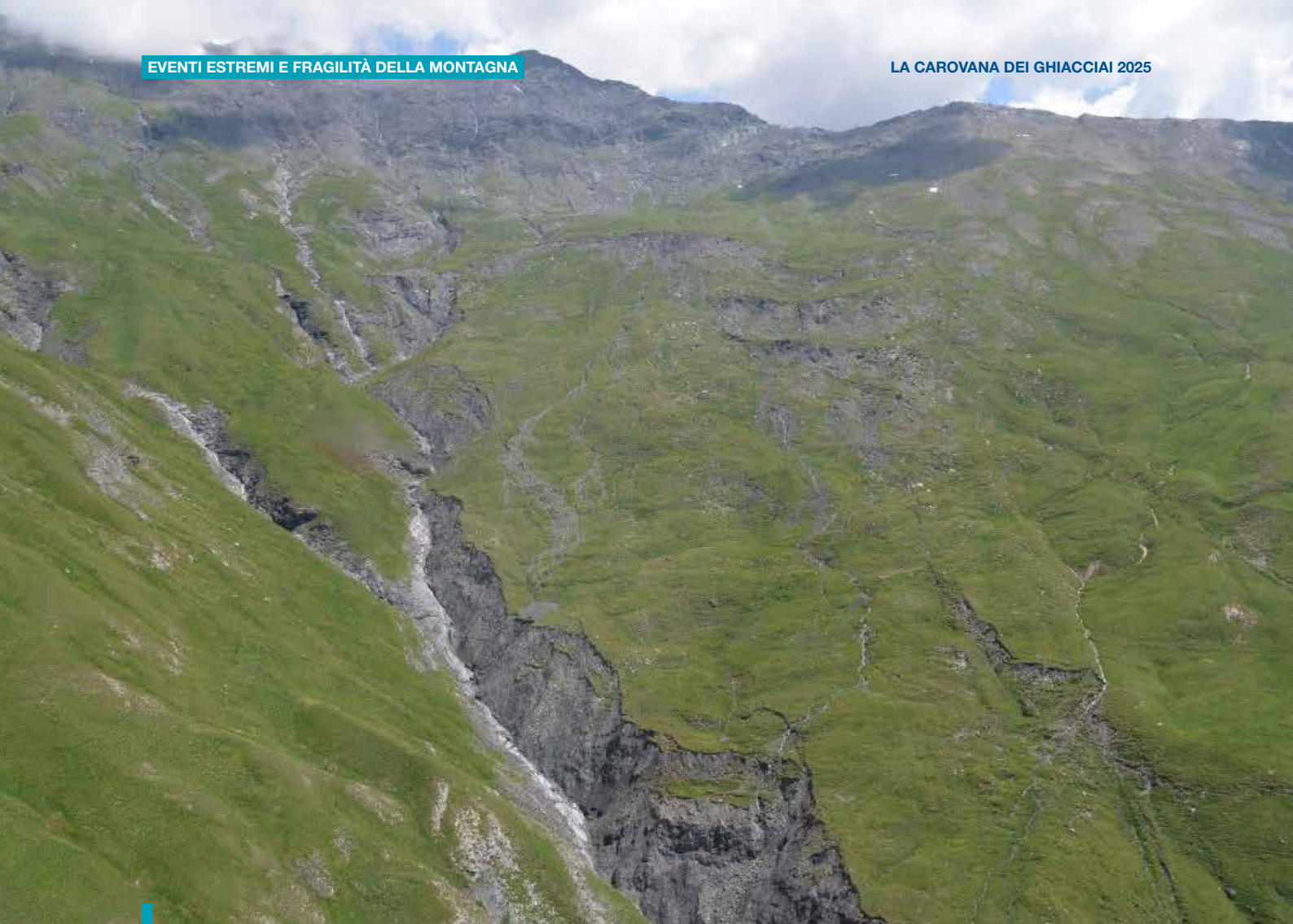
20

ROCKFALL

18

ICE AVALANCHE

1



Bardonecchia © Laura Turconi

ne e colate detritiche (ben 14 gli eventi documentati nell'estate 2025) che da giugno a fine agosto hanno tenuto sotto scacco la S.S. 51 di Alemagna (BL), riaprendo il dilemma tra sicurezza e tutela della viabilità, a pochi mesi dall'inizio delle Olimpiadi invernali di Cortina-Milano. Il ripetersi dei processi è stato da più parti attribuito alla degradazione del permafrost e al conseguente indebolimento dei versanti rocciosi in quota. Minore risonanza, ma situazione analoga è quella che si è venuta a creare da una decina di anni in Valpelline nei comuni di Ollomont e Bionaz (AO), dove le strade regionali di fondovalle sono state ripetutamente interrotte da colate detritiche alimentate da versanti in condizioni di permafrost temperato. Altra situazione emblematica delle trasformazioni cui sono soggetti i versanti di alta montagna per effetto della degradazione della criosfera è la sequenza di eventi franosi di grandi dimensioni (centinaia di migliaia di mc ciascuno) che si sono susseguiti a partire dal 2007 alla testata della Valle Anzasca (Monte Rosa), coinvol-

gendo anche la copertura glaciale. L'episodio più recente è la valanga di roccia e ghiaccio del 26 dicembre 2024 dal Colle delle Locce: mentre gli eventi precedenti (nonostante le rilevanti dimensioni) avevano ricevuto scarsa attenzione, quest'ultimo ha avuto ampia eco mediatica poiché è stato accompagnato da una gigantesca nube di polvere che si è propagata fino alla stazione di arrivo della seggiovia, e che dunque non è passata inosservata tra i tanti sciatori che affollavano l'area nel periodo natalizio. Degna di nota, infine, la potente colata detritica partita dalla testata del T. Frejus in Val di Susa, che ha nuovamente alluvionato il centro di Bardonecchia (TO), a meno di due anni dal pauroso evento dell'agosto 2023, causando purtroppo, questa volta, una vittima.

Per quanto riguarda l'insorgere di nuove tipologie d'instabilità legate ai cambiamenti climatici in corso, vale la pena segnalare il cedimento in massa di un settore detritico in condizioni di permafrost, con morfologia riconducibile a un rock

glacier, situato a ovest del Monte Taou Blanc (Val di Rhêmes, AO). Benchè non siano disponibili informazioni precise sulla data di accadimento e sulla dinamica dell'evento, le caratteristiche dell'accumulo desunte dalla preziosa documentazione fotografica realizzata da Alberto Rossotto e Daniele Cat Berro suggeriscono che il cedimento sia avvenuto in modo rapido: se così fosse, potrebbe trattarsi del primo caso d'instabilità di questo tipo documentata per un rock glacier nelle Alpi. I casi (pochi) fin qui noti hanno infatti riguardato una disarticolazione progressiva degli accumuli detritici nell'arco di mesi/anni, oppure lo smantellamento del settore frontale ad opera di colate detritiche (si veda il caso del rock glacier di Livigno menzionato nel Report 2024).

Si tratta, in tutti i casi descritti, di situazioni di criticità difficili da gestire, innanzitutto per la novità che presentano, in termini di tipo di processi che possono svilupparsi o per la frequenza con cui si verificano, novità che rende difficile rifarsi a modelli tradizionali e consolidati di gestione del rischio e delle emergenze. A questo si aggiungono una carenza di dati di base (ad esempio manca una carta della distribuzione del permafrost a livello nazionale, aggiornata e calibrata sulla realtà

italiana) e la difficoltà di trasferire ai processi che si sviluppano in questi ambienti conoscenze e tecnologie messe a punto in contesti ambientali anche molto differenti. Infine, l'alta montagna presenta oggettive difficoltà operative, sia che si tratti di installare sistemi di monitoraggio finalizzati all'allertamento, sia nella realizzazione di opere di difesa attive.

In conclusione, gli eventi occorsi nel 2025 richiamano ancora una volta la necessità impellente di colmare le lacune conoscitive che riguardano gli ambienti di alta montagna e di rivedere le strategie di valutazione, monitoraggio e mitigazione dei rischi, tenendo conto dell'entità e della velocità delle trasformazioni in atto. Proprio in questo contesto, nel 2024 è stato istituito presso il Dipartimento della Protezione Civile il gruppo di lavoro sul "Rischio associato ai processi di instabilità in ambienti glaciali e periglaciali", che include rappresentanti di tutte le istituzioni coinvolte nella gestione del rischio in ambienti glacializzati e con permafrost, con l'obiettivo di condividere linee guida per l'implementazione di attività di conoscenza, formazione, informazione e sensibilizzazione sui rischi nell'area alpina, nel contesto dei cambiamenti climatici in atto.

EVENTI 2025

GENNAIO

1

FEBBRAIO

0

MARZO

0

APRILE

1

MAGGIO

0

GIUGNO

10

LUGLIO

13

AGOSTO

18

SETTEMBRE

3

OTTOBRE

0

LA LENTA MATURAZIONE CULTURALE SUI RISCHI CONNESSI CON LA DINAMICA GLACIALE

L'Anno Internazionale per la Conservazione dei Ghiacciai 2025 è stato segnato dalla catastrofica valanga di ghiaccio e roccia che ha sconvolto la geografia della media Lötschental, seppellendo l'abitato di Blatten (Canton Vallese, 28 maggio).

Per una singolare coincidenza il 30 agosto 2025, è ricorso il 60mo anniversario di un altro disastro di origine glaciale, ancora nel Canton Vallese: il crollo della fronte del Ghiacciaio di Allalin e il suo pesantissimo bilancio di vittime (88 lavoratori

impegnati nella costruzione di una diga). Disastro che ebbe una risonanza mediatica vastissima e che ha segnato la presa di coscienza - da parte della comunità scientifica - dell'instabilità naturale dell'ambiente glaciale e dei pericoli e dei rischi ad essa associati.

Un censimento riguardante le Alpi svizzere, prodotto in occasione del progetto europeo *Glaciorisk* rivelerà 82 apparati glaciali generatori, o potenzialmente generatori, di rischi per la vita umana (440 vittime a partire dal 1595) e di danni

In primo piano il cantiere della diga di Mattmark travolto dal crollo della fronte del Ghiacciaio di Allalin, 30 agosto 1965 (arch. VAW)
© Archivio VAW



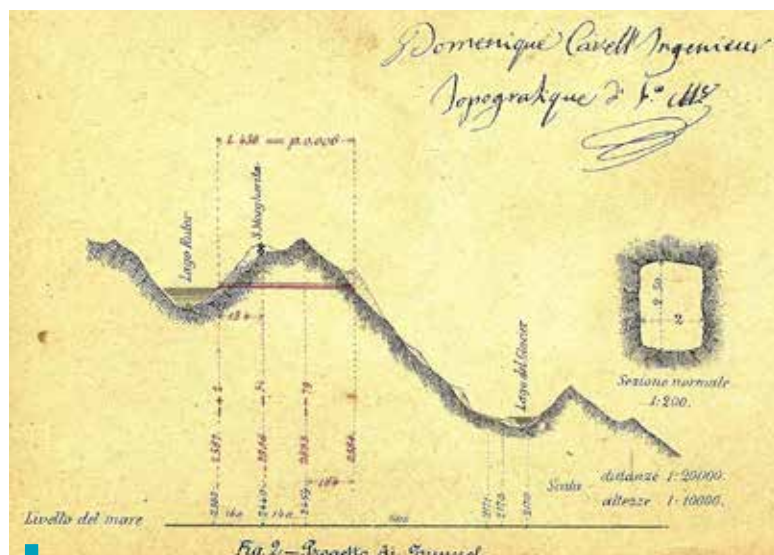
(Raymond et al., 2003).

Sarà il crollo inatteso del Ghiacciaio Superiore di Coolidge al Monviso (6 luglio 1989) a dare spunto a Dutto & Mortara (1992) di redigere un censimento riguardante le Alpi italiane: una novantina di casi in gran parte concentrati nel settore occidentale. A titolo di esempio si ricordano le ripetute, rovinose rotte del Lago di S. Margherita al Ghiacciaio del Rutor e del Lago delle Locce al Ghiacciaio del Belvedere, le catastrofiche valanghe di roccia e ghiaccio della Brenva e del Triolet, la grandiosa sovraincisione della morena del Ghiacciaio del Sissone e il conseguente innesco di una colossale colata detritica.

Documenti storici rivelano che già nel corso della Piccola Età Glaciale le comunità locali proponeva soluzioni d'intervento, ardite e complesse per l'epoca, a mitigazione dei temibili rischi derivanti dalle rotte glaciali. Ecco allora i *"rimedi proposti contro le devastazioni per causa di trabocchi del Lago del Rutor"* avanzati dai tecnici savoardi a partire da fine sec. XVI; oppure la grande diga in pietrame a secco costruita per contenere gli ingenti volumi d'acqua rilasciati dal lago di sbarramento alla Vedretta Lunga (anni 1890). Senza dimenticare il tragico insuccesso del tentativo di drenaggio del lago di sbarramento al Ghiacciaio di Giétro (1818).

