

LA CAROVANA DEI GHIACCIAI

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

IV EDIZIONE

ANNO 2023



UN PROGETTO DI



IN COLLABORAZIONE CON

**ALLIANZ
FOUNDATION**

PARTNER SCIENTIFICO



PARTNER PRINCIPALE



PARTNER SOSTENITORE



SEIKO
SINCE 1881

PARTNER TECNICO

EPHOTO

A cura di Vanda Bonardo, Marco Giardino e Stefano Perona

Progetto grafico: Giada Rocchi

Anno 2023

INDICE

Introduzione	4
Calendario	8
itinerario	9
Sempre più caldo, sempre più fretta	10
Eventi estremi nella macroregione alpina italiana	15
La normalità dell'instabilità in alta quota	17
I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE	19
- Rutor	25
- Belvedere	31
- Dosdè	38
- Adamello, Lobbia, Lares	42
I GHIACCIAI DELL'AUSTRIA	48
- Ochsentaler	51
I GHIACCIAI DELLA SVIZZERA	57
- Morteratsch	60
I laghi dei ghiacciai nelle alpi occidentali	66
I servizi ecosistemici delle aree glaciali	69
Il suono del respiro del ghiacciaio	72
Gli artisti salutano i ghiacciai	73
Testimonial della campagna 2023	76
Carta di Budoia	79
Manifesto per una governance dei ghiacciai e delle risorse connesse	83
Conclusioni	87
Contributi e Ringraziamenti	89
Riferimenti bibliografici e sitografici	91



INTRODUZIONE

Il report 2023, come di consueto, riprende e illustra la situazione dei corpi glaciali visitati nelle diverse tappe della Carovana dei ghiacciai. Anche con l'intento di collocare i dati in un contesto di riflessione più ampio, dove i ghiacciai costituiscono il campanello di allarme che ci segnala quanto l'alta montagna stia cambiando e troppo repentinamente.

Il 2022 è stato l'*annus horribilis* per i ghiacciai alpini, poiché tra i più estremi in termini di caldo e deficit di precipitazioni nella regione alpina; ma in quanto a temperature, a livello mondiale, **il 2023 si candida a superarlo e addirittura ad essere l'anno più caldo mai registrato**. Tra i diversi record demoliti nel 2023 c'è **lo zero termico mai così alto sulle Alpi, salito a quota 5.328 m**. Alle consistenti ondate di caldo si è associato un crescendo di eventi meteorologici estremi. I dati dal rapporto Città Clima 2023 di Legambiente estrapolati **per la macroregione alpina italiana descrivono un aumento impressionante di casi: dal 2010 (anno di inizio raccolta dati) ad oggi sono stati registrati 632 eventi estremi (escluse le mareggiate) e la crescita è esponenziale. Se per il 2010 ne sono stati contati 8, nei primi 10 mesi del 2023 sono ben 144**. Eventi sempre più violenti e frequenti, molti di questi originatisi in montagna e in ogni caso espressione di fenomeni fisici dove la catena alpina svolge un ruolo fondamentale quale fattore di condizionamento ambientale, sociale e economico, in stretta connessione con le aree territoriali limitrofe. La numerosità e la frequenza ci indicano che non si tratta di casi isolati; piuttosto, questi eventi estremi rappresentano gli indizi di una "nuova normalità", alla quale ci dovremo abituare. Ma soprattutto dovremmo impegnarci a conoscere meglio, poiché ci troviamo di fronte a un "territorio inesplorato" che molti scienziati non avevano neppure saputo prevedere. **Da una valutazione complessiva si evince che anche il 2023 per i ghiacciai alpini non è stato affatto un anno positivo, tuttavia non così catastrofico come il precedente**. Infatti, in quasi tutti i ghiacciai si osservano fronti in arretramento, seppur in misura decisamente minore rispetto allo scorso anno. In molti casi



le consistenti precipitazioni nevose avvenute in tarda primavera hanno messo al riparo i ghiacciai da un'altra stagione devastante, ma questo non ha fermato la tendenza alla riduzione che caratterizza praticamente tutti i ghiacciai alpini, italiani e non. Siamo in presenza di un **fenomeno globale** che secondo l'IPCC (*International Panel of Climate Change*) ha comportato complessivamente **la perdita di più di 6000 Gt di ghiaccio nel solo periodo 1993-2019**, pari al volume d'acqua contenuto in 75 laghi delle dimensioni del Lago di Ginevra, il più grande dell'Europa occidentale.

La Carovana dei Ghiacciai nel 2023 ha assunto una dimensione internazionale, poiché oltre a visitare i ghiacciai italiani sono state effettuate tappe in Austria e Svizzera. Tra i ghiacciai italiani osservati nel 2023, due sono da considerare fra i più esemplificativi della traumatica risposta del sistema glaciale alpino al riscaldamento climatico. Sono il Belvedere, nel gruppo del Monte Rosa e il ghiacciaio dell'Adamello, il più grande in Italia.

Le montagne che accolgono il ghiacciaio del **Belvedere**, definite l'Everest d'Italia per la loro conformazione, più di altri settori sono sottoposte a continue sollecitazioni tanto da rappresentare uno dei maggiori casi d'instabilità geomorfologica alpina. Sui pendii con il persistere del riscaldamento climatico, la quota dello zero termico si sta alzando repentinamente, così come la fascia d'instabilità delle rocce e l'energia delle frane che, staccandosi sempre più in alto sui versanti, potranno raggiungere settori sempre più lontani sul fondovalle. **Fenomeni di instabilità sono legati anche alla presenza o alla formazione di laghi glaciali.** Peculiari i casi di sifonamento del lago glaciale delle Locce (simili a quelli responsabili degli svuotamenti del lago del Miage) che potrebbero provocare rotte glaciali catastrofiche. Ad essi si associano maggiori instabilità delle morene che contengono il lago. Qui come altri territori alpini c'è il rischio che si verifichi un cedimento improvviso della morena, con formazione di un'onda di piena, con conseguenze difficilmente prevedibili.

Il caso del Belvedere ci racconta di come il progressivo ritiro dei ghiacciai alpini sovente sia seguito da un numero crescente di nuovi laghi glaciali e da una significativa trasformazione geomorfologica (scomparsa, espansione/restringimento) di quelli esistenti. Anch'essi in forte crescita numerica.

Per fare un esempio **per la Valle d'Aosta tra il 2006 e il 2015 il numero totale dei laghi è raddoppiato, sono comparsi quasi 170 nuovi laghi.**

Il ghiacciaio dell'**Adamello**, il più grande ghiacciaio delle Alpi italiane, è suddiviso in varie unità: **Adamello-Mandrone, Lares e Lobbia**. Data la sua collocazione topografica, è alimentato quasi esclusivamente dalle precipitazioni nevose dirette. I cambiamenti climatici degli ultimi anni – stagioni invernali con poca neve e temperature estive molto alte - stanno quindi avendo ripercussioni particolarmente pesanti sulla situazione del corpo glaciale nel suo complesso.

Il Ghiacciaio di Lares è quello che ha perso la maggior percentuale di superficie, passando dai 6 km² valutati nel 1960, ai 4,8 km² nel 2003 e ai 2,8 km² del – dunque il 50%.

Per il Mandrone in soli otto anni si osserva una perdita di superficie di mezzo chilometro quadrato ed **un ritiro frontale di 330 metri per gli ultimi dodici anni, di cui ben 139 metri solo nel corso della caldissima estate 2022. Nel Ghiacciaio della Lobbia la diminuzione di superficie dal 2011 è stata di 1,6 km² mentre il ritiro frontale dal 2000 è pressoché equivalente a quello dell'Adamello – Mandrone.** Di quella che era la sua metà settentrionale rimangono solo più tre placche al di sopra dei 3000 metri. Questi ghiacciai si stanno trasformando anche in profondità: l'acqua che scorre sempre più abbondante sotto il ghiacciaio sta, infatti "cariando" dall'interno. **Con crescente frequenza, sulla superficie dei ghiacciai dell'Adamello compaiono crepacci circolari, o calderoni di ghiaccio con repentini crolli, sintomo anch'essi dell'indebolimento che colpisce i ghiacciai dall'interno.** Queste formazioni spettacolari che via via si stanno facendo più frequenti anche in altri casi, sono sintomo di grande sofferenza dei corpi glaciali, e spesso precedono il collasso di grosse porzioni di ghiaccio, con conseguente importante arretramento delle fronti.

I ghiacciai austriaci, dopo l'ultima pulsazione degli anni Ottanta sono per la netta maggioranza in fase di ritiro salvo rari casi di stazionarietà. Nelle relazioni degli operatori austriaci, come del resto in quelle dei loro colleghi italiani e svizzeri, sono inoltre sempre più frequenti le segnalazioni di aperture di finestre in roccia e di strutture di collasso a imbuto, di casi di frammentazione dei corpi glaciali e d'incremento della copertura detritica. **In Austria abbiamo rivisto situazioni simili a quelle di molti dei ghiacciai italiani** già visitati durante le tappe delle precedenti edizioni: ad esempio quelli della Valnontey nel Gruppo del Gran Paradiso e il Pré de Bar nella Val Ferret di Courmayeur per la Valle d'Aosta oppure quelli della Val Martello in Alto Adige. **In tutti i casi si osserva la scomparsa di una lingua pronunciata e con una fronte ben definita con il ritiro a quote sempre più elevate e in posizioni sempre meno raggiungibili anche dagli operatori preposti al monitoraggio.**

Anche per i 1400 ghiacciai svizzeri si parla di "drammatica accelerazione" del ritiro. **Il 2022 e il 2023 si sono rivelati due anni micidiali per i ghiacciai Svizzeri. Per avere un'idea di cosa significhi, i glaciologi affermano che la perdita di massa glaciale di quest'ultimo biennio è confrontabile con quella avvenuta nel corso dei trent'anni tra il 1960 e il 1990.**L'estate 2022, preceduta da una stagione invernale caratterizzata da precipitazioni scarse che non sono riuscite a fornire una copertura nevosa adeguata, ha battuto ampiamente il record della "storica" estate del 2003. **Il volume di ghiaccio perso complessivamente in tutta la Svizzera è stato valutato pari a 3,3 km³ di ghiaccio (1.320.000 piscine olimpioniche),** il 6% di quello che risultava dal bilancio di massa dell'anno precedente. Si tenga presente che prima di questo risultato venivano considerate come "estreme" percentuali superiori al 2%. Le regressioni delle lingue glaciali sono state particolarmente significative, con ritiri che in alcuni casi hanno superato il centinaio di metri. Qui come altrove si sono inoltre moltiplicate le segnalazioni di aperture di finestre in roccia e di frammentazione dei corpi glaciali.

Nel 2023 non sono stati riportati fenomeni significativi direttamente riconducibili a instabilità glaciale sulle Alpi italiane. In ogni caso se si osserva l'insieme dei fenomeni d'instabilità in alta quota **l'estate 2023 si colloca, a pari merito con il 2016, al secondo posto per numero di eventi d'instabilità censiti (oltre 30), pari a circa il doppio della media annua di casi documentati nel periodo 2000-2021.** Come già avvenuto per l'estate 2022, rispetto al periodo 2000-2021 si sono invertite le proporzioni dei fenomeni documentati: le colate detritiche sono state la tipologia di fenomeno più ricorrente (oltre il 60% dei casi, erano il 20% nel periodo 2000-2021), mentre le frane (rappresentate soprattutto da crolli) compongono il restante 40%.

Alla parte più prettamente scientifica del report si è voluto far seguire alcune brevi riflessioni dei **testimonial d'eccellenza della campagna 2023**: gli scrittori Paolo Cognetti, Matteo Righetto e Michele Nardelli; l'attore Giuseppe Cederna; l'artista berlinese Theresa Schubert e l'ambasciatore del Belgio Leo Petter che ci hanno accompagnato in questo percorso di costruzione di conoscenza e consapevolezza. Ad essi si aggiungono **gli artisti**: Valerio Zanchetta, suonatore di cornamusa; Maria Vittoria Bonardo, musicista; Martin Mayes, suonatore di corno; Monica Consonni, interprete brani e Amelie Konrad, sassofonista; Sergio Maggioni, sound artist; Luca Morino, cantante. Anch'essi con il rito del *Saluto al ghiacciaio* hanno voluto dedicare un po' della loro arte ai meravigliosi giganti in via di estinzione.

Il dossier si chiude con due importanti documenti dedicati alla governance dei ghiacciai e dei territori montani soprattutto per quel che concerne le politiche di adattamento.

Il primo è costituito dalla **Carta di Budoia per l'azione dei Comuni nell'adattamento locale ai cambiamenti climatici** del (2017). Il documento è stato predisposto dall'Associazione Alleanza nelle Alpi Italia e approvato dalla Rete Internazionale di Comuni Alleanza nelle Alpi, oltre che promosso dal Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del Mare attraverso la Delegazione italiana in Convenzione delle Alpi in collaborazione con il Segretariato Permanente della Convenzione delle Alpi. La Carta di Budoia è una dichiarazione volontaria di impegno all'attuazione di misure di adattamento locale ai cambiamenti climatici nei territori alpini e montani. Il progetto di applicazione prevede:



- ▲▲ Adozione di strategie locali di adattamento climatico;
- ▲▲ Attuazione di azioni volte a valutare il rischio potenziale e le opportunità;
- ▲▲ Miglioramento del livello di comprensione degli impatti climatici a livello locale;
- ▲▲ Sviluppo dell'analisi e dell'interpretazione delle politiche e delle conseguenti misure.

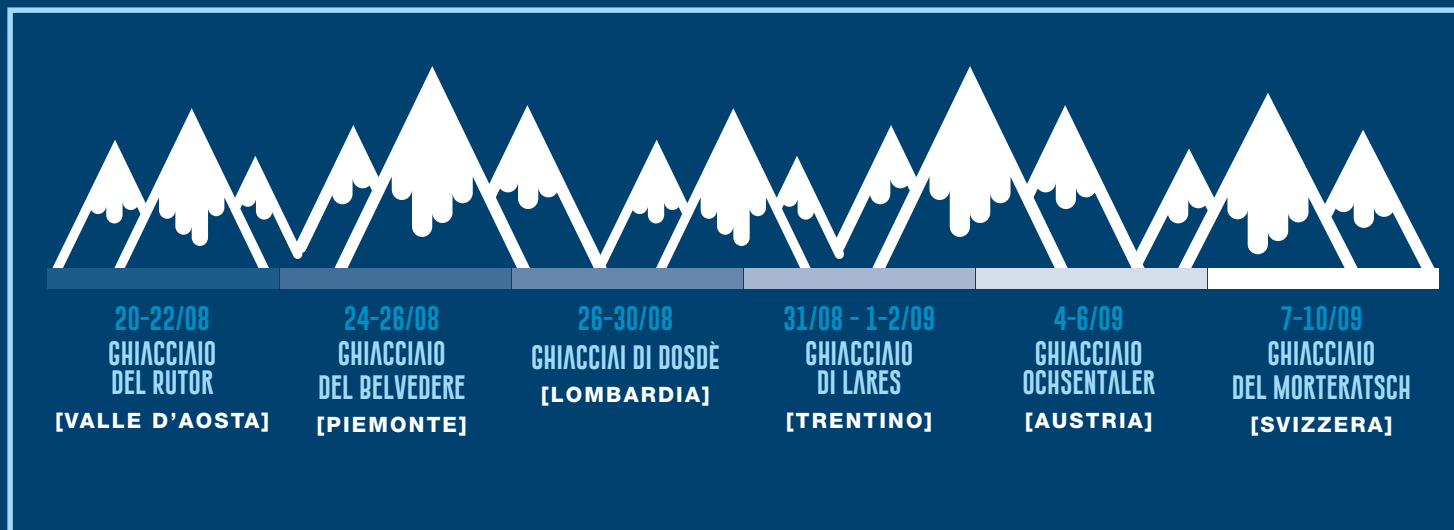
In stretta correlazione con la Carta di Budoia c'è il *Manifesto per una governance dei ghiacciai e delle risorse connesse*. Esso è nato l'8 settembre 2023 da un primo confronto a Saletina (Svizzera) tra alcuni dei maggiori esperti di ghiacciai e clima europei (svizzeri, italiani, francesi, austriaci, tedeschi e sloveni) con Legambiente, Comitato Glaciologico Italiano e CIPRA (Commissione Internazionale per la Protezione delle Alpi).

Il manifesto indica una traccia di lavoro da svilupparsi attraverso **sette fondamentali azioni da cui partire per una governance condivisa dei ghiacciai**. Precisamente:

- ▲▲ Istituire contesti di confronto tra amministratori regionali e locali, gruppi di ricerca, associazioni e imprese, per migliorare la capacità di governance dei ghiacciai europei, le conoscenze e il *know-how* scientifico e tecnico.
- ▲▲ Promuovere e mettere in rete le esperienze provenienti da diverse situazioni geografiche, politiche e climatiche.
- ▲▲ Creare una rete di competenze multidisciplinari da condividere per costituire una Governance Europea dei Ghiacciai (EGG).
- ▲▲ Orientare le scelte dell'Unione Europea alla tutela degli ambienti glaciali, dai ghiacciai alle calotte glaciali e alla riduzione degli impatti sulla criosfera e sull'uso del suolo e dell'acqua.
- ▲▲ Costruire un sistema europeo di monitoraggio del rischio criosferico, mettendo in comune le esperienze maturate a livello locale e regionale e costruendo un sistema comune di regole.
- ▲▲ Collaborare con le Università, i Centri di ricerca e la Scuola per sensibilizzare e accrescere la consapevolezza dei cittadini e delle istituzioni e per sviluppare percorsi di formazione al fine di costruire nuove professionalità nel campo della mitigazione e dell'adattamento.
- ▲▲ Valorizzare e coordinare gli strumenti e le politiche internazionali per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici nelle Alpi, in particolare quelle sviluppate dalla Convenzione delle Alpi come il Piano d'Azione Clima 2.0 della Convenzione delle Alpi, le Linee Guida per l'adattamento locale ai cambiamenti climatici nelle Alpi e le relative iniziative di attuazione come la "Carta di Budoia per l'Adattamento Locale ai cambiamenti climatici".



CALENDARIO



Hashtag della campagna:

#Carovanadeighiacciai
#Changeclimatechange



ITINERARIO



- 1** GHIACCIAIO DEL RUTOR
[VALLE D'AOSTA]
- 2** GHIACCIAIO DEL BELVEDERE
[PIEMONTE]
- 3** GHIACCIAI DI DOSDÈ
[LOMBARDIA]
- 4** GHIACCIAIO DI LARES
[TRENTINO]
- 5** GHIACCIAIO OCHSENTALER
[AUSTRIA]
- 6** GHIACCIAIO DEL MORTERATSCH
[SVIZZERA]

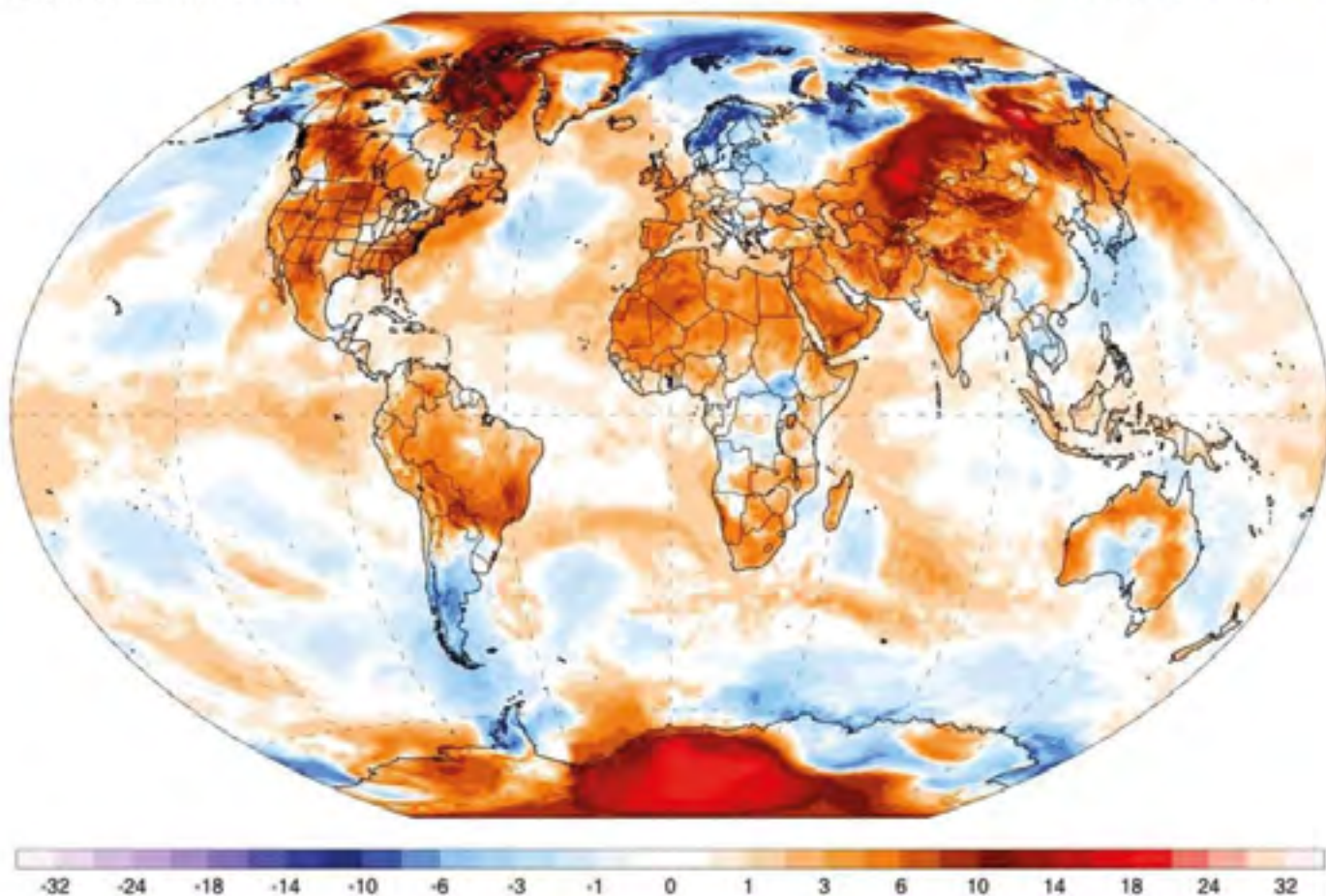
SEMPRE PIU' CALDO, SEMPRE PIU' IN FRETTA

La Società Meteorologica Italiana – NIMBUS ha annoverato **il 2022 come l'anno di gran lunga più caldo della serie climatica nazionale, in Italia iniziata nel 1800.** L'incremento è stato $+1,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ rispetto al 1991-2020, e ha superato di $0,40\text{ }^{\circ}\text{C}$ il record precedente del 2018 ($+0,75\text{ }^{\circ}\text{C}$). Un anno tra i più estremi mai registrati in termini di caldo e deficit

di precipitazioni: ma **il 2023 si candida a superarlo e addirittura ad essere l'anno più caldo mai registrato a livello mondiale.** Il 17 novembre la **temperatura media globale della Terra per la prima volta è andata oltre i 2 gradi** di aumento al di sopra dei livelli medi preindustriali, risultando pari a $2,06$ gradi. Secondo il Centro europeo per le previ-

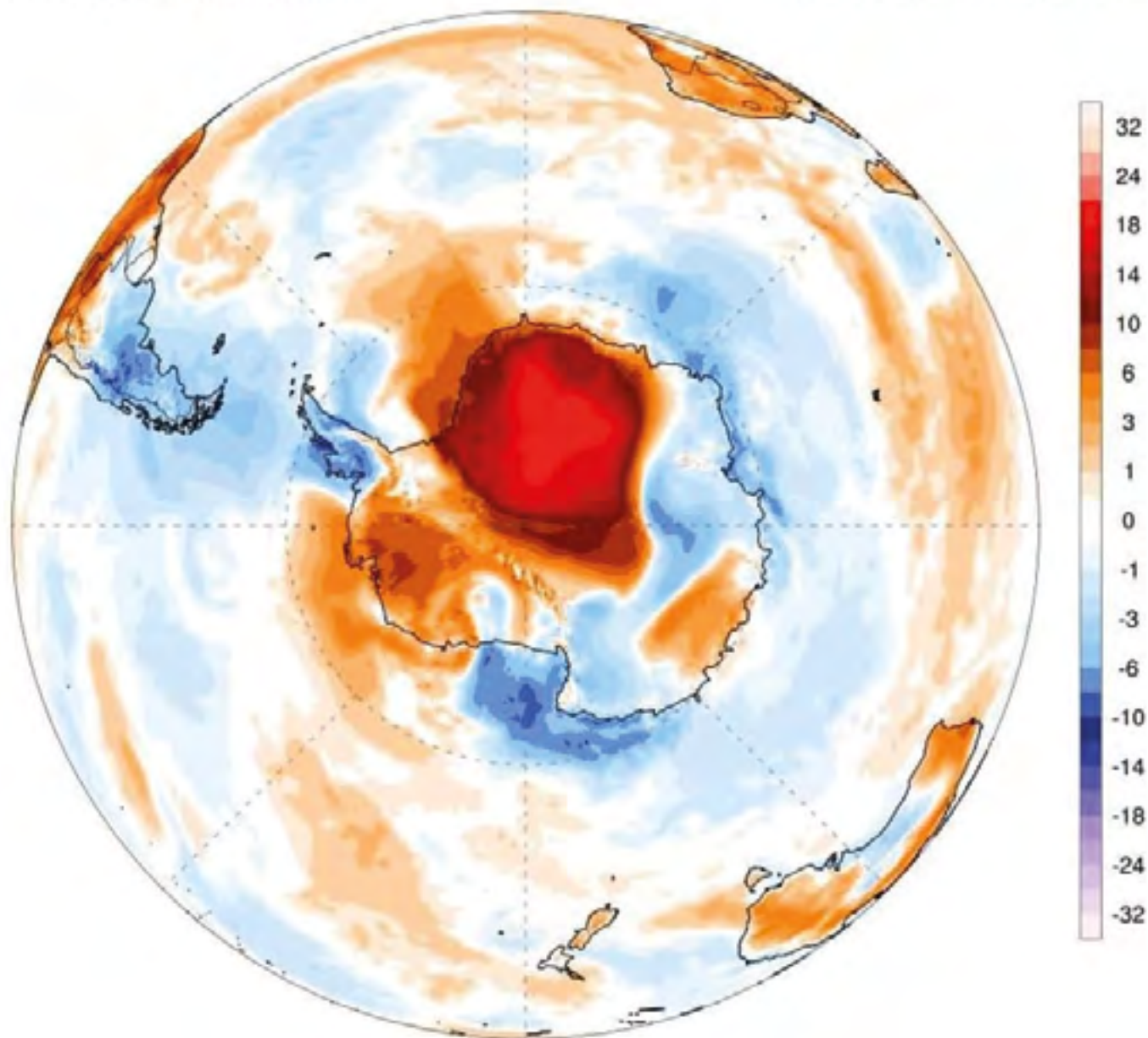
GFS 2m T Anomaly ($^{\circ}\text{C}$) [CFSR 1979-2000 baseline]
1-day Avg | Sat, Nov 18, 2023

ClimateReanalyzer.org
Climate Change Institute | University of Maine



GFS 2m T Anomaly (°C) [CFSR 1979-2000 baseline]
1-day Avg | Sat, Nov 18, 2023

ClimateReanalyzer.org
Climate Change Institute | University of Maine

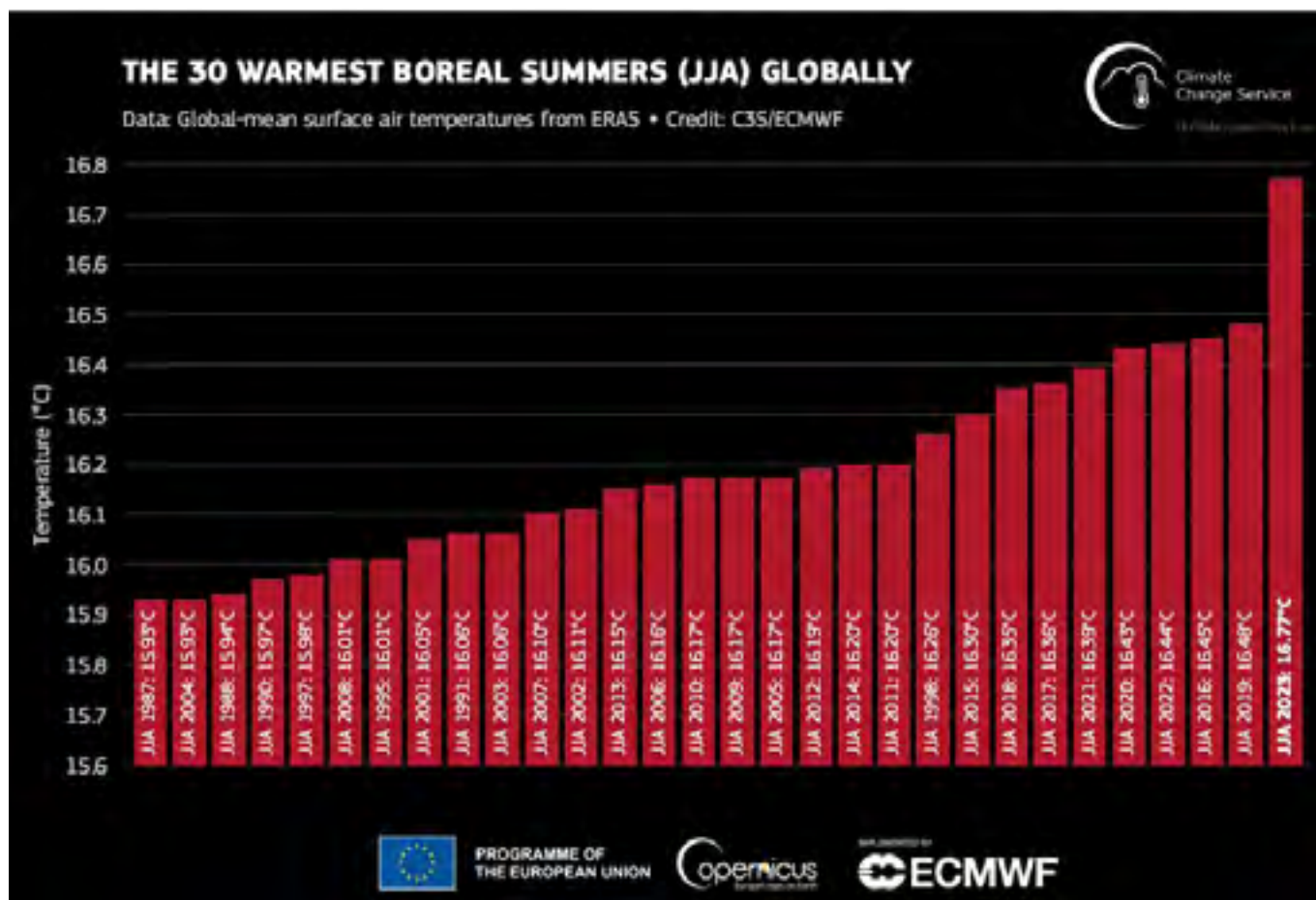


sioni meteorologiche a medio raggio, la temperatura globale del 17 novembre 2023, “è stata di 1,17 gradi superiore al periodo 1991-2020, **la più calda mai registrata** nel set di dati climatici “Era 5”, esteso fino al 1940”. Siamo in presenza di una crescita non lineare delle temperature con ondate di caldo sempre più frequenti e intense.

Secondo Daniele CatBerro (NIMBUS e Comitato glaciologico italiano) “*Il riscaldamento globale e l’insieme di fenomeni a esso collegato hanno subito un’accelerazione soprattutto nel periodo più recente. Ad esempio, i trentenni 1951-1980, 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 e 1991-2020 hanno mostrato delle tendenze di temperatura media planetaria rispettivamente di +0,03 °C/decennio, +0,15 °C/decennio, +0,18 °C/decennio,*

+0,19 °C/decennio e +0,23 °C/decennio, considerando il dataset HadCRU/MetOffice. Ci sono evidenze che le temperature medie degli anni recenti siano ormai le più elevate non solo nelle lunghe serie strumentali (ultimi secoli), ma perfino dall’ultimo periodo interglaciale di circa 125 mila anni fa (IPCC, 2021). E, modelli climatici alla mano, purtroppo non ci fermeremo qui...”.

In quanto a primati raggiunti nel 2023, le analisi del Copernicus Climate Service, segnalano pure che **l’estate scorsa è stata la più calda mai registrata nell’emisfero boreale**. In particolare, **il mese di giugno 2023 è stato il più caldo a livello globale** da quando si registrano le temperature. Anche la stagione autunnale è stata anomala: settembre ha fatto registrare una temperatura media di 2,51 gra-



di superiore alla media del periodo 1991-2020. **Ma l'anomalia più peculiare è quella registrata a ottobre**, da considerarsi davvero straordinaria per una stagione così avanzata. L'inizio del mese è stato insolitamente mite con temperature quasi estive in buona parte d'Europa, facendo rilevare valori record. I dati SNPA per l'Italia ci segnalano che **in Piemonte l'8 ottobre scorso le stazioni meteorologiche in quota hanno registrato temperature record per il periodo**; nello specifico:

⚡ Sopra i 2000 metri: 20,6°C a Bardonecchia Pranudin (2045 m s.l.m.) e 21.1°C a Sestriere (2020 m s.l.m.)

⚡ Sopra i 1000 metri: 26.5°C a Coazze (1130 m s.l.m.) 27.4°C a Bertodasco (1120 m s.l.m.) e 27,6°C a Monte Carza (1110 m s.l.m.).

In **Valle d'Aosta**, presso il **sito di monitoraggio del permafrost di Cime Bianche** gestito da Arpa Valle d'Aosta, a 3.100m di quota sul versante meridionale del Cervino, la **temperatura dell'aria tra il 31 agosto e il 10 ottobre è scesa sotto lo zero solamente 1 volta**, per 18 ore tra il 22 e 23 settembre.

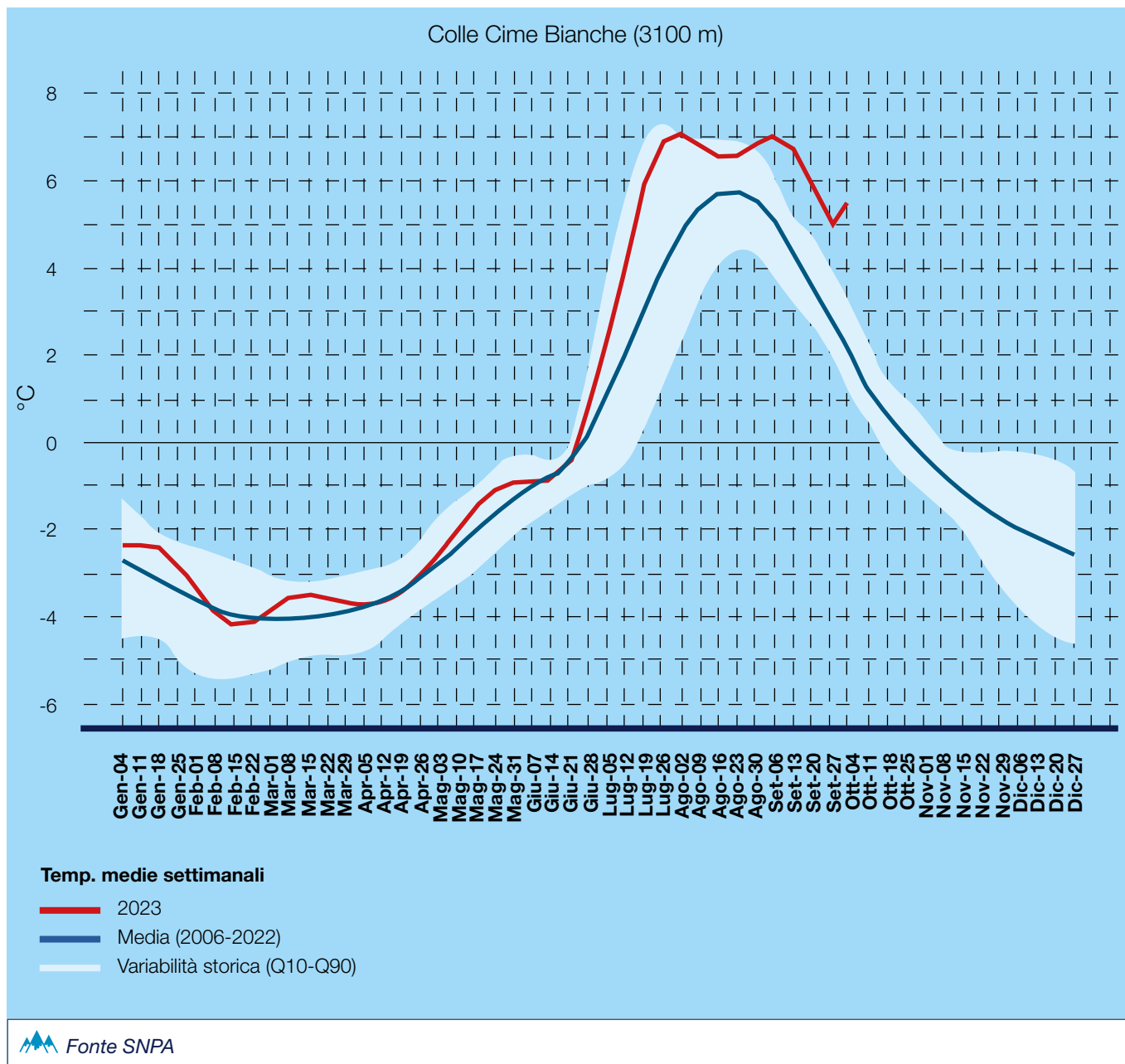
In queste condizioni termiche, i ghiacciai in alta

montagna hanno continuato a fondere quando invece dovrebbero già essere coperti dalla neve autunnale; in pratica, il periodo di fusione si è allungato, se si somma l'anticipo dell'inizio nel periodo primaverile e il ritardo del termine nel periodo autunnale.

Il calcolo delle anomalie delle temperature del permafrost sempre in Valle d'Aosta. a Cime Bianche e sul Cervino (parete ovest) indicano condizioni spaventosamente sopra la media, condizioni mai registrate dall'inizio dei monitoraggi (2005) effettuati dall'Area Operativa Cambiamenti Climatici dell' Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente.

Anche in Lombardia l'apice dell'ondata di calore è stato raggiunto domenica 8 e lunedì 9 ottobre, **Nelle valli lombarde, due dei nuovi record regionali sono stati registrati** a Edolo (BS), stazione situata a 699 m slm – che ha raggiunto una massima di 28.9°C – e a Clusone (BG) con 28.8°C alla quota di 564 m slm. Non dissimile dalla situazione registrata nelle altre regioni alpine.

Sempre riguardo alla calura tardiva, la Società Meteorologica Italiana - NIMBUS riporta come *“sotto cieli ostinatamente soleggiati e intensa radiazione solare, al Nord Italia e in Toscana le temperature massime sono salite diffusamente e per più giorni a 35-38 °C in pianura e nei fondovalle alpini e appenni-*



nici (con punte prossime o superiori a 40 °C) e **sul versante italiano delle Alpi la soglia dei 30 °C si è spinta fino a 1600-1800 m** (come ai 1785 m di Cogne-Gimillan, stazione CFR Reg. Autonoma Valle d'Aosta).

Si tratta di valori anche 10-12 °C superiori alla norma.

Una sequenza così fitta di primati di caldo, con superamenti dei precedenti storici anche di 1-3 °C in serie di lunghezza 50-80ennale, è davvero sorprendente, e più unica che rara”.

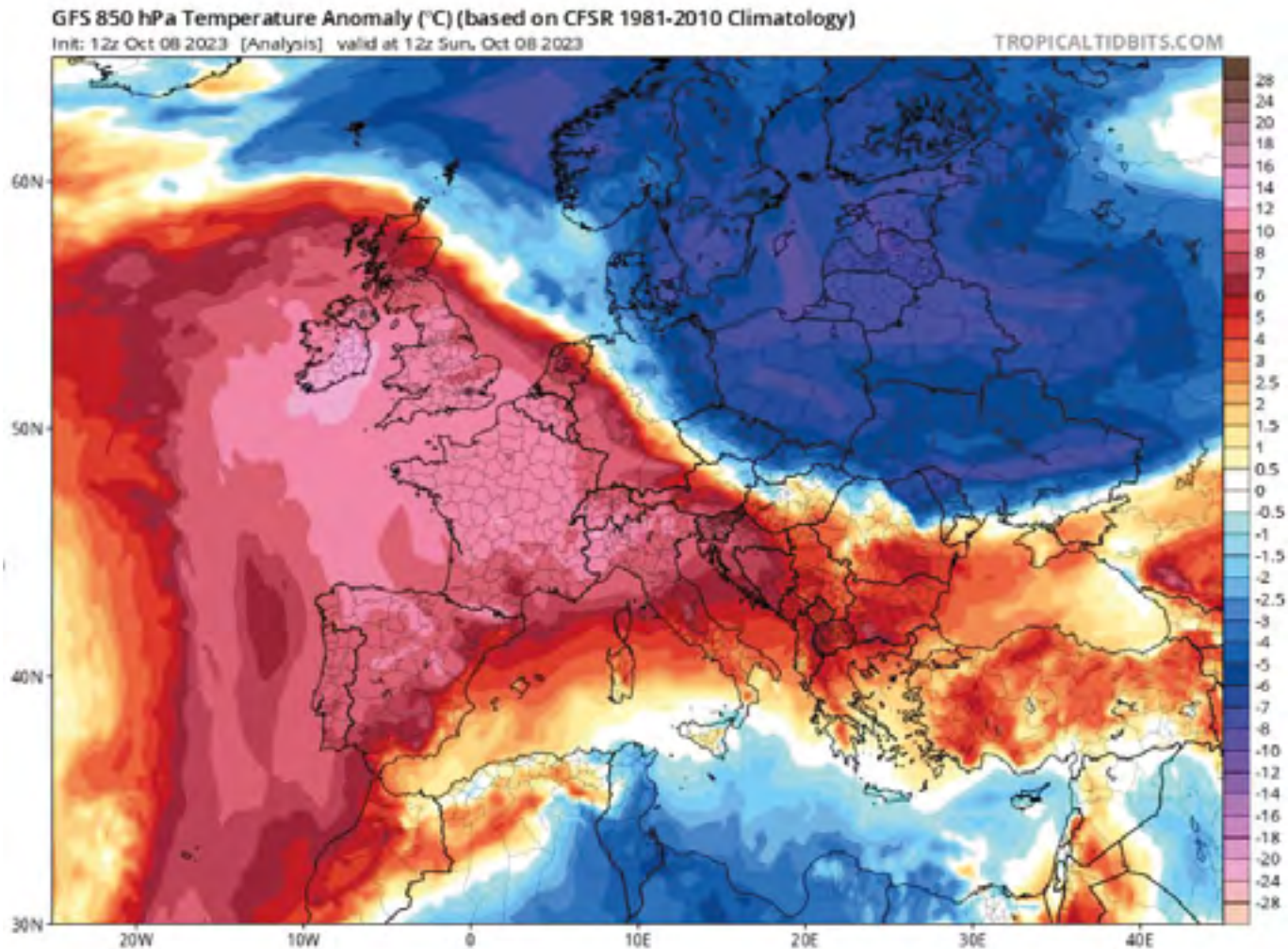
Tra i vari record infranti nell'estate 2023 c'è anche quello dello **zero termico record** in quota sulle Alpi (lo zero termico è definito come la quota oltre la quale la temperatura non sale più al di sopra degli 0°Celsius).

A mezzanotte del 21 agosto il radiosondaggio di

Payerne (Svizzera) ha rilevato la quota dell'**isoterma 0 °C più elevata dall'inizio delle misure nel 1954** in questa stazione aerologica di MeteoSvizzera: ben **5298 m**.

Anche **al Sud delle Alpi i sondaggi termodinamici dell'atmosfera hanno rilevato lo 0 °C ad altitudini analoghe nel corso del giorno 21** (5328 m alle h 00 UTC sopra Novara-Cameri, 5195 m alle h 12 UTC sopra Udine-Rivolto) o della notte seguente (5142 m alle h 00 UTC del 22 sopra Bologna-San Pietro Capofiume).

Altro dato anomalo è quello registrato alle ore 12 di domenica 8 ottobre 2023, quando il radiosondaggio di Novara-Cameri mostrava una temperatura di 19,4 °C in libera atmosfera alla superficie isobarica di 850 hPa, corrispondente a una quota di 1617 m; 0 °C a circa 3900 m. Dato quest'ultimo che richiede anco-



La carta delle anomalie di temperatura a livello di 850 hPa (circa 1600 m) sull'Europa, ore 12 UTC dall'8 ottobre 2023 (14:00 ora legale italiana) mostra con i colori rosso-rosa la grande estensione delle zone soggette a valori da 6 a 14 °C sopra la media del trentennio 1981-2020 (modello GFS, fonte TropicalTidbits).

ra una corretta interpretazione e contestualizzazione fra i valori dello zero termico in atmosfera (Renato R. Colucci CNR-ISP e Società Meteorologica Alpino-Adriatica). Tuttavia, si tratta di un dato molto singola-

re su cui porre estrema attenzione; resta infatti da comprendere se l'entità assoluta di questo evento sarà effettivamente estrema e senza precedenti o se, come temiamo, sarà seguita da altri record termici.

1	5298 m	21.08.2023
2	5184 m	25.07.2022
3	5117 m	20.07.1995
4	4985 m	24.07.2019
5	4962 m	05.08.2007
6	4944 m	01.08.2001
7	4926 m	05.08.2017
8	4912 m	18.06.2017

Elaborazione di Legambiente su dato MeteoSvizzera - stazione di Payerne (cantone di Vaud)



EVENTI ESTREMI NELLA MACROREGIONE ALPINA ITALIANA

DAL 2010 AD OGGI

650

Eventi estremi hanno causato
danni nelle regioni alpine

Di cui



632

Senza mareggiate

EVENTI RIPETUTI



193

Allagamenti
da piogge intense



159

Danni trombe
d'aria e raffiche



73

Esondazioni
fluviali



57

Danni
da grandinate



52

Danni da siccità
prolungata



47

Frane da
piogge intense



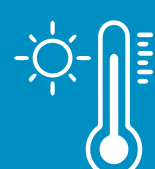
33

Danni
alle infrastrutture



11

Danni al
patrimonio storico



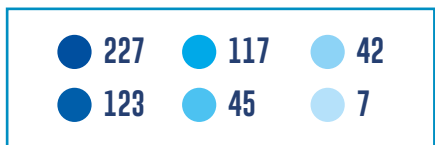
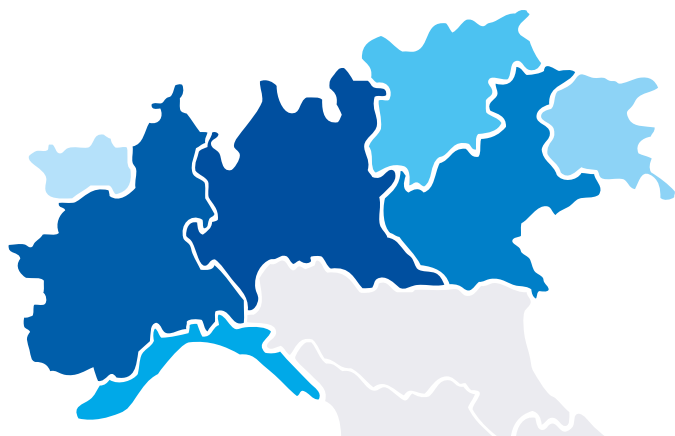
7

Temperature
record in città



NUMERO DI CASI A LIVELLO REGIONALE

Escluse le mareggiate

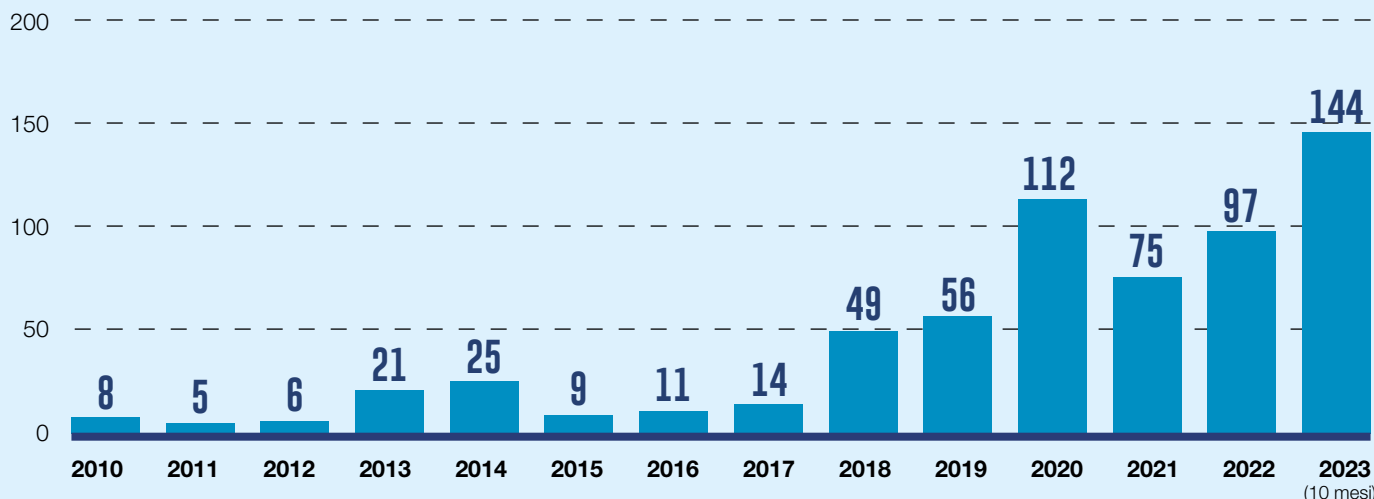


PROVINCE PIÙ COLPITE

Escluse le mareggiate



NUMERO DI EVENTI PER ANNO



LA NORMALITÀ DELL'INSTABILITÀ IN ALTA QUOTA

[ESTATE 2023: IL RADDOPPIO DEGLI EVENTI DI INSTABILITÀ IN ALTA QUOTA È LA NUOVA “NORMALITÀ”]

Secondo le elaborazioni del *CopernicusClimate Change Service*, l'estate 2023 è stata nell'emisfero boreale la più calda dal 1940 (<https://climate.copernicus.eu/summer-2023-hottest-record>), superando di 0.66 °C la media del trentennio 1990-2020, già pienamente iscritto nel trend di riscaldamento climatico in atto a scala globale. Nel Nord Italia, secondo la puntuale analisi del CNR-ISAC, l'estate 2023 ha fatto registrare, rispetto al medesimo trentennio, un'anomalia di +1.11 °C (https://www.isac.cnr.it/climstor/climate/latest_season_TMM.html): per tale regione, si tratta “solo” della sesta estate più calda dal 1800, con un'anomalia ben più contenuta di quella del 2003 (+2.80 °C). E' tuttavia fondamentale considerare due aspetti:

1) Secondo i dati di Copernicus, le 9 estati più calde si collocano tutte nell'ultimo decennio (dal 2015 in avanti);

2) Oltre al dato di anomalia media, il 2023 è stato caratterizzato da diversi “primati” (<http://www.nimbus.it/>): un'ondata di calore eccezionale per intensità e durata a metà luglio, seguita da un episodio di caldo estremo (soprattutto in Sud Italia) tra il 23 e 25 luglio, con superamento di molti record pluridecennali; un'ondata di calore tardiva straordinaria nel Nord Italia nella seconda metà di agosto; caldo record nei primi giorni di ottobre in Italia (in particolare al Nord e al Centro).

Per quanto riguarda gli “effetti a terra”, in Italia il 2023 sarà ricordato per la disastrosa alluvione di maggio in Emilia Romagna e per le drammatiche grandinate di luglio nel Nord Italia: l'occorrenza di questi eventi estremi ha definitivamente sgomberato il campo da

possibili dubbi sul fatto che già oggi il cambiamento climatico stia avendo effetti incontrovertibili sul territorio e sulla nostra vita.

In questo contesto, sono passati relativamente in sordina i numerosi eventi d'instabilità naturale occorsi anche quest'anno in alta quota nelle Alpi Italiane, una delle testimonianze più chiare di come l'ambiente naturale si stia riequilibrando alle mutate condizioni climatiche e ambientali, con una riduzione dell'estensione e della durata del manto nevoso, una riduzione di area e di spessore dei ghiacciai e la degradazione del permafrost. Come evidenziato anche dai dati glaciologici, l'estate 2023 ha avuto effetti meno gravi del 2022 sull'instabilità naturale dei versanti alpini, sia per numero di eventi documentati, sia per le loro dimensioni e conseguenze, non paragonabili fortunatamente a quelle del crollo del Ghiacciaio della Marmolada del luglio 2022. In ogni caso l'estate 2023 si colloca, a parimerito con il 2016, al secondo posto per numero di eventi censiti (oltre 30), pari a circa il doppio della media annua di casi documentati nel periodo 2000-2021 (<https://geoclimalp.irpi.cnr.it/catasto-frane-alpi/>). Il fatto che l'estate 2023 si collochi al secondo posto per numero di eventi d'instabilità in alta quota, benché occupi “solo” il sesto posto per anomalia climatica, ci segnala come l'instabilità dei versanti montani non dipende solo dalle condizioni climatiche dell'anno, ma risponde al sommarsi di tante annate calde verificatesi, una dopo l'altra, in questo ultimo decennio. Come già avvenuto per l'estate 2022, rispetto al periodo 2000-2021 si sono invertite le proporzioni dei fenomeni documentati: le colate detritiche sono state la tipologia di fenomeno più ricorrente (oltre il 60% dei casi, erano il 20% nel periodo 2000-2021), mentre le frane (rappresentate soprattutto da crolli) com-

pongono il restante 40%. Nel 2023 non sono stati riportati fenomeni significativi direttamente riconducibili a instabilità glaciale, anche se un recente studio di Chiarle *et al.* (2022) ha evidenziato come i crolli di ghiaccio nelle Alpi italiane siano aumentati in modo sensibile a partire dagli anni 1990. Si tratta certo di eventi molto poco documentati, poiché coinvolgono per lo più aree remote e poiché le loro evidenze morfologiche scompaiono rapidamente con la fusione del ghiaccio. Si ritiene tuttavia che in alcuni casi le masse glaciali abbiano comunque giocato un ruolo importante nello sviluppo dei fenomeni (vedasi ad es. la colata detritica del Castelfranco, Macugnaga, del 27 agosto). Tra le regioni maggiormente colpite c'è il Trentino Alto Adige (quasi un terzo dei casi censiti), dove le cime dolomitiche, per loro natura in fragile equilibrio, sono state teatro di numerosi crolli, di dimensioni più o meno significative, ma che sempre hanno avuto grande eco mediatica, per il valore iconico di queste montagne patrimonio UNESCO. Pur in assenza di fenomeni di dimensioni catastrofiche, l'estate 2023 ha ancora una volta evidenziato come i fenomeni d'instabilità che si sviluppano in alta quota rappresentino un rischio non trascurabile per i territori montani in uno dei periodi di massimo afflusso turistico. Metà degli eventi finora documentati nel

2023, e l'80% degli eventi estivi si sono infatti verificati nel mese di agosto (2/3 sono colate detritiche), colpendo in alcuni casi frequentatissime località turistiche: solo circostanze molto fortunate hanno evitato, in aggiunta agli ingenti danni economici, perdite di vite umane in occasione delle colate detritiche del 13 e 24 agosto in alta Val di Susa.

È importante infine richiamare come il mese di settembre, considerato dal punto di vista idrologico il primo mese autunnale, per effetto del cambiamento climatico sia ormai da considerarsi sempre più un mese pienamente estivo. Lo testimonia l'elevato numero di eventi documentati (il 30% di quelli finora censiti per l'intero 2023): interessante osservare come si tratti nella totalità dei casi di frane di crollo, che rappresentano con ogni probabilità il risultato della propagazione all'interno degli ammassi rocciosi dei calori estivi.

Un recente studio di Nigrelli & Chiarle (2023) ha evidenziato come, in alta montagna, il tasso di riscaldamento climatico sia in continuo aumento: è lecito dunque attendersi anche nei prossimi anni un'elevata instabilità naturale in alta quota, con fenomeni che coinvolgeranno fasce altimetriche sempre più elevate e che potranno accadere anche in stagioni attualmente considerate più "tranquille".



Il 27 agosto 2023 precipitazioni copiose hanno innescato un'imponente colata detritica lungo il Torrente Castelfranco, che si è in parte riversata sul lobo frontale sinistro del Ghiacciaio del Belvedere (Macugnaga, VCO). Foto: Arpa Piemonte, Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali.





I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE



Quella del 2022-2023, per i ghiacciai, è un'annata che risulta leggermente "migliore" di quella precedente, assolutamente disastrosa, ma rimane comunque un'annata decisamente negativa. Questa considerazione è valida per tutto l'Arco Alpino (e non solo per quello italiano, come si vedrà nei commenti per le situazioni di Austria e Svizzera). Ma per quale ragione il 2023 si è differenziato dal 2022? Sostanzialmente solo per le precipitazioni nevose verificatesi in tarda primavera, in quantità nella norma per il periodo, ma invece significativamente maggiore di quella dei precedenti mesi invernali. Infatti, se non fosse stato

per questa parentesi meteorologica, l'innnevamento della stagione 2022-2023 avrebbe ricalcato quello ai minimi storici della stagione 2021-2022. Durante l'estate, invece, si è ripresentato lo stesso fattore con incidenza negativa per la salute dei ghiacciai: le ondate di calore, con permanenza dello zero termico a quote elevatissime per più giorni. Il record di giorni senza rigelo (dal 4 all'8 settembre) registrato alla Capanna Margherita, il rifugio più alto d'Europa che si trova sulla Punta Gnifetti del Monte Rosa, a 4554 metri, è diventata una notizia ripresa da molti mass media.



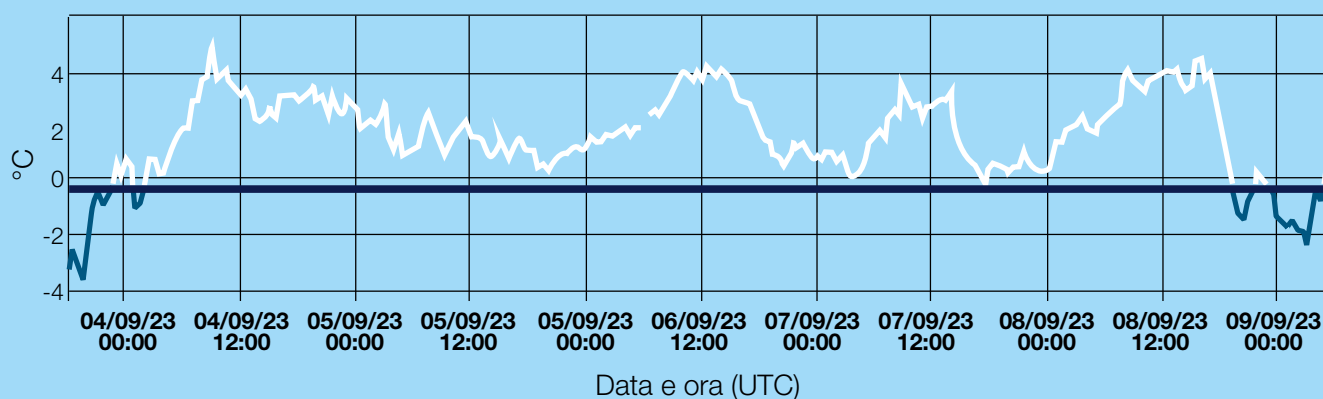
Distribuzione dei ghiacciai italiani (fonte: Comitato Glaciologico Italiano)

Gli apporti di neve primaverile sono riusciti ad evitare solamente che già all'inizio della stagione estiva i ghiacciai fossero quasi del tutto scoperti anche a quote superiori ai 3000 metri, come invece era accaduto a fine maggio – primi di giugno del 2022. Ma ciò non ha impedito che alle quote inferiori la fusione iniziasse ad agire fin da subito sul ghiaccio espo-

sto. In altri termini, solo i bacini di alimentazione dei ghiacciai posti alle quote più elevate sono riusciti a conservare un lenzuolo – più che una coperta – di neve. Questo ha evitato perdite significative di spessore almeno in quei settori di accumulo, senza però risultare funzionale ad una significativa produzione di nuova massa glaciale.

STAZIONE CAPANNA MARGHERITA - QUOTA 4554 SLM

Andamento della temperatura



Dalle 2 antimeridiane del 4 settembre fino alle 19:30 del 9 settembre 2023 le temperature registrate alla Capanna Margherita ai 4554 metri di quota della Punta Gnifetti (Monte Rosa) non sono mai scese sotto lo zero. Si tratta di un record assoluto per il numero di giorni consecutivi (fonte: Arpa Piemonte).



Leggera nevicata di fine agosto 2023 sui ghiacciai del Dosdè (Val Viola Bormina, Alta Valtellina). Il verificarsi di alcuni episodi meteorologici come questi possono aver dato l'impressione che l'estate 2023, in termini climatici, non sia stata così negativa rispetto a quella 2022. I benefici per i ghiacciai sono però stati nulli o molto scarsi e, ancora una volta, hanno prevalso gli effetti negativi delle temperature elevate (foto di S. Perona).



A sinistra, un'immagine satellitare Sentinel-2 a inizio luglio 2023 dei ghiacciai valdostani del Rutor (Valle di La Thuile) e dello Château Blanc (Valgrisenche). L'innevamento delle superfici glaciali è ancora consistente. Secondo i rilevamenti di ARPA Valle d'Aosta, gli apporti nevosi della stagione invernale 2022-2023 sono stati sorprendentemente buoni, soprattutto rispetto alle altre situazioni osservate nella regione. A destra, nell'immagine Sentinel del 9 settembre successivo la copertura di neve residua permane solo al di sopra dei 3100 metri mentre nei settori posti a quote inferiori, che hanno subito i periodi di caldo più intenso completamente scoperti, si sono nuovamente registrate perdite di spessore di ghiaccio di poco inferiori a quelle del 2022. Il lago visibile in basso a sinistra è quello del Beauregard, in Valgrisenche.

Ad agosto, un po' ovunque, sono avvenute alcune leggere nevicature, quindi si potrebbe dire che l'estate 2023 nell'Arco Alpino sia stata nel complesso leggermente meno seccata di quella 2022; ma le coperture nevose sono svanite nel corso di pochi giorni per il rapido rialzo delle temperature anomale. A fine settembre – inizio ottobre, un nuovo periodo molto caldo ha prolungato le condizioni di fusione del ghiaccio ben oltre i termini che si riscontravano in passato. Pertanto in molti dei ghiacciai su cui vengono eseguiti i bilanci di massa gli operatori, nel ten-


tativo di completare il quadro annuale, sono ritornati per un ulteriore controllo, nonostante avessero considerato formalmente chiuso il periodo di osservazioni una quindicina di giorni prima. Al momento della stesura di questo report, solo alcuni dei risultati dei bilanci di massa effettuati sui ghiacciai italiani sono già disponibili. Si ricorda che questo tipo di monitoraggio viene ritenuto più significativo rispetto alla sola misurazione dell'arretramento frontale per valutare le effettive condizioni di un ghiacciaio ma per la complessità tecnica e logistica di esecuzione può

essere applicato solamente ad un numero ridotto di ghiacciai.

Nell'Arco Alpino Occidentale, i ghiacciai del Ciardoney, nel versante piemontese del Gran Paradiso, e, per la Val d'Aosta, quelli del Grand Etret alla testata della Valsavarenche, del Timorion (Valgrisenche) e

del Rutor sono quelli di cui si ha già un quadro preciso per il 2023. Tutti i bilanci hanno confermato la tendenza fortemente negativa, con risultati migliori solo di quelli del 2022. Ad esempio, nel caso del Grand Etret gli operatori del Corpo di Sorveglianza del Parco Nazionale del Gran Paradiso hanno segnalato un

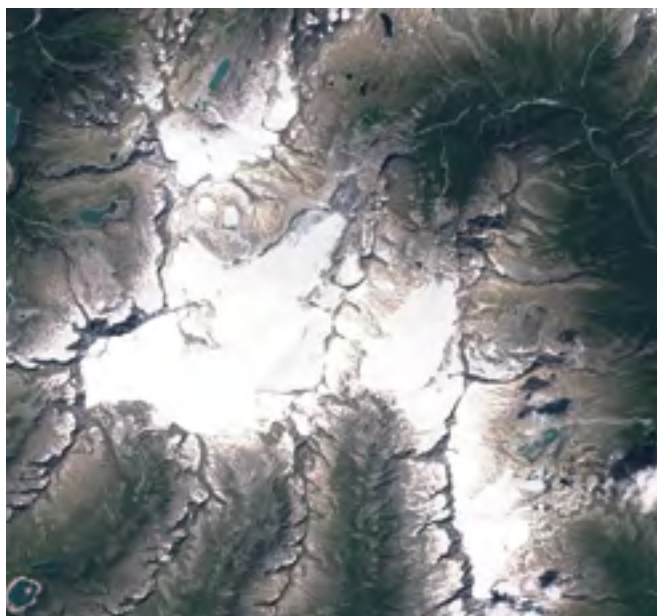



 La situazione dei ghiacciai del Gruppo del Bernina il 24 agosto 2023 (immagine satellitare sentinel 2). 1a e 1b: ghiacciai dello Scerscen Inferiore e dello Scerscen Superiore. 2a e 2b: Ghiacciaio di Fellaria Ovest e di Fellaria Est. 3: Ghiacciaio del Morteratsch (Svizzera). Sull'altipiano del Ghiacciaio di Fellaria est, tra i 3300 - 3500 metri di quota, è ben visibile la copertura nevosa che ha fatto sì che in quel settore i risultati del bilancio di massa non si discostassero troppo dalla media di quelli degli anni precedenti. Alle quote inferiori, sia il Fellaria Ovest e i due ghiacciai di Scerscen, ormai molto ridotti arealmente e frammentati, si presentano completamente privi di neve residua.

bilancio negativo di 2386 millimetri di acqua equivalente, una perdita doppia rispetto alla media del periodo 2000-2020. Anche nel caso del Ciardoney (Valle dell'Orco, Piemonte) la perdita è stata superiore ai 2000 millimetri di acqua equivalente: nei rilievi svolti dalla Società Meteorologica Italiana questo dato rappresenta il sesto più negativo inserito in un trend che ha portato alla perdita di 3,6 milioni di metri cubi di acqua dal 2019.

Per le Alpi Centrali, la Lombardia in particolare, il Servizio Glaciologico Lombardo da anni osserva i piccoli ghiacciai delle Alpi Orobie che, proprio per le

loro dimensioni ridotte e la fascia altimetrica attorno ai 3000 metri in cui si trovano rispondono con minore inerzia ai cambiamenti climatici. Uno dei casi emblematici è quello del Ghiacciaio di Campo Nord - Paradisin. La perdita di spessore misurata alla palina ablatometrica posta a 2950 è stata di 4,6 metri, appena sotto quella di 4,8 metri registrata nel 2022. Per due anni consecutivi, quindi, gli operatori si sono trovati di fronte a dati che, statisticamente, possono essere considerati "fuori scala" in quanto superiori al doppio del valore medio di perdita annua - pari a 2,2 metri - calcolato sul periodo 2007 - 2021. La media



 *Nell'immagine Sentinel-2 del 7 luglio 2023 a sinistra, il Gruppo dell'Adamello (Adamello - Pian di Neve e Mandrone, Lobbia e Ghiacciaio di Lares) si presenta con ancora una buona copertura nevosa, ormai completamente assente nell'immagine a destra del 24 agosto. Per i ghiacciai di altipiano come quelli dell'Adamello, caratterizzati da pendii poco inclinati o quasi pianeggianti, un innalzamento della quota di permanenza della neve di un centinaio di metri per effetto di un'ondata di calore comporta il passaggio dalla situazione di sinistra a quella di destra in pochi giorni.*

delle temperature tra giugno e settembre registrate dalla stazione meteorologica (quota 2933) del ghiacciaio ha battuto di un decimo di grado il precedente record di +6°C del 2022. Da notare che mentre prima il periodo estivo di riferimento per la media delle temperature andava da giugno ad agosto, in questi ultimi anni ha dovuto di fatto includere anche settembre, perché anche in questo mese si stanno verificando sempre più frequentemente pesanti “colpi di coda” da parte della fusione del ghiaccio.