La maturazione scientifica acquisita negli ultimi decenni (specialmente sotto l'impulso del già citato progetto europeo *Glaciorisk* 2001-2003) e l'installazione di reti strumentali gestibili anche in remoto, consentono di seguire nel tempo l'evoluzione di problematiche situazioni di instabilità e, quando necessario, adottare misure per ridurre quanto più possibile rischi e conseguenze per il tessuto antropico. Si deve a questo bagaglio conoscitivo il tempestivo allontanamento di 300 persone nove giorni prima della quasi totale distruzione dell'abitato di Blatten o l'emissione di bollettini informativi sull'evoluzione della fronte del Ghiacciaio di Planpincieux incombente sul frequentatissimo corridoio della Val Ferret. Sul campo si ricordano gli interventi effettuati negli ultimi decenni per lo svuotamento di alcuni laghi ai ghiacciai Locce, Belvedere, Grand Croux in Italia; Roche Melon e Tête Rousse in Francia, Plaine Morte in Svizzera.

Severità dei luoghi, inclemenza del tempo, pericoli oggettivi rendono quanto mai complessi



Progetto di galleria drenante in roccia (mai realizzata) per contrastare il rischio di rotta glaciale al Lago di S. Margherita (o del Rutor)

© Disegno dell'Ing. Cavelli, 1752, in Baretto (1880)

ed onerosi gli interventi di protezione civile in ambiente glaciale. In quei frangenti diventa quanto mai opportuna la sinergia tra ricercatori e professionisti di varia estrazione (geologi, geotecnici, ingegneri idraulici, topografi, modellisti, ecc.), servizi tecnici nazionali, regionali, locali, guide alpine e del corpo dei Vigili del Fuoco.

Sinergia tanto più necessaria ai giorni nostri in quanto l'alta montagna si sta trasformando a causa del rapido riscaldamento globale e questa trasformazione può preludere all'insorgenza diffusa di pericoli connessi all'instabilità naturale in presenza di masse glaciali e di permafrost.

Sistema di pompaggio messo in opera nell'estate 2002 per abbassare il livello del Lago Effimero formatosi sulla superficie del Ghiacciaio del Belvedere, alla base della parete Est del Monte Rosa

© Dipartimento Protezione Civile



COME NON RASSEGNARSI DI FRONTE AL DISASTRO DI BLATTEN: IL SUPPORTO DELLA CONOSCENZA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

La notizia della catastrofica valanga di ghiaccio e roccia che ha distrutto il villaggio di Blatten (Fig. 1) nel Cantone Vallese della Svizzera ha avuto un eco globale sui media, sollevando numerose domande sulla sicurezza dei territori adiacenti a quei settori montuosi che negli ultimi anni sono interessati da profonde trasformazioni per effetto del riscaldamento climatico.

Certo, il problema dell'instabilità dell'alta montagna non è nuovo, ma questo caso appare emblematico: per le sue modalità evolutive e per le conseguenze sul territorio.

Il disastro annunciato e temuto si è poi rapidamente verificato, pur con una sola vittima grazie alla precedente evacuazione del villaggio, ma con danni estesissimi sul territorio e modalità diverse da quelle prospettate dai modelli previsionali.

Ciò rappresenta una sfida per la ricerca scientifica ma è anche una opportunità per i servizi di protezione civile e gli amministratori locali, per gli insegnamenti che se ne potranno eventualmente trarre, sia in termini di gestione e prevenzione dei rischi, sia come vincoli alla pianificazione territoriale.

La mobilitazione della comunità scientifica dopo il caso di Blatten dimostra che la sfida è stata raccolta. Per comprendere come questo sforzo possa trasformare i rischi in opportunità occorre inquadrare il fenomeno di Blatten nel



Fig. 1 - L'accumulo della catastrofica valanga di ghiaccio e roccia che ha sepolto il villaggio di Blatten
© M. Giardino

contesto locale, individuare le cause predisponenti e scatenanti l'instabilità, analizzare l'evento attraverso i segni premonitori e la dinamica, riconoscere gli impatti per formulare risposte coerenti sul territorio.

L'area interessata dal disastro è posta nelle Alpi bernesi nel settore occidentale del massiccio dell'Aar (Fig.2). Si tratta di un settore montuoso caratterizzato da cime molto elevate come l'Aletschhorn (4.193m) e il Bietschhorn (3.934m),

vette allineate lungo la dorsale che sovrasta la Valle Lötschental, oggi solcata dal Fiume Lonza, il maggiore tributario N del Rodano, nel Vallese.

Il panorama geomorfologico della valle principale è caratterizzato da forme di modellamento e depositi legati all'ultimo massimo glaciale e al successivo rimodellamento fluviale. Il fianco vallivo meridionale è attraversato da una serie di bacini laterali che conservano morene e forme di erosione glaciale nei settori più elevati, mentre verso valle essi sono profondamente incisi con erosione differenziale legata alla diversa resistenza dei vari tipi di rocce affioranti sul versante.

Il substrato roccioso appartiene al Massiccio dell'Aar, ovvero un antico basamento cristallino di pertinenza paleogeografica europea. Questo pezzo di crosta continentale nella sua storia geologica si è ispessito e deformato per la convergenza con la placca Adria (di pertinenza paleogeografica africana) e poi è stato fortemente fagliato e rapidamente esumato nelle ultime fasi tettoniche alpine. Le rocce più rappresentative del Massiccio dell'Aar nel settore di versante sovrastante Blatten (Figg. 3 e 4) sono gli antichi gneiss e scisti, legati ad antichissimi cicli metamorfici, le resistenti migmatiti e anfiboliti, i graniti pre-alpini intrusi nel basamento cristallino e gli Hornfels (cornubianiti), rocce di contatto magmatico.

Certo, gli originari ambienti geologici di formazione di queste rocce sono molto lontani nel tempo e nello spazio dalle condizioni attuali del versante montuoso, ma gli antichi processi magmatici e metamorfici che le hanno formate e i fenomeni tettonici che le hanno deformate hanno impresso caratteri molto importanti che ne possono controllare la maggiore o minore resistenza ed in definitiva anche la stabilità sul versante. Si pensi ad esempio al contrasto di competenza fra gli scisti (meno resistenti all'erosione) e gli gneiss, le metabasiti e i graniti (con crescente grado di resistenza all'erosione): queste condizioni si riflettono sulle asperità morfologiche presenti sul versante, che culmina con le ripide pareti granitiche verticali dello Bietschhorn (3.934m). Ma anche la presenza e la densità di fratture e faglie controlla la stabilità delle pareti rocciose, determinando differenti risposte ai fenomeni di gelo e disgelo, così gli hornfels che segnano l'aureola magmatica di contatto fra il granito e gli gneiss; essi de-



Fig. 2 - L'area di Blatten (riquadro viola), nella Valle Lötschental (elissoide bianco), situata nel settore occidentale del Massiccio dell'Aar, dominato dalle cime del Bietschhorn (B), e dell'Aletschhorn (A, con il relativo ghiacciaio*)

limitando anche la zona di distacco subverticale della frana del Kleines Nesthorn (un tempo m 3342 di quota), caduta sul sottostante ghiacciaio di Birch una settimana prima del suo collasso.

I dati geologici ci forniscono quindi indicazioni utili per individuare **le cause predisponenti l'instabilità dei versanti**. A cominciare dalle rocce del **substrato**, che rappresentano un fattore "statico" della stabilità, nel senso che ciascuna unità litologica svolge costantemente il proprio ruolo -più o meno resistente all'erosione e all'instabilità gravitativa- in un determinato settore del versante. Invece **le formazioni superficiali** esercitano un controllo "dinamico", poiché la loro distribuzione sul versante è in grado di modificarsi rapidamente in funzione delle mutevoli condizioni climatiche e ambientali. Per

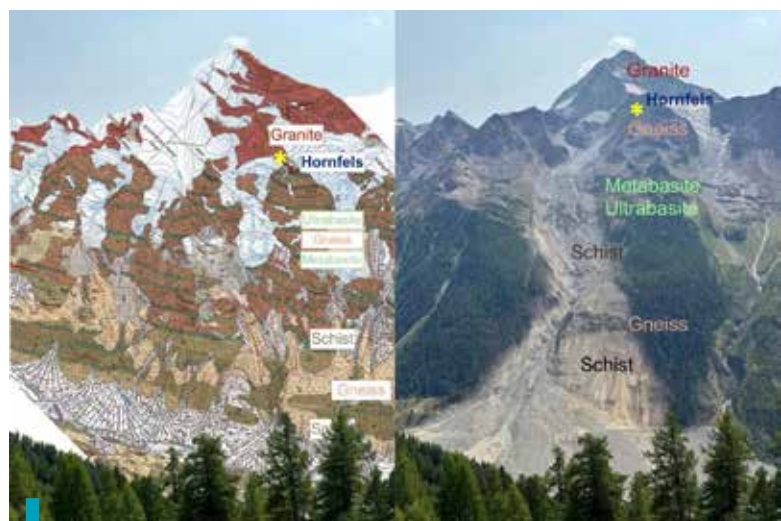


Fig. 3 - Lo schema geologico e la fotografia del versante montuoso di Blatten dominato dal Bietschhorn, evidenziano la differente resistenza di diversi tipi rocciosi ai fenomeni erosivi (dati: foglio 1268 dell'Atlante geologico svizzero 1:25000)

© M. Giardino

capirlo basta osservare in dettaglio la carta geologica nel versante sovrastante Blatten (Fig. 4): qui si nota che l'importante copertura di depositi sciolti di varia origine e le relative forme di modellamento rispecchiano con la loro distribuzione il progressivo mutare delle condizioni climatiche. I depositi glaciali antichi sono concentrati alla base del versante lungo la valle principale modellata nell'ultimo massimo glaciale (LGM) del Pleistocene; quelli tardiglaciali olocenici sono distribuiti sul medio versante, i depositi glaciali storici sui settori sommitali, dove si concentrano pure le forme criogenico-nivali come i rock glacier. Un controllo dinamico che si è esercitato attraverso la deglaciazione e in funzione del riscaldamento climatico. Un fenomeno ben evidenziato anche nella cartografia glaciologica locale (Glamos, 2023) in cui si nota la contrazione storica del Ghiacciaio di Birch al di sotto del Kleines Nesthorn (Fig. 5).

Anche la **distribuzione del permafrost**, ovvero quella condizione termica di qualsiasi materiale che resti al di sotto degli 0 °C per più di due anni consecutivi, esercita un controllo dinamico sull'instabilità dei versanti in roccia come quelli del Kleines Nesthorn. Ovunque, la presenza di permafrost dipende dal bilancio energetico superficiale regolato da temperature al di sotto dello zero. Se la temperatura sale, il permafrost si degrada e quindi le rocce fratturate perdono la loro coesione e quindi le pareti rocciose possono diventare instabili... fino a crollare, sotto l'effetto della forza di gravità. Proprio come nel caso del crollo del Kleines Nesthorn. Un settore interessato da alta variabilità delle condizioni del permafrost, come evidenziato dalla carta interattiva WSL.

Nel contesto geologico-geomorfologico sopra descritto, il 28 maggio 2025, alle 15:24 (ora CEST), una enorme **valanga di ghiaccio e roccia** si staccata dal versante nord del Kleines Nesthorn (3335 metri di altitudine), a causa del crollo della parte frontale del Ghiacciaio di Birch (Fig.7). Le indagini svolte dai servizi tecnici del Vallese e dai ricercatori indicano che la valanga era formata da circa 2,9 milioni di metri cubi di ghiaccio e 6,4 milioni di metri cubi di roccia. Si è stimato che circa 1 milione di metri cubi di ghiaccio si sia fluidificato quasi all'istante del collasso del ghiacciaio.

In circa 40 secondi, la massa di ghiaccio, ac-



Fig. 4 - Le formazioni superficiali del settore montuoso sovrastante Blatten (dati: foglio 1268 dell'Atlante geologico svizzero 1:25000)

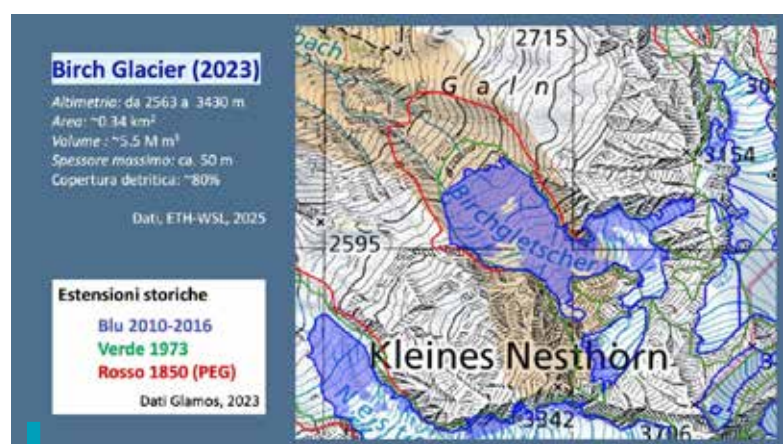


Fig. 5 - Variazioni storiche del ghiacciaio di Birch (dati Glamos 2023)

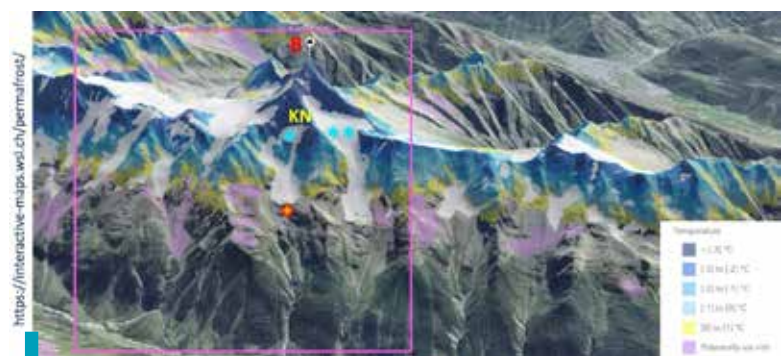


Fig. 6 - Alta variabilità delle condizioni termiche del permafrost nel bacino del Ghiacciaio di Birch (*), soprattutto lungo lo dorsale rocciosa del Kleines Nesthorn (KN) che lo separa dal bacino del ghiacciaio di Nest (estratto dalla carta interattiva del permafrost, WSL 2025)

qua e roccia è poi scesa per 1200 metri di dislivello, fino al fondovalle della Lötschental, raggiungendo una velocità di circa 200 km/h. Poi è risalita sul versante opposto della valle per circa mezzo chilometro di tragitto e 240 metri di dislivello, arrivando quasi a toccare la frazione di Weissenried.

Le interviste della popolazione locale riportate dai media testimoniano che il boato e il fortissimo spostamento d'aria provocati dalla valanga sono stati avvertiti in tutta la valle. I ricercatori riferiscono che l'energia liberata è così grande che una vicina stazione sismica ha registrato un "terremoto" di magnitudo indicativa 3.1, della durata di circa 3 minuti.

Dopo essere ridiscesa dal versante opposto, la massa di ghiaccio, roccia, acqua e resti di vegetazione si è allargata sul fondovalle del fiume Lanza, coprendo per circa 2,8 km una fascia di territorio larga fino a 900 metri e spessa in media un centinaio di metri. Verso valle si è fermata bruscamente a quota 1410 metri, poco prima del paese di Wiler. Verso monte era risalita per circa un chilometro seppellendo il paese di Blatten sotto 20–30 metri di materiale.

La catastrofica valanga di ghiaccio e roccia a

Blatten non ha avuto gravissime conseguenze in termini di vittime umane grazie **all'evacuazione della popolazione**. Questa decisione è stata resa possibile in virtù dei monitoraggi scientifici (in particolare del Politecnico di Zurigo) che hanno allertato le autorità cantonali vallesane, le quali hanno emesso gli ordini di evacuazione. A questi ordini, trasmessi con intervento sul territorio e anche tramite la App Alertswiss, la popolazione ha risposto in modo rapido e composto. L'evacuazione completa di Blatten è avvenuta nella mattinata di lunedì 19 maggio: 300 persone hanno dovuto lasciare in pochissimo tempo le loro abitazioni (circa un centinaio), senza potervi più tornare, per il precipitare degli eventi di instabilità.

Nel frattempo la comunità scientifica si è mossa per capire se, prima del grande collasso, fossero già presenti **segnali premonitori o eventi precursori**. Oggi sappiamo che sì, alcuni indizi c'erano, sia sul ghiacciaio di Birch sia sul versante roccioso del Kleines Nesthorn che lo sovrasta.

Per quanto riguarda il ghiacciaio, i primi campanelli d'allarme risalgono agli anni '90. Nel dicembre 1993 e poi di nuovo nel dicembre 1999 si sono verificate due imponenti valanghe di ghiaccio e neve dalla parte alta del Ghiacciaio di Birch, che sono arrivate fino alla strada cantonale alla base del versante. Questi episodi hanno acceso i riflettori sull'area e, dall'inizio degli anni 2000, è stato avviato un monitoraggio sistematico del ghiacciaio.

Con il tempo, sono emersi segnali di cambiamento importanti. Dal 2019, la fronte del corpo inferiore del ghiacciaio ha iniziato ad avanzare di circa 50 metri. Contemporaneamente, tra il 2011 e il 2023 lo spessore del ghiaccio alla fronte è aumentato di circa 30 metri, mentre le porzioni più arretrate del ghiacciaio andavano invece assottigliandosi. Questo comportamento – ispessimento in basso e assottigliamento a monte – è un segnale di disequilibrio interno del ghiacciaio.

Solo dopo il grande collasso ci si è resi conto che anche il versante del Kleines Nesthorn, sopra il Ghiacciaio di Birch, mostrava segni di instabilità già da tempo. Alcuni ricercatori, grazie a tecniche di telerilevamento (in particolare l'interferometria radar), hanno analizzato i movimenti superficiali della montagna. È emerso che i primi segnali di instabilità erano presenti già nel 2017, con un'accelerazione significativa dei movimenti nel 2022,

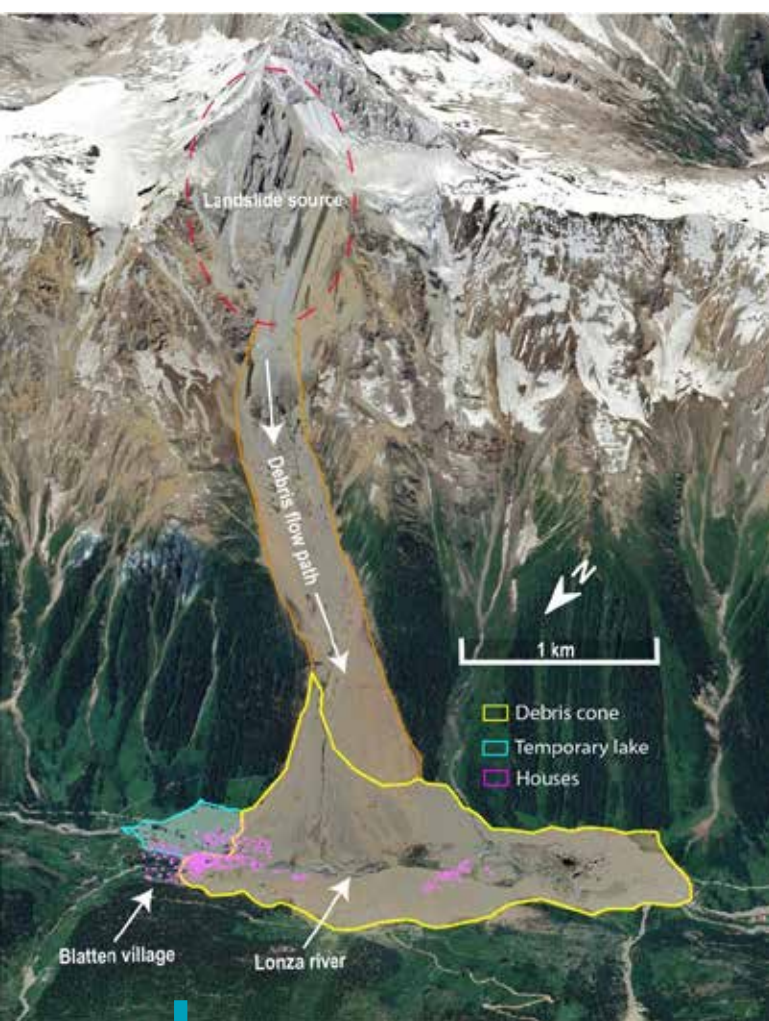


Fig. 7 - Lo schema geomorfologico della frana-valanga di Blatten, evidenza: le direzioni di flusso (bianco) / il cono di detrito (giallo) / il lago di sbarramento (azzurro) / le abitazioni sul fondovalle (viola)

© Islam et al., Geology Today, 2025

2023 e infine nel 2024.

I dati del sistema di monitoraggio fotografico che inquadra il ghiacciaio, si sono rivelati preziosi anche per ricostruire, nel mese precedente al disastro, la sequenza dei segni precursori del collasso dell'intero versante. Da metà maggio 2025, infatti, la situazione è peggiorata rapidamente. Si osserva dapprima l'apertura di fessure superficiali sulla parete rocciosa e i primi piccoli crolli.

Tra il 19 e il 20 maggio avviene un cambiamento drastico: un intero settore roccioso instabile entra in movimento profondo, la montagna cede e, in poche ore la cresta si abbassa di quasi 100 metri, con il distacco di diverse centinaia di migliaia di metri cubi di roccia che finiscono in un solo evento sul sottostante Ghiacciaio di Birch, aggiungendosi all'ingente volume di detriti -oltre 1 milione di metri cubi- accumulatisi in precedenza. Ad evidenziare questi fenomeni, nel punto da cui la massa rocciosa si è staccata, sul fianco innevato della montagna appare una vasta cicatrice marrone.

Dopo il 20 maggio i movimenti lungo il versante roccioso sembravano essersi temporaneamente calmati, ma nel frattempo era il ghiacciaio a mostrare una crescente instabilità. La sua velocità di avanzamento è aumentata in modo rapido e preoccupante nel giro di pochi giorni.

In particolare:

- ❑ **20 maggio:** la fronte del ghiacciaio si muove a circa 0,5 metri al giorno.
- ❑ **21 maggio:** la velocità raddoppia, arrivando a circa 1 metro al giorno.
- ❑ **23 maggio:** l'avanzamento raggiunge i 2 metri al giorno.
- ❑ **25 maggio:** si registrano i primi crolli di blocchi di ghiaccio dalla fronte del ghiacciaio.
- ❑ **26 maggio:** la situazione precipita, con una velocità di avanzamento che balza a circa 10 metri al giorno.
- ❑ **27 maggio:** una prima valanga di ghiaccio scende verso valle e sfiora l'abitato di Blatten.
- ❑ **28 maggio:** il ghiacciaio collassa improvvisamente, generando la gigantesca valanga che colpisce in pieno Blatten.

Questa sequenza, concentrata in pochi giorni, mostra come l'equilibrio del ghiacciaio sia passato da uno stato di forte stress a un vero e proprio

collasso in tempi estremamente rapidi. Dal punto di vista scientifico, le cause principali possono essere spiegate così, in modo più semplice:

1. Aumento di pressione sul ghiaccio

Dopo il crollo della massa rocciosa, la pressione sul ghiaccio aumenta molto. In un ghiacciaio "temperato", cioè con ghiaccio vicino al punto di fusione, questo fa fondere di più il ghiaccio per effetto della pressione, producendo più acqua sia alla base del ghiacciaio sia al suo interno/superficie, per un valore stimato di circa 10 mm subito dopo il deposito della roccia.

2. Scorrimento più veloce del ghiaccio

Dopo la deposizione della massa rocciosa, il ghiaccio inizia a muoversi più rapidamente (fino a circa 10 m al giorno). Questo forte movimento genera calore per attrito e può aver prodotto altra acqua di fusione, stimata in circa 5 mm al giorno.

3. Inizio della fusione della neve

Poco prima del crollo era iniziato la fusione della neve e le precipitazioni erano diminuite: questo ha aggiunto ulteriore acqua al sistema.

4. Aumento delle spinte alla base del ghiacciaio

A causa del peso aggiuntivo del ghiacciaio e del fatto che il letto roccioso stava raggiungendo il limite di ciò che poteva sopportare, è aumentato molto lo "sforzo di taglio" alla base, cioè le spinte che tendono a far scorrere il ghiaccio sulla roccia.

5. Pressione da monte

L'accelerazione del ghiaccio sul pendio più in alto e i depositi di materiali alla base del Kleines Nesthorn possono aver esercitato una pressione aggiuntiva sul ghiacciaio da dietro.

6. Temperatura del ghiaccio

Anche la temperatura del ghiaccio è importante: se il ghiaccio era vicino al punto di fusione, oppure più freddo e quindi "attaccato" alla roccia in certi punti, questo può aver influito sul modo in cui l'evento si è innescato e sviluppato.