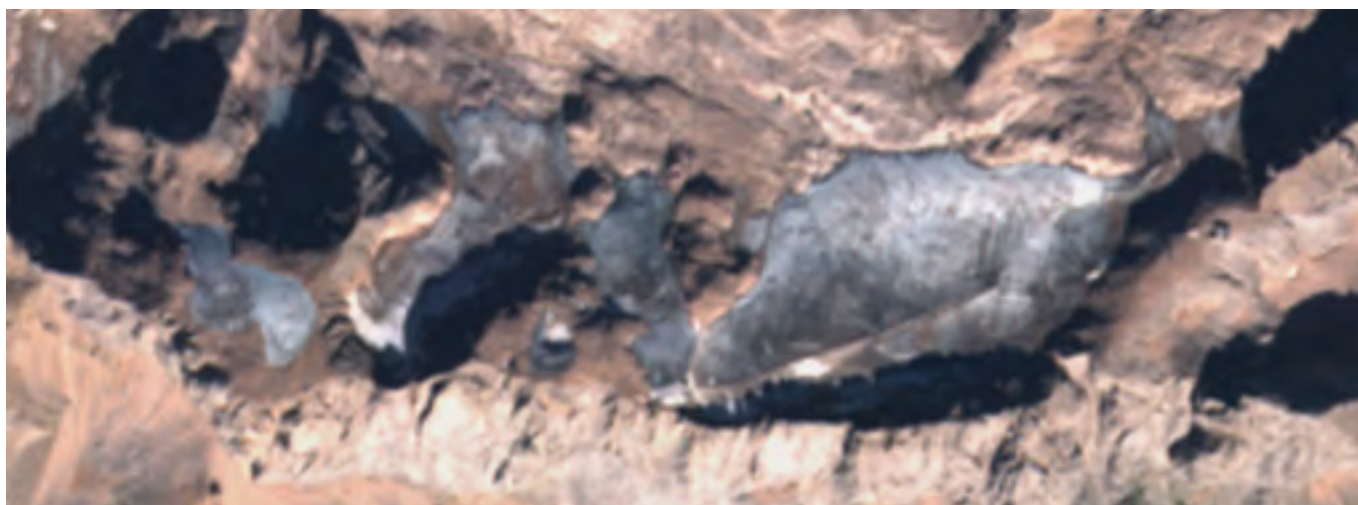
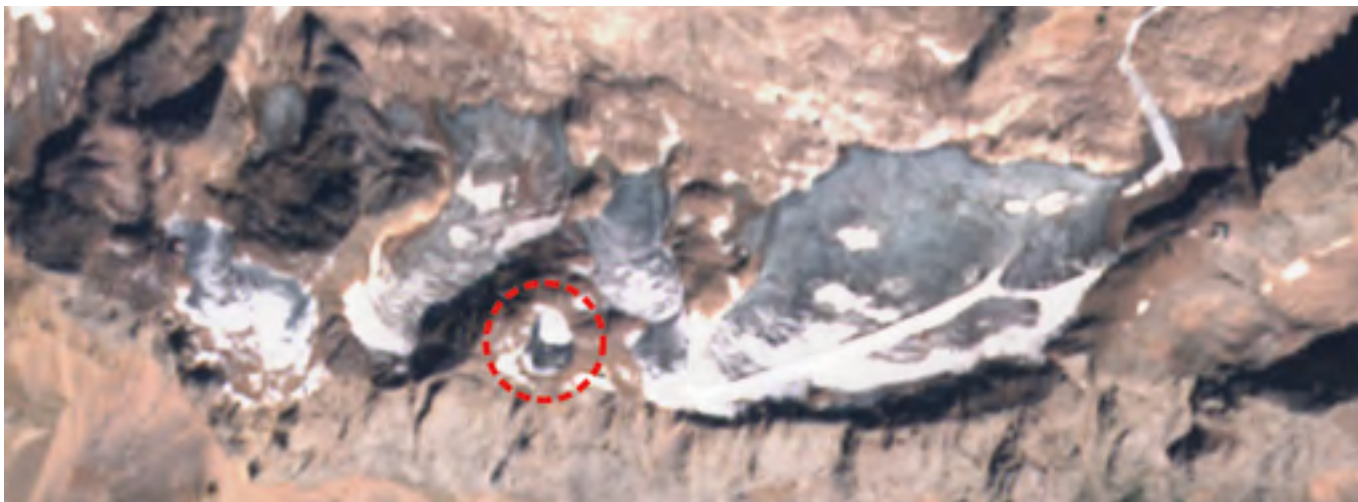
Pure il consueto monitoraggio del Ghiacciaio di Fel-laria, sul versante italiano del Bernina (Val Malenco) ha rivelato dati molto preoccupanti soprattutto alle quote inferiori ai 3000 m; qui si registra un bilancio fortemente negativo con perdite tra i 3 e i 4 metri di spessore di ghiaccio a seconda delle paline ablatometriche misurate. Nella fascia altimetrica dei 3500 metri, nel settore dell'altipiano glaciale del Fellaria, il bilancio è risultato sostanzialmente in pareggio con quello dell'anno precedente. Tuttavia, nel giorno del sopralluogo (28 settembre) gli operatori glaciologici hanno rilevato anche in questo caso temperature estremamente elevate per la stagione: 7 °C a 3500 presso il sito di misura e 11 °C a 3032 metri alla stazione ARPA del Passo Marinelli.


In Trentino il Ghiacciaio dell'Adamello, il più esteso dell'Arco Alpino Italiano viene regolarmente osservato grazie alla collaborazione tra la Commissione Glaciologica della SAT, Meteotrentino e Servizio Glaciologico Lombardo. Anche qui la perdita di spessore misurata a fine agosto a 3000 metri di quota si ag-

gira attorno ai 3 metri, valore quindi sostanzialmente in linea con quelli dei casi precedenti per la stessa altimetria. Non va molto meglio per il Ghiacciaio de La Mare (Val di Sole, settore trentino del Parco dello Stelvio): -2 metri a 3200 metri di quota.

Il Ghiacciaio della Marmolada, tristemente salito agli onori della cronaca nel 2022 per il crollo di una placca di ghiaccio sospesa che fece 11 vittime, anche nel 2023 sembra ancora procedere con immutata velocità sulla strada dell'estinzione. Secondo il suo gruppo di monitoraggio composto da ricercatori del Dipartimento di Geografia dell'Università di Padova, tecnici di Arpa Veneto e membri del Comitato Glaciologico Italiano, gli arretramenti frontali si sono mantenuti elevati raggiungendo i -80 metri in alcuni settori. In tempi brevissimi, se non già per l'anno prossimo, è inoltre attesa una riduzione areale al di sotto della soglia del chilometro quadro. Al momento la sua dimensione è scesa a 1,12 km² (la metà di quella che ancora aveva nel 2000 e un quarto di quella dei primi del XX secolo) e la perdita annua media di superficie risulta essere di 5 ettari.

I ghiacciai dell'Alto Adige, osservati dai tecnici dell'Ufficio Idrologia e Dighe della Provincia Autonoma di Bolzano in collaborazione con gli operatori volontari del Servizio Glaciologico dell'Alto Adige (SGAA) e del Comitato Glaciologico Italiano, nel 2023 hanno perso mediamente un metro e mezzo di spessore. Anche in questo settore dell'Arco Alpino sono state segnalate anomalie climatiche: nella seconda metà di agosto, alla quota di 3328 metri della stazione me-



 *In alto, nell'immagine Sentinel-2 dell'11 agosto 2023, il Ghiacciaio della Marmolada conserva un po' di neve alle quote più elevate una settimana dopo la breve perturbazione del 4 agosto, i cui suggestivi ma purtroppo effimeri effetti sono stati ripresi da un video realizzato dal famoso gestore del rifugio di Punta Penia, Carlo Budel, facilmente reperibile in rete e ripreso anche dalle edizioni digitali dei mass media. Ancora imbiancata anche la nicchia del tragico crollo del 3 luglio 2022 (cerchio rosso). In basso, il ghiacciaio completamente privo di neve residua il 10 settembre, al culmine dell'ondata di calore che ha portato la quota di superamento dello zero termico - per più giorni consecutivi - a livelli record*

teorologica di Punta Beltovo di Dentro presso Solda la temperatura non è mai scesa (nemmeno di notte quindi) al di sotto dei +7°C per diversi giorni consecutivi.

A proposito delle ondate di calore, In Alto Adige (ma anche negli altri settori dell'Arco Alpino: Adamello, Ghiacciaio dei Forni in Lombardia, Rutor in Valle d'Aosta) la ricerca glaciologica sta dedicando sempre maggior attenzione alle analisi delle quantità di sedimenti prese in carico dalle acque di fusione; si tratta di un altro metodo di indagine che si affianca alle tecniche di monitoraggio dirette dei corpi glaciali per approfondire il "quadro clinico" dei ghiacciai durante questi eventi estremi. Ad esempio, presso la stazione idrometrica del Torrente Solda presso Ponte Stelvio (versante atesino del passo), nelle giornate di caldo sopraccennate si sono registrate portate liquide fino

a 10 metri cubi al secondo con un carico solido di circa 10 chilogrammi per metro cubo.

In riferimento alle nevicate occasionalmente copiose che dalla fine di ottobre hanno interessato l'Arco Alpino, montagne della Lombardia e Triveneto in particolare (e che ovviamente si auspica che continuino a caratterizzare anche i mesi successivi alla pubblicazione di questo report), va precisato che queste verranno considerate nel contesto del bilancio dell'annata 2023-2024. La neve che cade in questo periodo è ritenuta molto più "benefica" per i ghiacciai di quella che arriva a primavera inoltrata perché avrà più tempo per addensarsi. Resisterà così più a lungo alla fusione nel corso della prossima stagione estiva estendendo la protezione per il ghiaccio sottostante e - se in quantità sufficiente - fornendo linfa vitale al processo per crearne di nuovo.



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[RUTOR]

Numero Catasto C.G.I.	189
Tipo Ghiacciaio	Montano
Forma	Pendio
Alimentazione	Diretta
Esposizione	NNO
Superficie	7.5 km ²
Quota max bacino	3486 m.s.l.m
Quota max	3440 m.s.l.m
Quota min	2640 m.s.l.m
Anno di acquisizione	2022
Lunghezza Massima	4 m



Foto aerea del Ghiacciaio del Rutor (D. Cat Berro—Società Meteorologica Italiana 2022)



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE


[RUTOR]

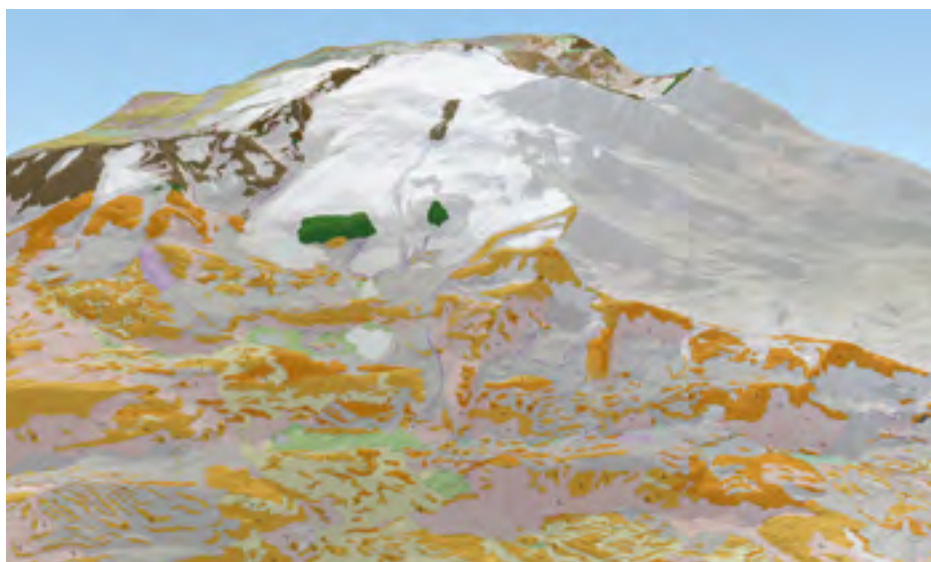
Lo scenario offerto dal Ghiacciaio del Rutor, che con i suoi 7,5 km² di superficie si colloca al terzo posto per dimensione tra i ghiacciai valdostani (dopo Miage e Lys) è sicuramente molto vicino all'immagine idealizzata di un ghiacciaio alpino che può avere chi non ne abbia mai visto uno in precedenza. La sua vastità enfatizzata prospetticamente dalla debole pendenza del versante su cui si trova, il candore delle sue distese di ghiaccio che, a differenza di molti altri ghiacciai delle alpi, non sono annerite dalla presenza più o meno pervasiva di detrito superficiale e la facilità con cui può essere avvicinato anche dagli escursionisti lo collocano indubbiamente tra le più apprezzate attrattive paesaggistiche della Valle d'Aosta. Sebbene mantenga ancora questo grande fascino, non si può purtroppo negare che anche per esso gli effetti


del cambiamento siano evidenti soprattutto a chi da anni lo frequenta e lo monitora

Negli ultimi anni le posizioni delle tre attuali fronti sono subito arretramenti tutto sommato non eclatanti rispetto a quella che è stata e che continua ad essere l'entità della perdita di spessore. I bilanci di massa, con cui si calcola la quantità di acqua che la fusione del ghiaccio perso da un anno all'altro rilascerebbe per unità di superficie, vengono eseguiti da ARPA Valle d'Aosta con il supporto del Politecnico di Torino. I valori di una serie di dati quasi ventennale sono quasi tutti fortemente negativi. Rispetto invece a quella che era l'estensione del ghiacciaio alla fine della PEG (circa 12 km²), la perdita areale è stata di 4 km² (il 40%). Anche tutti i ghiacciai satelliti del bacino principale (Usellettes, Invergneures, Flambeau in de-



 *Margini frontali del Ghiacciaio del Rutor negli anni 1865, 1890, 1920 e 1970.*



 *Sovrapposizione della carta geologica al modello digitale del Terreno. Le rocce più resistenti al modellamento glaciale (giallo e arancione) sono quelle che affiorano in corrispondenza delle scarpate che delimitano le conche di sovraescavazione.*



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[RUTOR]

stra idrografica e i due del Grand Assaly in sinistra) si sono fortemente ridotti.

Per il Rutor in particolare è interessante considerare il ruolo che la geologia e la geomorfologia locali hanno avuto nella dinamica di una contrazione così significativa.

Salendo da La Thuile per raggiungere la fronte attuale bisogna infatti superare tre bastionate rocciose a sostegno di altrettanti ripiani con laghi e torbiere.

Queste forme, che sono disposte trasversalmente alla linea di flusso del ghiacciaio, sono il risultato dell'azione selettiva del modellamento glaciale su rocce con diversa resistenza meccanica e affioranti a bande alterne.


La loro presenza ha fatto sì che la regressione non avvenisse in modo lineare, ma "a salti", alternando fasi di rallentamento (come l'attuale) quando la fronte stazionava in una delle conche, al piede della seraccata che ancora ricopriva gradino a monte, a quelle

di accelerazione dovute all'emersione della soglia del gradino stesso con conseguente cesura e rapida fusione della sezione di lingua rimasta a valle e retrocessione/innalzamento della fronte attiva al ripiano superiore.


La documentazione iconografica permette di determinare la cronologia delle tappe con le quali il ritiro è avvenuto rispetto alla posizione nella sequenza di conche e scarpate sopraccennata.

Così, in una litografia degli anni Sessanta dell'Ottocento il ghiacciaio risultava occupare ancora interamente il "Pian de la Liere" subito a monte del salto che forma la "terza cascata" del Rutor, una delle attrattive del sentiero che sale al Rifugio Deffeyes (2 km di distanza e 400 metri più in basso rispetto al limite attuale) mentre negli anni Venti del Novecento la fronte si tuffava nel cosiddetto "Lago dei Seracchi" - così chiamato per via della seraccata formata allora dalla lingua - nella conca superiore al Pian de



 Veduta del Ghiacciaio del Rutor da La Thuile del 1860 (disegno di E. Aubert) che mostra come la fronte arrivasse alla terza cascata del torrente.



 Il "Lago dei Seracchi" negli anni Venti. L'immagine di M. Bossolasco è stata ripresa dal dosso su cui si trova ora il Rifugio Deffeyes (all'epoca non ancora esistente).



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[RUTOR]



Foto aerea del Ghiacciaio del Rutor (D. Cat Berro— Società Meteorologica Italiana 2022).



la Lière, quella in cui è posto il rifugio Deffeyes (1 km di distanza e 200 metri più in basso rispetto al limite attuale).

I sedimenti presenti all'interno degli avvallamenti rappresentano degli archivi naturali di grande interesse per comprendere come si sia modificato l'ambiente in funzione dei cambiamenti climatici. Si tratta di "banche dati" ben più persistenti di quelle costituite dalle masse glaciali che stanno scomparendo così velocemente insieme con le informazioni paleoclimatiche in esse contenute. Ad esempio un'antica torbiera databile fra gli 8800 e 3700 anni dal presente rinvenuta in un'area liberata dal ghiaccio ha fornito

elementi che indicherebbero per quel periodo una estensione della superficie del Ghiacciaio del Rutor non superiore a quella attuale e la presenza di condizioni miti in relazione alla quota come quelle che hanno caratterizzato l'optimum climatico olocenico. Il Ghiacciaio del Rutor è stato "tristemente noto" dal Medioevo fino alla metà del XIX per le rotte glaciali catastrofiche che il Lago di S.Margherita (il minore dei due laghi presenti all'interno della conca in cui si trova anche Rifugio Deffeyes) era in grado di generare, ovviamente in un contesto ben diverso da quello attuale. Durante tutta la Piccola Età Glaciale il ghiacciaio attraversava completamente tutta la parte



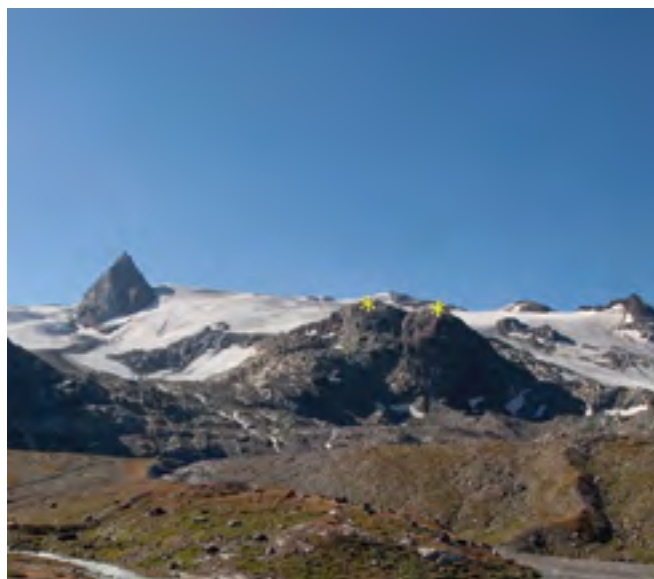
La fronte del lobo sinistro del Ghiacciaio del Rutor, estate 2023 (foto di S. Perona) Nel 1979 l'attuale piana proglaciale su cui si è formato un lago era ancora coperta dal ghiaccio per uno spessore di almeno una ventina di metri (immagine di E. Armando).





I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

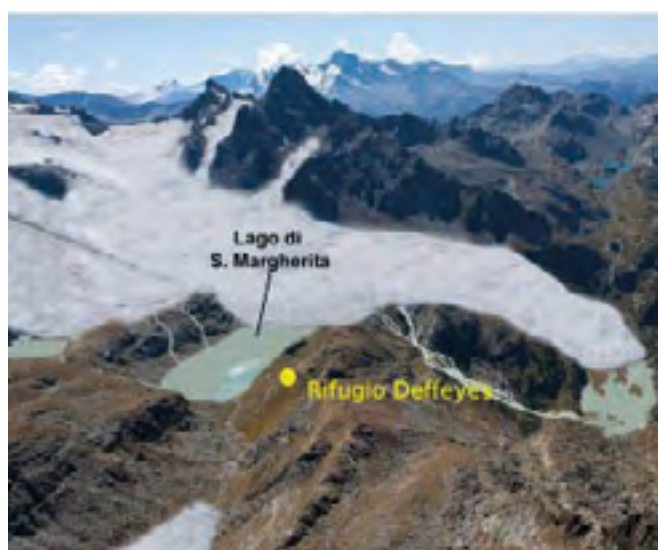
[RUTOR]



 Ancora un confronto tra la fronte del lobo centrale del ghiacciaio nel 1982 (foto di E. Armando) e lo scenario del 2023 (foto di S. Perona).

sinistra idrografica della conca in cui si trova ora il rifugio, sbarrando il deflusso delle acque di fusione che scendevano lungo il suo lato destro e formando quindi un lago di grandi dimensioni, ben più imponente del modesto specchio d'acqua attuale. Questo lago poteva svuotarsi improvvisamente quando la diga di ghiaccio che lo arginava da un lato non

reggeva più la pressione idraulica. Le acque penetravano così nel reticolo idraulico del ghiacciaio per poi fuoriuscirne alla fronte con enorme pressione e incanalarsi nella Dora di La Thuile. Le onde di piena erano episodicamente così catastrofiche da arrivare ad interessare anche il corso della Dora Baltea portando devastazioni sul fondovalle l'Alta Valle d'A-



 Elaborazione grafica che mostra lo sbarramento del Lago di Santa Margherita da parte del Ghiacciaio del Rutor (da Bonetto F., Boschis G. – La Thuile, paesaggi geologici e storici. Comune di La Thuile 2015).



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[RUTOR]

osta fino quasi al capoluogo. La criticità rappresentata dal verificarsi di questi eventi indusse il “Conseil des Commis”, la più antica istituzione amministrativa valdostana, a valutare la progettazione di opere idrauliche finalizzate allo svuotamento del lago o

quantomeno alla limitazione del suo riempimento. La soluzione definitiva arrivò “naturalmente” quando il ghiacciaio, continuando a ritirarsi, non fu più in grado di creare lo sbarramento.



In alto una immagine del 1896 di F. Celesia che mostra la presenza del lago di sbarramento. Sullo sfondo la lingua del Ghiacciaio del Rutor ricopre completamente la piana in cui si formerà il “Lago dei Seracchi” nei primi anni del Novecento. Il punto di ripresa si trova nei pressi del sito dove, quasi sessant’anni dopo, verrà costruito il Rifugio Deffeyes.

In basso progetto ottocentesco di una galleria drenante per limitare il riempimento del Lago (non realizzata).





I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[BELVEDERE]

Numero Catasto C.G.I.	325
Tipo Ghiacciaio	Montano
Forma	Vallivo
Alimentazione	Diretta
Esposizione	NE
Superficie	0,9 km ² / 2,9 km ²
Quota max bacino	4630 m.s.l.m
Quota max	2150 m.s.l.m / 4560 m.s.l.m
Quota min	1841 m.s.l.m
Anno di acquisizione	2022
Lunghezza Massima	2,5 km / 5 km





I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE [BELVEDERE]

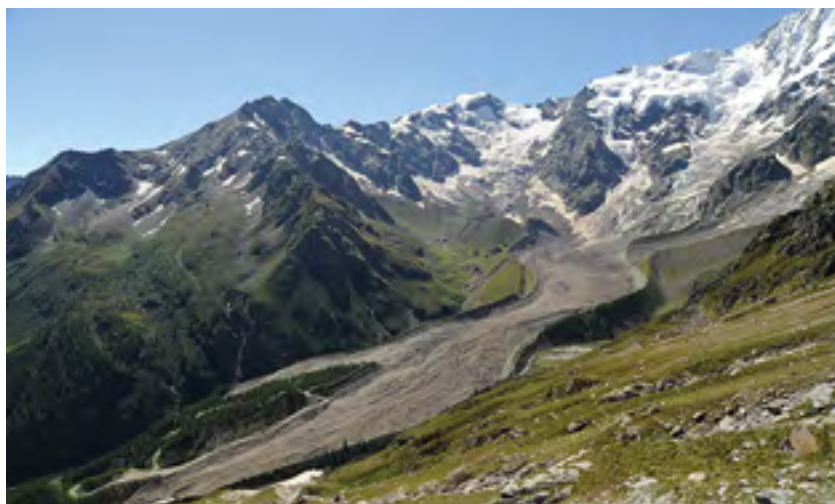
Il ghiacciaio del Belvedere (Monte Rosa), è il più grande ghiacciaio piemontese per estensione ed il secondo *debris covered glacier* (ghiacciaio “nero” ovvero coperto di detritio) d’Italia, dopo il Miage (Monte Bianco).

L’area del ghiacciaio è di circa 4,2 km² per una lunghezza di 5,8 km, comprendendo le colate di alimentazione sulla parete Est del Monte Rosa, mentre la lingua di ablazione è lunga 3,5 km. Quest’ultima (evidenziata in rosso nell’immagine) viene alimentata dalle valanghe e dalle masse glaciali confluenti del versante ossolano del Monte Rosa.

I dati del CGI mostrano che la superficie del ghiacciaio dagli anni 50 ad oggi si è ridotta di circa il 20%, soprattutto per la marcata deglaciazione della parete Est del Monte Rosa. Una situazione ben illustrata dalle immagini storiche dei primi decenni del secolo scorso: esse mostrano come il Ghiacciaio delle Locce Nord, il Ghiacciaio del Monte Rosa, il Ghiacciaio Nordend e quello del Piccolo Fillar rivestissero estesamente tutta la Parete Est del Monte Rosa, raggiungendo il fondovalle per formare la lingua bilobata del Belvedere.



Un’immagine della Parete Est del Monte Rosa nel 1919. (Archivio Fotografico ETH—Zurigo 1) Ghiacciaio delle Locce; 2) Ghiacciaio del Signal; 3) Ghiacciaio del Monte Rosa; 4) Ghiacciaio della Nordend; 5) Ghiacciaio del Piccolo Fillar; 6) Ghiacciaio del Belvedere; 7) Ghiacciaio di Castelfranco (attualmente quasi scomparso).



La maestosità del Ghiacciaio del Belvedere, seconda solo a quella del Ghiacciaio del Miage (Courmayeur, Gruppo del Monte Bianco) in una foto del 2014 di A. Tamburini. Come quella del Miage, la lingua valliva è interamente coperta da detritio. Sullo sfondo, da sinistra verso destra, i ghiacciai delle Locce, del Signal e del Monte Rosa.



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE [BELVEDERE]


Nella situazione odierna di questi quattro ghiacciai quello del Monte Rosa è rimasto il solo ad essere ancora in contatto con la lingua valliva, mentre tutte le altre fronti si sono ritirate a quote ben superiori. Il ghiacciaio del Belvedere ha caratteristiche molto simili a quelle del Miage: è un ghiacciaio interamente ricoperto da detrito e non è ancora soggetto ad un vistoso ritiro dei due lobi frontali. Tuttavia, a differenza del Miage, nei primi anni 2000 è stato sede di un particolare fenomeno denominato piena glaciale ("surge") ovvero un repentino aumento della velocità di movimento verso valle (fino a 200 m/anno) associato ad un aumento di spessore della lingua valliva. Studi approfonditi hanno attribuito questo evento al riscaldamento climatico.

Da oltre 10 anni la lingua glaciale del Belvedere è soggetta ad una drammatica perdita di volume, con un abbassamento della superficie glaciale stimato fino ad una settantina di metri. Come nel caso del Miage, ciò sta provocando vistose instabilità delle morene laterali che, non più sostenute dalla massa glaciale che le aveva formate, tendono a franare verso il ghiacciaio.

Il bacino glaciale del Belvedere è un hot spot perchè offre un compendio di tutte le tipologie di instabilità geomorfologica dell'ambiente glaciale, in particolare quelle legate al riscaldamento climatico in atto.

La deglaciazione in atto, oltre a destabilizzare le morene della lingua valliva (caso sopra citato) provoca fenomeni di instabilità nelle pareti sovrastanti, dalle



 Le morene del Ghiacciaio del Belvedere (quella destra in particolare) sono interessate da vistosi fenomeni di instabilità conseguenti al forte abbassamento del ghiacciaio degli ultimi decenni. In queste due immagini di G. Mortara si può notare come la cresta della morena (e il sentiero panoramico che ne seguiva il filo) si sia abbassata di una quindicina di metri verso il ghiacciaio.

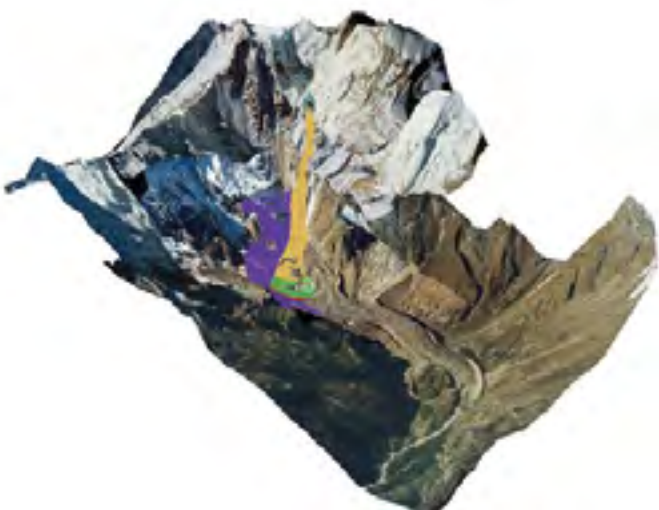
quali si originano frequenti crolli di ghiaccio: l'evento occorso nell'agosto 2005 (oltre 1 M m³) è uno dei maggiori documentati nelle Alpi europee. Dalle stesse pareti si verificano pure frequenti crolli in roccia, alcuni dei quali di grandi dimensioni: in particolare i crolli del 2007 e del 2015 hanno entrambi superato i 200 mila m³. Questi fenomeni vanno messi in relazione anche con la degradazione del permafrost, ovvero del ghiaccio che permea la roccia stessa del versante. Col persistere del riscaldamento climatico, la quota dello zero termico si alza, così come la fascia di instabilità delle rocce e l'energia delle frane che, staccandosi sempre più in alto sui versanti, potranno raggiungere settori sempre più lontani sul fondovalle. Un indubbio aumento del fattore di


rischio per le attività antropiche alla base delle pareti. Altri fenomeni di instabilità sono legati alla presenza o alla formazione di laghi glaciali. Più volte in epoca storica e fino alla fine degli anni settanta è stato il Lago delle Locce a creare i problemi maggiori. Quando era ancora un vero lago proglaciale, con la fronte del Ghiacciaio delle Locce che formava una falesia di ghiaccio affacciata sul lago stesso, i fenomeni di sifonamento (simili a quelli responsabili degli svuotamenti del lago del Miage) provocavano rotte glaciali spesso catastrofiche. L'acqua si infiltrava nel reticolo endoglaciale del Belvedere per fuoriuscire violentemente più a valle, sfondandone la morena laterale destra e provocando piene in grado di mobilizzare grandi quantità di detrito e di devastare i campi e i



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[BELVEDERE]



 Il crollo del 25 agosto 2005 di un milione di metri cubi di ghiaccio, uno dei maggiori documentati nella Alpi. A sinistra in alto il punto di distacco sulla parete Est è ancora visibile in questa foto di A. Dudka del 2016. In alto a destra l'area interessata dal crollo rispetto al bacino del Ghiacciaio del Belvedere. L'area di accumulo include la depressione alla base del Ghiacciaio del Monte Rosa in cui, tre anni prima, si era formato il "lago effimero". A sinistra in basso, lo spostamento d'aria provocato dal crollo è stato in grado di ruotare in posizione verticale blocchi tabulari di grandi dimensioni (i bastoncini sono stati usati come scala). Sul lato sopravvento del blocco si sono poi accumulati i depositi fini sospesi nel flusso turbolento.

pascoli subito a monte di Macugnaga: le più recenti (1979), hanno altresì danneggiato pesantemente le piste da sci e l'impianto della seggiovia che sale al ghiacciaio. A seguito di quest'ultimi eventi, negli anni '80 sono stati realizzati interventi sulla morena delle Locce per controllare il deflusso idrico dal lago e limitarne il livello. Attualmente per il Lago delle Locce si sta delineando una nuova criticità: il lago si trova ormai isolato dalle masse glaciali, ma le morene che lo contengono, per via del forte abbassamento che

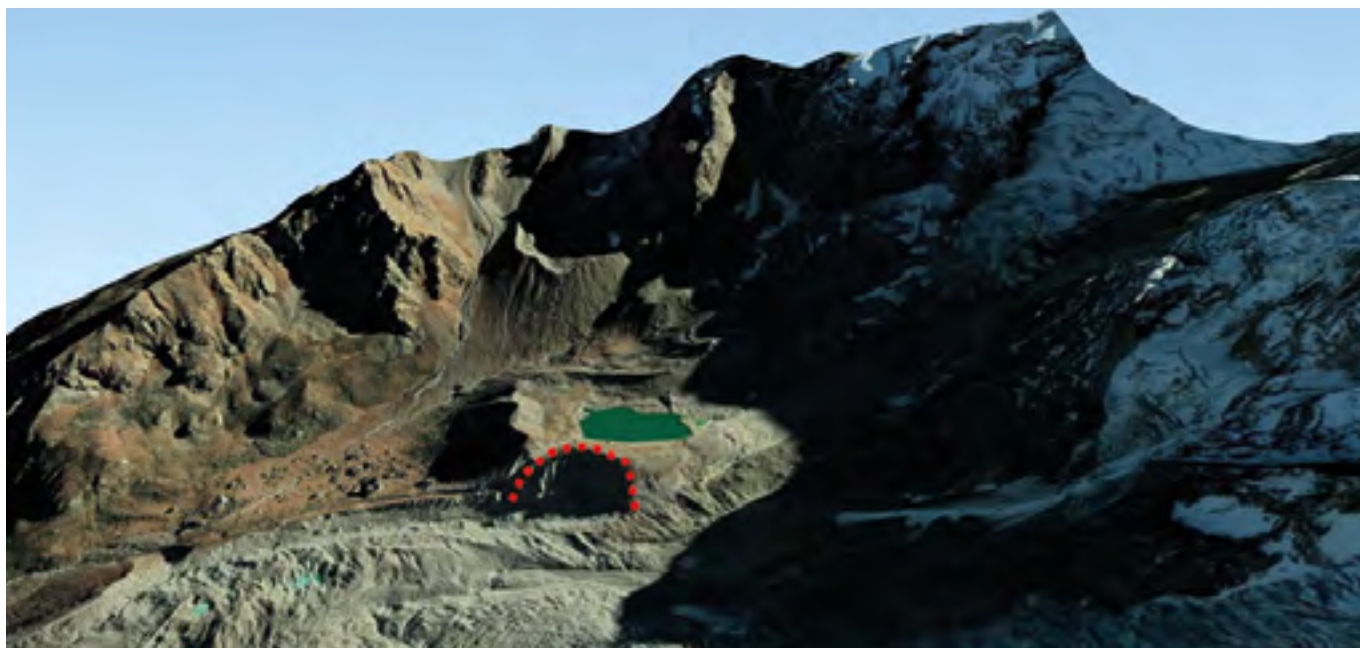
sta subendo il Ghiacciaio del Belvedere, sono diventate instabili e stanno subendo fenomeni di erosione rimontante in corrispondenza delle opere idrauliche realizzate negli anni '80. Il rischio è quindi che si verifichi un cedimento improvviso della morena seguito dalla propagazione di un'onda di piena, con conseguenze difficilmente prevedibili.