La risposta della comunità scientifica dopo il caso di Blatten ha mostrato in modo molto chiaro una cosa: di fronte al riscaldamento climatico non possiamo più limitarci a osservare, ma dob-

biamo raccogliere dati, studiare e capire come cambiano i fenomeni di instabilità in montagna.

È una sfida, ma anche un'opportunità: più conosciamo questi rischi, più possiamo trasformare la conoscenza in azioni concrete di prevenzione e mitigazione.

Nel caso di Blatten, la raccolta accurata di dati prima, durante e dopo l'evento ha permesso ai ricercatori di capire bene che cosa è successo, perché è successo proprio lì e quali fattori hanno favorito l'instabilità del versante e del ghiacciaio. L'analisi dettagliata dell'evento ha messo in evidenza quali siano i principali segnali premonitori da tenere d'occhio, sia a Blatten sia in contesti simili.

In parallelo, gli studi di modellazione sulla valanga di ghiaccio e roccia permettono di ricostruire meglio la dinamica del fenomeno: come si è messa in movimento la massa, come si è propagata, quali impatti ha avuto sul territorio. Capire questi aspetti è fondamentale per progettare misure di protezione e pianificare l'uso del territorio in modo più consapevole.

Da tutto questo lavoro emergono alcuni insegnamenti importanti:

❑ **Quando il ghiaccio scompare, conta soprattutto la montagna “sotto”**

In un ambiente in cui la criosfera (ghiacciai, neve, permafrost) si riduce, diventano decisivi le caratteristiche geologiche dei versanti: il tipo di roccia, le fratture, la struttura interna. Anche la presenza di depositi detritici gioca un ruolo, perché si tratta di materiali che possono essere mobilitati rapidamente.

❑ **I grandi disastri non nascono dal nulla**

Gli eventi catastrofici non sono episodi del tutto improvvisi e imprevedibili: rappresentano spesso il punto di arrivo di una lunga evoluzione, durata anni o decenni, durante la quale compaiono vari indizi precursori, visibili su scale temporali che vanno dagli anni ai mesi, fino ai giorni e alle ore precedenti l'evento.

❑ **Guardare indietro aiuta a guardare avanti**

L'analisi retrospettiva – cioè lo studio di eventi passati e dei segnali che li hanno preceduti – è essenziale per individuare in anticipo le aree potenzialmente instabili e più vulnerabili.

❑ **Il monitoraggio è una chiave di sicurezza, ma va calibrato**

Strumenti di monitoraggio (sensori, radar, satelliti, foto a terra) sono fondamentali per attivare sistemi di allerta e proteggere le persone. Tuttavia, per essere davvero efficaci e sostenibili, devono essere progettati e modulati caso per caso, in base alle caratteristiche specifiche di ogni sito.

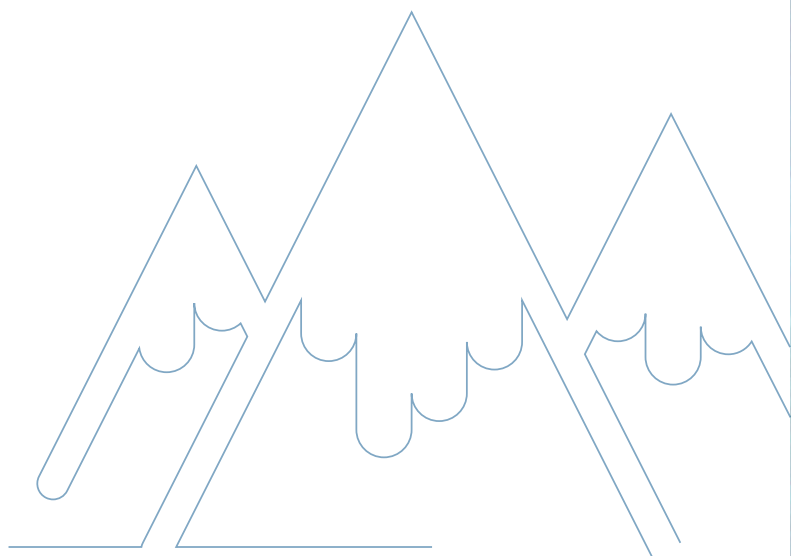
❑ **Le carte di pericolosità non sono “una volta per tutte”**

Le mappe che descrivono dove e quanto un'area è esposta a certi pericoli devono essere aggiornate regolarmente. Il cambiamento climatico modifica i ghiacciai, i versanti e i processi attivi: le carte devono tenerne conto, per poter essere utilizzate in modo corretto nella pianificazione del territorio.

❑ **Comunicare con la popolazione è fondamentale**

Tutte queste misure – studio, monitoraggio, pianificazione, aggiornamento delle carte – funzionano davvero solo se accompagnate da una buona comunicazione con chi vive e frequenta quei luoghi. Informare, spiegare i rischi e condividere le regole di comportamento è parte integrante della riduzione del rischio.

In sintesi, il caso di Blatten non è solo un evento tragico, ma anche un importante laboratorio a cielo aperto: ci mostra come la combinazione tra cambiamento climatico, caratteristiche del territorio e mancanza di consapevolezza possa portare a conseguenze gravissime, ma ci indica anche la strada per costruire, passo dopo passo, un approccio resiliente e sostenibile di fronte alla montagna che cambia.



L'IMPORTANZA DEL MONITORAGGIO



LA STAZIONE DI RICERCA AMBIENTALE SCHNEEFERNERHAUS SULLA ZUGSPITZE

Il “pezzo forte” della tappa tedesca della Carovana dei ghiacciai 2025 è stata la visita alla stazione di ricerca Schneefernerhaus (Umweltforschungsstation Schneefernerhaus - UFS), sotto la guida del Prof. Michael Krautblatter (Technical University of Munich – TUM).

Si tratta del più alto istituto di ricerca della Germania, incastonato a 2.650 m di quota nella parete sud della Zugspitze (Fig. 1) e la sua visita

ci ha permesso di scoprire come sia possibile far crescere un legame virtuoso fra le infrastrutture turistiche d'alta quota e le istituzioni scientifiche che si occupano sul cambiamento ambientale.

Infatti questo edificio di nove piani, con due ampi terrazzi affacciati dalla parete rocciosa, ora dedicato alla ricerca, era in origine un hotel di alta montagna. Fu aperto nel 1931 dopo la costruzione della ferrovia a cremagliera con partenza dal

Fig. 1 - La Stazione di ricerca ambientale Schneefernerhaus sulla Zugspitze
© M. Giardino



lago Eibsee alla base della Zugspitze, e presto fu molto frequentato da turisti e sciatori. Requisito dalle truppe americane nel 1945 e riaperto nel 1952, l'edificio fu colpito da una grande valanga nel 1965. Con lo scavo di un nuovo tunnel verso lo Zugspitzplatt e l'apertura del vicino "ristorante dei ghiacciai" Sonnalpin nel 1989, i visitatori diminuirono e l'hotel chiuse all'inizio degli anni Novanta. Il Lander della Baviera decise allora di dargli una seconda vita, trasformandolo in stazione di ricerca ambientale, inaugurata nel 1999 e oggi collegata da una moderna funivia, attiva dal 2009.

Nella prima parte della visita alla Schneefarnhaus, il Prof. Krautblatter ci ha brevemente illustrato la storia scientifica e le finalità della stazione di ricerca UFS. La tappa fondamentale è rappresentata dalla fondazione nel 2012 del "Virtual Institute - Environmental Research Station Schneefarnhaus / Zugspitze" per volontà di una serie di istituzioni scientifiche e accademiche tedesche (Fig. 2).

Si tratta di un ampio partenariato interdisciplinare che si è dato diversi obiettivi di ricerca: promuovere lo sviluppo, la sperimentazione e l'applicazione di tecnologie innovative per le osservazioni del clima e dell'atmosfera, la validazione dei dati satellitari, la medicina d'alta quota e la rilevazione precoce dei pericoli naturali.

Questi obiettivi di ricerca sono stati organizzati in otto Attività Scientifiche-Chiave:

- ❑ Osservazioni satellitari e rilevamento precoce di fenomeni ambientali
- ❑ Radiazione cosmica e radioattività
- ❑ Biosfera e geosfera
- ❑ Medicina ambientale e d'alta quota
- ❑ Osservatorio globale dell'atmosfera Clima e atmosfera regionali
- ❑ Idrologia
- ❑ Dinamica delle nubi

L'UFS dispone di diversi laboratori interni e piattaforme all'aperto per osservazioni, misurazioni ed esperimenti, dove ricercatori provenienti anche da istituti esteri al partenariato svolgono misurazioni continuative o lavorano a studi innovativi.

Nella visita della Carovana dei ghiacciai abbiamo in particolare approfondito gli aspetti del permafrost. Il Prof Krautblatter ci ha illustrato prima



Fig. 2 - Gli enti participant al "Virtual Institute - Environmental Research Station Schneefarnhaus / Zugspitze"

la situazione del permafrost in Germania, attraverso la presentazione di dati scientifici: poi ci ha proposto una verifica diretta delle condizioni del permafrost all'interno della galleria Kammstollen, la galleria turistica costruita quasi un secolo fa per collegare lo Schneefarnhaus al Zugspitzplatt.

I dati presentati durante la visita mostrano che il permafrost in Germania area di qualche km² attorno alla Zugspitze, principalmente nelle rocce della parete nord al di sopra dei 2800 m di quota e in alcune placche di detrito sull'altopiano dello Zugspitzplatt. (Figg. 3-4). Gli studi in atto indica-



Fig. 3 - L'imponente parete Nord dello Zugspitze con alla base il lago Eibsee, accanto alla partenza della funivia e della cremagliera turistica

© M. Giardino



Fig. 4 - Panoramica dalla cima dello Zugspitze verso l'altopiano dello Zugspitzplatt; a destra, il piccolo ghiacciaio Nördlicher Schneefarn

© M. Giardino

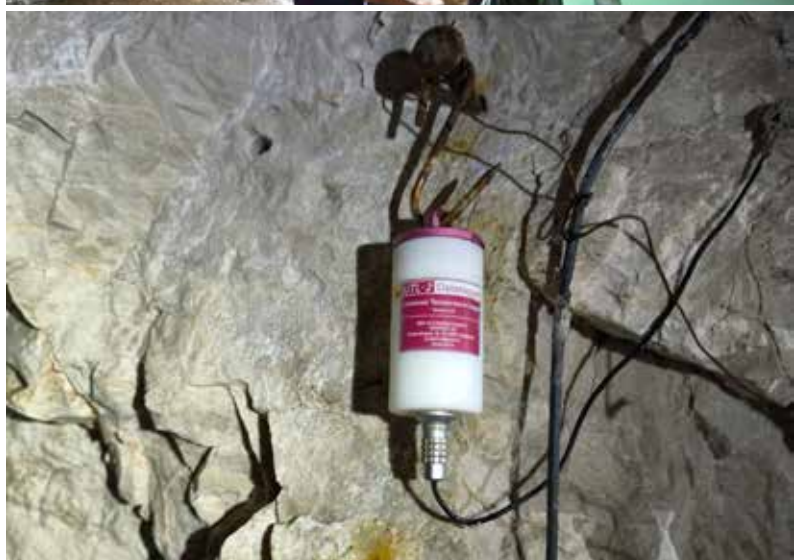


Fig. 5, 6, 7, 8 - Il sito di misura del permafrost nella galleria Kammstollen alla Zugspitze
© M. Giardino, S. Perona

no che il permafrost in roccia sia i detriti ricchi di ghiaccio si stanno degradando rapidamente e potrebbero scomparire entro i prossimi 50 anni. Si tratta di una tendenza simile a quella dei ghiacciai locali e strettamente legata al riscaldamento climatico. Le misure meteorologiche registrate in vetta dal 1900 indicano infatti un forte aumento delle temperature dalla fine degli anni '80: già nel 1991 la temperatura media annua dell'aria era oltre 1 °C più alta rispetto ai periodi di riferimento del Novecento.

Le tracce di questo cambiamento emergono chiaramente dai dati raccolti nel tempo durante i lavori per la costruzione delle infrastrutture in quota. Nel 1926, durante lo scavo del Kammstollen fu trovata roccia permeata dal ghiaccio fino a circa 2600 m di quota. All'inizio degli anni '60, gli scavi per la stazione della funivia misero in luce permafrost in tutti i cantieri, sotto forma di lenti di ghiaccio nelle fratture. Nel 1985, prolungando la galleria sul versante sud, venne intercettato a 2570 m un corpo di ghiaccio spesso

19 m, già vicino al punto di fusione, la cui rapida degradazione provocò enormi ingressi d'acqua. Studi successivi indicano che oggi il permafrost è confinato alle zone più fredde e ripide della parete nord e a temperature prossime allo zero. Misure geofisiche tra il 2007 e il 2022 confermano un ulteriore riscaldamento del permafrost in roccia, coerente con quanto rilevato nei fori di sondaggio: un chiaro segnale di come il clima che cambia stia trasformando in profondità anche la montagna.

Durante la visita alla Schneesfernerhaus la delegazione della Carovana dei Ghiacciai ha potuto verificare direttamente le condizioni del permafrost mediante l'accesso alla sezione protetta della galleria Kammstollen. Dopo aver verificato il funzionamento della rete di strumenti di misura, è stato possibile toccare con mano la roccia permeata di ghiaccio e campionare alcuni riempimenti argillosi delle fratture in cui il permafrost si sta degradando (Figg 5-8).

IL BACINO GLACIALE DELLA BESSANESE: UN LABORATORIO DI RICERCA A CIELO APERTO

Montagna e clima non sono più in equilibrio tra loro. Le nuove condizioni climatiche spingono la montagna a reagire per cercare naturalmente nuovi equilibri e questo avviene con processi a volte lenti e a volte rapidi e pericolosi, come frane e colate detritiche.

In questo contesto di rapidi cambiamenti risulta quindi necessario acquisire sempre nuove conoscenze e, cosa ancor più importante, acquisirle dove questi cambiamenti avvengono, cioè in alta montagna. Da qui nasce l'esigenza di attrezzare bacini sperimentali per condurre ricerche in sito, acquisire dati, mettere a punto modelli, stimare scenari preventivo-previsionali, con il principale obiettivo di fornire risposte ai decisori politici e a chi vive e frequenta l'alta montagna.

Queste sono le premesse che nel 2013 hanno spinto il gruppo di ricerca GeoClimAlp del CNR-IRPI a scegliere e ad attrezzare il bacino glaciale della Bessanese per farlo diventare un vero e proprio laboratorio di ricerca a cielo aperto (<https://geoclimalp.irpi.cnr.it/bacino-della-bessanese/>).

Il bacino glaciale della Bessanese è ubicato nelle Alpi Graie, nel comune di Balme, in provincia di Torino. Ha un'estensione areale di circa 6 km² e si sviluppa tra i 2580 e 3601 metri di quota. In tale bacino è possibile osservare in uno spazio ridotto l'intensa evoluzione di molteplici

processi che caratterizzando l'ambiente glaciale e periglaciale nel contesto dei cambiamenti climatici. La presenza, all'interno del bacino, del Rifugio Bartolomeo Gastaldi, ottima base logistica per tutte le attività, e di una stazione meteorologica automatica attiva dal 1988 (gestita da ARPA Piemonte), rende questo bacino sperimentale un luogo adatto allo studio dell'alta montagna. I dati acquisiti dalla stazione meteorologica costituiscono il riferimento climatico per tutte le ricerche che qui vengono svolte.

Grazie a diversi progetti di ricerca, nel 2014 è iniziato il lavoro sul campo, che comprende attività di osservazioni e raccolta dati in loco (es. rilievi geomorfologici e glaciologici, catalogazione di frane e altri processi gravitativi, rilievi floristici), ma anche installazione di sensoristica e strumentistica per il monitoraggio da remoto (es. webcam panoramica, sensori di temperatura in roccia, detrito, suolo e acqua, fototrappole e cassette nido). L'impegno profuso nel lavoro di questi anni, che ha visto la collaborazione con diversi attori pubblici e privati (ARPA Piemonte, Club Alpino Italiano, Istituto Nazionale di Ricerca Meteorologica, Museo Nazionale della Montagna di Torino, Fondazione Glaciologica Italiana, università italiane e società private) ha portato alla realizzazione di cartografia tematica a livello locale, ha permesso di studiare il ghiacciaio della Bessa-

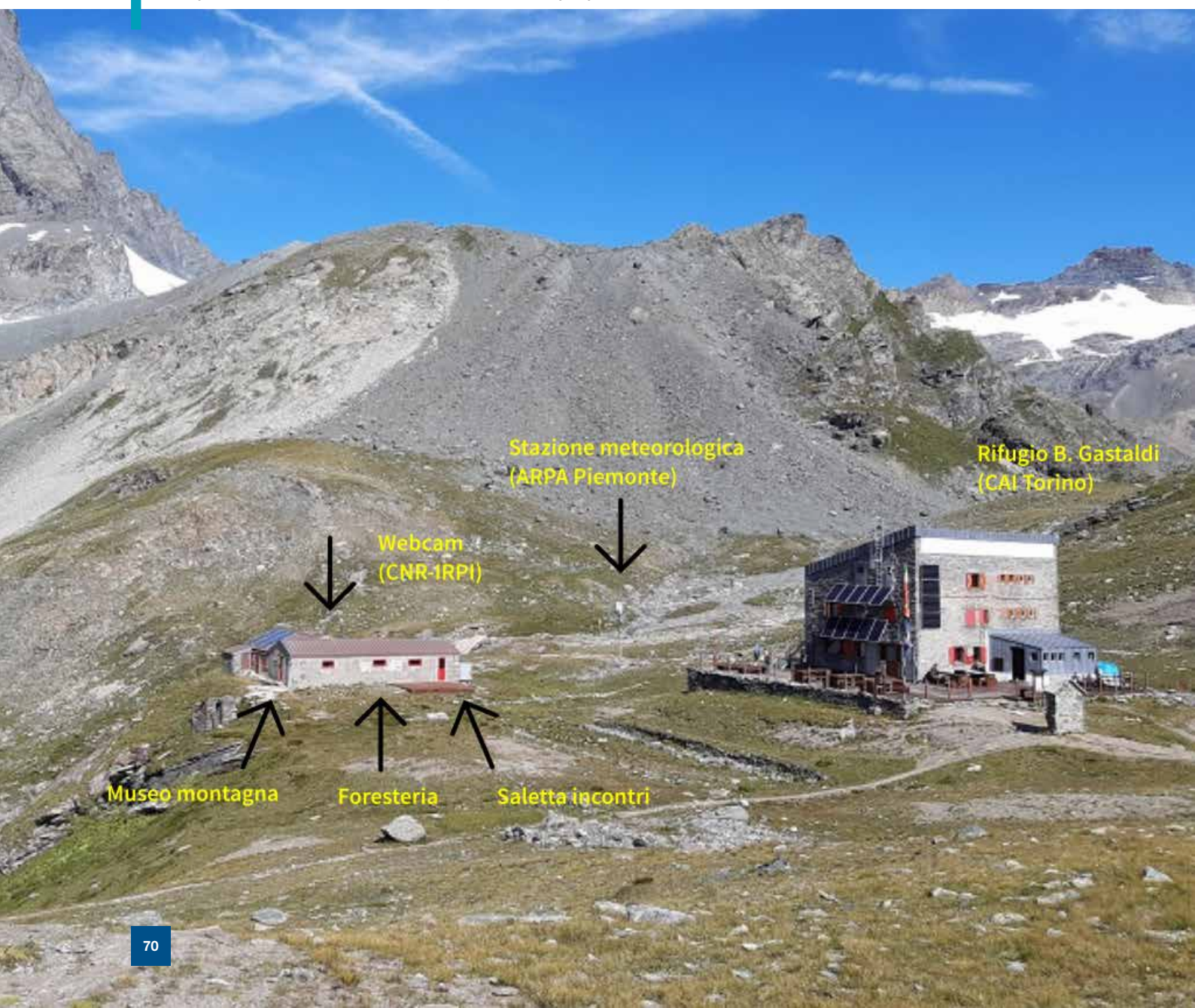
nese e l'evoluzione della sua fronte, di monitorare e studiare il trasferimento di calore nella roccia e di osservare il comportamento di alcune specie indicatrici di flora e fauna di alta quota.

Alle attività di ricerca e sperimentazione, si sono presto affiancate quelle relative alla formazione verso studenti universitari, operatori naturalistici e culturali CAI e verso altre figure professionali, nonché quelle relative alla divulgazione dei risultati. Una grossa spinta a questi due aspetti è stata data dalla realizzazione di una foresteria, dove ospitare ricercatori e studenti che svolgono in questo bacino le loro campagne di misura, e da una saletta incontri, utile per presentare e divulgare i risultati delle ricerche, anche in collegamento remoto con altri rifugi o con sedi istituzionali lontane. Il poter effettuare attività di for-

mazione e di divulgazione scientifica in campo, a stretto contatto con l'ambiente, con i processi naturali attuali e del recente passato e con gli effetti del clima che cambia, costituisce un valore aggiunto e fa dei laboratori a cielo aperto degli autentici avamposti della conoscenza.

Dopo oltre dieci anni di attività, il bacino glaciale della Bessanese è diventato un punto di riferimento nazionale per le ricerche sull'alta montagna e rappresenta un esempio unico nel suo genere anche a livello internazionale in relazione all'approccio volto ad un monitoraggio olistico e sinergico dei processi in atto. Il bacino è inserito nel *Dynamic Ecological Information Management System – Site and dataset registry* ed è parte della rete dei "Rifugi Sentinella".

Area sperimentale attrezzata di alta quota "Bacino glaciale della Bessanese"
© Consiglio Nazionale delle Ricerche / Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica



IL PROGETTO WATERWISE

Corsi d'acqua e sorgenti alpini sono minacciati da temperature in aumento ed eventi meteorologici estremi. Questi cambiamenti impattano biodiversità, disponibilità di acqua potabile, turismo, produzione di energia idroelettrica e agricoltura.

Per affrontare queste sfide è nato Waterwise, un progetto cofinanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma Interreg Alpine Space. Il progetto coinvolge dodici partner pro-

venienti da sette Paesi dell'arco alpino, tra cui Legambiente; capofila è la Fondazione Mach. Il progetto mira ad aumentare la sensibilità del pubblico rispetto alla vulnerabilità idrica nelle Alpi e fornisce una guida per migliorare le politiche idriche e la pianificazione territoriale, costruendo un sistema di gestione delle risorse idriche e degli ecosistemi acquatici alpini più sostenibile. L'obiettivo finale è aumentare la resilienza idrica delle comunità alpine.

Fiume Partnach





Il fiume Partnach, che scende dalla Zugspitze
© Till Rehm

L'impatto di WATERWISE nel lungo termine sarà garantito dalla trasformazione dei risultati del progetto in linee guida che i decisori politici regionali e transnazionali potranno includere nei loro piani di gestione idrica, in particolare grazie ad uno strumento digitale che sarà creato basandosi su database esistenti, su dati idrogeologici raccolti sul campo durante il progetto e sul dialogo con le comunità locali in previsione dei cambiamenti delle risorse idriche.

Il toolbox verrà creato e validato anche attraverso l'organizzazione e conduzione di workshop territoriali nei siti pilota per definire la visione corrente dei cambiamenti delle risorse idriche e

delle sfide per le attività antropiche che da esse dipendono.

La forza di Waterwise risiede nella multidisciplinarietà delle figure di ricerca coinvolte e dei dati raccolti, che insieme possono disegnare un ritratto completo e analitico della vulnerabilità qualitativa e quantitativa dell'acqua a disposizione delle comunità alpine in relazione alla loro situazione socioeconomica. Solo avendo un quadro preciso della situazione attuale sarà infatti possibile pianificare le strategie future, affinché l'adattamento alle sfide poste dal cambiamento climatico sia efficace e calibrato su questi territori.

Ghiacciaio Galtur (Austria)



**PERCHÉ IL MANIFESTO
EUROPEO PER UNA GOVERNANCE
DEI GHIACCIAI È INDISPENSABILE
IN UNA CRISI SISTEMICA**



PERCHÉ IL MANIFESTO EUROPEO PER UNA GOVERNANCE DEI GHIACCIAI È INDISPENSABILE IN UNA CRISI SISTEMICA

Affrontare la crisi climatica significa misurarsi con un mondo che cambia rapidamente, spesso oltre la capacità delle nostre categorie tradizionali di interpretarlo. Viviamo in un tempo di transizione fluttuante in cui la precarietà diventa insieme fonte di inquietudine e orizzonte di opportunità. La crisi non è un evento puntuale, ma un processo complesso, interconnesso e sistemico che investe scienza, economia, società, politica ed ecosistemi, generando effetti a cascata in tutto il sistema terrestre.

Nelle Alpi europee questo intreccio emerge con forza nella trasformazione della criosfera: il ritiro dei ghiacciai, la diminuzione della copertura nevosa e il degrado del permafrost non sono più fenomeni separati, ma componenti di un'unica metamorfosi accelerata. Questi processi agiscono l'uno sull'altro attraverso retroazioni che amplificano la rapidità del riscaldamento e trasformano la criosfera in un sistema in crisi sistemica. Il risultato è un cambiamento non più lineare ma interdipendente, in cui una sola alterazione si ripercuote su molte altre dimensioni: cambiano i regimi idrologici, aumenta l'instabilità dei versanti, si modificano ecosistemi fragili e crescono le pressioni sui sistemi socio-economici alpini. La vulnerabilità diventa quindi intersettoriale e si propaga dalle alte quote ai fondivalle, coinvolgendo risorse idriche, sicurezza, biodiversità, turismo,

agricoltura e abitati umani.