E' inoltre importante monitorare la formazione di masse d'acqua sulla superficie del Ghiacciaio del Belvedere, poichè in caso di formazione di laghi di di-



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[BELVEDERE]




 In questa immagine viene evidenziato il settore in forte erosione della morena abbandonata dal Ghiacciaio delle Locce che desta preoccupazione per la presenza del lago soprastante. Quando il ghiacciaio ancora raggiungeva e sbarrava il lago il pericolo era rappresentato dalle piene che si verificavano quando veniva improvvisamente a mancare il contenimento dell'argine di ghiaccio. Con il cambiamento climatico l'evento temuto rimane lo stesso—una piena improvvisa e potenzialmente catastrofica generata dal rapido svuotamento del lago—ma paradossalmente è ora il drammatico abbassamento della superficie del ghiacciaio che potrebbe esserne la causa. Se la scarpata continuasse a retrocedere per effetto dell'erosione e dell'instabilità gravitativa, in quel settore lo spessore delle pareti del “catino” di depositi glaciali che sorregge il lago diventerebbe sempre più ridotto.

mensioni importanti, potrebbero verificarsi piene glaciali improvvise, in grado di raggiungere il fondovalle. Si richiama a questo riguardo la famosa emergenza del “Lago Effimero”, il cui possibile svuotamento improvviso ha minacciato l'abitato di Macugnaga nel 2002-2003, determinando l'attivazione di un'imponente operazione di protezione civile.

Una delle conseguenze più significative dei recenti cambiamenti climatici è infatti proprio l'ingente quan-

tità di acqua derivante dalla fusione di ghiaccio, non solo più a quote di fondovalle ma anche e soprattutto ad altitudini prima impensabili, che nella stagione estiva si sta riversando sul Ghiacciaio del Belvedere. Anche in questo caso il rischio è rappresentato dalla precarietà del “sistema ghiacciaio”, tanto più se si considera l'elevata frequentazione turistica che caratterizza Macugnaga e il Ghiacciaio del Belvedere.



 Le opere idrauliche realizzate negli anni Ottanta nel tentativo di contenere il volume del Lago delle Locce sono ormai estesamente coinvolte nei fenomeni erosivi e di instabilità gravitativa che l'abbassamento del Ghiacciaio del Belvedere (sullo sfondo) provoca sulla morena che sostiene l'invaso.



IL GHIACCIAIO DEL BELVEDERE E L'EMERGENZA DEL "LAGO EFFIMERO"



La cosiddetta "emergenza del Lago Effimero", per quanto il ricordo ne vada sbiadendo al di fuori della Valle Anzasca, occupò largamente la cronaca nazionale (e non solo) di tutta l'estate 2002. Il lago protagonista della vicenda si formò in seguito al verificarsi di un fenomeno che nei due anni precedenti aveva interessato il Ghiacciaio del Belvedere, ritenuto tuttora dagli esperti senza paragoni tra i ghiacciai alpini.


A partire dall'estate 2000, infatti, la lingua valliva subì un rapido e impressionante incremento di volume per effetto di una "piena glaciale" (definita anche con il termine inglese di surge). Un anomalo trasferimento di massa dal Ghiacciaio del Monte Rosa, sulla Parete Est, al Ghiacciaio del Belvedere del fondovalle provocò una sorta di enorme "fronte d'onda" di ghiaccio che si mosse con una velocità fino a 200 metri all'anno lungo la lingua valliva. A riprova della singolarità di questo fenomeno, la posizione della fronte del Belvedere rimase invece sostanzialmente stazionaria. Bisogna infatti ribadire che questa improvvisa e – all'apparenza – straordinariamente positiva evoluzione del ghiacciaio non fu la risposta ad una situazione climatica pregressa altrettanto favorevole. Al contrario, si pensa che tra le cause del surge possa esservi stato l'incremento di temperatura registrato durante le precedenti estati 1998-2001 e il conseguente innalzamento della quota altimetrica di transizione tra ghiaccio freddo (temperature $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) e ghiaccio temperato ($T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$): una variazione di stato termico in grado di modificare l'adesione del ghiaccio al substrato roccioso e di favorire pertanto il rapido scivolamento del Ghiacciaio del Monte Rosa e la ripercussione cinetica sul Ghiacciaio del Belvedere.

Questa "onda di piena glaciale", propagandosi verso valle, lasciò dietro di sé una depressione, proprio in corrispondenza del settore di inserzione tra Ghiacciaio del Monte Rosa e Belvedere, che già nel 2001 risultava parzialmente riempita dall'acqua.

A metà giugno 2002 un'anomala e persistente ondata di calore, con la fusione concomitante del manto nevoso invernale, delle valanghe e del ghiaccio alle quote più elevate, produsse un considerevole apporto di acqua che andò ad aumentare drammaticamente le dimensioni del persistente lago (con incrementi giornalieri anche superiori a 1 m).

A fine giugno-inizio luglio 2002 rilievi topografici e batimetrici ne restituirono una superficie di circa 150.000 m² e una profondità massima superiore a 50 m per un volume di circa 3 milioni di m³



 Due immagini del lago effimero nel giugno del 2002. A sinistra, la lingua crepacciata in primo piano è quella del Ghiacciaio del Monte Rosa. A destra, sullo sfondo, dietro alla morena, si intravede il Lago delle Locce (Protezione Civile Nazionale).

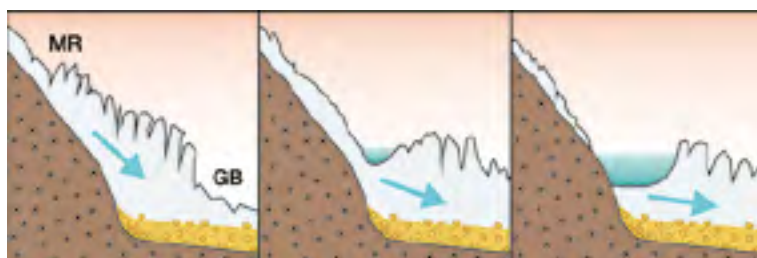



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[BELVEDERE]


L'ipotesi di una tracimazione del lago e/o di un suo svuotamento dalle conseguenze imprevedibili non solo per Macugnaga ma per tutta la Valle Anzasca spinse il Dipartimento della Protezione Civile nazionale ad attuare una vasta operazione nel tentativo di ridurre il volume del lago allestendo un sistema pompaggio con potenti idrovore, predisponendo al contempo i piani per la gestione dei possibili scenari di rischio. Fortunatamente nel mese di luglio le acque iniziarono a defluire naturalmente attraverso i condotti interni del ghiacciaio facendo rientrare la situazione dalla massima emergenza. Venne però mantenuto il presidio per il monitoraggio del lago, ormai noto ai media e al grande pubblico come il "Lago Effimero".

La vicenda ebbe ancora un sussulto all'inizio della seguente caldissima estate 2003 quando il bacino sembrò tornare ad espandersi. Fu però il suo ultimo atto perché alla fine di giugno di quell'anno annunciò il suo definitivo svuotamento con una piccola rotta glaciale senza conseguenze.



 In alto illustrazione di G. Mortara che schematizza l'eccezionale fenomeno di trasferimento di massa glaciale (o "surge") che interessò il Ghiacciaio del Belvedere all'inizio degli anni Duemila portando alla formazione del lago effimero. MR: Ghiacciaio del Monte Rosa; GB: Ghiacciaio del Belvedere. In basso, per effetto del "surge" il Ghiacciaio del Belvedere arrivò in pochissimo tempo a sormontare di decini di metri la cresta delle morene laterale destra. Dopo vent'anni la superficie del ghiacciaio si trova mediamente cinquanta–sessanta metri più in basso e la morena è estesamente interessata dai fenomeni di collasso precedentemente descritti (foto di G. Mortara, 2001).



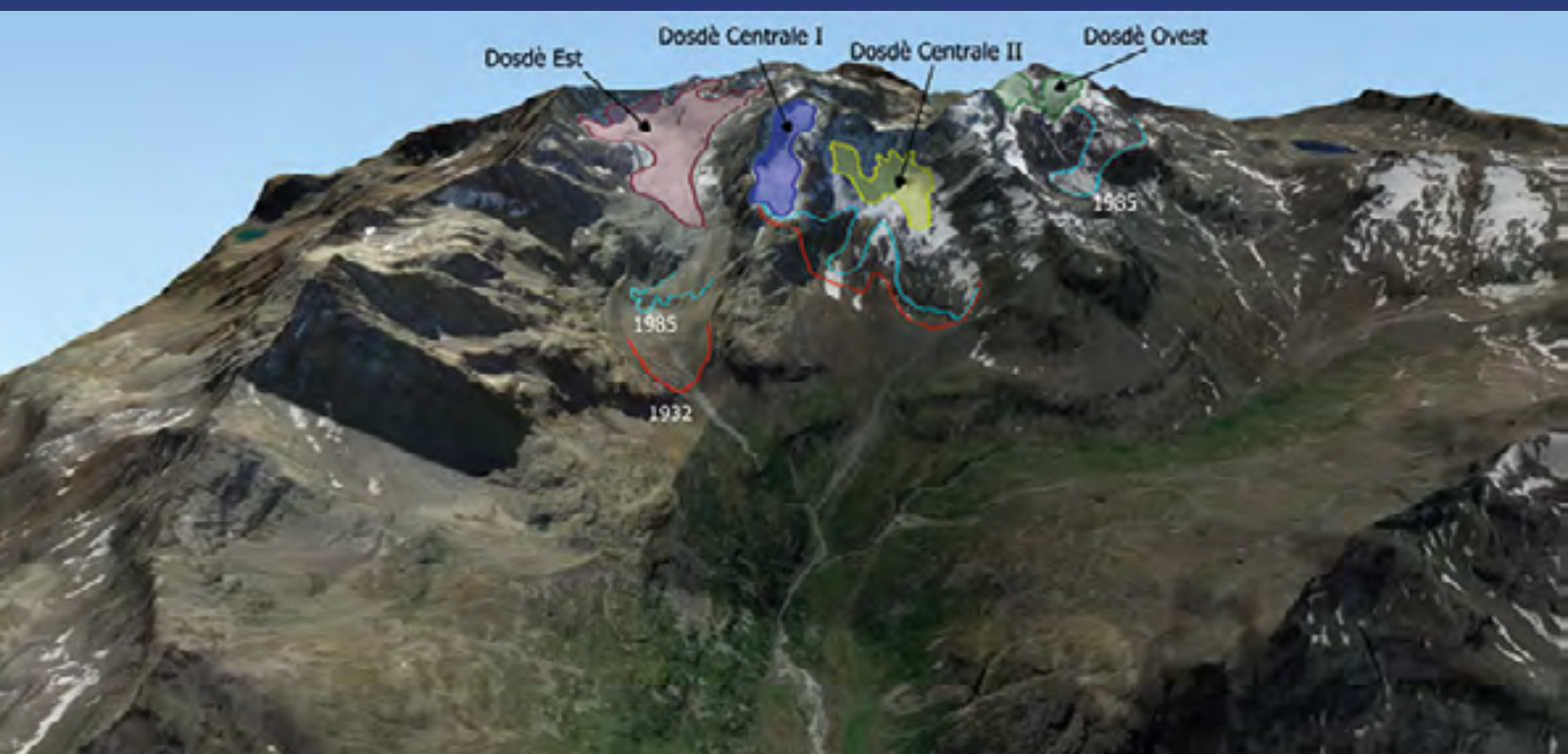
 L'imponente operazione di pompaggio delle acque del lago messa in atto dalla Protezione Civile Nazionale. Il cantiere dovette fronteggiare grossi problemi logistici e di sicurezza dovuti alla eccezionale velocità con cui si modificava e si spostava il ghiacciaio su cui era stato allestito.



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[DOSDÈ]

Numero Catasto C.G.I.	213
Tipo Ghiacciaio	Montano
Forma	Vallivo
Alimentazione	Diretta, valanghe
Esposizione	N
Superficie	0,6 km ²
Quota max bacino	3291 m.s.l.m
Quota max	3100 m.s.l.m
Quota min	2680 m.s.l.m
Anno di acquisizione	2022
Lunghezza Massima	1300 m



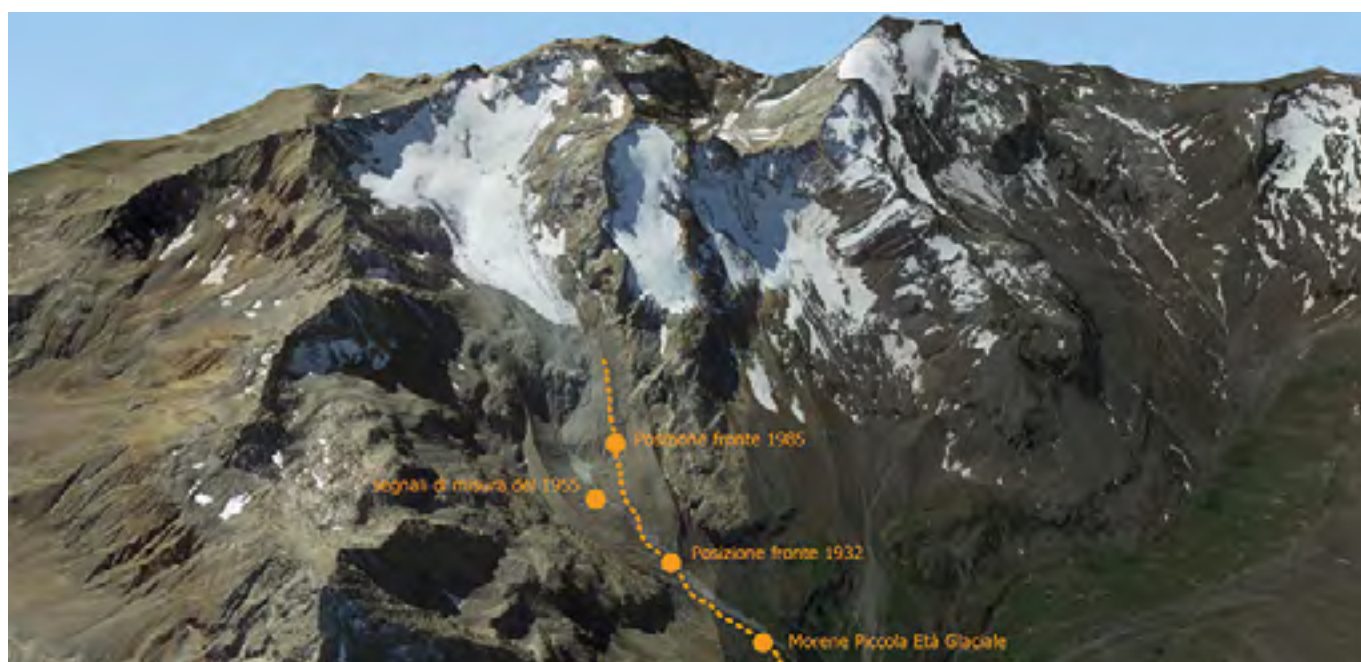
La testata della Valle di Dosdè con i suoi ghiacciai.



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE [DOSDÈ]

I ghiacciai del Dosedè caratterizzano lo splendido paesaggio della valle omonima che si dirama dall'alta Val Viola Bormina, molto frequentata turisticamente anche per la presenza del rifugio Federico. Nel Catasto dei Ghiacciai del 1956 erano schedati tre distinti corpi glaciali: il Ghiacciaio di Dosedè Est, quello Centrale e quello Occidentale. Negli anni ottanta la morfologia di tipo vallivo del Ghiacciaio di Dosedè Est è quella che mostra con maggiore evidenza gli effetti dell'ultimo breve periodo di pulsazione glaciale prima della fase di regresso dei decenni successivi, tuttora in atto. La documentazione fotografica tra la metà

degli anni settanta e quella degli anni ottanta mostra infatti un rapido e vistoso avanzamento della fronte del ghiacciaio e l'inturgidimento della sua lingua. Ma a partire dai primi anni Novanta si assiste nuovamente ad una inversione di tendenza. Nel corso degli ultimi trent'anni il ritiro della fronte ha raggiunto i 650 metri. La superficie è invece diminuita del 47% (dai 112 ettari del 1990 ai 60 attuali). Per ghiacciai di Dosedè Centrale e Occidentale il fenomeno più evidente è invece quello della frammentazione. Il Dosedè Centrale, che sempre fino ai primi anni Novanta si presentava come un unico ed esteso ghiacciaio di



Il tracciato del sentiero glaciologico e l'ubicazione delle tappe.



Il sentiero allestito dal Servizio Glaciologico Lombardo e intitolato a Giuseppe Nangeroni e Italo Bellotti permette di seguire le tracce dell'evoluzione del Ghiacciaio di Dosedè compiendo una piacevole escursione non troppo impegnativa in uno splendido ambiente naturale.



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE [DOSDÈ]

versante, per effetto della perdita di massa si è separato in due corpi (ora riferiti dal Servizio Glaciologico Lombardo come Dosedè Centrale I e II). Il settore inferiore del Dosedè Ovest ha perso l'alimentazione proveniente dalla calotta sommitale a cui era prima collegato tramite un largo canalone ghiacciato andando incontro ad una rapida fusione. Lo si può ormai considerare scomparso.

L'evidenza di alcune tracce dell'evoluzione del Ghiacciaio di Dosedè Est a partire dalla Piccola Età Glaciale e la possibilità di raggiungerle con un impegno alla portata dell'escursionista medio ha spinto il Servizio Glaciologico Lombardo a realizzare un sentiero glaciologico intitolandolo alla memoria di Giuseppe Nangeroni, membro del Comitato Glaciologico Italiano che per primo descrisse il glacialismo della Val

Viola e iniziò la serie di misurazioni frontali e di Italo Bellotti, operatore glaciologico per oltre trent'anni (dagli anni Cinquanta fino al 1984). La prima tappa è nei pressi dell'Alpe Dosedè ed è dedicata ai depositi tardoglaciali che sono stati datati a 12000 anni fa, la seconda riguarda il cordone morenico abbandonato al termine della Piccola Età Glaciale (a 1,6 chilometri di distanza e 400 metri di quota più in basso del limite attuale). Seguono il limite glaciale del 1932 documentato dalle prime osservazioni di G. Nangeroni (un chilometro / 300 metri), i caposaldi usati da I. Bellotti nel 1955 per effettuare le misure frontali e la posizione della fronte raggiunta durante l'ultima pulsazione degli anni Ottanta prima della regressione tuttora in atto (400 metri / 150 metri).




Per il Ghiacciaio di Dosedè Est la documentazione fotografica dell'Archivio del Comitato Glaciologico mostra una prima fase regressiva tra la seconda metà degli anni Sessanta e la prima del decennio successivo. Negli anni Ottanta, periodo caratterizzato dall'ultima - se pur breve - fase di pulsazione glaciale che ha interessato l'intero Arco Alpino, la lingua avanza di una cinquantina circa di metri, pur senza recuperare pienamente il turgore degli anni Sessanta. Ma già all'inizio degli anni Novanta tutti i ghiacciai del Dosedè riprendono a ritirarsi e a perdere massa glaciale. Foto del 1961, 1971 e 1982 di I. Bellotti. Foto del 1895 di A. Galluccio.



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[DOSDÈ]



 A sinistra il Ghiacciaio del Dosdè Centrale nel 1985, all'apice della pulsazione avvenuta in quel decennio. Si presentava ancora come un esteso ed unitario apparato glaciale di versante (A. Galluccio). Nella foto di A. Toffaletti la situazione attuale. Il Ghiacciaio si è frammentato in due corpi distinti e fortemente smagriti che il Servizio Glaciologico Lombardo cataloga come Dosdè Centrale I e II.





I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[ADAMELLO, LOBBIA, LARES]

	Adamello - Madrone	Ghiacciaio della Lobbia	Ghiacciaio di Lares
Numero Catasto C.G.I.	600, 603, 604, 609, 639	637, 615	474
Tipo Ghiacciaio	Montano	Montano	Montano
Forma	di altopiano con lingue radiali	di altopiano	di versante
Alimentazione	Diretta	Diretta	Diretta
Esposizione	NE (fronte del Mandrone)	NE	NE
Superficie (2022)	14 km ²	4,2 km ²	2,8 km ²



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.




I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[ADAMELLO, LOBBIA, LARES]

Nel 1875 l'alpinista inglese Douglas William Freshfield così descriveva il massiccio dell'Adamello: *“È un immenso blocco, grande tanto da fornire materiale per una mezza dozzina di belle montagne. Ma è una sola. Per una lunghezza e larghezza di molte miglia il terreno non scende mai al di sotto dei 9.500 piedi. Il vasto nevaio centrale alimenta ghiacciai che scendono da ogni lato. Le vette più alte, come il Carè Alto e l'Adamello, sono solo piccole elevazioni sul bordo dell'altopiano. Viste da vicino sembrano quasi degli scogli ghiacciati, ma da lontano appaiono come nobilissime montagne che precipitano con grandi pareti racchiuse fra due ghiacciai sulle selvagge valli che salgono fino ai loro piedi. Immaginate un grande lenzuolo bianco non uniformemente steso sopra una tavola, e i suoi scintillanti bordi pendenti qua e là fra neri e massicci contrafforti.”*

I ghiacciai dell'Adamello - Mandrone, della Lobbia e di Lares si trovano ancora sull'“immenso blocco” così poeticamente descritto da Freshfield, delimitato in Trentino dalla Val di Genova a Nord e dalla Valle delle Giudicarie a Est, in Lombardia dalle Prealpi Bresciane a Sud e dalla Val Camonica ad Ovest, ma il “grande lenzuolo bianco” che un tempo formavano è sempre più ristretto e con strappi sempre più larghi. Il Ghiacciaio dell'Adamello con i suoi 14 km² è il più esteso ghiacciaio non solo del Gruppo Adamello - Presanella, ma anche dell'intero Arco Alpino Italiano. Classificato come “ghiacciaio di altipiano a lingue radiali”, può essere descritto come un vasto bacino glaciale da cui si genera una “apofisi” principale verso la trentina Val di Genova e altre quattro effluenze minori, ormai pressoché scomparse che si riversavano nelle testate delle valli lombarde: una nella la Valle

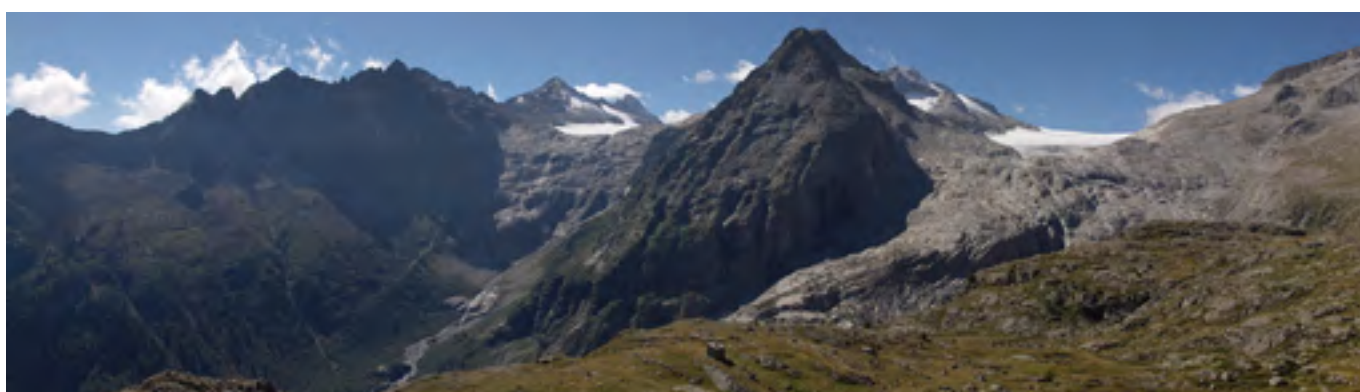


 In alto a sinistra la carta dei ghiacciai dell'Adamello prodotta da Julius Payer nel 1865. A destra un dipinto dello stesso autore che mostra la posizione delle fronti del Ghiacciaio della Lobbia e del Mandrone nel 1864. Sotto i limiti glaciali dell'epoca a confronto con la situazione del 2022 (immagine Google Earth).



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[ADAMELLO, LOBBIA, LARES]



In alto confronto tra una veduta dei ghiacciai della Lobbia e del Mandrone nel 1904 (autore ignoto - Archivio Fotografico CGI) e nel 2023 (foto S. Perona). La posizione delle fronti nell'immagine storica non si discosta ancora di molto da quella indicata dalla carta di Julius Payer del 1865.

Sotto la linea di fronte nel 1981 (foto di V. Marchetti) e la situazione del 2023 (foto di S. Perona). Oltre all'arretramento (500 metri in 42 anni) si noti come il ghiaccio si sia drammaticamente ridotto anche sui pendii del Dossan di Genova.



di Adamè, due per quella di Salarno e una per la Val Miller. Nel "Nuovo Catasto dei Ghiacciai Italiani" del 2015 l'Adamello viene inventariato come un unico corpo glaciale mentre nel Catasto del Comitato Glaciologico Italiano (pubblicato nei primi anni Sessanta) ciascuna delle "parti" sopra elencate vennero considerate come singoli ghiacciai identificati da toponimi già preesistenti e delimitati cartograficamente in base alle loro diverse direzioni di flusso.

Quindi il bacino di alimentazione principale, dominato dalla vetta del Monte Adamello è noto come "Pian di Neve", la "apofisi" che si allunga verso la Val di Genova è il "Ghiacciaio del Mandrone" (la cui fronte è stata quella raggiunta dalla "Carovana") mentre le effluenze verso le valli lombardi di Adamè, Salarno e Miller, erano rispettivamente quelle dei ghiacciai di Adamè, di Salarno, del Corno di Salarno e di Miller Superiore.



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[ADAMELLO, LOBBIA, LARES]

Il Ghiacciaio della Lobbia, il secondo per estensione del Gruppo Adamello - Presanella si trova ad Est di quello dell'Adamello, al di là della dorsale Dosson di Genova – Cresta della Croce -Lobbia Alta (cime la cui occupazione fu al centro dei combattimenti tra Italiani ed Austriaci nel corso tutta la prima guerra mondiale). Anche questo Lobbia viene classificato come un ghiacciaio di altipiano con due effluenze: una verso la Val di Genova verso Nord e un'altra verso la Val di Fumo a Sud. La sua "storia catastale" è analoga a quella Ghiacciaio dell'Adamello. Il settore di ghiacciaio con direzione di flusso verso la Lombardia risulta infatti schedato nel Catasto del Comitato Glaciologico come un ghiacciaio distinto, il Ghiacciaio di Fumo. Attualmente si ritiene invece più corretto fare riferimento ad unico apparato glaciale.


La carta realizzata da Julius Payer nel 1865 offre una prima, pregevole rappresentazione delle posizioni raggiunte delle fronti del Mandrone e della Lobbia

in un momento ancora vicino all'acme della Piccola Età Glaciale. Le due lingue si arrestavano entrambe in prossimità del fondovalle alla testata della Val di Genova, arrivando quasi a toccarsi. Rispetto a quella situazione la fronte del Mandrone è arretrata di 2,3 km e si è innalzata di 900 metri

Il Ghiacciaio (o Vedretta) di Lares, il terzo dopo Adamello e Lobbia nella classifica delle dimensioni per il Gruppo dell'Adamello, si trova a Sudest di quello della Lobbia e rappresenta il lembo più orientale del "bianco lenzuolo" evocato da Freshfield.

Questi tre ghiacciai hanno in comune la modalità di alimentazione quasi esclusivamente di tipo diretto, quindi strettamente legata alla quantità delle precipitazioni nevose che cadono durante la stagione invernale. Le loro superfici sono ampie e prevalentemente a debole pendenza e le dorsali che delimitano i bacini non forniscono molta protezione dall'irraggiamento solare. Queste ultime, peraltro, hanno ormai



 *La fronte del Ghiacciaio del Mandrone—Adamello ha profondamente modificato la sua fisionomia. Non risulta più sospesa sullo scivolo roccioso che scende verso il fondovalle della Val di Genova ma si è ritirata di oltre 300 metri rispetto alla soglia del pendio all'interno di una conca di sovraescavazione glaciale. Gli ultimi 700 metri della lingua mostrano inoltre enormi strutture di collasso provocate dallo scorrimento delle acque di fusione alla base del ghiaccio (foto di S. Perona, 2023).*



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

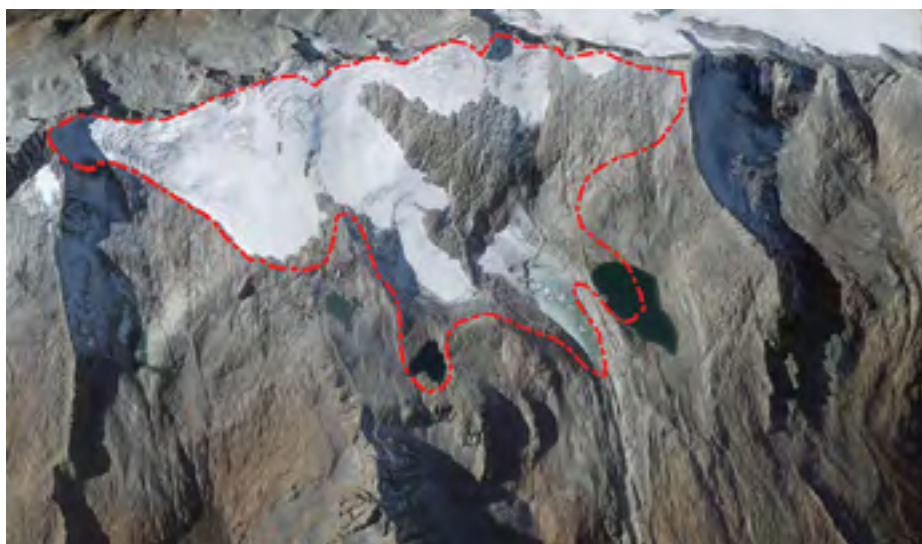
[ADAMELLO, LOBBIA, LARES]

perso quasi del tutto il ghiaccio che in precedenza ne rivestiva i versanti e che lasciava affiorare, a tratti, solo le più alte linee di cresta. I cambiamenti climatici degli ultimi anni – stagioni invernali con poca neve e temperature estive molto alte - stanno quindi avendo ripercussioni particolarmente pesanti sulla loro situazione. I dati relativi al Ghiacciaio dell'Adamello forniti dalla Commissione Glaciologica della SAT (la Società degli Alpinisti Tridentini) che svolge il monitoraggio dei ghiacciai trentini indicano una perdita di superficie di mezzo chilometro quadro in soli otto anni ed un ritiro frontale di 330 metri per gli ultimi dodici anni, di cui ben 139 metri solo nel corso della caldissima estate 2022. Anche la morfologia della fronte è profondamente cambiata. Fino agli anni Novanta il ghiacciaio risultava ancora affacciarsi sulla scarpata

che scende verso la Val Genova mentre adesso una vasta piana proglaciale su cui si forma frequentemente un lago si estende per 300 metri tra la fronte e la soglia del pendio. In conseguenza dell'aumento esponenziale della fusione che ha caratterizzato le ultime estati si è inoltre formata una enorme grotta di ghiaccio sormontata da crepacci circolari. L'acqua che scorre sempre più abbondante anche sotto al ghiacciaio sta infatti "cariando" dall'interno il tratto terminale della lingua del Mandrone contribuendo significativamente all'accelerazione del ritiro frontale. Per il Ghiacciaio della Lobbia la diminuzione di superficie dal 2011 è stata di 1,6 km² mentre il ritiro frontale dal 2000 è pressoché equivalente a quello dell'Adamello – Mandrone. Il Ghiacciaio di Lares occupa un ampio versante limitato a monte dalla



La fronte del Ghiacciaio della Lobbia nel 1990 (foto di V. Marchetti) e nel 2022 (immagine Google Earth). In questi 32 anni il ritiro frontale risulta di 550 metri.



Il limite del Ghiacciaio di Lares nel 1959 segnato nel Catasto dei Ghiacciai Italiani del Comitato Glaciologico Italiano a confronto con l'estensione attuale (immagine Google Earth 2022).



I GHIACCIAI DELLE ALPI ITALIANE

[ADAMELLO, LOBBIA, LARES]

dorsale Carè Alto – Corno di Cavento – Crozzon di Làres è quello che ha perso la maggior percentuale di superficie, passando dai 6 km² valutati nel 1960, ai 4,8 km² nel 2003 e ai 2,8 km² del – dunque il 50%. Di quella che era la sua metà settentrionale, esposta più verso Est di quella meridionale, rimangono solo più tre placche al di sopra dei 3000 metri (di

cui la più ridotta ormai disgiunta dalle altre). Fino agli anni Novanta, invece, la fronte raggiungeva ancora il Lago di Lares. Accanto a questo si è formato un nuovo lago che attualmente viene alimentato da una placca di ghiaccio morto, destinata a scomparire in tempi rapidi.



In alto a sinistra, nel 1985 il ghiacciaio di Lares aveva ancora una significativa transfluenza verso il circo del Ghiacciaio di Niscli, ora completamente scomparsa come mostra l'immagine 2022 di Google Earth (e il Ghiacciaio di Niscli si può ormai considerare estinto).