È proprio all'interno di questo quadro complesso che si evidenziano l'urgenza e la portata politica e culturale del **Manifesto europeo per una governance dei ghiacciai e delle risorse connesse**. Di fronte a una crisi sistemica non è più sufficiente osservare o gestire singoli elementi: serve un approccio integrato che riconosca l'unità della criosfera e coordini gli strumenti di monitoraggio, pianificazione e adattamento. È una richiesta che emerge chiaramente dai punti fondamentali del Manifesto, i quali invocano una strategia europea capace di superare la frammentazione e di offrire una visione complessiva, multilivello e transnazionale. Ghiacciai, neve e permafrost non possono più essere pensati come compartimenti stagni: la loro interazione è ciò che determina i rischi e le opportunità dell'arco alpino.

La criosfera non è più un semplice indicatore passivo del riscaldamento globale: è diventata un motore attivo che innesca crisi successive. Per questo la risposta politica non può essere rinviata. Occorrono strumenti scientifici e decisionali in grado di cogliere la natura sistemica dei cambiamenti in corso e di agire con efficacia per ridurre gli impatti. Il Manifesto promuove esattamente questo: un cambio di prospettiva verso forme di pianificazione resilienti al clima e verso una go-

vernance del rischio basata su cicli continui di analisi, intervento, monitoraggio e apprendimento. Una governance che non sia rigida, ma adattiva, fondata su strumenti tecnici e procedurali coerenti e integrati.

Comprendere perché serve un tale cambio di paradigma significa anche riconoscere che non esiste una risposta semplice. Un pensiero lineare suggerirebbe che basterebbe ridurre le emissioni di CO₂ per salvare i ghiacciai, e certamente rimane il primo passo imprescindibile. Ma questa è una semplificazione pericolosa: l'inerzia del sistema climatico continuerà a produrre fusioni per decenni anche se le emissioni si azzerassero oggi. Accanto alla mitigazione – condizione necessaria ma non sufficiente – sono indispensabili interventi di adattamento locale (gestione dell'acqua, protezione civile, ingegneria naturalistica, interventi di restauro della natura), cooperazione internazionale (politiche transnazionali, accordi globali, riduzione delle disuguaglianze) e un profondo cambiamento culturale nei modelli di consumo, di vita e nel modo di percepire la natura.

È qui che il Manifesto incrocia *la pensée complexe* di Edgar Morin. Affrontare la crisi dei ghiacciai significa connettere i diversi livelli – dal locale al globale – e integrare saperi molteplici: climatologia, sociologia, economia, psicologia sociale. Significa ammettere che nessuna soluzione è definitiva e che è necessario procedere con strategie integrate, monitoraggio costante e aggiustamenti in corso. Significa considerare le retroazioni: ogni azione genera effetti imprevisti, talvolta favorevoli, talvolta problematici. La complessità non è un ostacolo, ma la condizione per pensare strategie adeguate al tempo presente.

Le dinamiche internazionali confermano l'urgenza. Nonostante gli investimenti per l'adattamento siano in crescita, restano una quota marginale rispetto al fabbisogno, soprattutto nei Paesi più vulnerabili. La decisione presa a Belem di triplicare entro il 2035 le risorse destinate all'adattamento rappresenta un passo avanti, ma è ancora insufficiente. Si tratta comunque di un segnale politico importante: l'adattamento sta finalmente acquisendo una centralità che riflette la realtà dei rischi.

In questo senso, il Manifesto propone una visione profondamente trasformativa: i territori glaciali, spesso considerati periferie geografiche,

diventano luoghi centrali per immaginare una nuova politica europea del clima. Dalle Alpi ai Pirenei, dai Carpazi alle Highlands, fino ai ghiacciai norvegesi, questi spazi diventano punti di partenza per sperimentare una governance multilivello fondata sulla prossimità, sulla co-produzione dei saperi e sull'integrazione tra dimensione scientifica, culturale e politica.

Qui si intreccia anche la riflessione di Aldo Schiavone sulla "civiltà planetaria". Se il compito dell'Occidente non è più imporre modelli, ma contribuire a costruire un linguaggio politico condiviso capace di trasformare tecnica e conoscenza in responsabilità collettiva, allora la governance dei ghiacciai è una palestra ideale. La gestione di questi beni comuni globali richiede esattamente la capacità di equilibrare potenza della tecnica e tecnica della potenza in un orizzonte etico e cooperativo. Le forme di governance che impariamo a costruire intorno ai ghiacciai possono diventare modelli per altri beni planetari: oceani, atmosfera, suoli, biodiversità.

Infine, la scienza stessa ci ricorda che, pur nella gravità della situazione, le soluzioni esistono già. Come rileva la WMO (Organizzazione Mondiale della Meteorologia), la frustrazione non nasce dalla mancanza di conoscenze o tecnologie, ma dalla lentezza nel metterle in pratica. Il Manifesto, allora, assume una funzione essenziale: non solo denunciare l'urgenza, ma, attraverso il network dei soggetti aderenti, proporre un linguaggio e un quadro politico-culturale in grado di tradurre la scienza in azione.

Il Manifesto europeo per una governance dei ghiacciai e delle risorse connesse è promosso da Legambiente, CIPRA Italia (Commissione Internazionale per la Protezione delle Alpi – Italia), Fondazione Glaciologica Italiana (CGI), Club Alpino Italiano (CAI) e EUMA (European Mountaineering Association). È sostenuto da 87 soggetti: un ampio partenariato europeo che riunisce associazioni ambientaliste, università, enti scientifici, organizzazioni alpinistiche e reti internazionali impegnate nella tutela delle aree montane e della criosfera.

MANIFESTO EUROPEO PER UNA GOVERNANCE DEI GHIACCIAI E DELLE RISORSE CONNESSE

I ghiacciai rappresentano una componente fondamentale del ciclo idrologico e il loro progressivo ritiro sta causando impatti significativi sull'ambiente, sulla salute, sul benessere delle persone, nonché sul clima stesso, fino a compromettere il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile. La gravità di questa situazione è stata sottolineata dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite (UNGA), che ha proclamato il 2025 come **l'Anno Internazionale per la Conservazione dei Ghiacciai** (IYGP).

L'emergenza climatica non è un'opinione né una scelta ideologica, ma una realtà oggettiva e scientificamente provata che non possiamo permetterci di ignorare. La World Meteorological Organization (WMO) ha recentemente confermato che **il 2024 è stato l'anno più caldo mai registrato**, ribadendo l'urgenza della situazione con ripetuti allarmi rossi sullo stato del clima globale, incluso il drammatico ritiro dei ghiacciai.

La criosfera, che comprende ghiacciai, calotte glaciali, neve, ghiaccio marino e permafrost, è una delle componenti più sensibili dell'ambiente terrestre. Essa svolge un ruolo cruciale, poiché nel mondo oltre due miliardi di persone dipendono dalla neve e dal ghiaccio delle montagne che alimentano fiumi, laghi e falde acquifere, risorse essenziali per ecosistemi, agricoltura, energia, industria e usi domestici.

Gran parte dell'Europa sta affrontando inverni con un numero di giorni di neve significativamente inferiore alla media, seguiti da estati eccezionalmente calde, come quelle degli ultimi anni. Questi cambiamenti stanno causando perdite di ghiaccio record nei ghiacciai europei: secondo un recente studio pubblicato su Nature, proprio **i ghiacciai delle catene montuose dell'Europa centrale (Alpi e Pirenei) sono quelli che, proporzionalmente alle loro dimensioni, hanno perso più massa al mondo nel periodo 2000-2023**, con una riduzione di volume del 39% in appena un quarto di secolo (5% è invece la riduzione volumetrica globale dei ghiacciai montani, a esclusione delle calotte di Antartide e Groenlandia). Il riscaldamento globale e la conseguente deglaciazione raggiunta senza precedenti, sono attribuibili quasi esclusivamente alle emissioni di gas serra di origine umana. Le montagne europee si stanno riscaldando a una velocità circa doppia rispetto al resto del continente, fornendo un'anteprima del futuro che attende altre regioni europee nei prossimi dieci anni. In montagna, alla perdita di risorse naturali si aggiunge una crescente instabilità geomorfologica. Fenomeni come instabilità glaciale, frane e colate detritiche sono diventati tra le manifestazioni più evidenti delle trasformazioni in atto nelle zone di alta quota a causa della crisi climatica globale. A preoccupare non sono tanto i singoli eventi, quanto la loro crescente frequenza e intensità, che negli ultimi 30 anni hanno raggiunto livelli elevati.

La conoscenza della criosfera riveste un'importanza fondamentale. I ghiacciai, veri e propri archivi naturali, custodiscono dati e proxy climatici e ambientali essenziali per

comprendere il passato. È quindi cruciale interrogarsi su come i futuri impatti sulla massa glaciale possano accelerare la perdita di queste preziose informazioni. Allo stesso tempo, diventa indispensabile sviluppare metodi per misurare e interpretare l'evoluzione dei ghiacciai e del permafrost e costruire modelli che, partendo dalla loro dinamica, permettano di migliorare la comprensione dei cambiamenti climatici e ambientali. Questi modelli saranno fondamentali per prevedere l'evoluzione delle aree glaciali e sviluppare strategie efficaci per affrontare le sfide legate alla crisi della criosfera.

La scienza della criosfera rappresenta un ambito fondamentale per rispondere ai numerosi interrogativi e costituisce un punto di incontro tra diverse discipline. Essa integra le scienze della Terra, la statistica, l'ingegneria, le scienze giuridiche, economiche e sociali, tutte indispensabili per approfondire la comprensione dei sistemi glaciali e delle loro implicazioni ambientali e sociali. Svelare i processi responsabili di questi fenomeni richiede dati e strumenti armonizzati e liberamente accessibili, che consentano una ricerca innovativa, multidisciplinare e interdisciplinare. Solo così sarà possibile ottenere una visione integrata degli ecosistemi glaciali, considerandoli come una risorsa da valorizzare per il loro ruolo cruciale nel fornire numerosi servizi ecosistemici.

Gli impatti economici, sociali e ambientali dei cambiamenti climatici richiedono risposte politiche immediate e mirate. I decisori politici devono essere in grado di valutare gli effetti attuali e futuri di questi cambiamenti, sviluppando strategie di adattamento efficaci e sostenibili.

È fondamentale rispondere a domande chiave: come cambierà l'idrologia dei sistemi idrici d'alta quota e quale sarà l'impatto sulla disponibilità di acqua a valle? In che modo i cambiamenti nella criosfera influenzeranno la frequenza, l'intensità e le tendenze dei pericoli e dei disastri sia nelle aree montane che a valle? Quali saranno le implicazioni di queste trasformazioni per gli ecosistemi, le specie, i mezzi di sostentamento e le comunità che vivono nelle aree montane? Quali azioni e politiche sono necessarie per rispondere a queste sfide nel breve e lungo periodo?

Sarà quindi necessario rivedere in modo radicale **la pianificazione di nuovi impianti e infrastrutture**, soprattutto nel settore turistico, per adattarsi ai cambiamenti in atto e garantire la sostenibilità a lungo termine.

Anche la **politica agricola europea (PAC)** deve tenere maggiormente conto dei principi ecologici, al fine di favorire il reinsediamento nelle aree montane e la riorganizzazione di una serie di servizi essenziali, come il mantenimento dei versanti, la prevenzione degli incendi, il contenimento dell'erosione del suolo, la conservazione della biodiversità e una gestione sostenibile delle risorse idriche.

È fondamentale affrontare **il problema del rischio** senza pregiudizi né stereotipi. In questo contesto, è necessario ampliare l'approccio includendo la dimensione umana e percettiva nelle valutazioni del rischio. Troppo spesso, la risposta agli eventi disastrosi si limita a ripristinare lo "status quo" o a interventi isolati che non considerano la complessità e le interconnessioni del territorio sotto il profilo pedologico, idrologico e geomorfologico, né le trasformazioni in atto. Per migliorare la gestione del rischio in montagna, come indicato dalla legge europea Nature Restoration Law, si può ricorrere a un utilizzo più ampio e scientificamente fondato di Soluzioni basate sulla Natura (NbS) e Infrastrutture Verdi.

Il coinvolgimento delle comunità locali è essenziale, poiché queste rappresentano i primi conoscitori del proprio territorio, delle risorse idriche e dei bisogni specifici. La loro partecipazione è cruciale non solo per favorire una presa di coscienza collettiva e diffusa sull'importanza dei ghiacciai e della criosfera, ma anche per garantire l'efficacia delle strategie di adattamento. Senza il loro contributo attivo, l'attuazione di una politica di adattamento efficace ai cambiamenti climatici risulterebbe, di fatto, impraticabile.

I cambiamenti climatici non hanno confini e rappresentano una sfida globale. È essenziale, a partire dalle **aree transfrontaliere** che condividono le stesse condizioni geomorfologiche ed unità ecologiche funzionali.

Affinché tutto ciò si realizzi, i promotori e i sostenitori del Manifesto si impegnano a intraprendere azioni comuni, tra cui:

- **Sostenere il valore e la protezione** dei ghiacciai, del permafrost e degli habitat emergenti nelle aree proglaciali.
- **Collaborare con università, centri di ricerca e scuole** per sensibilizzare e accrescere la consapevolezza di cittadini e istituzioni, sviluppando percorsi formativi finalizzati a creare nuove professionalità nel campo della mitigazione e dell'adattamento ai cambiamenti climatici.
- **Istituire spazi di confronto** che coinvolgano amministratori regionali e locali, gruppi di ricerca, associazioni e imprese, al fine di promuovere il dialogo e la collaborazione.
- **Promuovere e mettere in rete** le esperienze provenienti da diverse realtà geografiche, politiche e climatiche, al fine di rafforzare la cooperazione

A livello europeo, in particolare si adopereranno al fine di:

- **Creare un sistema europeo di monitoraggio del rischio criosferico**, favorendo la condivisione di esperienze maturate a livello locale e regionale e sviluppando un insieme comune di regole per il monitoraggio.
- **Istituire una rete multidisciplinare di competenze** da condividere, con l'obiettivo di costituire una *Governance Europea dei Ghiacciai (EGG)*.
- **Valorizzare gli strumenti e le politiche internazionali** per la mitigazione e l'adattamento alla crisi climatica nelle aree glaciali europee.
- **Sostenere la leadership e il ruolo guida dell'Europa a livello globale**, orientando le scelte dell'Unione Europea verso la tutela degli ambienti glaciali, dalle calotte polari ai ghiacciai, e promuovendo la riduzione degli impatti sulla criosfera, sull'uso del suolo e delle risorse idriche.

L'Anno Internazionale per la Conservazione dei Ghiacciai rappresenta un'opportunità unica per unire gli sforzi globali nella lotta contro la crisi climatica. Solo attraverso una collaborazione efficace e un impegno condiviso sarà possibile garantire un futuro sostenibile per i ghiacciai e per le comunità che da essi dipendono. È fondamentale, infatti, perseguire obiettivi urgenti e ambiziosi di riduzione delle emissioni, affiancandoli ad azioni di adattamento coordinate, sostenute e sempre più ambiziose, per favorire la resilienza climatica e lo sviluppo sostenibile. La sfida è enorme, ma il tempo per agire è ora!

PROMOTORI

CAI (Club Alpino Italiano)
CGI (Comitato Glaciologico Italiano)
CIPRA Italia (Commissione Internazionale per la Protezione delle Alpi – Italia)
EUMA (European Mountaineering Association)
Legambiente

ADESIONI

AGRAP (Associazione Gestori Rifugi del Piemonte)
AIGAE (Associazione Italiana Guide Ambientali Escursionistiche)
AIOL (Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia)
Alpine Association of Slovenia
Anton Melik Geographical Institute
Association of Slovenian Geographers
Bayrische Botanische Gesellschaft
CAA Club Arc Alpin
Casacomune
CIPRA Deutschland
CIPRA France
CIPRA International
CIPRA Liechtenstein
CIPRA Slovenia
CIPRA Svizzera
CIPRA Südtirol
CIRF (Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale)
Città Alpina dell'Anno/Alpine Town of the Year
Cumbres blancas Colombia
Cumbres blancas Ecuador
Cumbres blancas México
Cumbres blancas Perú
Cumbres blancas Venezuela
Dachverband für Natur- und Umweltschutz in Südtirol
Department of Geography, at Faculty of Arts, University of Ljubljana
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano
Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali, Università degli Studi di Milano
Dipartimento per lo Sviluppo Sostenibile e la Transizione Ecologica dell'Università del Piemonte Orientale
Dislivelli
Ente di Gestione delle Aree Protette della Valle Sesia
ERSAF Lombardia
Euromontana
EVK2CNR
Federazione Italiana Pro Natura
Federparchi
Fondazione Lombardia per l'Ambiente

Friends of the Earth Bavaria
Geomorphological Society of Slovenia
Geoparco UNESCO Sesia Val Grande
German Environment Agency (Umweltbundesamt)
Gran Sasso Science Institute
Gruppo Abele
Inštitut REVIVO, Inštitut za ihtiološke in ekološke raziskave - Slovenia
ISCAR (International Scientific Committee on Research in the Alps)
L'Altra Montagna
Landesbund für Vogel- und Naturschutz in Bayern
LGU (Liechtensteinische Gesellschaft für Umweltschutz)
Lipu
Marge Sauvage - Ice&Life
Mountain Partnership Secretariat FAO
Mountain Wilderness Deutschland
Mountain Wilderness International
Mountain Wilderness Italia
MUSE Museo delle Scienze Trento
Museo Geografia Università di Padova
Museo Nazionale della Montagna "Duca degli Abruzzi"
Natural History Society of Slovenia
NaturFreunde Deutschlands
Naturschutz - Wildes Bayern e.V.
Paeco Naturale Prealpi Giulie
Parco Nazionale Gran Paradiso
Parco Nazionale dello Stelvio - Lombardia
Parco Nazionale Val Grande
Planinska zveza Slovenije
Progetto Rock-me (GECT Euregio Tirolo-Alto Adige -Trentino, IPN159)
Interreg Alpine Space "Waterwise"
Protect Our Winters Italy
Servizio Glaciologico CAI Alto Adige
SGL (Servizio Glaciologico Lombardo)
Slovenian Association for Water Protection (SDZV)
Slovenian Association of Geodesy and Geophysics
Slovenian Geographers
Slovenian Meteorological Society
Società Meteorologica Italiana
Team Italia del Climate Reality
Tre ASUC Monte Bondone
Triglav National Park
Umweltdachverband (UWD)
Università di Brescia
Università di Torino
Université Savoie Mont Blanc
Verein zum Schutz der Bergwelt
WWF Italia

CONTRIBUTI E RINGRAZIAMENTI

Titoli e autori

Premessa (Vanda Bonardo [1] [5] Marco Giardino [2] [3]). *Stato Di Salute Dei Ghiacciai Alpini Nel Biennio 2024-2025* (Stefano Perona [2] Marco Giardino [2] [3]). *Ghiacciai Bessanese e Ciamarella* (Stefano Perona [2] Marco Giardino [2] [3]). *Ghiacciaio della Ventina* (Stefano Perona [2] Marco Giardino [2] [3]). *Ghiacciaio dell'Aletsch* (Stefano Perona [2] Marco Giardino [2] [3]). *Ghiacciai della Zugspitze* (Stefano Perona [2] Marco Giardino [2] [3]). *Ghiacciaio dell'Adamello* (Stefano Perona [2] Marco Giardino [2] [3]). *Ghiacciai dell'Ortles-Cevedale* (Stefano Perona [2] Marco Giardino [2] [3]). *Gli impatti degli eventi meteo estremi nelle regioni alpine* (Gabriele Nanni [1] Andrea Minutolo [1]). *Instabilità naturale in alta quota nel 2025: numeri contenuti ma emergono nuove criticità* (Marte Chiarle [2] [4]) *La lenta maturazione culturale sui rischi connessi con la dinamica glaciale* (Giovanni Mortara [2] [4]). *Come non rassegnarsi di fronte al disastro di Blatten: il supporto della conoscenza geologica e geomorfologica* (Marco Giardino [2] [3] Marta Chiarle [2] [4]). *La Stazione di ricerca ambientale Schneefernerhaus sullo Zugspitze* (Marco Giardino [2] [3]). *Il bacino glaciale della Bessanese: un laboratorio di ricerca a cielo aperto* (Erica Matta [4] Guido Nigrelli [4]). *Il progetto Waterwise* (Elisa Leo [1]). *Perché il manifesto europeo per una governance dei ghiacciai è indispensabile in una crisi sistemica* (Vanda Bonardo [1] [5]). *Bibliografia e sitografia* (Martina Bosica [1]).

[1] Legambiente

[2] Fondazione Glaciologica Italiana

[3] Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Torino

[4] Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IRPI)

[5] CIPRA

Ringraziamenti

Comuni di Ponte di Legno, Briga, Chiesa in Valmalenco, Sondrio, Garmisch-Partenkirchen, Balme, Provincia Autonoma di Bolzano, Città di Torino.

I firmatari del Manifesto Europeo per i ghiacciai, CAI; Pro Natura Svizzera, World Nature Forum - Aletsch UNESCO, Daniele Piazza, Andreas Weissen; Servizio Glaciologico Lombardo, La campagna Puliamo il Mondo, Museo MVSA - Museo Valtellinese di Storia e Arte; Servizio Glaciologico CAI Alto Adige, Cai Alto Adige, Roberto Dinale; CIPRA Germania, Scheefernerhaus, il progetto Waterwise, KIT-Campus Alpin, TUM Science & Study Center Raitenhaslach, Bund Naturschutz; Rifugio Les Montagnards, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino, CNR-IRPI, ARPA Piemonte, Rifugio Gastaldi, Teresio Barbero, Francesco Tresso.

I coordinamenti Regionali di Legambiente Piemonte e Valle D'Aosta, Lombardia e il circolo di Trento.

Gli esperti: Walter Alberto, Pietro Bruschi, Valter Carbone, Marta Chiarle, Mattia Gussoni, Stefano Perona, Pascal Pirlot, Giovanni Kappemberger, Michael Kraublatte, Erica Matta, Gianni Mortara, Guido Nigrelli, Francesco Parizia, Luigi Perotti, Franco Secchieri, Pascal Stoeber, Andrea Toffaletti, Mathias Ulrich, Ann-Marie Waldvogel, Charly Wouilloud.

I videomaker e fotografi David Fricano e Elia Andreotti; per Legambiente: Sara Bortolin, Martina Bosica, Laura Brambilla, Luisa Calderaro, Tiziana Coseglia, Luana Costanzi, Luigi Colombo, Francesca Cugnata, Giulia D'Offizi, Elisa Leo, Paolo Priori, Enrica Querro, Francesco Spinelli, Chiara Tortora, Fabio Tullio; per CIPRA Italia: Sofia Farina, Francesco Pastorelli, per CIPRA Germania: Christine Busch; il grafico: Luca Fazzalari.

Per le registrazioni del podcast: Giorgio Tidei.

I testimonial: Marta Aidala, Antonella Anedda, Enzo Avitabile, Eugenio In Via Di Gioia, Francesco Puppi.

Valter Maggi Presidente Fondazione Glaciologica Italiana.

Giorgio Zampetti Direttore generale Legambiente e Stefano Ciafani Presidente Legambiente

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Baretti M. (1880) – *Il Lago del Rutor (Alpi Graie Settentrionali)*. Boll CAI, XLI, 43-95.

[Bayerische Akademie der Wissenschaften \(2021\) – Zukunft ohne Eis. Zweiter Bayerischer Gletscherbericht: Klimawandel in den Alpen, 25 pp](#)

[Chiarle M., Bondesan A., Carturan L., Scotti R. \(a cura di\) – *Campagna glaciologica annuale dei ghiacciai italiani \(2024\)*. Geog. Fis. Dinam. Quat. 47\(2\) 221-328.](#)

[Dutto F., Mortara G. \(1992\) – *Rischi connessi con la dinamica glaciale nelle Alpi Italiane*. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 15, 85-99.](#)

ETH Zürich (2025), Birchgletscher Fact Sheet, 88028-VAW-2025-06d, 05 June 2025. <https://polybox.ethz.ch/index.php/s/eazX-qWn8z6rPNwo>

Farinotti D., Huss M., Jacquemart M., Werder M., et al. 2025 *Fact sheet for the now-collapsed Birchgletscher*, Switzerland. <https://polybox.ethz.ch/index.php/s/eazXqWn8z6rPNwo>

GLAMBIE Team - *Stima della comunità dei cambiamenti della massa dei ghiacciai globali dal 2000 al 2023*, *Nature*, 19 febbraio 2025.

GLAMOS (2024), *Swiss Glacier Bulletin 2024, Glacier Monitoring Switzerland, Annual report #145 on glacier observation in Switzerland*, doi: 10.18752/glbuletin_2024.