Sotto, in questa immagine del 1980 la fronte del lobo sinistro lambiva ancora il Lago di Lares (foto di V. Marchetti). Attualmente il versante a monte del lago si presenta quasi del tutto privo di ghiaccio.



I GHIACCIAI DELL'AUSTRIA

Fonte: Österreich Alpenverein



Così come in Italia, anche in Austria il proposito di fondare un'istituzione per il monitoraggio dei ghiacciai venne dall'ambito del club alpino nazionale.

Nel 1891 Österreichischer **Alpenverein** rivolse infatti un appello agli alpinisti e ai frequentatori della montagna per contribuire alla raccolta di osservazioni sui ghiacciai, un progetto – che oggi verrebbe definito di “crowdsourcing” – analogo a quello che quattro anni più tardi verrà intrapreso anche dalla “Commissione per lo studio dei ghiacciai” del Club Alpino Italiano (che dal 1914 diventerà organizzazione autonoma con il nome di “Comitato Glaciologico Italiano”).

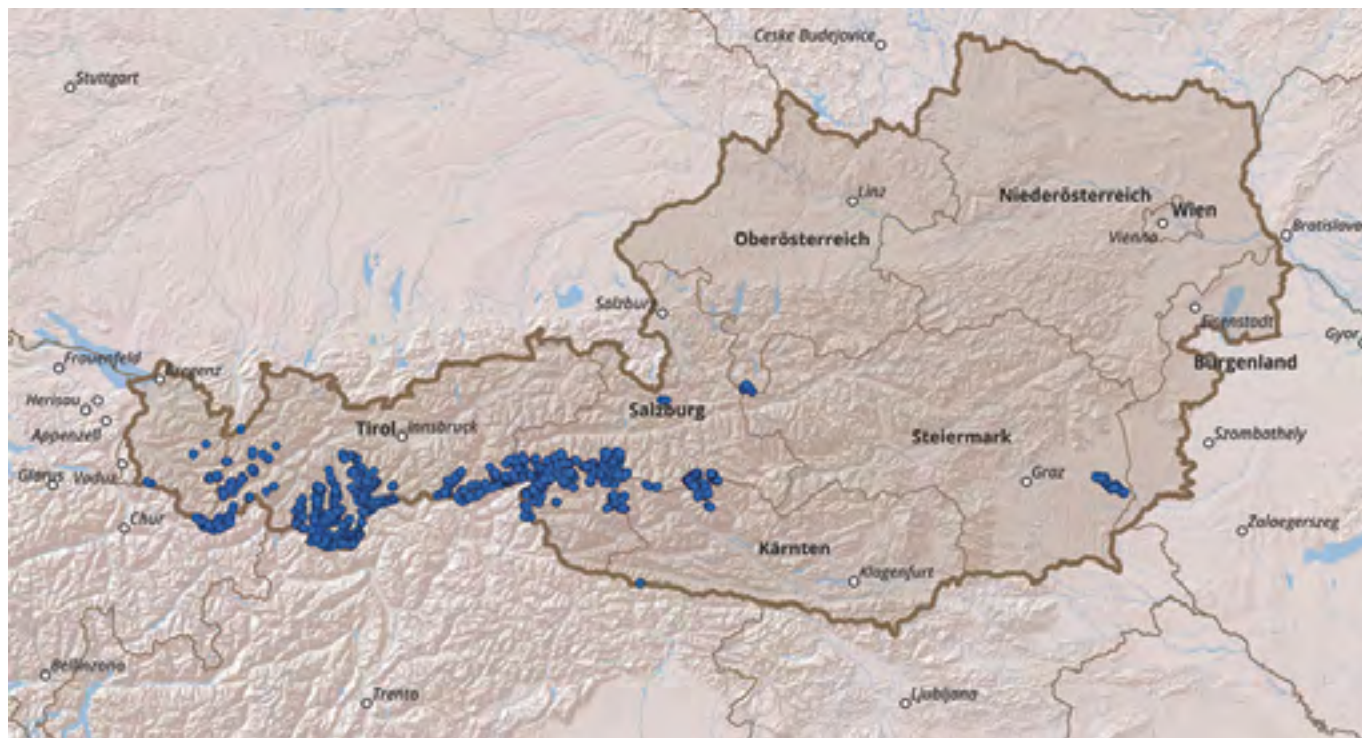
Da oltre 130 anni il servizio glaciologico dell'Alpenverein si occupa quindi di misurare le variazioni frontali dei ghiacciai e/o i bilanci di massa, di raccogliere la documentazione fotografica e di redigere le relazioni scientifiche annuali che vengono pubblicate in una sezione dedicata della rivista “Bergauf”.

Attualmente i ghiacciai che vengono misurati sono un centinaio, il 10% di tutti i ghiacciai austriaci. Questi, dopo l'ultima pulsazione degli anni Ottanta sono

per la netta maggioranza in fase di ritiro salvo rari casi di stazionarietà. Il 2022 è stato caratterizzato dalla totale assenza di queste eccezioni

Rispetto alle serie di dati disponibili, l'anno scorso è infatti diventato a pieno titolo un nuovo punto di riferimento per negatività.

Preceduto da un autunno del 2021 con un mese di ottobre che aveva fatto registrare le precipitazioni più scarse dal 2005, nei suoi primi mesi sembrava caratterizzato da condizioni ritornate nella norma stagionale. Ma a partire dalla primavera si sono nuovamente ripresentate le anomalie climatiche: precipitazioni nevose pressoché assenti, arrivo di polveri sahariane che riducendo l'albedo della già poca neve su cui si erano depositate, ne accelereranno successivamente la fusione e caldo eccessivo. Le temperature di maggio sono risultate di 2,5 °C superiori alla media, di 3,9 °C a giugno e di 2,4 °C a luglio. Complessivamente, tutti i mesi dell'anno idrologico 2021-2022 tranne ottobre 2021 e settembre 2022 sono risultati con temperature superiori alla media e lo sco-



Distribuzione dei ghiacciai austriaci. Quelli attualmente monitorati (una novantina) rappresentano circa il 10% di quelli inseriti nel catasto. Fonte: Buckel J. & Otto JC, "The Austrian Glacier Inventory GI4 (2015)".

Gruppo montuoso	N. ghiacciai osservati	N. ghiacciai in avanzata	N. ghiacciai stazionari	N. ghiacciai in ritiro
Dachstein	3	0	0	3
Silvrettagruppe	6	0	0	6
Ötztaler Alpen	25	0	0	25
Stubaier Alpen	12	0	0	12
Zillertaler Alpen	6	0	0	6
Venedigergruppe	9	0	0	9
Granatspitzgruppe	3	0	0	3
Glocknergruppe	13	0	0	13
Schobergruppe	3	0	0	3
Goldberggruppe	3	0	0	3
Ankogel-Hochalmspitz-Gruppe	5	0	0	5
Karnische Alpen	1	0	0	1
Totale	89	0	0	89

Numero di ghiacciai osservati nel 2022 e loro situazione, suddivisi per gruppo montuoso di appartenenza. Tutti sono risultati in arretramento, situazione che non si verificava più dal 2007 (fonte: Österreichischer Alpenverein).

stamento riferito all'intero anno è risultato di 1,4 °C, valore che sopravanza di un grado rispetto quello rilevato per la stagione 2020-2021.

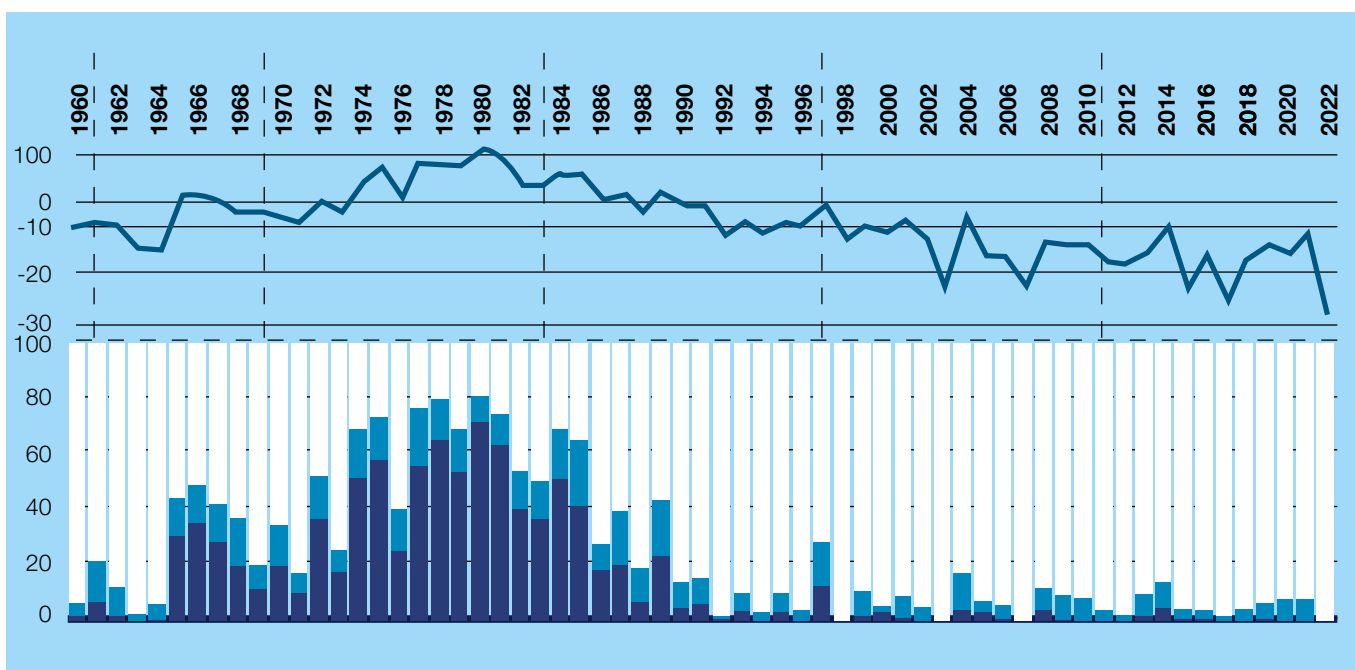
In questo contesto meteorologico già ad inizio giugno le lingue dei ghiacciai che si trovavano a più bassa quota erano prive di copertura nevosa e nel corso del mese la fusione ha incominciato ad intaccare il ghiaccio anche a quote superiori ai 3000 metri. Nella seconda metà di luglio oltre il 50% dei ghiacciai monitorati era già completamente privo di copertura nevosa e a settembre lo erano quasi tutti.

Come conseguenza non certo sorprendente, gli 89 ghiacciai osservati nel 2022 dall'Alpenverein sono risultati tutti in regresso. Le annate con il 100% dei ghiacciai in ritiro – quindi senza neppure un qualche riscontro di ghiacciai almeno in condizioni di stazionarietà non sono state molte. A ritroso nel tempo questo era avvenuto solo ne 2007, 2003, 1998, 1952 e 1943.

Per 78 di questi sono state eseguite le misurazioni di arretramento frontale. Il valore medio di ritiro è risultato pari a -28,7 metri, il più alto ottenuto in 132 anni

Anno	N. ghiacciai osservati	N. ghiacciai in avanzata	N. ghiacciai stazionari	N. ghiacciai in ritiro
2007/08	94	4	7	83
2008/09	93	1	7	85
2009/10	89	0	7	82
2010/11	93	0	3	90
2011/12	96	0	2	94
2012/13	91	2	7	82
2013/14	86	4	8	74
2014/15	92	1	3	88
2015/16	90	1	2	87
2016/17	83	0	1	82
2017/18	93	0	4	89
2018/19	92	1	5	86
2019/20	92	0	7	85
2020/21	91	0	7	84
2021/22	89	0	0	89

In tabella i numeri relativi alle situazioni dei ghiacciai austriaci osservati nel periodo 2008–2022 (fonte: Österreich Alpenverein).



In alto la curva tempo/distanza che mostra l'andamento della media delle misure di ritiro frontale dei ghiacciai austriaci monitorati nel periodo 1960-2022. Il -28,7 del 2000 è chiaramente il peggior dato della serie. In basso grafico delle percentuali di ghiacciai in avanzata (blu), stazionari (azzurro) e in ritiro (bianco) nello stesso arco di tempo. In entrambi i grafici sono evidenti gli andamenti positivi in corrispondenza della pulsazione glaciale degli anni ottanta (fonte: Österreich Alpenverein).

e significativamente superiore - considerando che si tratta di un riferimento statistico - ai -25,2 metri dell'annata 2016-2017, la peggiore precedente.

I cinque ghiacciai con il ritiro più elevato sono stati i seguenti: Schlatenkees (Gruppo del Venediger) con 89,5 m, Pasterze (Gruppo del Glockner) con 87,4 m - con gli stessi due ghiacciai in vetta dell'anno precedente - e Diemferner con 84,3 m, Gepatschferner

con 78,0 m e Niederjochferner con 75,1 m (gli ultimi tre nelle Alpi Venoste).

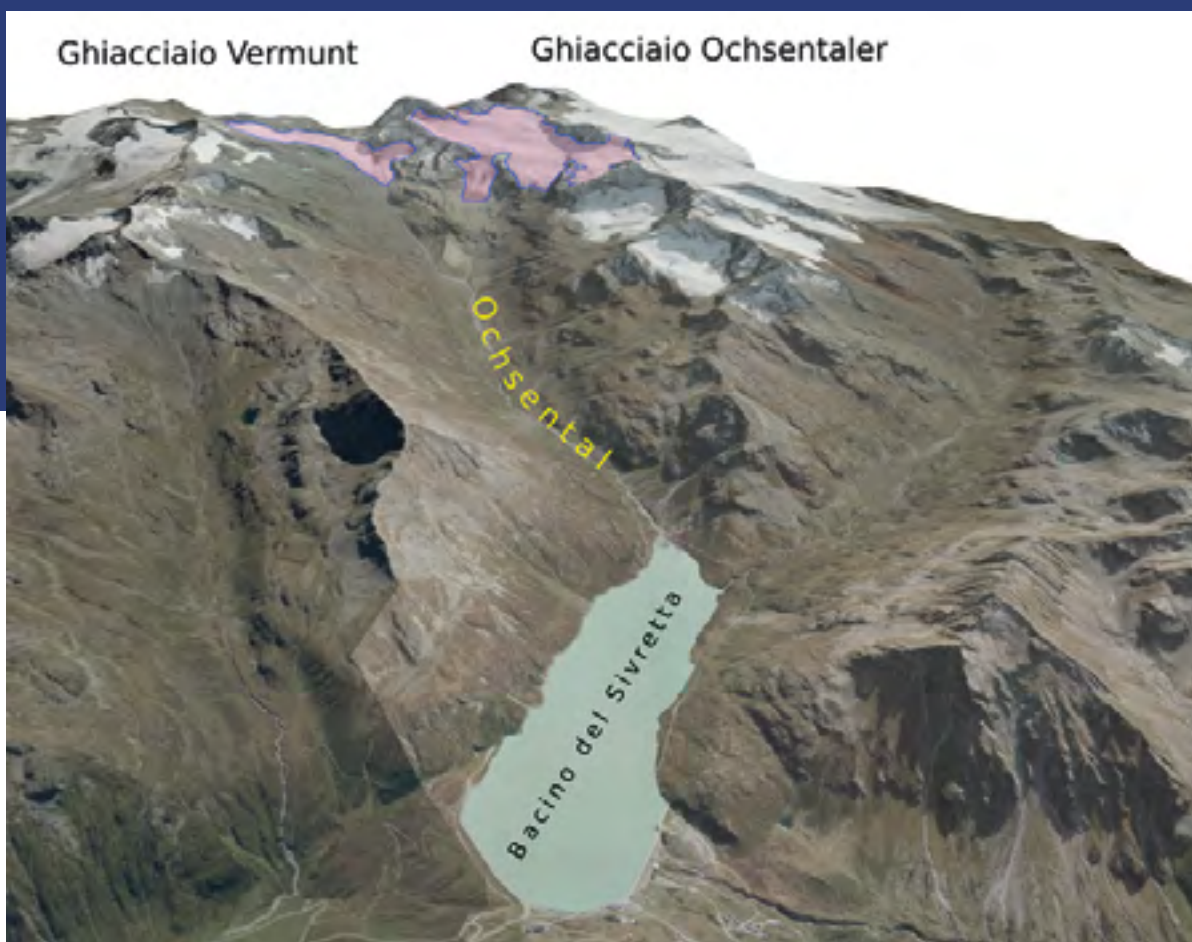
Nelle relazioni degli operatori austriaci, come del resto in quelle dei loro colleghi italiani e svizzeri, sono inoltre sempre più frequenti le segnalazioni di aperture di finestre in roccia e di strutture di collasso ad imbuto, di casi di frammentazione dei corpi glaciali e di incremento della copertura detritica.



I GHIACCIAI DELL'AUSTRIA

[OCHSENTALER]

Tipo Ghiacciaio	Montano
Forma	Versante
Alimentazione	Diretta, valanghe
Esposizione	N
Superficie	1,9 km ²
Quota max bacino	3314 m.s.l.m
Quota max	3100 m.s.l.m
Quota min	2600 m.s.l.m
Anno di acquisizione	2022
Lunghezza Massima	1800 m





I GHIACCIAI DELL'AUSTRIA [OCHSENTALER]

Il gruppo montuoso del Silvretta si trova nello Stato federato austriaco del Vorarlberg, al confine con la Svizzera. I corpi glaciali presenti in esso attualmente monitorati sono 49, ma la maggior parte di questi ha ormai perso lo "status" di vero ghiacciaio. Prevalgono infatti i glacionevati di dimensioni ridotte e con abbondante copertura detritica che vengono inventariati perché il poco ghiaccio che ancora conservano rappresenta comunque una risorsa idrica per un paese che ha sempre contato molto sull'energia idroelettrica ma che sta anche facendo i conti con gli effetti dei cambiamenti climatici.

I tre ghiacciai più importanti del Silvretta sono l'Ochsentaler, sovrastato dalla mole del Piz Buin, e i suoi

due vicini ad Est: il Ghiacciaio di Vermunt, che appartiene anch'esso al bacino della Valle di Ochsen e lo Jamtalferner, che invece drena Valle di Jam.

I ghiacciai Ochsentaler e Vermunt, con le loro acque di fusione, danno inoltre un importante contributo all'alimentazione del grande bacino idroelettrico del Silvretta che, con i suoi 1,6 km² di superficie, è uno dei maggiori delle Alpi Austriache.

Fino primi anni del Novecento la fronte del Vermunt arrivava a toccare lateralmente la lingua dell'Ochsentaler. Quest'ultimo, continuando a ritirarsi, ha lasciato una imponente morena destra che, al suo esterno, è stata successivamente rimodellata dal torrente proveniente dal Vermunt.



Per accedere alla Val d'Ochsen si percorre un tratto della diga del grande bacino del Silvretta che raccoglie anche le acque di fusione dei ghiacciai Ochsentaler e Vermunt.

Ancora visibile e ben più ampio è l'anfiteatro morenico risalente alla Piccola Età Glaciale, anche se l'individuazione del suo arco frontale, che si trova a quasi due chilometri e mezzo di distanza del limite attuale del ghiacciaio, e delle due morene laterali, sospese 100 metri più in alto del fondovalle, può risultare meno facile senza le indicazioni di un glaciologo.

E proprio al termine di questo stadio (attorno al 1850) inizia la serie di dati di misure frontali per l'Ochsentaler, tra le più lunghe registrate per i ghiacciai austriaci. La curva che mette in relazione tempi e movimenti della fronte mostra che il regresso del ghiacciaio si è interrotto solamente tra la seconda metà degli anni Settanta e la prima degli anni Ottanta, periodo considerato come l'ultimo, breve episodio di pulsazione glaciale che abbia interessato tutti i ghiacciai dell'Arco Alpino. Terminata questa parentesi positiva, dall'inizio degli anni Novanta ad oggi il ritiro della fronte

è ripreso arrivando nell'arco di questo trentennio a raggiungere i 700 metri.

Ovviamente anche la perdita di massa glaciale è stata proporzionale all'entità del regresso. Tra il 1999 e il 2019 la perdita media di spessore riferita alla superficie del ghiacciaio (che è diminuita di 70 ettari dal 2004) stata valutata pari a 23 metri, tenendo conto che alle quote più elevate l'abbassamento sarà stato minore rispetto a questo dato di riferimento e maggiore a quelle più basse.

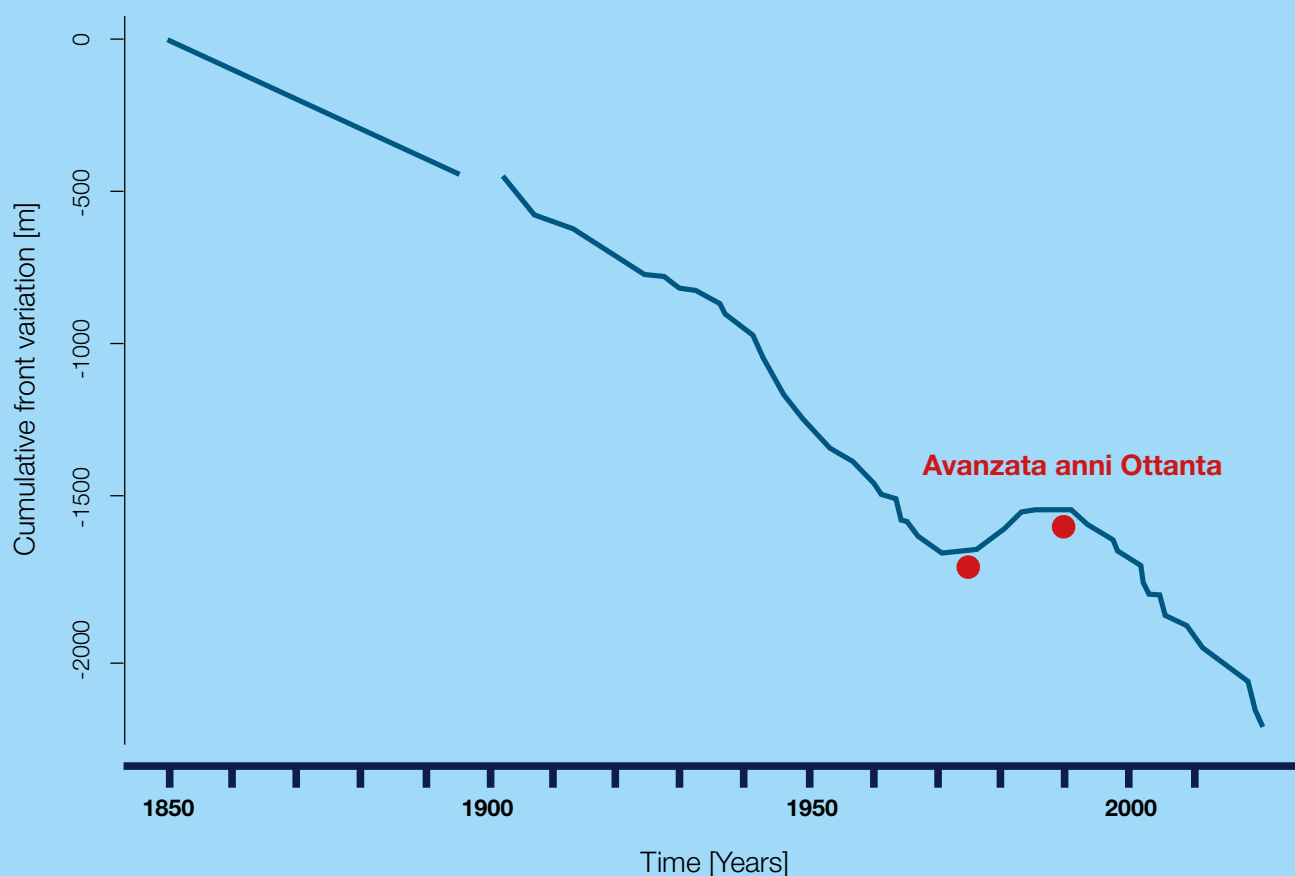
In queste condizioni l'Ochsentaler non può più essere considerato un ghiacciaio di tipo vallivo in quanto si trova confinato al di sopra dei 2800 metri di quota e la sua estensione non va quindi oltre a quella del suo bacino di alimentazione, se si eccettua una modesta propaggine che scende ancora per un dislivello di 200 metri e si arresta coperta dal detrito su un ripiano a 2600 metri.




I GHIACCIAI DELL'AUSTRIA [OCHSENTALER]



OCHSENTALER G., AT (WGMS_ID:483)



 La pulsazione tra la metà degli anni Settanta e la fine degli anni Ottanta è stata l'unica ad interrompere la regressione iniziata dopo il termine della Piccola Età Glaciale. Sulla curva delle variazioni frontali dell'Ochsentaler tra il 1850 e il 2020 (fonte: World Glacier Monitoring Service) è stato evidenziato il tratto corrispondente. Nell'immagine del 1990 la fronte si trova ancora nella posizione più avanzata raggiunta durante questa fase, ma già a partire dall'anno successivo il ghiacciaio riprenderà a ritirarsi.

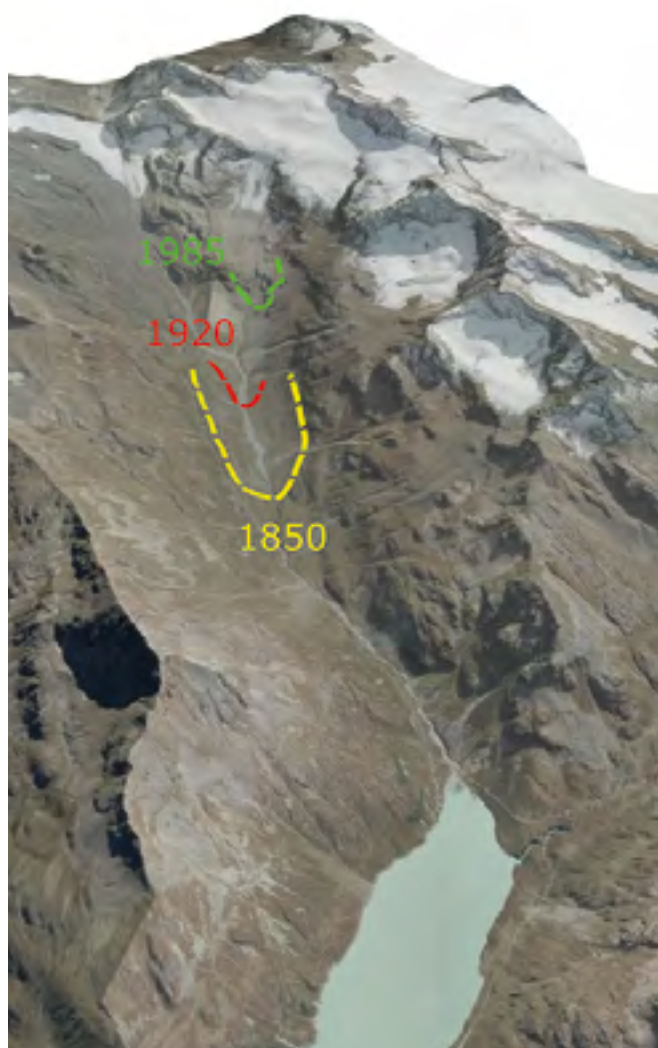


I GHIACCIAI DELL'AUSTRIA [OCHSENTALER]

Questa, però, mostra già i segni di una imminente cesura in corrispondenza del gradino soprastante per la quale sarà condannata a diventare in breve tempo una placca di “ghiaccio morto”.

Quindi anche in Austria la “Carovana dei Ghiacciai” ha ritrovato una situazione già riscontrata per molti

dei ghiacciai italiani già visitati durante le tappe delle precedenti edizioni: ad esempio quelli della Valnon-
tey nel Gruppo del Gran Paradiso e il Pré de Bar nella Val Ferret di Courmayeur per la Valle d’Aosta oppure quelli della Val Martello in Alto Adige. Va ricordato che questa ormai generalizzata tendenza dei ghiac-



Le posizioni della fronte del Ghiacciaio Ochsentaler nel 1850 (al termine della Piccola Età Glaciale), negli anni venti e nel 1985, durante l’ultima pulsazione. A destra, nei primi del Novecento la lingua del Vermunt confluiva ancora in quella dell’Ochsentaler (foto A. Gnädinger). Nel 1929 le due lingue appaiono invece prossime a separarsi (foto H. Kinzl). Quella dell’Ochsentaler, ritirandosi e contraendosi, forma la morena laterale attualmente ancora ben visibile nella foto di A. Fisher.



I GHIACCIAI DELL'AUSTRIA [OCHSENTALER]

ciai a non avere più una lingua pronunciata e con una fronte ben definita ma a ritirarsi a quote sempre più elevate e in posizioni sempre meno raggiungibili sta riducendo notevolmente la possibilità di continuare a fare monitoraggio con la misura delle variazioni

frontali, un metodo che per quanto basilico ha permesso negli anni passati agli operatori glaciologici di produrre le serie di dati più temporalmente estese e geograficamente diffuse di cui ancora si disponga.




Un altro confronto fotografico 1973–2022 per i ghiacciai Ochsentaler (in primo piano) e Vermunt (sullo sfondo a sinistra). Il laghetto indicato nell'immagine del 2022 (A. Fisher) è quello presso cui è stato celebrato il "saluto al ghiacciaio" nel corso dell'escursione della Carovana dei Ghiacciai (a destra, foto di S. Perona).




I GHIACCIAI DELL'AUSTRIA [OCHSENTALER]



 Due diverse inquadrature per il punto in cui è attesa la prossima cesura dell'ultimo "abbozzo" di lingua glaciale che il Ghiacciaio Ochsentaler ancora possiede (entrambe le foto sono di A. Fisher).



 Veduta sul Ghiacciaio Vermunt, comprimario dell'Ochsentaler, dal Rifugio Wiesbadener ai primi del Novecento. All'epoca la sua lingua raggiungeva il fondovalle arrestandosi contro il fianco destro della lingua dell'Ochsentaler. Immagine storica del Deutsche Alpenzeitung, foto 2021 di A. Fisher.

I GHIACCIAI DELLA SVIZZERA

fonte: CSC—GLAMOS



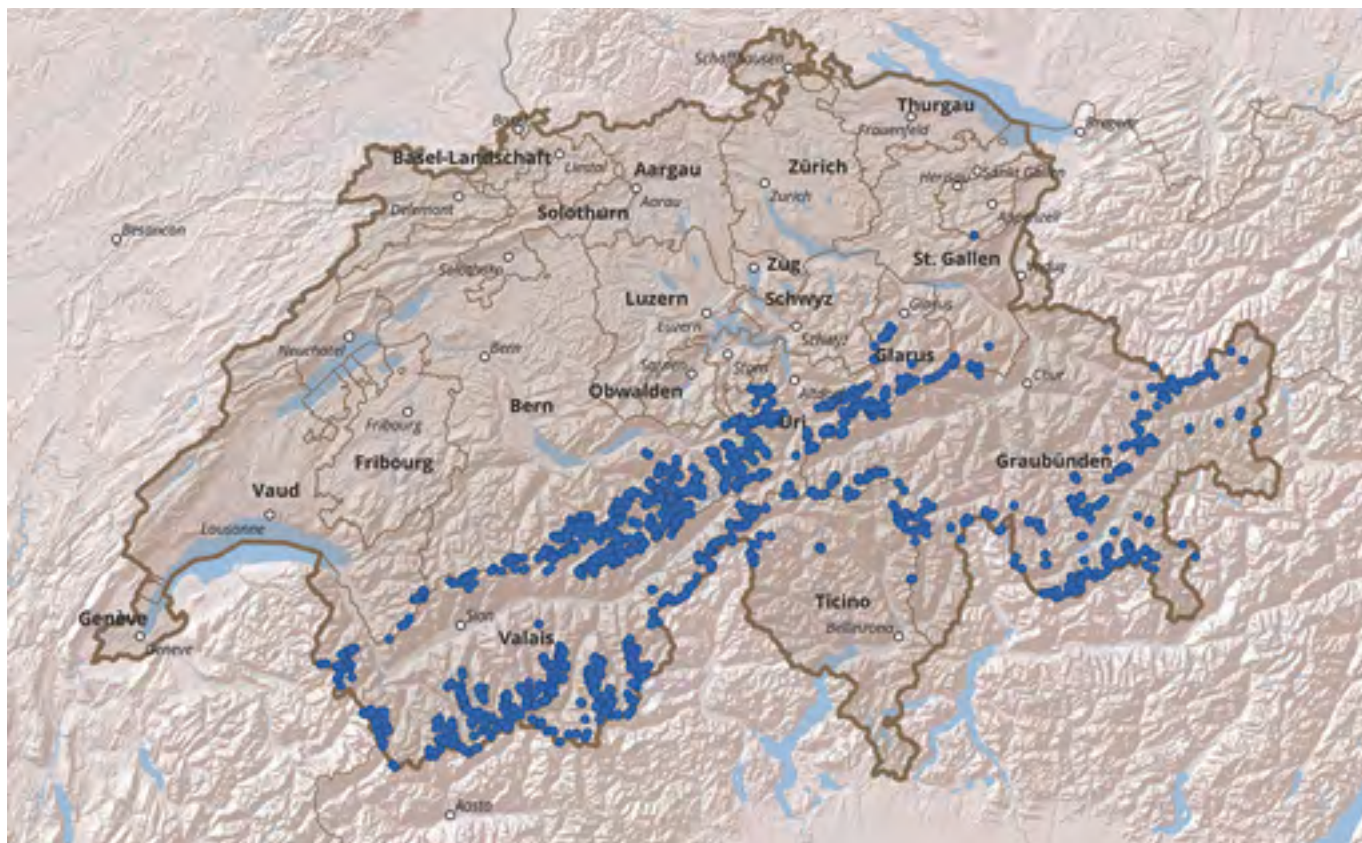
In Svizzera l'osservazione della criosfera è di competenza dalla "Commission Suisse pour l'observation de la Cryosphère" (CSC) - nata nel 1893 con il nome di "Commissione Glaciologica" - che attualmente fa parte della "Piattaforma Geoscienze" dell'Accademia Svizzera di Scienze Naturali.

La Commissione coordina gli studi e le misurazioni sull'innevamento, sui ghiacciai e sul permafrost svolti da uffici federali, servizi forestali cantonali, istituti di ricerca e università. Le stazioni di misura per l'innevamento sono 150 (gestite da Meteosuisse) e 120 i ghiacciai attualmente monitorati (l'8% dei ghiacciai inventariati) dalla Rete Svizzera di Rilevamento Glaciologico (GLAMOS). Le serie di dati disponibili per essi sono liberamente consultabili per mezzo del sito interattivo gestito dalla rete (<https://glamos.ch/>) Del permafrost si occupa invece la Rete Svizzera di Misura del Permafrost (PERMOS).

Il 2022 e il 2023 si sono rivelati due anni micidiali per i ghiacciai Svizzeri. L'estate 2022, preceduta da una stagione invernale caratterizzata da precipitazioni

scarse che non sono riuscite a fornire una copertura nevosa adeguata, ha battuto ampiamente il record della "storica" estate del 2003. Il volume di ghiaccio perso complessivamente in tutta la Svizzera è stata valutato pari a 3,3 km³ di ghiaccio (1.320.000 piscine olimpioniche), il 6% di quello che risultava dal bilancio di massa dell'anno precedente. Si tenga presente che prima di questo risultato venivano considerate come "estreme" percentuali superiori al 2%. In Engadina e nel Vallese Meridionale, a 3000 metri di quota, sono state misurate perdite di spessore del ghiaccio dai 4 ai 6 metri, per alcuni siti più del doppio del peggior dato precedentemente rilevato. Le regressioni delle lingue glaciali sono state particolarmente significative, con ritiri che in alcuni casi hanno superato il centinaio di metri. Si sono inoltre moltiplicate le segnalazioni di aperture di finestre in roccia e di frammentazione dei corpi glaciali.

Anche la situazione del permafrost non poteva che risultare pesantemente condizionata dalle ondate di calore del 2022. Le misure di profondità dello strato



Distribuzione dei ghiacciai svizzeri (1400 secondo l'ultimo catasto disponibile del 2016). Fonte: Linsbauer, A., Huss, M., Hodel, E., Bauder, A., Fischer, M., Weidmann, Y., Bärtschi, H. & Schmassmann, E. 2021, *The new Swiss Glacier Inventory SGI2016*

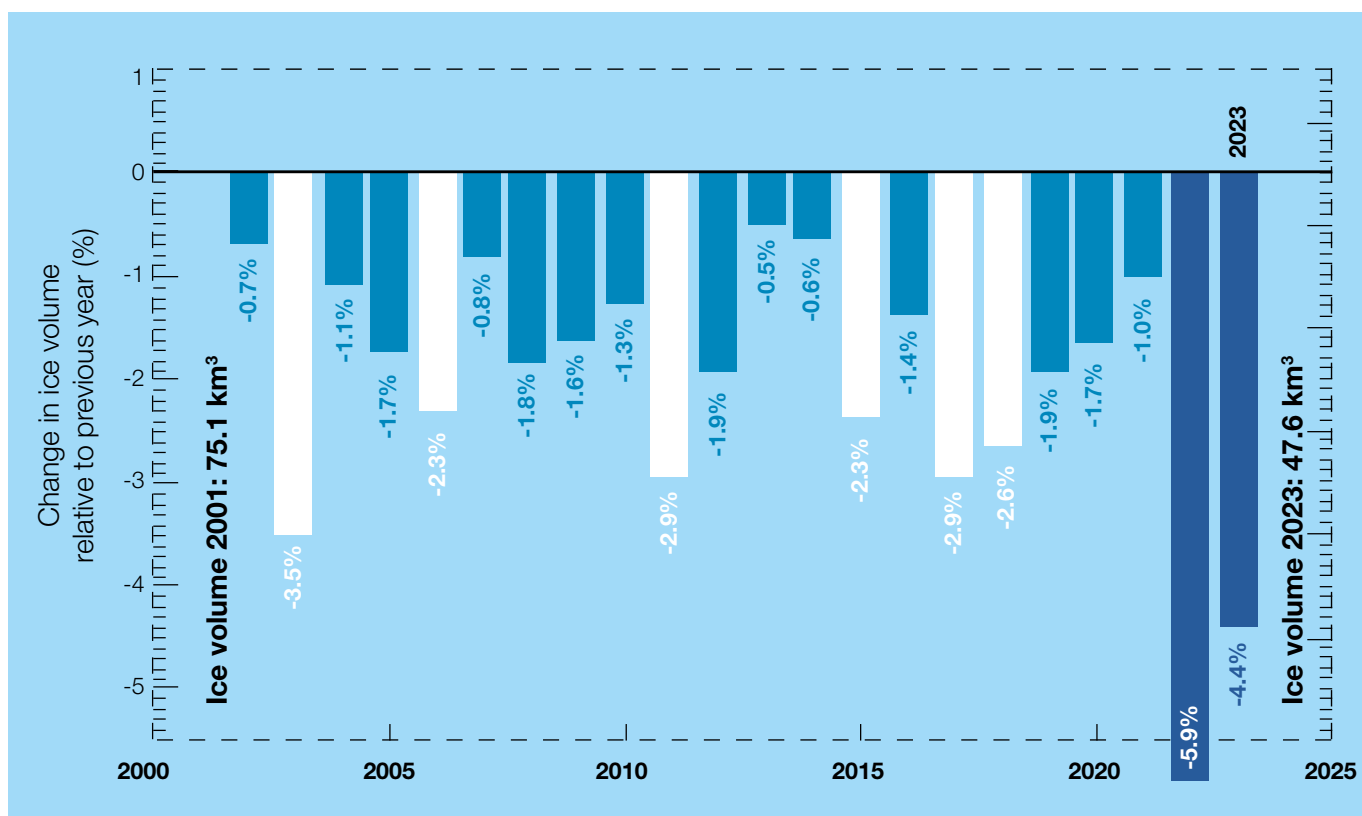
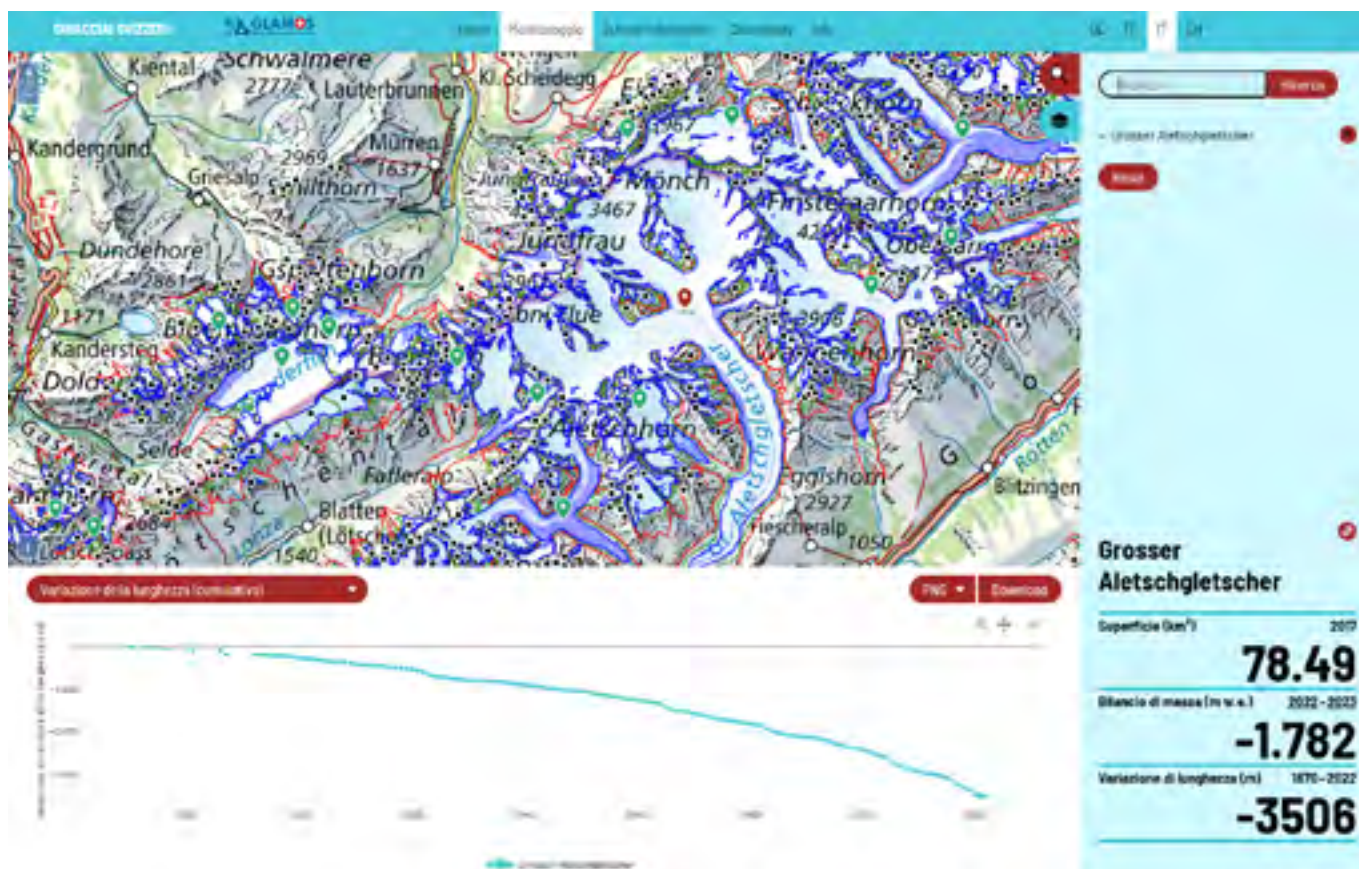


Grafico delle variazioni in percentuale della massa glaciale da un anno all'altro nel periodo 2000-2023. Dall'inizio della serie queste sono sempre avvenute con il segno meno, ma sono veramente impressionanti gli scostamenti del 2022 e del 2023 anche rispetto alle peggiori situazioni verificatesi in precedenza (fonte: GLAMOS)

attivo, quello in cui il terreno non rimane permanentemente gelato perché il ghiaccio che lo permea in inverno fonde durante l'estate, anche in questo caso hanno sorpassato quelle raggiunte durante l'estate del 2003 stabilendo nuovi record per i 2/3 dei sondaggi effettuati.

La situazione climatica del 2023 è stata una replica di quella del 2022: un inverno nuovamente povero di neve seguito da una estate con temperature eccezionalmente elevate e le stesse drammatiche

conseguenze per i ghiacciai svizzeri. La percentuale di perdita complessiva di ghiaccio non ha superato quella dell'anno precedente ma ha raggiunto un pur sempre pesantissimo 4% del ghiaccio ancora presente sulle montagne svizzere risultante alla chiusura del bilancio 2022, quindi il 10% rispetto al 2021. Per avere un'idea di cosa significhi, i glaciologi affermano che la perdita di massa glaciale di quest'ultimo biennio è confrontabile con quella avvenuta nel corso dei trent'anni tra il 1960 e il 1990.



Il Ghiacciaio dell'Aletsch nel Vallese, il più esteso ghiacciaio di tutto l'Arco Alpino (foto di J. Alean, 2019). Sul sito interattivo di GLAMOS (in basso), la rete svizzera per il monitoraggio glaciale, è possibile visualizzare le serie di dati disponibili per molti dei 1400 ghiacciai presenti nel database catastale (<https://glamos.ch/>)



I GHIACCIAI DELLA SVIZZERA

[MORTERATSCH]

Tipo Ghiacciaio	Montano
Forma	Vallivo
Alimentazione	Diretta, valanghe
Esposizione	N
Superficie	14,9 km ² (2015)
Quota max bacino	4048 m.s.l.m
Quota max	4048 m.s.l.m
Quota min	2030 m.s.l.m
Larghezza massima	6 km (2022)



Il Ghiacciaio di Morteratsch e quello di Pers la cui lingua, fino al 2016, confluiva con quella del primo. A Sud della cresta di confine si trovano i due ghiacciai italiani del Gruppo del Bernina, lo Scerscen e il Fellaria (Val Malenco, Lombardia). Immagine Swissair Photo AG, 2005



I GHIACCIAI DELLA SVIZZERA [MORTERATSCH]

Il Morteratsch si trova in Alta Engadina, nel Cantone Svizzero dei Grigioni, è il più grande ghiacciaio del Gruppo del Bernina e il terzo più esteso delle Alpi Orientali (classificazione geografica SOIUSA). Ha un'area di circa 15 km², quindi paragonabile a quella dell'Adamello, il più grande ghiacciaio italiano.

L'ampiezza e imponenza del suo bacino di alimentazione dominato dalla mole del Pizzo Bernina (4048 metri) e quasi interamente ricoperto da masse glaciali che con grandi colate e seraccate scendono dai

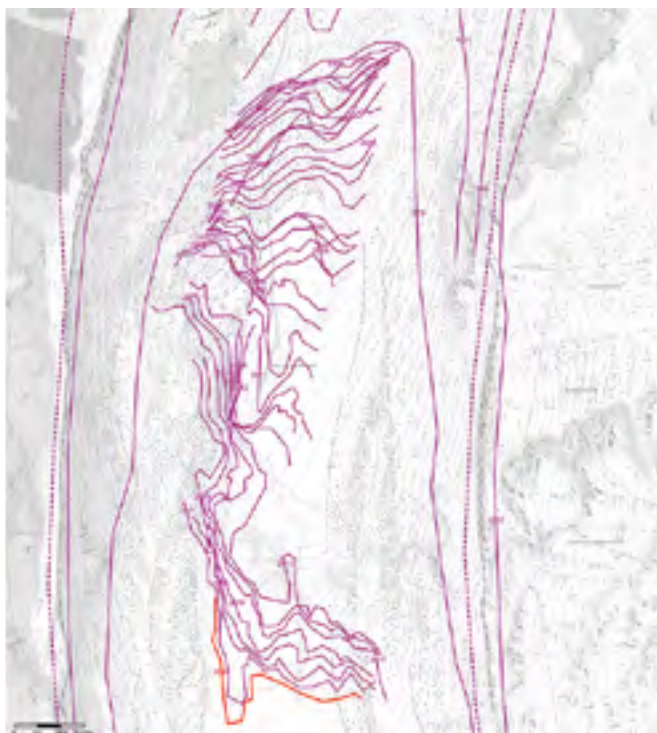
versanti per confluire nella maestosa lingua valliva lo hanno da sempre fatto annoverare tra le più famose attrattive turistiche montane della Svizzera. L'escursione per avvicinarsi alla fronte, inoltre, è molto facile, non richiede di superare forti dislivelli e Pontresina, la località di partenza, può essere raggiunta anche con il famoso "trenino rosso del Bernina".


Ed è proprio la lingua, la grande fiumana di ghiaccio che suscita stupore e ammirazione perché in fondo rappresenta la vera "dimostrazione di forza" del





I GHIACCIAI DELLA SVIZZERA [MORTERATSCH]



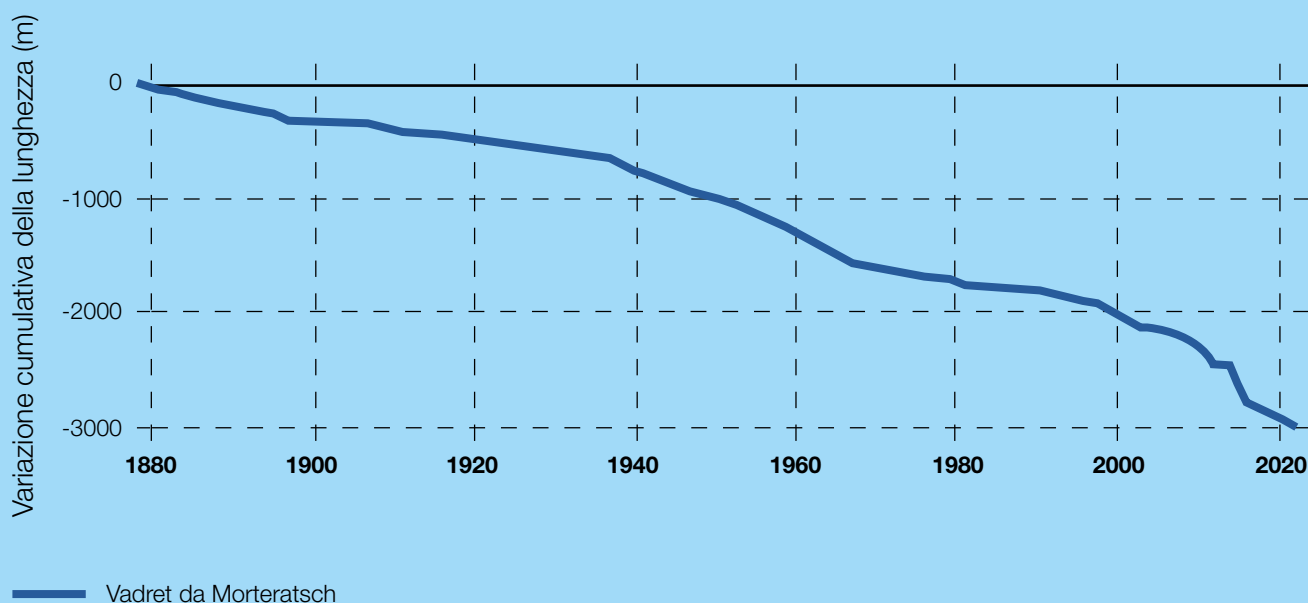
 Tramite l'applicativo cartografico web del geoportale dell'Amministrazione Cantonale dei Grigioni è possibile visualizzare i rilievi dei limiti frontali della lingua del Ghiacciaio del Morteratsch dal 1857 all'estate 2022 (in rosso). Il solo arretramento degli ultimi vent'anni raggiunge il chilometro (foto di S. Perona, 2023).

complesso glaciale che l'ha generata, a subire le conseguenze più pesanti del cambiamento climatico che, pur protraendosi dal termine della Piccola Età Glaciale, sta accelerando in modo impressionante soprattutto negli ultimi decenni.

Sul [geoportale dell'Amministrazione Cantonale dei Grigioni](#) è possibile consultare una mappa interattiva che riporta tutti i rilievi dei limiti frontali del ghiacciaio disponibili dal 1850 all'estate 2022.

Misurando le distanze che intercorrono tra questi risulta che nei soli ultimi vent'anni la regressione è stata di un chilometro. I chilometri salirebbero a 3 chilometri se invece si volesse prendere come riferimento la situazione del 1878 (dunque pochi decenni dopo il termine della Piccola Età Glaciale).

Questi dati impressionanti sono da mettere in relazione al fatto che il Morteratsch è sì un grande ghiacciaio di tipo vallivo così come, ad esempio, il Ghiacciaio del Miage nella Val Veny di Courmayeur, in Valle d'Aosta, o il Ghiacciaio del Belvedere della Parete Est del Monte Rosa, ma a differenza di questi, che sono definiti "ghiacciai neri", non ha una consistente copertura detritica a protezione termica della sua lingua dalle conseguenze degli aumenti di temperature estivi. Bisogna oltretutto considerare che la fronte si trova attualmente ad una quota di "soli" 2030 metri, mentre il limite di sopravvivenza della maggior parte dei ghiacciai alpini di circo o di versante non



 Curva spazio-tempo degli arretramenti frontali del Morteratsch a partire dalla metà del XIX secolo (fonte: GLAMOS)



I GHIACCIAI DELLA SVIZZERA [MORTERATSCH]

scende generalmente sotto i 2600 metri. Anche i ghiacciai neri stanno manifestando una condizione di sofferenza attraverso l'ingente perdita di massa glaciale e l'abbassamento della loro superficie ma senza riscontrare significativi arretramenti frontali. Per il Morteratsch, invece, la combinazione degli elementi sfavorevoli sopraccennati provoca una fusione

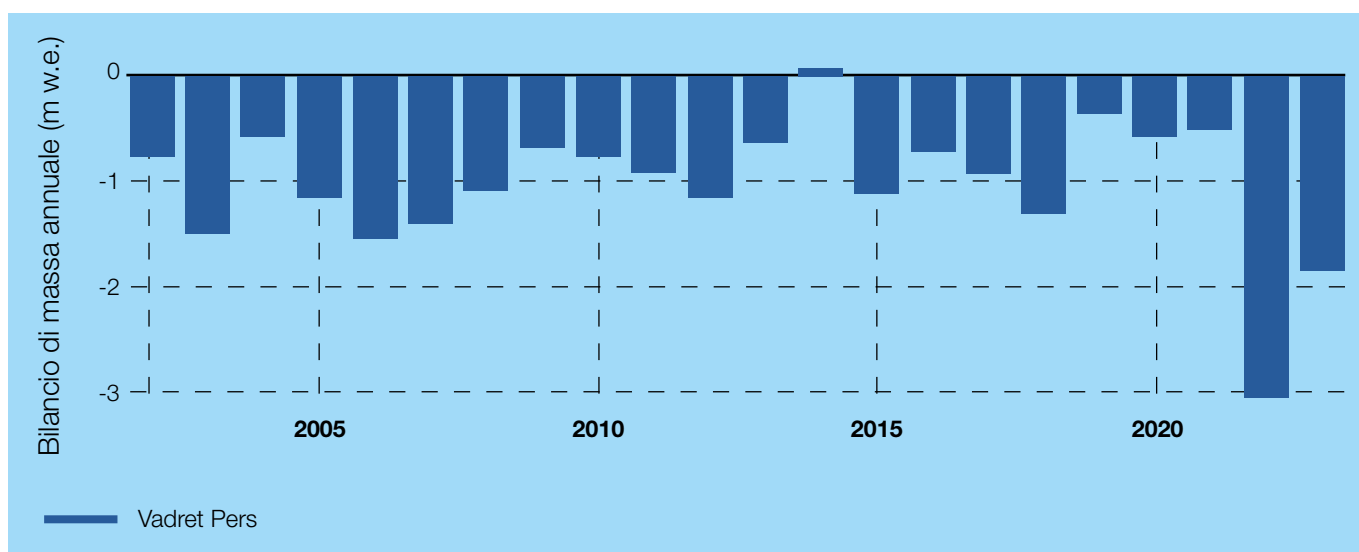
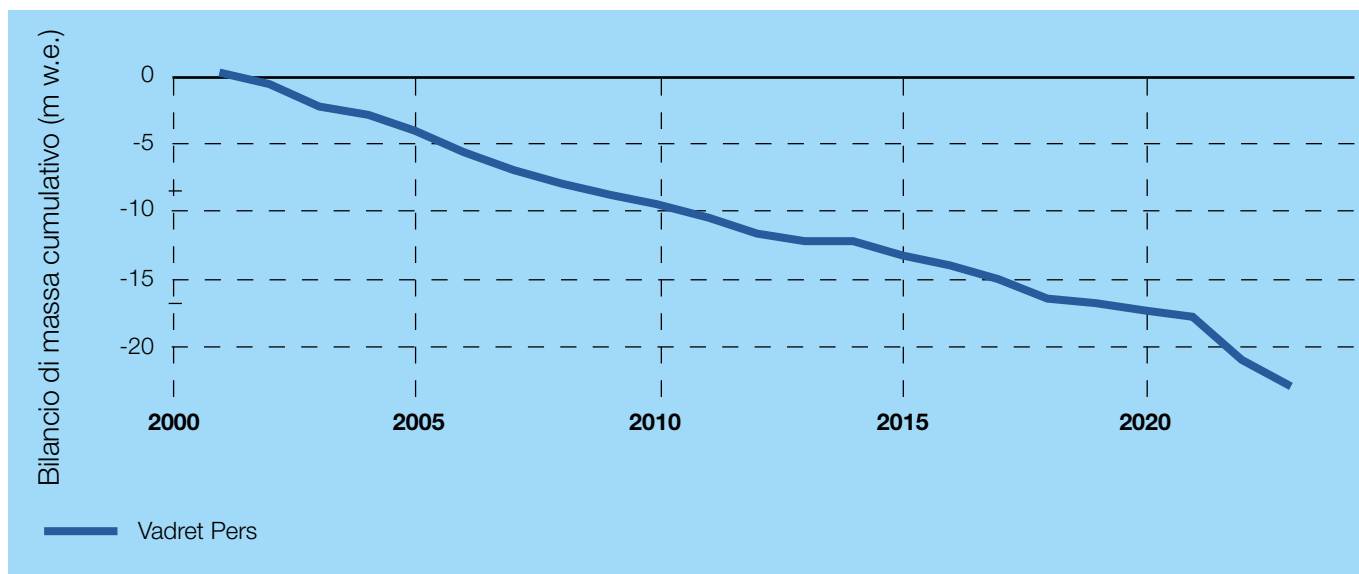
completa del settore frontale del ghiacciaio e quindi in una velocità di regressione che il flusso di massa glaciale proveniente dalle alte quote ha sempre più difficoltà a contrastare, anche a fronte della scarsità di precipitazioni nevose che sta caratterizzando le ultime stagioni invernali, non solo sul versante meridionale dell'Arco Alpino.



Il bilancio di massa non viene eseguito direttamente sul Ghiacciaio del Morteratsch per via del suo bacino troppo vasto ed impervio ma sull'adiacente Vadret Pers (sopra, foto di Christine Levy Rothenbühler 2023). La misura cumulata che quantifica la perdita di ghiaccio nel periodo 2001-2023 raggiunge quasi i 23.000 millimetri di acqua equivalente—23 metri. Il grafico dei bilanci annui per lo stesso intervallo di tempo mostra che questi sono sempre stati negativi, se si eccettua un modesto risultato positivo per la stagione 2013-2014 e la perdita dell'estate 2022 è risultata doppia rispetto a tutte quelle degli anni precedenti. L'estate 2023 si piazza al secondo posto per negatività (fonte: GLAMOS)



I GHIACCIAI DELLA SVIZZERA [MORTERATSCH]



Siccome la morfologia del bacino di accumulazione del Ghiacciaio del Morteratsch è troppo vasta ed impervia, il bilancio di massa viene effettuato su quello adiacente del Pers, che scende dalle pareti Nord del Piz Spina e del Piz Palù. Fino al 2016, la lingua del Pers era collegata a quella del Morteratsch. I dati pubblicati sul sito interattivo di GLAMOS, la rete svizzera di monitoraggio dei ghiacciai per questo ghiacciaio di riferimento indicano che nell'intervallo 2001 – 2023 sono stati cumulativamente persi 22.622 mil-

limetri di acqua equivalente (l'altezza della colonna d'acqua che si otterrebbe per unità di superficie del ghiacciaio dalla fusione del ghiaccio), quindi quasi 23 metri. E dal confronto tra i valori annui emerge che la perdita di ghiaccio registrata per il 2022 è stata doppia rispetto a quella del peggior risultato ottenuto precedentemente durante lo stesso periodo. La stagione 2023 non è stata così negativa ma si piazza comunque al secondo posto dopo quella dell'anno prima.



I GHIACCIAI DELLA SVIZZERA [MORTERATSCH]



Una carrellata di immagini di fine Ottocento-primi del Novecento che illustrano la passata grandezza del Ghiacciaio del Morteratsch (autori ignoti- Archivio Fotografico ETH-Zurigo). In tutte queste vedute il punto di ripresa della foto di S. Perona (2023)-a due chilometri e mezzo in linea d'aria dalla fronte attuale- si sarebbe trovato al di sotto di decine di metri di ghiaccio. Gli alberi in primo piano hanno colonizzato il fondovalle in seguito alla deglaciazione.

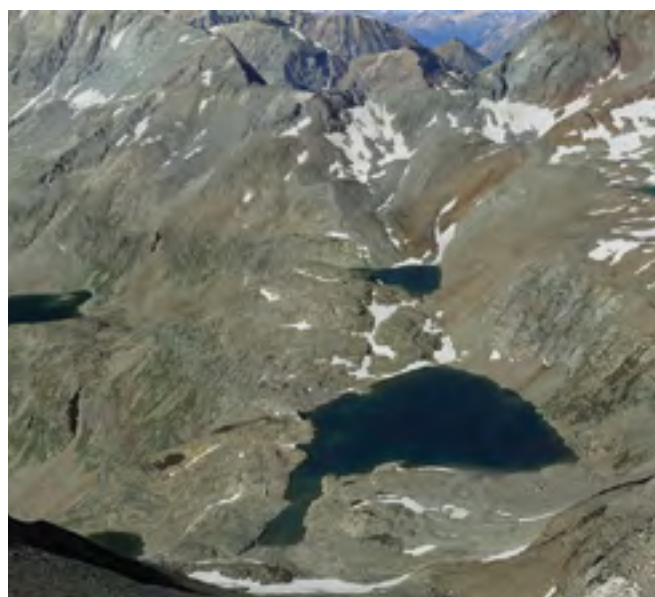
I LAGHI DEI GHIACCIAI NELLE ALPI OCCIDENTALI


[I LAGHI GLACIALI NELLE ALPI OCCIDENTALI ITALIANE DALLA FINE DELLA PICCOLA ETÀ GLACIALE AD OGGI E VERSO IL FUTURO]

I paesaggi alpini stanno subendo veloci ed evidenti evoluzioni dal punto di vista geomorfologico, in particolare nelle aree glacializzate. La progressiva, drammatica contrazione delle masse glaciali, e talora la scomparsa, stanno infatti radicalmente trasformando il paesaggio. Tra le modificazioni geomorfologiche più evidenti che caratterizzano le aree abbandonate dai ghiacciai dalla fine della Piccola Età Glaciale (PEG, 1850 circa) dette anche aree proglaciali (Bollati et al., 2023) c'è la formazione di nuovi laghi. Le aree proglaciali infatti presentano morfologie che creano le condizioni favorevoli per l'accumulo di acqua come per esempio le morene e le conche in roccia, entrambe frutto della passata azione glaciale.

Il progressivo ritiro dei ghiacciai è quindi sovente seguito da un numero crescente di nuovi laghi glaciali e da una significativa trasformazione geomorfologica (scomparsa, espansione/restringimento) di quelli esistenti.

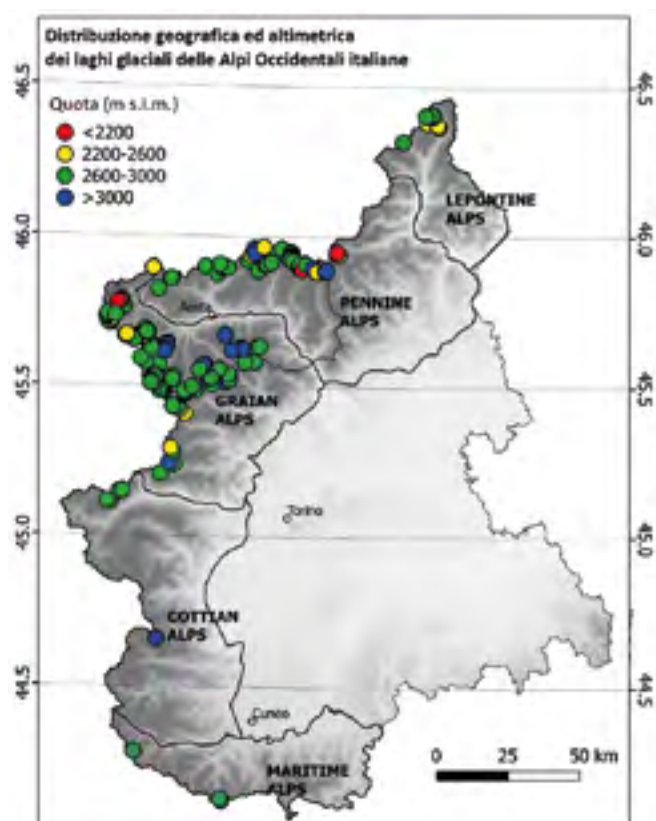
Quando si formano nuovi laghi, possono emergere opportunità e rischi connessi (Haerberli et al. 2016). Opportunità in quanto: 1) accrescono il valore ambientale e paesaggistico degli ambienti di alta quota sia dal punto di vista della biodiversità che della geodiversità; 2) possono essere utilizzati come riserve d'acqua dolce e per la produzione di energia idroelettrica (es.: Lago del Sabbione, Val Formazza); 3) rappresentano un'apprezzata attrazione turistica



 Due esempi di laghi glaciali: a) lago di sbarramento morenico (Lago delle Locce, Valle Anzasca, cortesia Dipartimento della Protezione Civile, 2002); b) laghi in conche di roccia nel vallone di Cignana (Gran Lago in primo piano, Lago del Dragone in secondo piano al centro, Lago di Balanselmo a sinistra, Valtournenche, Google Earth).



Il Ghiacciaio del Rutor (cortesia Società Meteorologica Italiana, 2022) con indicazione del limite raggiunto durante la fase di massima espansione della PEG (linea rossa tratteggiata) e dei laghi che si sono formati da allora fino ad oggi (asterischi azzurri).



Distribuzione geografica ed altimetrica dei laghi glaciali delle Alpi Occidentali italiane.

(es.: Lago del Miage in Val Veny; Lago delle Locce in Valle Anzasca); 4) sono indicatori degli effetti del cambiamento climatico nelle aree alpine e quindi risultano molto interessanti dal punto di vista della ricerca scientifica così come per l'educazione ambientale e la didattica (es.: laghi al Ghiacciaio del Rutor, La Thuile; Bonetto et al., 2017). Risolto assai meno conosciuto è il lago glaciale come fonte di rischio elevatissimo in caso di svuotamento parziale o totale (rotta glaciale o GLOF, Glacial Lake Outburst Flood). Il rilascio improvviso di ingenti volumi d'acqua, anche milioni di m³, può infatti generare piene travolgenti che possono propagarsi a valle per decine di chilometri con elevato potenziale distruttivo e impatti di vasta portata (es.: Lago di Santa Margherita al Ghiacciaio del Rutor durante la PEG; Lago delle Locce negli anni 1970). Ed è ancora vivo il ricordo della minacciosa formazione del Lago Effimero sul Ghiacciaio del Belvedere (Macugnaga, estate 2002; Mercalli & Mortara, 2002).

Risulta quindi importante non solo conoscere i laghi esistenti e la loro evoluzione nel corso del tempo, ma anche prevedere dove potrebbero formarsene di nuovi. La formazione e la successiva evoluzione dei laghi glaciali dovuta al ritiro dei ghiacciai è stata ben documentata nelle principali aree di alta montagna del mondo (Alpi europee, Himalaya, Ande, Caucaso, ecc.) da diversi studi che hanno analizzato carte topografiche storiche, immagini satellitari ottiche

e/o ortofoto aeree. Inoltre, l'interesse della comunità scientifica per i laghi glaciali negli ultimi 10 anni è dimostrato anche dallo sviluppo e dall'applicazione di modelli specifici per prevedere le localizzazioni idonee di potenziali futuri laghi.