Hagg W. & Krautblatter M. (2025) *Glacial, Periglacial and the Recent Permafrost Domains in the German Alps*. In *Landscapes and Landforms of Germany*, Springer, 4-14, ISBN: 978-3-031-77876-6.

Hagg W., Mayer C., Mayr E., Heilig A. (2012) *Climate and glacier fluctuations in the Bavarian Alps during the past 120 years*, *Erdkunde* 66: 121–142

Huss M., Funk M., Ohmura A. (2009) *Strong Alpine glacier melt in the 1940s due to enhanced solar radiation*. *Geophys Res Lett* 36(23)

Islam N., Carrivick J.K., Coulthard T., Westoby M., Dunning S., Gindraux S. (2025) *A growing threat of multi-hazard cascades highlighted by the Birch Glacier collapse and Blatten landslide in the Swiss Alps*, *Geology Today*, 41, 5, 200-205.

[Jouvet G., Huss M. \(2005\) – *Future retreat of Great Aletsch Glacier*. *Journal of Glaciology* 1–4.](#)

Krautblatter M., Verleysdonk S., Flores-Orozco A., Kemna A. (2010) *Temperature-calibrated imaging of seasonal changes in permafrost rock walls by quantitative electrical resistivity tomography (Zugspitze, German/Austrian Alps)*, *J Geophys Res Earth Surf* 115:F02003. <https://doi.org/10.1029/2008JF001209>

Le Roy M. (2025). *Lidar survey of Klein Nesthorn landslide*. https://bsky.app/profile/did:plc:7tatf14f2j4pcpq2653f637f/post/3lq2ysifwkv2v?ref_src=embed&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.antarcticglaciers.org%252F2025%252F05%252Fbirch-glacier-landslide%252F

Linsbauer A., Huss M., Hodel E., Bauder, A., Fischer, M., Weidmann Y., Baertschi H. and Schmassmann E. (2021). *The new Swiss Glacier Inventory SGI2016: From a topographic to a glaciological dataset*. *Frontiers in Earth Science*, 9, 774, <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2021.704189/full>

[Marson L. \(1897\) – *Sui ghiacciai del Massiccio del M. Disgrazia o Pizzo Bello. Memorie della Società Geografica Italiana*, Vol. VI, Parte seconda, 171-192](#)

McClure T., *This is ground zero for Blatten': the tiny Swiss village engulfed by a mountain*, *The Guardian* June 1, (2025). <https://www.theguardian.com/environment/2025/jun/01/this-is-ground-zero-for-blatten-the-tiny-swiss-village-engulfed-by-a-mountain>

Mortara G., Tamburini A. (2009) – *Il Ghiacciaio del Belvedere l'emergenza del Lago Effimero*. Regione Piemonte-SMS ed., 189 pp.

Noetzel J. (2008) *Modeling transient three-dimensional temperature fields in mountain permafrost*. Ph.D. thesis, University of Zurich, Zurich

Raymond M., Wegmann M., Funk M. 82003) – *Inventar gefährlicher Gletscher in der Schweiz*. WAW ETH Zürich, Mitteilungen 182, 368 pp.

Reinthal, J. e Paul, F.: *Reconstructed glacier area and volume changes in the European Alps since the Little Ice Age*, *The Cryosphere*, 19, 753–767, <https://tc.copernicus.org/articles/19/753/2025/tc-19-753-2025.pdf>

[Savi S., Dinale R., Comiti F. \(2021\) – *The Sulden/Solda Glacier \(Eastern Italian Alps\): fluctuations, dynamics, and topographic control over the last 200 years*. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.* 44\(1\), 13-28](#)

Yanites B.J., Clark M.K., Roering J.J., West A.J., Zekkos D., Baldwin, J.W. Cerovski-Darriau, C., Gallen S.F., Horton D.E., Kirby E., Leshchinsky B.A., Mason H.B., Moon S., Barnhart K.R., Booth A., Czuba J.A., McCoy S., McGuire L., Pfeiffer A. & Pierce J. (2025). *Cascading land surface hazards as a nexus in the Earth system*, *Science*, v.388. <https://doi.org/10.1126/science.adp9559>

<https://www.alpine-space.eu/project/waterwise/>

https://ambientenonsolo.com/le-alpi-potrebbero-affrontare-un-raddoppio-della-frequenza-delle-precipitazioni-estive-torrenziali-con-laumento-delle-temperature-di-2c/?utm_source=newsletterNotizie+ambientali+del+11+agosto+2025&utm_medium=emailMarco&utm_term=2025-08-11&utm_campaign=Notizie+ambientali+del+11+agosto+2025

<https://www.glacier-hazards-2018.glaciology.ethz.ch/glaciormap-VS.html>

<https://www.glacier-hazards-2018.glaciology.ethz.ch/inventar.html>

<https://www.glamos.ch/it/#/B56-03>

<https://www.glamos.ch/en/factsheet#/B36-26>

<https://goodbye-glaciers.info/regions/>

<https://www.creap.ch/en/guardaval-monitoring-system/>

<https://bisses-valais.ch/>

<https://www.linkiesta.it/2025/10/cop-30-finanza-climatica-temi-obiettivi/>

<https://www.nature.com/articles/s43017-025-00740-4>

<https://www.nimbus.it/glaciorisk/gridbasemainmenu.asp>

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39448075/>

<https://www.servizioglaciologicolombardo.it/vittorio-sella/>

<https://schneefernerhaus.de/en/>

<https://scitechdaily.com/the-great-glacier-meltdown-uncovered-273-billion-tonnes-of-ice-lost-annually/>

<https://www.swissinfo.ch/ita/svizzera%3A-un-quarto-volumi-ghiacciai-scomparso-in-ultimi-dieci-anni/90096194>

<https://www.swissinfo.ch/ita/economia/i-ghiacciai-pericolosi-della-svizzera-sotto-stretta-sorveglianza/47743196>

https://www.swissinfo.ch/ita/soluzioni-climatiche/il-lato-emozionale-della-scienza-climatica/90185152?utm_campaign=scienze_it&utm_medium=email&utm_source=newsletter&utm_content=o&utm_term=automatic

<https://www.unil.ch/news/1750321657213>

<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06092-7>

<https://www.nature.com/articles/s43017-025-00740-4>

https://gh.bmj.com/content/8/Suppl_3/e014431

<https://www.radiolombardia.it/2025/11/12/frana-in-valmalenco-sopra-lanzada-frazioni-isolate/>



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 che con i suoi dossier analizza il turismo invernale nell'epoca della transizione ecologica tra conflitti, discordanze e preoccupazioni, 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**

La **Fondazione Glaciologica Italiana** (FCGI) nasce dalla trasformazione del **Comitato Glaciologico Italiano**, che ha rappresentato, e tuttora rappresenta, la storica istituzione scientifica fondata nel 1895 a Torino all'interno del Club Alpino Italiano e con iniziale denominazione di "Commissione per lo studio del movimento dei ghiacciai", per dare impulso agli studi sui ghiacciai, la loro dinamica e la loro 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 web www.glaciologia.it.

Gran parte di questi dati scientifici viene fornita dalle annuali Campagne glaciologiche organizzate dal FCGI e condotte da operatori volontari e le istituzioni associate alla Fondazione, 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. La FCGI, 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.

La FCGI mantiene rapporti di collaborazione con enti e istituzioni che si occupano di ghiacciai, partecipa a progetti di respiro internazionale, promuove, realizza e sostiene iniziative di carattere divulgativo (ad esempio, la recente opera in tre volumi dedicata dalla Società Geologica Italiana a 22 itinerari glaciologici, la Carovana dei Ghiacciai, promossa insieme a Legambiente e la mostra itinerante "I GHIACCIAI - Testimoni della crisi climatica", con il contributo del Club Alpino Italiano).

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



La **CIPRA** (Commissione Internazionale per la Protezione delle Alpi) è una organizzazione non governativa che ha come scopo lo sviluppo sostenibile nelle Alpi. È composta da una sede centrale a Schaan nel Principato del Liechtenstein e dalle rappresentanze dislocate in tutti gli Stati alpini. Fin dalla sua costituzione, nel 1952, la CIPRA promuove l'incontro fra persone e organizzazioni che si impegnano a favore dello sviluppo sostenibile nelle Alpi, superando confini linguistici, culturali, geografici e politici. Dal 1975 è attiva come organizzazione «ombrello». Ne fanno parte più di 100 associazioni, organizzazioni e persone. La CIPRA opera allo scopo di conferire un maggiore peso alla politica alpina a livello internazionale. Nel 1996 la CIPRA ha favorito la nascita della Rete di Comuni «Alleanza nelle Alpi». CIPRA Italia, la sezione italiana, è costituita da grandi organizzazioni, ma anche da associazioni dalle dimensioni contenute e da enti pubblici come alcuni Parchi naturali. Coordina e promuove istanze, iniziative e proposte riguardanti le politiche alpine.



FRoSTA, partner della Carovana dei Ghiacciai dal 2020. Responsabilità e trasparenza, queste le parole chiave della collaborazione che da cinque anni vede affiancate FRoSTA e Legambiente. Ingredienti naturali e metodi di coltivazione e pesca sostenibili, eliminazione totale degli additivi e sviluppo e adozione di pack sostenibili ed etichette trasparenti dove tracciare la provenienza del prodotto.

La filosofia aziendale rivolta alla salvaguardia del pianeta e la collaborazione con Legambiente hanno portato alla nascita, nel 2023, del progetto "FRoSTA AMICA DEL CLIMA". FRoSTA dal 2020 sostiene la campagna "Save the Queen", in sostegno e difesa delle api, e la "Carovana dei Ghiacciai", impiegando sforzi e risorse a supporto della lotta alla crisi climatica. Nel 2022, nel centenario del Parco Gran Paradiso, ha inaugurato il "Giardino dei Ghiacciai", un percorso di incisioni storiche e installazioni artistiche che attraversa la Valnontey per sensibilizzare ai cambiamenti climatici.

Nel 2023 il sostegno si è concentrato sulla ricerca universitaria, FRoSTA ha donato una nuova strumentazione al Laboratorio di Climatologia Alpina – LCA a 2971 metri sul Monte Rosa, per raccogliere dati e fare previsioni in merito al fenomeno del cambiamento climatico. Il TRwS x2y è attualmente il pluviometro più preciso e sensibile. Permette di misurare tutti i tipi di precipitazioni, solide e liquide, in un ampio intervallo di temperature, condizioni di vento e neve rigide, con un grado di precisione molto alto.



Sammontana 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 parte di un Gruppo – Sammontana Italia – leader per la produzione di gelato e di croissanterie, con brand importanti come Sammontana, 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 Sammontana 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.

EPHOTO

EPHOTO nasce nel 2013 dall'esperienza di tre socie fondatrici in ambito di produzioni fotografiche. Da allora la società ha sviluppato una forte esperienza nel settore produttivo e strategico che condivide ogni giorno con clienti e collaboratori. EPHOTO supporta i brand nei processi decisionali in merito alla produzione dei contenuti, accompagnando l'azienda verso le scelte più efficienti ed efficaci. Dall'analisi e redesign dei flussi interni al supporto concreto nella riorganizzazione dei reparti produttivi, alla gestione di foto&video shooting in outsourcing.

Nel Novembre 2021 EPHOTO si trasforma in Società Benefit. Attraverso un impegno quotidiano concreto verso tutto ciò che ci sta attorno, EPHOTO sostiene lo scopo di rendere complementari obiettivi di business e di sostenibilità. Ogni scelta aziendale, inoltre, è operata secondo logiche di rispetto dell'impatto ambientale e sociale: flessibilità, condivisione e trasparenza guidano l'approccio al lavoro di EPHOTO. L'obiettivo è quello di fornire ai nostri clienti strumenti concreti per ottimizzare il proprio business digitale. EPHOTO non offre un servizio, ma mettendo a fattor comune la propria esperienza opera una trasmissione del valore, consente ai propri partner, clienti e collaboratori di investire in un know-how da fare proprio.



LEGAMBIENTE

Da oltre 40 anni attivi per l'ambiente.

Era il 1980 quando abbiamo iniziato a muovere i primi passi in difesa dell'ambiente.

Da allora siamo diventati l'**associazione ambientalista più diffusa in Italia**, quella che lotta contro l'inquinamento e le ecomafie, nei tribunali e sul territorio, così come nelle città, insieme alle persone che rappresentano il nostro cuore pulsante.

Lo facciamo grazie ai Circoli, ai volontari, ai soci che, anche attraverso una semplice iscrizione, hanno scelto di attivarsi per rendere migliore il pianeta che abitiamo.

Abbiamo bisogno di coraggio e consapevolezza perché, se lo facciamo insieme, possiamo cambiare in meglio il futuro delle giovani generazioni.

Attiva il cambiamento su www.legambiente.it