Per quel che riguarda le Alpi italiane, così come è stato fatto per i ghiacciai (Smiraglia et al., 2015; Salvatore et al., 2015) anche per i laghi glaciali sono stati realizzati studi a carattere regionale per la caratterizzazione della risorsa: distribuzione geografica, caratteristiche morfometriche (area e quota) e geomorfologiche. Nello specifico, per la Alpi occidentali (Piemonte e Valle d'Aosta), sono stati prodotti catasti attraverso l'indagine da remoto di carte topografiche storiche ed ortofoto aeree in bianco e nero e a colori. Per questo settore alpino attualmente sono disponibili sei catasti (Viani et al., 2016) a cui se ne è aggiunto un settimo relativo alla sola Valle d'Aosta (Viani et al., 2022). Essi si riferiscono a sette differenti periodi: anni '30, anni '70, anni '80, anni '90 del Novecento, 2006, 2012 e 2015 (per la sola Valle d'Aosta). La disponibilità di questi dati che coprono un ampio arco temporale permette di svolgere analisi multitemporali sull'evoluzione di questi importanti elementi naturali (Fig. 4). Da queste indagini emerge che dall'inizio del Novecento ad oggi sono in aumento sia il numero dei laghi che dell'area coperta da questi laghi. Per fare un esempio se si confrontano i catasti del 2006 e del 2015 prodotti per la Valle d'Aosta risulta che:

il numero totale dei laghi è raddoppiato, tra il 2006 e il 2015 sono comparsi quasi 170 nuovi laghi che si sono andati ad aggiungere a quelli preesistenti;

l'area totale è aumentata del 30% e copre una superficie complessiva di circa 1,55 km² (0,05% dell'intera regione);

la quota media è aumentata per la comparsa di nuovi laghi a quote sempre più elevate;

l'area media è diminuita per la presenza di molti nuovi laghi di recente formazione di piccole dimensioni.

Se poi si considera l'area abbandonata dai ghiacciai a partire dalla fine della Piccola Età Glaciale (1850 circa) ad oggi, questa è occupata per circa lo 0.8% da laghi di neo-formazione.

Per la Valle d'Aosta è stato inoltre applicato un modello per la ricostruzione della morfologia del substrato roccioso sotto i ghiacciai attuali al fine di individuare le aree che, in futuro libere da ghiaccio, avranno le caratteristiche morfologiche idonee per ospitare potenziali laghi. I risultati della modellizzazione hanno permesso di individuare circa una cinquantina di conche potenzialmente idonee nel futuro ad ospitare laghi (Viani et al., 2020). La maggior parte di queste morfologie sono state individuate nel dominio glaciale tra Cervino e Monte Rosa. Secondo i risultati modellistici si tratta di conche non particolarmente profonde (profondità inferiore ai 10 metri).

La conoscenza di questa emergente risorsa e dei potenziali rischi connessi alla sua presenza in ambienti caratterizzati da alta geodinamicità è fondamentale per l'indirizzo di pratiche di gestione sostenibile della stessa e del fragile ambiente in cui è inserita. Le potenzialità di utilizzo sono molte e vanno dalla ricerca scientifica, all'educazione alle geoscienze, alla protezione del paesaggio, alla conservazione della natura, all'attrazione turistica, all'utilizzo come serbatoi d'acqua per rifugi alpini, innevamento artificiale e/o produzione di energia idroelettrica. Va però tenuto conto fin dall'inizio delle potenziali sinergie e/o conflitti che si possono generare nel perseguire scopi molto diversi tra loro.

	Anni '30	Anni '70	Anni '80	Anni '90	2006-2007	2015
Numero di laghi	39	59	109	145	169	337
Quota media (m)	2666	2702	2745	2770	2767	2800
Quota max (m)	2936	2979	3134	3299	3299	3382
Quota min (m)	1820	1820	1820	1820	1820	1820
Area totale (km²)	0.52	0.78	1.10	1.10	1.17	1.55

Tabella riassuntiva dei principali dati relativi ai laghi glaciali della Valle d'Aosta ricavati da sei catasti che coprono un intervallo temporale di circa 85 anni.

I SERVIZI ECOSISTEMICI DELLE AREE GLACIALI

[CARTOGRAFIA DELLA GEODIVERSITÀ E VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI:
OPPORTUNITÀ PER LA SALVAGUARDIA DELLE AREE GLACIALI]

Nel suo rapporto all'Assemblea Generale delle Nazioni Unite del 6-8 settembre 2000, Il Segretario Generale delle Nazioni Unite Kofi Annan annunciò il "Millennium Ecosystem Assessment", un programma di ricerca indirizzato non solo a valutare su basi scientifiche le conseguenze del cambiamento climatico globale sugli ecosistemi ma anche a stabilire le strategie operative per migliorarne la conservazione e l'uso sostenibile delle risorse che da essi derivano. Questo programma ambizioso è basato sul riconoscimento dei molteplici benefici forniti al genere umano dagli ecosistemi, definiti come "servizi ecosistemici", originariamente classificati in 4 diverse categorie, sulla base del loro ruolo e valore:

- 1) "di supporto" (ad es. la formazione del suolo);
- 2) "di approvvigionamento" (ad es. acqua, cibo, materiali, ...);
- 3) "di regolazione" (ad es. i fattori che influiscono sul clima, sulla qualità dell'acqua, ...)
- 4) "di cultura" (valori estetici, spirituali, educativi, ricreativi).

Nonostante la definizione di ecosistema includa entrambe le componenti biotiche e abiotiche della natura, lo sviluppo iniziale del Millennium Ecosystem Assessment ha visto prevalere nettamente gli studi dedicati alla parte "vivente" degli ecosistemi. Solo più recentemente la natura abiotica è stata riconosciuta come una componente critica per la valutazione dei servizi ecosistemici. Si sta infatti affermando il principio che per comprendere appieno il contributo della natura al benessere umano è necessario considerare la geodiversità oltre alla biodiversità. Proprio per rivendicare questo ruolo paritario è nato il concet-

to di "servizi ecosistemici" (ovvero specificatamente correlati alle componenti abiotiche) che Gray (2013) classifica in 25 tipi di servizi ecosistemici forniti dalla Geodiversità, secondo 5 categorie: "regolazione", "supporto", "fornitura", "cultura" e "conoscenza".

Questa nuova tendenza della ricerca rappresenta una opportunità particolarmente ghiotta per lo sviluppo di nuovi studi e strategie di gestione dei servizi ecosistemici nelle aree glaciali alpine. Si tratta infatti di aree particolarmente sensibili al riscaldamento climatico, in cui si registra un'accelerazione degli effetti di cambiamento ambientale. Qui la trasformazione della natura nel suo complesso (biodiversità e geodiversità, suo "substrato") è ingente ed evidente nell'ultimo secolo, anno dopo anno, con rapidità crescente negli ultimi decenni; occorre quindi tracciarne le tendenze, non solo per ragioni scientifiche, ma anche pratiche, in quanto i ghiacciai delle Alpi offrono importanti servizi ecosistemici alla nostra società. Si pensi innanzitutto ai fondamentali servizi di approvvigionamento idrico ed energetico che derivano dai bacini glaciali, i quali offrono pure servizi di regolazione dei climi locali per gli effetti termici dei ghiacciai, così come di controllo delle piene nelle ampie pianure proglaciali. Ma i ghiacciai e le aree circostanti sono pure di supporto alla vita, offrendo gli habitat adatti a diverse specie animali e vegetali dell'alta montagna. E per l'umanità riservano preziose conoscenze su dinamica ed evoluzione di diversi processi naturali, indispensabili per lo sviluppo di competenze nella gestione delle risorse montane, così come per l'adattamento ai cambiamenti climatici. Senza dimenticare i servizi culturali offerti dalle aree glaciali, le quali contribuiscono non solo allo sviluppo dell'identità delle popolazioni alpine, ma offrono anche benessere psicofisico ed estetico agli sportivi e ai turisti che le frequentano. Insomma, si può affermare che

un'attenta considerazione del valore, ma anche della fragilità dei servizi ecosistemici di ambito glaciale non può che spingerci a contrastare con forza l'attuale crisi climatica: attraverso azioni combinate di adattamento e mitigazione del riscaldamento climatico.

Poi che la geodiversità comprende elementi e processi geologici, geomorfologici, idrologici e del suolo, l'analisi scientifica della geodiversità in alta montagna deve essere in grado di offrire visioni sia statiche che dinamiche degli elementi abiotici dei paesaggi glaciali. Solo a partire dalla cartografia della geodiversità, è infatti possibile valutarne il ruolo nel generare servizi ecosistemici. Quindi la cartografia della geodiversità montana deve comprendere sia le caratteristiche a lungo termine che ricordano il passato del nostro pianeta, sia forme e processi attivi nelle aree glaciali

Il monitoraggio di questi ultimi è una chiave per interpretare le relazioni attuali tra atmosfera, criosfera, idrosfera, geosfera, biosfera e attività umane. Se la geodiversità a lungo termine rappresenta principalmente la distribuzione dei vincoli "statici" lito-strutturali ai cambiamenti ambientali, le caratteristiche ambientali recenti e attive possono fungere da "proxy" dinamici per l'interpretazione dei cambiamenti climatici e dei solo effetti sui servizi ecosistemici.

Inoltre, occorre utilizzare un approccio multitemporale della geodiversità per valutare le relazioni tra natura abiotica e attività antropiche. Infatti, l'influenza umana sulla geodiversità è un fatto acclarato anche nei settori alpini più remoti, come le aree glaciali: inquinamento, realizzazione di infrastrutture e sfruttamento incontrollato delle risorse sono principali fattori di impatto. Queste alterazioni della geodiversità possono, a loro volta, influenzare il modo in cui vengono erogati i servizi geosistemici, con un potenziale impatto sul benessere umano.

Sia la geodiversità glaciale statica che quella dinamica sono state studiate all'interno del territorio del Sesi Val Grande UNESCO Global Geopark (Alpi occidentali, Italia), area inclusa nel progetto "ArcticHubs" H2020-EU.3.5.1. La valutazione della geodiversità è stata effettuata mediante la creazione di mappe geotematiche. I fattori di condizionamento correlati sono stati analizzati per una migliore comprensione dell'ambiente montano e una corretta gestione dei rischi naturali e delle risorse montane. Particolare attenzione è stata posta sugli elementi dinamici del paesaggio glaciale. L'evoluzione geomorfologica a scala di valle è stata ricostruita mediante dati multitemporali (ad esempio: mappe delle morfologie glaciali, inventari dei ghiacciai). Le analisi incrociate con l'inventario nazionale delle frane hanno permesso di identificare aree locali di forte influenza glaciale sulla stabilità dei pendii (deformazioni gravitative profonde dei versanti, frane ed erosioni). Inoltre, il recente ritiro dei ghiacciai si traduce nella creazione di nuovi laghi glaciali che aumentano l'idro-geodiversità dell'area montana e rappresentano importanti potenziali georisorse.

I risultati della ricerca consentono di stabilire un adeguato quadro "Driver-Pressure-State-Impact-Response" (DPSIR) relativo alle questioni ambientali dovute al cambiamento globale e alle azioni umane in alta montagna. La comprensione delle complesse interazioni tra le attività umane e l'ambiente consente di identificare strategie per conservare e preservare la geodiversità e i servizi geosistemici. I risultati di questa ricerca possono informare il processo decisionale e lo sviluppo politico a livello locale, regionale e nazionale, con l'obiettivo finale di mitigare gli impatti negativi delle attività umane sull'ambiente.



ESEMPI DI SERVIZI GEOSISTEMICI IN AMBIENTE GLACIALE

[REGOLAZIONE]

Densità di precipitazione

Propensione a costituire acquiferi, caratteristiche chimico- mineralogiche e qualitative degli acquiferi, circolazione ipogea ed epigea, localizzazione delle emergenze idriche

Densità di drenaggio, controllo piene e alluvioni, circolazione idrica superficiale e sotterranea

[CULTURALI]

SVILUPPO identità, senso del luogo, spiritualità, benessere psico-fisico, senso estetico.

FRUIZIONE per attività ludiche e sportive

[SUPPORTO]

COSTITUZIONE di ambienti adatti allo sviluppo di habitat naturali, di materia organica

RISERVE superficiali e sotterranee d'acqua

[APPROVVIGIONAMENTO]

FORNITURA di acqua ad uso potabile, agricolo, industriale ed energetico

PRELIEVO aggregati ed estrazione inerti

[CULTURALI]

SVILUPPO conoscenze evoluzione processi idrogeologici, fluviali, glaciali

SVILUPPO competenze nella gestione della risorsa idrica

ADATTAMENTO al cambiamento climatico

CONSERVAZIONE e VALORIZZAZIONE delle componenti idro(geo)logiche del paesaggio



IL SUONO DEL RESPIRO DEL GHIACCIAIO

Un progetto di Sergio Maggioni

Se ci pensiamo bene il respiro è ciò che ci tiene in vita.

Potrebbe sembrare un'associazione poetica ma effettivamente i ghiacciai respirano e lo possiamo percepire attraverso il suono, che in modo evidente si manifesta durante la stagione estiva.

Il respiro del ghiacciaio è la fluttuazione tra il giorno e la notte: nelle ore notturne, quando le temperature si abbassano, il suono è meno intenso; mentre di giorno, quando le temperature salgono, il suono diventa più forte con temperature che possono raggiungere anche 17 gradi a 2800 metri di altitudine.

Se il ciclo respiratorio degli esseri umani dura qualche secondo, respirando in media 21.600 volte al giorno, il ciclo respiratorio di un ghiacciaio dura 24 ore ed è stato stimato che entro la fine di questo secolo il 92% dei ghiacciai rischia di sparire.

Se queste stime verranno confermate, significa che ai ghiacciai rimangono soltanto 21.915 respiri.

Attraverso il progetto artistico e scientifico "un suono in estinzione", nato nel 2020 in collaborazione con varie università, enti e partner, il team di progetto sta analizzando il respiro e altri fenomeni sonori del ghiacciaio dell'Adamello - e presto anche di altri ghiacciai italiani ed europei - finalizzato alla comprensione del suo stato di salute. I dati raccolti sono poi usati in opere artistiche installative basate sulla sensorialità, in cui il suono si fa mezzo per veicolare il messaggio al pubblico.

Nelle ultime tre estati (2021, 2022, 2023) il team di "un suono in estinzione", coordinato dal comitato scientifico del progetto, è salito una decina di volte

a piedi sul ghiacciaio dell'Adamello, senza l'ausilio di elicotteri, per installare 5 speciali attrezzature in grado di registrare 24 ore al giorno per diversi mesi il suono e le temperature.

I registratori sono stati collocati sulla cascata di fusione, all'interno di pozzi e crepacci, a contatto con la superficie glaciale e in punti inaccessibili all'orecchio umano, ottenendo oltre 14.000 ore di suono e temperature.

Tutte queste informazioni, difficilmente reperibili con le strumentazioni tradizionali, oltre ad avere un significato artistico sono di supporto alla ricerca scientifica per prevedere l'evoluzione dei ghiacciai.

Negli ultimi tre anni si è potuto vedere e sentire in prima persona il ritiro del ghiacciaio. In particolare nell'estate appena trascorsa (2023), si è potuto assistere - mese dopo mese - ad una notevole regressione sulla fascia del Mandrone, attestata anche dalla spedizione de "La Carovana dei Ghiacciai".

Per il futuro, il progetto "Un suono in estinzione" continuerà ad indagare i fenomeni di fusione del ghiacciaio dell'Adamello, ampliando la ricerca anche su altri ghiacciai nazionali ed internazionali. Dal punto di vista artistico, il team di progetto sta pianificando nuove azioni artistiche e divulgative volte alla sensibilizzazione verso il problema del cambiamento climatico con un focus sul contributo che ognuno di noi può fornire al miglioramento del respiro dei nostri ghiacciai.

www.unsuonoinestinzione.eu



GLI ARTISTI SALUTANO I GHIACCIAI

VALERIO ZANCHETTA, SUONATORE DI CORNAMUSA

Quando mi è stato chiesto di partecipare alla “Carovana dei ghiacciai” ho fatto molte domande agli organizzatori e a me stesso, non sui motivi di questo movimento poiché ovvio allo sguardo, ma sul significato. Cosa vuol dire, oltre la pratica, fare visita a un ghiacciaio? Cosa vuol dire “fare un saluto” al ghiacciaio? Ciò che ci spinge, come persone, a far visita e salutare qualcuno è l'affetto. Il desiderio, il piacere di incontrare e di ri-conoscere l'importanza che una persona, un luogo o anche un evento hanno per noi. Ecco cosa mi ha conquistato. Mi chiamo Valerio, amo suonare la cornamusa scozzese, e il mio ruolo all'interno della prima tappa ha consistito nell'offrire musica ai presenti e alle montagne. Poco prima del nostro arrivo ai piedi del ghiacciaio ho scelto di suonare un brano molto conosciuto: “The Gael”, divenuto celebre come colonna sonora del film “L'ultimo dei Mohicani”. Un brano lento ed evocativo, anche suggestivo, con lo scopo di rallentare i pensieri dei presenti e coinvolgerli emotivamente al luogo. Nell'arco della giornata ho anche voluto narrare un racconto di tradizione valdostana, per



ricordare la presenza e l'importanza che il ghiacciaio e il mondo alpino in generale hanno assunto nella cultura e nelle società che vivono a ridosso delle montagne; le prime a vedere, a toccare con mano le conseguenze dell'innalzamento delle temperature. Al momento del nostro rientro, abbiamo salutato le cime e il ghiacciaio del Rutor (nome con cui viene chiamato nel patois valdostano il monte Rutor unendo due termini: roése, ghiacciaio, e tor, cima rocciosa), e la scelta del brano è caduta su “Hector the hero”, brano scozzese lento e solenne: un saluto al monte come amico, un monito ai presenti come ricordo, un augurio al ghiacciaio per rinascere.

MARIA VITTORIA BONARDO, MUSICISTA

Si tratta nel fondo di un gesto denso di essere umano. Per questo, in primo luogo il saluto al ghiacciaio significava personificarlo, sentire empatia nei suoi confronti, percependo più da vicino la sua sofferenza, il suo richiedere cura e attenzione. Per questa ragione decisi di inserire tra le canzoni “La Cura” di Franco Battiato, nell'intenzione di promettere al ghiacciaio dedizione, protezione e un rimedio alla sua condizione. Ricordo come risuonavano il suo muoversi e fondersi: il silenzio di alta quota era costantemente rotto da tuoni, come se il gigante di



ghiaccio stesse lanciando grida di aiuto, di dolore. Percepivo la vita che il ghiacciaio portava con sé, nel suo gridare, nel suo muoversi, nell'essere lui stesso fonte imprescindibile per la nostra vita. Seguendo nella linea di una personificazione nei suoi confronti, scelsi un brano del repertorio flamenco in cui il poeta autore del testo esprime la propria disperazione di fronte alla perdita di un amico. "Con Compañero" (Elegía a Ramón Sijé), con testo di Miguel Hernández e musica di Enrique Morente, ho voluto cantare il dolore di fronte alla sofferenza del ghiacciaio e ai pezzetti di vita che in lui vediamo spegnersi poco a poco. Proseguendo nella mia analisi sulla carica di significato dietro al saluto, ho riflettuto sulla sua valenza come gesto di rispetto, devozione e gratitudine, ragione della scelta di due canzoni sotto forma di ringraziamento, di preghiera nei confronti della natura come madre e fonte di vita: "Ave Maria" di Fabrizio de André e "Oración" del Remanso di Jorge Fandermole. Nel secondo caso parliamo di un canto di pescatori che pregano perché le acque del Rio Paraná continuino a riempire sempre le loro reti. Si tratta di un canto innocente e sincero, da cui emerge la preoccupazione dei pescatori per i danni causati dall'uomo all'ecosistema del fiume.

Un altro aspetto generale del gesto del saluto a cui ho prestato attenzione è il suo riflettere la necessità umana di rivendicare

la presenza di se stessi e dell'altro. Racchiusa in una parola si trova implicita la frase "sono consapevole della tua esistenza, la rispetto e apprezzo". Attraverso il saluto al ghiacciaio sentivo che stavo rivendicando la sua esistenza e la sua condizione attuale, battendomi contro il silenzio che spesso ci fa dimenticare la gravità della situazione. "The Sound of Silence" di Simon & Garfunkel fu la canzone che scelsi a tal proposito.

Sempre sulla linea della protesta nei confronti del silenzio, dell'inerzia e del menefreghismo, scelsi "Big yellow taxi" di Joni Mitchell, canzone che sfrutta una musica apparentemente leggera e scherzosa per criticare con ironia le enormi incongruenze della nostra società. Allo stesso modo decisi di cantare "The Times They Are A-Changin'" di Bob Dylan, mettendo in luce la profonda necessità di uno sguardo al cambiamento, al riadattarsi e reagire:

"And accept it that soon
You'll be drenched to the bone
If your time to you is worth savin'
And you better start swimmin'
Or you'll sink like a stone
For the times they are a-changin'"

MARTIN MAYES, SUONATORE DI CORNO

Partecipo con Legambiente come musicista di corno delle Alpi per i loro progetti per i ghiacciai dal 2019. Per la Carovana dei Ghiacciai di quest'anno ho suonato un saluto per il Ghiacciaio Dosdó Est in Alta Valtellina. Già dai tempi degli studi universitari all'Università di York con il Professore Wilfrid Mellers, ho imparato quanto sia importante pensare la musica anche nei contesti fuori dai luoghi consueti. In più, il mio strumento non è altro che un albero che nasce in alta montagna e suonarlo ha aiutato ad ampliare questo pensiero. Incontrare Vanda Bonardo, responsabile nazionale Alpi di Legambiente, e Marco Giardino e i suoi colleghi del Comitato Glaciologico Italiano è stato bellissimo per scoprire un approccio simile che parte dalle scienze e per sentire parlare della geologia con le stesse parole della musica del tempo e del ritmo.

Il mio lavoro con i bambini delle scuole elementari mi ha portato a pensare che la musica abbia un'origine biologica, cioè che la musica si plasma attraverso un rapporto della nostra energia interna con le energie degli ecosistemi di cui facciamo parte. Credo che la montagna abbia un ruolo molto importante in questo rapporto perché in più culture, tra cui quella della Antica Grecia e quella della cultura vedica indiana, esiste un forte connubio tra la musica e l'acqua. Quindi, ritengo che suonare il Saluto al Ghiacciaio servi anche per ricordare che il ghiacciaio si congiunge con la musica a livelli simbolici profondi. Il ghiacciaio,



essendo sia acqua che roccia, è un altro elemento che lega la musica alla montagna. Nella sua vita il ghiacciaio ha contribuito sia alla forma della montagna che alla vita tramite l'acqua che scende giù per le valli portando anche i suoni cangianti delle cascate dei torrenti.

La musica che ho suonato quest'anno è stata principalmente improvvisata. Mi piace sempre cercare ispirazione dal contesto del luogo dove suono. Il corno delle Alpi già fisicamente crea un senso di spazio e tempo particolare ed è un tutt'uno con l'ambiente dell'alta montagna. Nell'improvvisazione ho inserito anche qualche accenno melodico a temi che hanno per me un legame a tutte le riflessioni e emozioni che nascono dal trovarsi di fronte ad un essere così speciale che sta morendo e scomparendo.

LUCA MORINO, CANTANTE

Ci sono persone che percepiscono la montagna come un ambiente chiuso o addirittura opprimente: quell'impossibilità di perdersi nella curva dell'orizzonte può rivelarsi un boomerang, spaesante perché limita, se vogliamo, l'idea precotta di infinito, che ci accompagna fin dall'infanzia. Io sono di scuola più "leopardiana" e vivo da sempre una sensazione opposta: l'andare in montagna, che sia per una passeggiata o per una lunga marcia, corrisponde a un cemento fisico ma anche a un esaltante viaggio di introspezione. Salendo poi, la sensazione di libertà aumenta e guardare il mondo dall'alto, circondato da punte frastagliate a perdita d'occhio, significa euforia e leggerezza interiore. In realtà questo effetto mi attraversa semplicemente quando sono all'aperto e un deserto, una palude o un torrente hanno lo stesso denominatore comune: la Natura. L'estate scorsa ho avuto l'occasione di trovarmi su alcuni ghiacciai alpini, meravigliosi e sofferenti. Ho potuto osservare in diretta le devastanti conseguenze della crisi climatica e ho accolto senza esitare la proposta di Vanda Bonardo, cioè dedicare un saluto al ghiacciaio durante una delle tappe della Carovana dei Ghiacciai 2023 di Legambiente. Il luogo prescelto è stata la parte alta della Val Genova, nel massiccio dell'Adamello. Il percorso di avvicinamento è abbastanza lungo e gode di una vista incredibile, in cui il ghiacciaio del Mandrone è sempre protagonista. Così ho scelto di fare un canto a cappella, una mia canzone intito-



lata "Carlevera" in cui si celebrano le anime dei nostri antenati. "Elevassion", elevazione in dialetto piemontese: quel ghiacciaio è stato testimone di una guerra e un cimitero militare si affaccia esattamente di fronte al grande anfiteatro bianco e sempre più seraccato. Mi vengono in mente parole come rispetto, fatica, orgoglio, partecipazione, ma anche futuro, determinazione. I ghiacciai soffrono ma è vietato abdicare.

*"Rispettiamo quelle anime che vivono dentro ai sogni".
Elevassion.*

*"Sotto il mondo radici coriacee, che non si possono estirpare".
Elevassion.*

MONICA CONSONNI, INTERPRETE DEL TESTO

E AMELIE KONRAD, SASSOFONISTA

Mi ha reso felice avere avuto l'opportunità di fare musica in un luogo speciale, proprio di fronte al ghiacciaio Morteratsch. Anche il fatto di poter sviluppare una performance congiunta su questo tema è stato un compito entusiasmante perché, come giovane, ho a che fare con i cambiamenti climatici quasi ogni giorno. E i ghiacciai sono probabilmente uno degli esempi più chiari di come il nostro pianeta stia cambiando. Abbiamo scelto i brani in relazione alle emozioni che volevamo trasmettere al pubblico: l'imponenza del ghiacciaio e la sua natura quasi maestosa, la gioia sfrenata che ci pervade quando entriamo in contatto con questi spettacoli naturali. Ma anche la tristezza e la disperazione che proviamo quando vediamo che nemmeno giganti come i ghiacciai possono sfidare la distruzione umana. Il mix di testo e musica è probabilmente uno dei modi migliori per rappresentare tutto questo (Amelie Konrad).

Per il testo ci siamo affidate all'esperienza di una glaciologa di fama mondiale, Jemma Wadham, scegliendo alcuni brani dal



suo libro "Il mondo dove è bianco". In cui ha saputo raccontare i ghiacciai non solo da un punto di vista tecnico e scientifico ma anche profondamente umano, poetico e spirituale. Il magnifico suono del sax tenore di Amelie ha poi sostenuto e accompagnato, con altrettanta potenza e poesia, le parole.

Poter condividere con i presenti quel momento, pensato per celebrare il ghiacciaio del Morteratsch, è stato un privilegio. Si è creata un'atmosfera emozionante e commovente, quasi come una preghiera. Insieme, attraverso le vibrazioni delle parole e della musica, abbiamo idealmente abbracciato il ghiacciaio, gli abbiamo trasmesso il nostro affetto e la promessa di rimanere al suo fianco (Monica Consonni).

TESTIMONIAL DELLA CAMPAGNA 2023



**GIUSEPPE CEDERNA,
ATTORE**

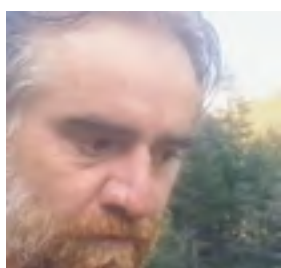
Un ghiacciaio che soffre, un ghiacciaio che muore è un fratello che se ne va.

Meno di un mese fa, ho messo i miei ramponi sulla pelle dell'ultimo ghiacciaio superstite delle Alpi Orobie, le montagne valtellinesi dei miei antenati.

L'ho visto, ho sentito il suo canto di addio e per questo non

posso non essere qui con la Carovana dei Ghiacciai 2023 di Legambiente, un laboratorio, un gesto scientifico necessario di allarme e solidarietà, ne abbiamo bisogno!

(Tratto dal video per la Carovana)



**PAOLO COGNETTI,
SCRITTORE**

Eccoci qua. Ciao a tutti, sono Paolo Cognetti. Quello che vedete alle mie spalle è il Monte Rosa. Siamo sulla testata e questo è il Grande Ghiacciaio di Verra, o almeno, una volta si chiamava "Grande". È il ghiacciaio del mio cuore, è il motivo per cui partecipo più che volentieri a questa Carovana dei Ghiacciai.

Adesso vi faccio vedere che cosa sta succedendo qui: è agosto, sono i giorni più caldi dell'anno, non piove da settimane... eppure, guardate questo torrente.

Eh già! Si sta sciogliendo tutto, ed è il motivo per cui siamo così preoccupati.

Per quando lassù in alto non ci sarà più quel bianco. Chissà cosa ne sarà di noi. Speriamo che non succeda mai. Speriamo di poter lasciare ai nostri figli e nipoti la montagna, questa montagna d'acqua, di neve, di ghiaccio; la montagna così bella come l'abbiamo trovata.

Aiutateci per favore! Grazie, ciao (tratto dal video per la Carovana)



LEO PEETERS, AMBASCIATORE DEL BELGIO

Sono Ambasciatore del Belgio. E adesso lavoro per l'ONU e sono molto contento di essere venuto qua, perché io ho lavorato parecchio, nel mio lavoro diplomatico sull'Artico. E ho notato che ci sono delle similitudini molto importanti fra i problemi dell'Artico e dell'alta montagna. Sono contento di essere qui

con il gruppo per poter scoprire fisicamente, vedere, percepire, come in montagna si vivono questi cambiamenti.

(Tratto dal video per la Carovana)



MICHELE NARDELLI, RICERCATORE

Avverto un duplice sentimento, il piacere di essere qui nel partecipare alla "Carovana dei Ghiacciai" e il dolore di assistere all'agonia di un ecosistema.

Intorno al libro "Inverno liquido", con Vanda Bonardo ed altre persone che amano questo nostro pianeta, è nata una piccola comunità di pensiero e di scrittura allo scopo di raccontare e riflettere sull'impatto delle crisi sugli ecosistemi. Le crisi, quelle che in maniera superficiale vengono definite emergenze e che altro non sono se non l'evidenziarsi in forme diverse ed intrecciate dell'insostenibilità del nostro rapporto con la natura. E gli ecosistemi, una nuova geografia, più adeguata a descrivere quel che accade alla nostra casa comune.

Nell'ascoltare il grido di dolore del più grande ghiacciaio alpino, il mio pensiero va oggi a persone come Laura Conti o Enzo Tiezzi che già quarant'anni fa intuirono che quanto stava accadendo presagiva il rovesciamento del tradizionale disallineamento fra tempi storici e tempi biologici, laddove il fondersi di un ghiacciaio avviene in una frazione di tempo infinitesimale rispetto a quello (le ere geologiche) del nostro pianeta.

Un grido che fatica a scuotere le coscienze di chi non vuol sentire. Perché la conoscenza è dolore e perché non va affatto tutto bene. Vale per i potenti, come per le persone che preferiscono girare altrove il proprio sguardo.

Nella nebbia, viene ad aiutarci la poesia. Ad esempio, quell'aforisma che ci ha consegnato prima di andarsene Andrea Zanzotto il quale, nell'evocare il venir meno della cultura del limite, così descrive il nostro tempo: «In questo progresso scorsoio / non so se vengo ingoiato / o se ingoio».

Un monito di fronte alla follia della guerra, contro le persone e contro la natura (di cui come genere umano altro non siamo che una piccola parte), che pure ci accompagna malgrado sia evidente che ne usciremo tutti sconfitti.

Oggi, di fronte all'agonia di un ecosistema che nei millenni ci ha dato la vita, dovremmo aver coscienza che siamo andati oltre il limite, ripensando il nostro modo di stare al mondo.

Rifugio Mandrone, 1 settembre 2023





MATTEO RIGHETTO, SCRITTORE

Voglio ringraziare Legambiente Alpi per avermi invitato a partecipare a questa iniziativa alla quale aderisco con entusiasmo e sofferenza, in verità. Perché la Carovana dei Ghiacciai è un'iniziativa che esiste in quanto la fusione dei ghiacciai è un problema reale e, purtroppo, sempre più grave. A pochi passi da qui c'è il Ghiacciaio della Marmolada che ormai è un ex-ghiacciaio, da un punto di vista nivologico è sostanzialmente morto. E quindi, sotto gli occhi di tutti, c'è questo problema che rappresenta lo specchio delle nostre relazioni andate a male. La questione ecologica è una questione che riguarda assolutamente anche la questione sociale, non solo ambientale. Siamo di fronte a un periodo di devastazioni e di disastri

annunciati ai quali, però, non possiamo rispondere soltanto con dati e temi scientifici ma, come diceva Alexander Langer, anche con una vera conversione ecologica. Senza la quale non vi è alcuna speranza di risolvere questi problemi che affliggono oggi l'umanità e questo pianeta. Quindi aderisco con forza e con estrema convinzione alla Carovana dei Ghiacciai e voglio sperare che questo possa essere utile alla sensibilizzazione di un numero sempre più elevato di persone, purtroppo frequentemente annebbiate dalle fake news e da un negazionismo culturalmente insopportabile e inaccettabile.

(Tratto dal video per la Carovana)



THERESA SCHUBERT, ARTISTA

L'arretramento dei ghiacciai è un fenomeno globale soggetto al cambiamento climatico. In qualità di persona attenta all'ecologia, mi sono prefissata il compito di non limitarmi a documentare, ma di creare arte che introduca le persone alle questioni ambientali e le tocchi emotivamente.

Sono lieta e onorata di partecipare a questa escursione sul ghiacciaio. Testimoniare l'effetto del cambiamento climatico sui ghiacciai, direttamente sul posto, è un'esperienza incomparrabile rispetto alla semplice visione di immagini o studio di dati. I ghiacciai mi affascinano, perché contengono un'enorme quantità di informazioni sul passato. Possono raccontare l'inquinamento atmosferico e pluviale, le radiazioni e i resti di materiale organico. Con la loro scomparsa, molte delle "memorie" della nostra Terra spariranno.

Durante il mio soggiorno lo scorso anno alla Fondazione Pistoletto di Biella, ho avuto modo di entrare in contatto in modo molto diretto con i corsi d'acqua locali e di assistere alla loro trasformazione nel tempo. Mi è sembrato naturale indagare anche sull'origine di questi corsi d'acqua, che mi hanno portata sulle Alpi e ai ghiacciai. Per questo motivo, sono riuscita a stabilire un forte legame con il Comitato Glaciologico Italiano di Torino; in particolare ringrazio il Prof. Marco Giardino, che mi ha offerto l'accesso al suo vasto archivio per una ricerca più approfondita sulla storia dei ghiacciai della zona. Il materiale raccolto è stato incluso nella mia ultima produzione "The Glacier Trilogy" (La trilogia dei ghiacciai).

(Tratto dal video per la Carovana)



CARTA DI BUDOIA PER L'AZIONE DEI COMUNI ALPINI NELL'ADATTAMENTO LOCALE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Consapevoli che,

gli effetti del cambiamento climatico si manifestano nelle Alpi con conseguenze spesso devastanti mediante alluvioni, flussi di detriti e movimenti franosi, valanghe, scioglimento di ghiacciai e permafrost che mettono a rischio insediamenti, infrastrutture e attività economiche,

il cambiamento climatico rappresenta una delle principali sfide del secolo e produrrà un drastico cambiamento per la natura, l'uomo e l'economia, in particolare nelle Alpi,

nelle regioni in cui i principi di gestione integrata dei rischi sono già applicati sistematicamente, la capacità di adattamento è più elevata.

Considerate,

la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) e i suoi più recenti sviluppi, in particolare come risultanti dalle Conferenze delle Parti di Parigi (COP21) e di Marrakech (COP22),

in particolare l'Accordo di Parigi, firmato da 195 governi tra cui quello italiano e dall'Unione Europea, e supportato, ai fini del conseguimento dei propri obiettivi, da reti di città in tutto il mondo, nonché i successivi sviluppi registrati nella COP22 della UNFCCC di Marrakech,

la Strategia di adattamento ai cambiamenti climatici della Unione Europea adottata con Comunicazione COM (2013) 216, e attualmente in fase di valutazione da parte della Commissione Europea,

la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, adottata in Italia con Decreto Direttoriale del Ministero dell'Ambiente del 16 giugno 2015, n. 86,

il processo tecnico, in corso di definizione, di un Piano Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici in Italia.



Considerato che,

la IX Conferenza delle Alpi (Alpbach 2006) ha adottato la “Dichiarazione sui Cambiamenti Climatici” *che constata con preoccupazione che il globale cambiamento climatico determina effetti particolarmente marcati sul territorio alpino ed avverte che occorre sviluppare, per l’arco alpino, idonee strategie e attività di adattamento alle conseguenze derivanti dai cambiamenti climatici,*

la X Conferenza delle Alpi (Evian, 2009) ha adottato il Piano d’Azione sul Cambiamento Climatico nelle Alpi,

la XIII Conferenza delle Alpi (Torino, 2014) ha accolto con favore le “Linee Guida per l’Adattamento Locale ai Cambiamenti Climatici nelle Alpi” e la loro diffusione presso i decisori politici a livello locale,

le suddette Linee Guida forniscono un dettagliato indirizzo per lo sviluppo ed attuazione di strategie di adattamento a livello sub-nazionale nell’ambito delle politiche settoriali più rilevanti per le Alpi, *suggerendo come sia cruciale che l’adattamento sia perseguito in accordo con il livello regionale per creare un’interfaccia chiara che permetta agli attori locali e regionali di comunicare e cooperare in maniera efficace,*

la XIV Conferenza delle Alpi (Grassau, 2016) ha adottato il Programma di Lavoro Pluriennale 2017-2022 della Conferenza delle Alpi e la sua Dichiarazione che identificano le priorità per la cooperazione, tra cui figura *Adottare misure per il contrasto ai cambiamenti climatici, invitando i paesi alpini ad aumentare visibilmente gli sforzi di adattamento ai cambiamenti climatici.*

Preso atto,

degli impegni volontariamente assunti dagli attori non-statali, ai fini di conseguire risultati con riferimento agli impegni per il conseguimento degli obiettivi globali, europei e nazionali relativamente ai cambiamenti climatici,

del ruolo sempre più rilevante svolto dai comuni, dalle città, dal settore privato e dalla società civile ai fini dell’attuazione di politiche climatiche di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici a livello territoriale e locale,

del formale riconoscimento globale, ai più elevati livelli di politica climatica europea e internazionale, dell'impegno concreto degli enti non-statali e in particolare dei comuni in tale direzione attraverso reti globali di città, regioni e imprese e iniziative volontarie, e particolarmente

del nuovo Patto dei Sindaci per il clima e l'energia in Europa dove è stato lanciato su iniziativa della Commissione Europea in concomitanza con COM(2008) 30 "Due volte 20 per il 2020 – L'opportunità del cambiamento climatico per l'Europa", che riconosce la pianificazione delle misure di mitigazione e di adattamento come funzionali alla creazione di resilienza del territorio agli impatti dei cambiamenti climatici, nonché alla conservazione e all'aumento della qualità della vita dei cittadini,

della serie di incontri di promozione delle Linee Guida per l'adattamento locale ai cambiamenti climatici nelle Alpi, organizzati dall'Associazione Alleanza nelle Alpi Italia e promossi dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare attraverso la Delegazione italiana in Convenzione delle Alpi, in collaborazione con il Segretariato permanente della stessa Convenzione nel corso del 2017 in quattro diversi comuni-pilota alpini.

Facendo nostre le finalità di,

assicurare la sicurezza del territorio di fronte agli impatti attesi dei cambiamenti climatici nell'area alpina a tutti i livelli amministrativi e particolarmente a quello più prossimo agli spazi di vita dei singoli individui secondo il principio di sussidiarietà verticale,

assicurare un'elevata qualità della vita dei cittadini, residenti e visitatori del territorio alpino, mediante azioni specifiche,

promuovere la resilienza ai cambiamenti globali come valore per il territorio secondo metodologie consapevoli dei costi e dei benefici associati a scelte pubbliche e private di pianificazione, di investimento e di utilizzo delle risorse specifiche del territorio.



Considerati in particolare,

lo Statuto dell'Associazione Rete di comuni "Alleanza nelle Alpi" che richiama le finalità di realizzare una politica sostenibile a livello comunale in tutti i settori di attività della Convenzione delle Alpi attraverso l'utilizzo sostenibile del comprensorio alpino e mediante una collaborazione continuativa tra comuni,

la necessità di rafforzare le capacità degli enti di livello locale, in linea con il principio di sussidiarietà, di attuare misure di adattamento efficaci in risposta a fenomeni, vulnerabilità e capacità di adattamento, nonché decisioni individuali e collettive territorialmente localizzate.

Tutto ciò visto e considerato,

Noi, Comuni e Associazioni di Comuni alpini (membri e non della Rete "Alleanza nelle Alpi"), riteniamo fondamentale l'adozione di strategie di adattamento al cambiamento climatico e contrastare i fattori che ne sono causa, pertanto, ci impegniamo a

porre in essere azioni volte a valutare i potenziali rischi e opportunità dei cambiamenti climatici per il territorio comunale, per migliorare il grado di comprensione degli impatti dei cambiamenti climatici a livello locale,

favorire l'analisi e l'interpretazione delle politiche e misure di competenza dell'Amministrazione comunale nella prospettiva di valutarne la capacità di gestire e rispondere efficacemente agli impatti dei cambiamenti climatici con l'obiettivo futuro di pervenire alla stesura di una "Strategia locale di adattamento" in linea con piani e strategie di adattamento e sinergicamente con altri strumenti, piani e programmi di livello regionale, nazionale ed europeo,

attuare misure locali di adattamento ai cambiamenti climatici nell'ambito delle attività di pianificazione di competenza dell'Amministrazione comunale,

intensificare la cooperazione ai fini di una conoscenza approfondita dei rischi e ricercare forme di collaborazione con altri comuni, città ed enti in sede regionale, nazionale, europea e internazionale al fine di consolidare conoscenze, strumenti ed esperienze di azioni mirate all'adattamento locale ai cambiamenti climatici

promuovere il dibattito pubblico e aumentare la consapevolezza dei cittadini, residenti e visitatori, circa rischi e opportunità connesse ai cambiamenti climatici a livello locale,

ricercare ove possibile opportune risorse ai fini dell'attuazione di tali attività, anche attraverso progetti e finanziamenti ad ogni livello,

sperimentare l'attuazione di misure per la resilienza e l'inclusione di pratiche di adattamento settoriali e trasversali nei territori dei comuni montani attraverso azioni-pilota, anche coordinate con altri livelli di governo del territorio e del paesaggio,

perseguire, nel complesso, l'obiettivo di fare delle Alpi un territorio esemplare nell'ambito della prevenzione e dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

Budoia, lì 24 giugno 2017

MANIFESTO PER UNA GOVERNANCE DEI GHIACCIAI E DELLE RISORSE CONNESSE

L'emergenza climatica non è una visione di parte, a cui si chiede di aderire, bensì una condizione oggettiva, che non si può ignorare. Gran parte dell'Europa sta vivendo inverni con molti meno giorni di neve rispetto alla media, a essi si susseguono estati eccezionalmente calde come le ultime due. Queste variazioni stanno provocando perdite record di ghiaccio dai ghiacciai delle catene montuose europee. Il riscaldamento e la deglaciazione in corso sono di entità senza precedenti e sono il risultato pressoché esclusivo delle emissioni-serra di origine umana. Le montagne europee si stanno riscaldando a una velocità circa doppia rispetto al resto del continente, offrendo uno spaccato del futuro, un'anticipazione di quello che succederà tra una decina d'anni in altre parti dei Paesi europei. I ghiacciai e le calotte glaciali, così come la neve, il ghiaccio marino e il permafrost, in quanto parte più sensibile dell'ambiente planetario, hanno un impatto consistente sul nostro ambiente e sulla nostra società. La riduzione e l'esaurimento di queste risorse naturali possono danneggiare la nostra sicurezza, l'economia e l'ambiente. In montagna a queste perdite di risorse si somma l'aumento dell'instabilità naturale. Instabilità glaciale, frane, colate detritiche sono ormai riconosciute come una delle evidenze più esplicite delle trasformazioni che stanno avvenendo in alta montagna per effetto del riscaldamento globale. Non sono tanto i singoli eventi a preoccupare, ma la frequenza e la violenza con cui gli eventi, negli ultimi 30 anni, si stanno verificando. Per quanto concerne la riduzione delle masse glaciali è fondamentale comprendere come la criosfera agisce sul Pianeta Terra e quali sono le interferen-

ze reciproche con l'attività umana. Specificamente nella regione alpina occorre capire qual è l'effetto principale sui ghiacciai, sulle riserve d'acqua (per usi agricolo, di produzione di energia primaria, consumo umano), sull'economia (ad esempio nei settori dell'energia, del turismo e dell'agricoltura) e sulla sicurezza ambientale e umana (ad esempio in termini di frane, caduta di ghiaccio e inondazioni).

I cambiamenti climatici non conoscono confini: sono un problema internazionale.

A partire dalle aree transfrontaliere che condividono le stesse unità ecologiche funzionali è necessario capire in che modo la governance e la gestione dei ghiacciai europei devono tener conto dei cambiamenti climatici. Inoltre, in quanto i ghiacciai costituiscono un archivio naturale di dati e proxy climatici e ambientali, occorre chiedersi come gli impatti futuri sulla massa glaciale possano accelerare la perdita delle informazioni sul passato in essa custodite. E ancora, come misurare l'evoluzione dei ghiacciai e costruire modelli in grado di migliorare, a partire dalla dinamica glaciale, la comprensione dei cambiamenti climatici e ambientali e contribuire direttamente a prevedere il futuro della regione alpina.

La scienza della criosfera è il luogo in cui trovare molte risposte a queste domande e può costituire il punto di partenza per riunire molte discipline diverse: geologia, statistica, ingegneria, scienze giuridiche, economiche e sociali, poiché tutte si applicano a generare una migliore comprensione del funzionamento dei sistemi glaciali e delle conseguenze 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 in questo modo si potrà raggiungere una visione del ghiacciaio nel suo complesso, ovvero come una risorsa da valorizzare in quanto importante fornitore di molteplici servizi ecosistemici.

Il passaggio successivo consiste nella stesura di linee guida per i decisori politici (macroregionali, macroregionali, nazionali, regionali e sub-regionali), ad esempio per la definizione di piani per la gestione delle acque, strategie di adattamento ai cambiamenti climatici, misure di mitigazione e protezione.


Il coinvolgimento delle comunità locali (specialmente dei comuni) è di fondamentale importanza, poiché essi conoscono i propri territori, le proprie risorse idriche e i propri bisogni specifici, anche per una presa di coscienza collettiva e capillare del ruolo dei ghiacciai alpini. Ma soprattutto perché senza il fondamentale presidio dei comuni montani, l'attuazione di un'efficace politica di adattamento ai cambiamenti climatici diventa di fatto impossibile. La conoscenza della criosfera e delle dinamiche della montagna dovrebbe indirizzare la pianificazione territoriale anche a valle.


L'arretramento della criosfera in alta montagna continuerà a influenzare negativamente attività ricreative, turistiche e culturali, ma anche produttive. Occorre rivedere radicalmente la programmazione di nuovi impianti e nuove infrastrutture specialmente in ambito turistico.

Anche la politica agricola europea (PAC) deve essere riorientata secondo criteri ecologici, per favorire il reinsediamento in aree montane e la riarticolazione di una serie di servizi come il mantenimento dei versanti, la prevenzione degli incendi, il contenimento

dell'erosione del suolo, la conservazione della biodiversità e l'uso delle risorse idriche.

Vi è al contempo la necessità di affrontare, senza pregiudizi e stereotipi, il problema del rischio. La risposta agli eventi disastrosi troppo spesso consiste nel ripristinare lo "status quo", o si riduce a interventi puntuali che non tengono in considerazione la complessità e le interconnessioni del territorio dal punto di vista pedologico, idrologico e geomorfologico e le trasformazioni in atto. In tale contesto occorre ampliare la considerazione della dimensione umana e percettiva nelle valutazioni di rischio. Ai fini del miglioramento della gestione del rischio in montagna, può venire in soccorso un più ampio utilizzo scientificamente fondato di Soluzioni basate sulla Natura (NbS) e Infrastrutture Verdi, queste ultime costituiscono una rete strategicamente pianificata di aree naturali e semi-naturali concepite e gestite per offrire un'ampia gamma di servizi ecosistemici sui territori. Affinché tutto ciò si verifichi, si ritiene necessario introdurre alcune azioni che possono costituire la base fondamentale per avviare questo percorso di transizione:

 Istituire contesti di confronto che coinvolgano amministratori regionali e locali, gruppi di ricerca, associazioni e imprese, per lavorare insieme con l'obiettivo di migliorare la capacità di governance dei ghiacciai europei, nonché le conoscenze e il know-how scientifico e tecnico.

 Promuovere e mettere in rete le esperienze provenienti da diverse situazioni geografiche, politiche e climatiche.

🏔️ Creare una rete di competenze multidisciplinari da condividere per costituire una Governance Europea dei Ghiacciai (EGG).

🏔️ Orientare le scelte dell'Unione Europea alla tutela degli ambienti glaciali, dai ghiacciai alle calotte glaciali, e alla riduzione degli impatti sulla criosfera e sull'uso del suolo e dell'acqua.

🏔️ Costruire un sistema europeo di monitoraggio del rischio criosferico, mettendo in comune le esperienze maturate a livello locale e regionale e costruendo un sistema comune di regole.

🏔️ Collaborare con l'Università, i Centri di ricerca e la Scuola per sensibilizzare e accrescere la consapevolezza dei cittadini e delle istituzioni e

per sviluppare percorsi di formazione al fine di costruire nuove professionalità nel campo della mitigazione e dell'adattamento.

🏔️ Valorizzare e coordinare gli strumenti e le politiche internazionali per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici nelle Alpi, in particolare quelle sviluppate dalla Convenzione delle Alpi come il Piano d'Azione Clima 2.0, le Linee Guida per l'adattamento locale ai cambiamenti climatici nelle Alpi e le relative iniziative di attuazione come la Carta di Budoia per l'Adattamento Locale ai cambiamenti climatici.

Salicina, 9 settembre 2023





PRIMI FIRMATARI:

Vanda Bonardo Responsabile nazionale Alpi Legambiente, Presidente CIPRA Italia (IT)

Marco Giardino Vice-presidente Comitato Glaciologico Italiano, Università di Torino (IT)

Giorgio Zampetti Direttore generale Legambiente (IT)

Serena Arduino Co-presidente CIPRA Intenazionale (LI-IT)

Federico Cazorzi Comitato Glaciologico Italiano, Università di Udine (IT)

Luca Cetara Ricercatore Sr, Eurac Research (IT)

Marta Chiarle Ricercatrice CNR-IRPI (IT)

Philip Deline Université Savoie Mont Blanc (FR)

Alice De Marco Direttrice Legambiente Piemonte e Valle d'Aosta (IT)

Sofia Farina Presidente Protect our winters Italia (IT)

Cristian Ferrari Comitato Glaciologico Italiano (IT)

Marcel Hänggi Collaboratore scientifico Associazione suisse pour la protection du climat (CH)

Felix Keller Glaciologo (CH)

Giovanni Kappenberger Meteorologo e Glaciologo (CH)

Andreas Linsbauer Glaciologo GLAMOS, Università Friburgo (CH)

Valter Maggi Presidente Comitato Glaciologico Italiano, Università Bicocca (IT)

Barbara Meggetto Presidente Legambiente Lombardia (IT)

Francesco Pastorelli Direttore CIPRA Italia (IT)

Miha Pavšek ricercatore alla Anton Melik Geographical Institute ZRC SAZU (SI)

Stefano Perona Comitato Glaciologico Italiano (IT)

Claudio Smiraglia Comitato Glaciologico Italiano, già Università di Milano (IT)





CONCLUSIONI

Il territorio del nostro Paese si sviluppa su aree particolarmente sensibili al riscaldamento climatico, come le Alpi e il Mediterraneo: qui più che altrove oggi si registra un'accelerazione degli effetti del cambiamento ambientale. Le Alpi, in particolare, riscaldandosi con un incremento di circa 2°C/anno (quasi il doppio rispetto alla media globale dell'ultimo secolo), ci forniscono numerosi esempi di cosa accadrà a breve in altre parti del Paese, in termini di crisi climatica. Già ora possiamo comunque osservare, con la trasformazione di biodiversità e geodiversità, i primi effetti concreti sui Servizi Ecosistemici collegati: acqua potabile, raccolti, irrigazione, servizi igienico-sanitari, energia idroelettrica e risorse idriche per attività turistiche estive e invernali.

Il monitoraggio costante dei ghiacciai alpini, oltre che permetterci di documentare e raccontare l'attuale riduzione delle masse glaciali, ci consente anche di valutarne gli effetti sul territorio. La deglaciazione, infatti, condiziona il deflusso delle acque e il loro stoccaggio nei settori montuosi, così come influisce sugli ecosistemi alpini nella loro globalità e sulla quantità e qualità delle risorse idriche che le montagne forniscono alle zone di pianura. La crisi dei ghiacciai non è solo un problema delle montagne. Non si tratta di un semplice incremento di temperatura che agisce sulle masse glaciali, ma di un complesso di effetti "a cascata" che rendono più instabili i territori dal punto di vista geomorfologico, a partire dai rilievi montuosi fino alle pianure. L'incisività e la rapidità dei cambiamenti in atto necessitano di un nuovo sguardo da parte dei ricercatori: per poter interpretare compiutamente la situazione, sarà necessario riprogrammare molti dei parametri e dei protocolli ai quali ci si riferiva in passato. A tutti quanti, la crisi climatica insegna che occorre imparare a convivere, affrontandola nella sua complessità, avendo contezza del fatto che l'adattamento è un processo di adeguamento, non una risposta una tantum a un'emergenza.

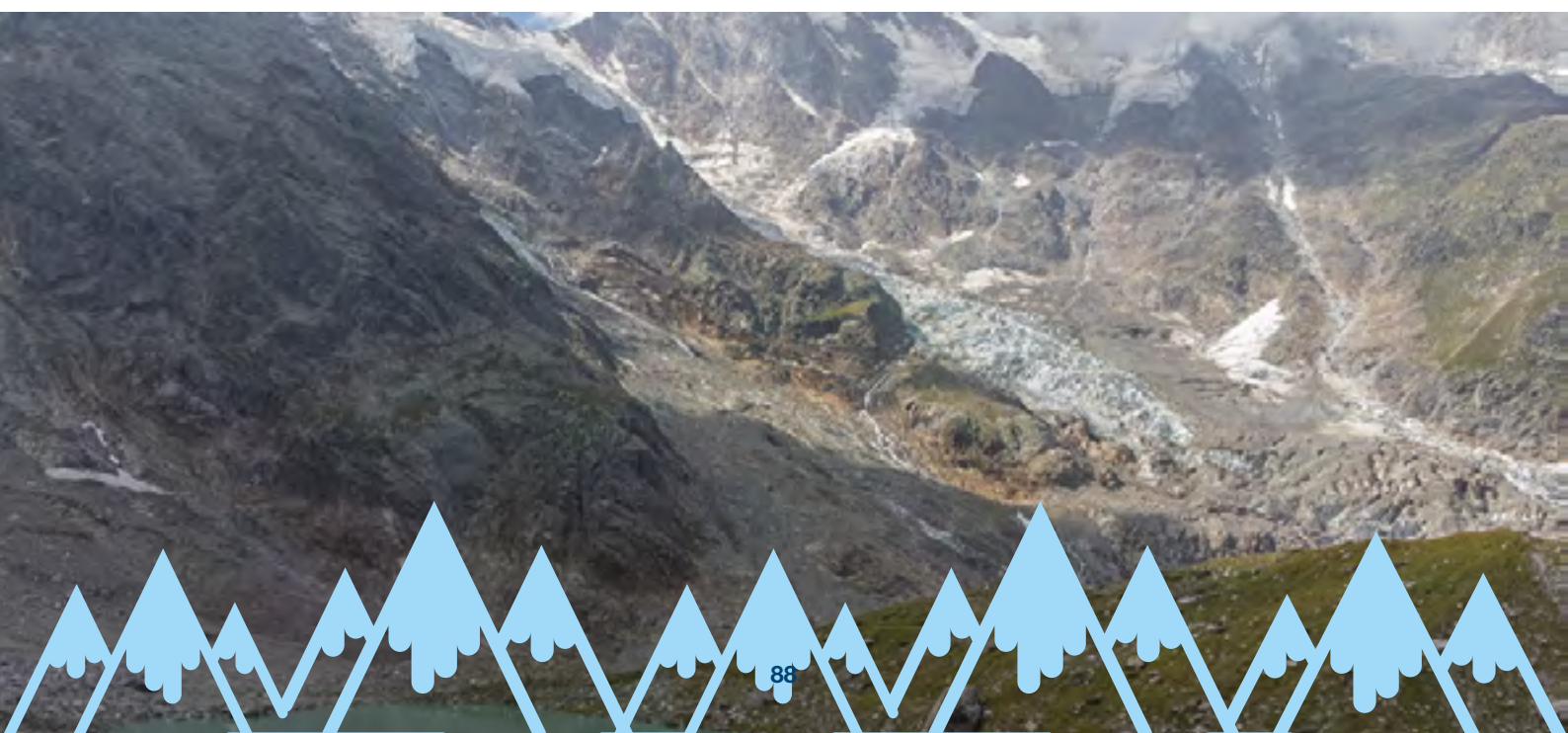
I cambiamenti climatici si manifestano anche attraverso un grande numero di eventi minacciosi per l'umanità, con ripercussioni su quasi tutti i settori; affinché gli interventi siano efficaci occorre quindi una sempre più ampia base di conoscenze, anche sulle perdite economiche. Al contempo occorre attingere alla scienza per

migliorare la comprensione del nesso tra i rischi e le disuguaglianze socio-economiche, allo scopo di sviluppare meccanismi di governance più inclusivi. Ora più che in passato occorre lavorare sulla vasta quantità di informazioni scientifiche per tradurle e renderle più accessibili e disponibili in strumenti specifici e di facile utilizzo.

Il concetto di rischio totale, per troppo tempo rimasto confinato tra le conoscenze degli esperti, deve diventare un riferimento quotidiano e consueto per coloro che si sono proposti a governare il Paese. Esso per definizione è determinato dal prodotto della probabilità di un evento potenzialmente dannoso (pericolosità) per il valore sociale, economico e ambientale di beni e persone esposte, ancora moltiplicato per la vulnerabilità, ossia la propensione di un bene a subire un danno. Se sulla pericolosità non si può intervenire se non calmierando la crisi climatica, molto di più si può fare su esposizione e vulnerabilità. Ad esempio, dedicando maggiore attenzione alle conseguenze che le infrastrutture hanno in termini di consumo di suolo. Poiché la pericolosità a causa del riscaldamento globale nei prossimi anni sarà comunque in aumento, occorrerebbe perlomeno contenere il più possibile il valore dei beni esposti, innanzitutto evitando di costruire laddove non è necessario. Se proprio è necessario, è allora indispensabile farlo con cura, basando le scelte tecniche su debiti approfondimenti che tengano in considerazione il contesto generale e le trasformazioni del territorio in atto, in modo da limitare il più possibile la vulnerabilità. In poche parole, se si vuole effettivamente diminuire il rischio climatico, le scelte operative devono essere volte a diminuire il valore di tutti e tre i fattori che lo determinano, non esistono alternative. Per questo serve una transizione veloce dalla politica tradizionale a nuove politiche della biosfera e della geosfera dove l'adattamento territoriale possa diventare una consuetudine nel governo del territorio.

Sempre a tale proposito giova ricordare che la Commissione globale sull'adattamento ha messo in evidenza come spesso le soluzioni di adattamento siano "senza rimpianti", ossia degne di essere perseguite a prescindere dal percorso climatico finale. Ciò è dovuto ai molteplici benefici collaterali che esse comportano, in particolare per quanto riguarda le soluzioni basate sulla natura, la prevenzione del rischio di catastrofi e il "triplice dividendo" dell'adattamento: evitare future perdite umane, naturali e materiali; generare benefici economici riducendo i rischi, aumentando la produttività e stimolando l'innovazione; e generare benefici sociali, ambientali e culturali.

In conclusione, le osservazioni effettuate durante le tappe della carovana 2023, gli incontri con le popolazioni locali, le discussioni con gli esperti e le successive riflessioni all'interno del gruppo di lavoro, confermano che solo una approfondita comprensione delle complesse interazioni tra le attività umane e l'ambiente consente di identificare strategie per preservare la biodiversità e la geodiversità delle aree glaciali e per utilizzare in modo sostenibile i servizi ecosistemici che da esse derivano. I risultati del Report 2023 rappresentano quindi un valido contributo per informare la popolazione, guidare gli operatori e avviare il processo decisionale e lo sviluppo politico a livello locale, regionale e nazionale, con l'obiettivo finale non solo di adattarsi ai cambiamenti ambientali, ma di mitigare insieme le cause del riscaldamento climatico e gli impatti negativi delle attività umane sull'ambiente glaciale.



CONTRIBUTI E RINGRAZIAMENTI

TITOLI E AUTORI

Introduzione (Vanda Bonardo^{1,8}, Marco Giardino^{2,3}). Sempre più caldo, sempre più in fretta (Vanda Bonardo^{1,8}). Eventi estremi nella macroregione alpina italiana (Gabriele Nanni^{1,4}). La normalità dell'instabilità dell'alta quota (Marta Chiarle^{2,5}). I ghiacciai delle Alpi italiane (Stefano Perona², Marco Giardino^{2,3}). Ghiacciaio del Rutor (Stefano Perona², Marco Giardino^{2,3}). Ghiacciaio del Belvedere (Stefano Perona², Marta Chiarle^{2,5}). Ghiacciai del Dosdè (Stefano Perona², Andrea Toffaletti^{2,6}). Ghiacciai dell'Adamello, della Lobbia e di Lares (Stefano Perona², Cristian Ferrari^{2,7}). I ghiacciai delle Alpi austriache (Stefano Perona²). Ghiacciaio Ochsentaler (Stefano Perona²). I ghiacciai delle Alpi svizzere (Stefano Perona²). Ghiacciaio Morterasch (Stefano Perona²). I laghi glaciali nelle Alpi Occidentali (Cristina Viani^{2,3}, Gianni Mortara^{2,5}). I servizi ecosistemici delle aree glaciali (Marco Giardino^{2,3}). Conclusioni (Vanda Bonardo^{1,8}, Marco Giardino^{2,3}).

1) Legambiente

2) Comitato Glaciologico Italiano (CGI)

3) Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Torino

4) Istituto di Geoscienze e Georisorse – CNR-IGG

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

6) Servizio Glaciologico Lombardo (SGL)

7) Società Alpinisti Tridentini (SAT)

8) CIPRA

RINGRAZIAMENTI

ARPA Valle d'Aosta, ARPA-Piemonte, Centro di formazione vacanze di Salecina (Svizzera); CIPRA Internazionale; Club Alpino Italiano, SAT- Società Alpinisti Tridentini; SGL, Servizio Glaciologico Lombardo; Comuni di Aosta, Verbania, Tirano, Sondrio, Bregaglia, Parco Naturale Adamello Brenta; Grand Hotel Majestic, Verbania.

I coordinamenti Regionali di Legambiente Piemonte e Valle D'Aosta, Lombardia, e i circoli Valle d'Aosta e Trento; Massimiliano Caligara e Roberto Signorelli circolo Legambiente Gli amici del lago; Franco Tessadri circolo Legambiente Trento; Lorenza Tam circolo Legambiente Val Chiavenna.

Gli artisti: Valerio Zanchetti, Maria Vittoria Bonardo, Martin Mayes, Sergio Maggioni, Luca Morino, Monica Consonni e Amelie Konrad.



I responsabili delle Campagne glaciologiche CGI: Carlo Baroni, Aldino Bondesan e Marta Chiarle; il segretario del CGI Luigi Perotti; il tecnico del CGI Stefano Perona; gli operatori glaciologici: Federico Cazorzi, Giuseppe Cola, Cristian Ferrari, Günther Groß, Giovanni Kappenberger, Paolo Pogliotti, Giovanni Prandi, Claudio Smiraglia, Andrea Toffaletti.

Gli esperti: Chloé Berli, Marco Cappio Borlino, Nicholas Bornstein, Luca Cetara, Felix Keller, Andreas Linsbauer, Philip Deline, Andrea Fischer, Günther Groß, Marcel Hänggi, Helmut Hojesky, Kaspar Howard, Giovanni Kappenberger, Miha Pavsek, Christine Levy Rothenbühler, Alessio Salandin, Mathias Ulrich.

Il videomaker David Fricano e per Legambiente: Martina Bosica, Luisa Calderaro, Luana Costanzi, Luigi Colombo, Tiziana Coseglia, Francesca Cugnata, Ilenia De Simone, Stefano Di Marco, Giulia Di Matteo, Andrea Gentile, Flavia Nigri, Enrica Querro, Francesco Spinelli, Chiara Tortora, Fabio Tullio; per CIPRA Italia: Francesco Pastorelli; per il Centro di formazione e vacanze Salecina: Toni Galli; i grafici: Giada Rocchi e Luca Fazzalari. I testimonial: Paolo Cognetti, Antonio Cederna, Michele Nardelli, Matteo Righetto, Theresa Schubert, Leo Peeters. Il presidente del CAI, Antonio Montani. Il direttore del World Glacier Monitoring Service, Michael Zemp.

Valter Maggi Presidente Comitato Glaciologico Italiano, Giorgio Zampetti Direttore generale Legambiente e Stefano Ciafani Presidente Legambiente.



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E SITOGRAFICI

BIBLIOGRAFIA

Bollati I.M., Viani C., Masseroli A., Mortara G., Testa B., Tronti G., Pelfini M., Reynard E. (2023). Geodiversity of proglacial areas and implications for geosystem services: A review. *Geomorphology* 421, 108517. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108517>

Bonetto F., Boschis G., Maggi V., Mortara G. (2017). Il Ghiacciaio del Rutor e i suoi laghi. Un patrimonio ambientale, una convivenza difficile. Itinerario N.4. Volume: Itinerari Glaciologici sulle montagne italiane. Volume 2. Dalle Alpi Marittime all'Alpe Veglia. Guide Geologiche Regionali. Società Geologica Italiana e Comitato Glaciologico Italiano. 69-89. [ISBN] 978-88-94022-75-9

Chiarle M., Viani C., Mortara G., Deline P., Tamburini A., Nigrelli G. (2022) – Large glacier failures in the Italian Alps over the last 90 years. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 45(1), 19-40. DOI 10.4461/GFDQ.2022.45.2

Haeberli W., Büttler M., Huggel C., Lehmann Friedli T., Schaub Y., Schleiss A.J. (2016) New lakes in deglaciating high-mountain regions – opportunities and risks. *Climatic Change* 139 (2), 202–214. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1771-5>

Mortara G., Mercalli L. (2002). Il lago epiglaciale Effimero sul ghiacciaio del Belvedere, Macugnaga, Monte Rosa. *Nimbus*, n. 23-24, 10-17.

Nigrelli G., Chiarle M., 1991–2020 climate normal in the European Alps: focus on high-elevation environments. *J. Mt. Sci.* 20, 2149–2163 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11629-023-7951-7>

Salvatore M.C., Zanoner T., Baroni C., Carton A., Banchieri F.A., Viani C., Giardino M., Perotti L. (2015). The state of Italian glaciers: a snapshot of the 2006-2007 hydrological period. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 38 (2). 175-198. DOI 10.4461/GFDQ.2015.38.16

Smiraglia C., Azzoni R.S., D'Agata C., Maragno D., Fugazza D., Diolaiuti G.A. (2015) The evolution of the Italian glaciers from the previous data base to the New Italian Inventory. Preliminary considerations and results. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 38 (1), 79–87. <https://doi.org/10.4461/GFDQ.2015.38.08>

Viani C., Colombo N., Bollati I.M., Mortara G., Perotti L., Giardino M. (2022). Socio-environmental value of glacier lakes: assessment in the Aosta Valley (Western Italian Alps). *Regional Environmental Change* 22 (7). <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01860-5>



Viani C., Machguth H., Huggel C., Mortara G., Perotti L., Giardino M. (2020). Potential future lakes from continued glacier shrinkage in the Aosta Valley Region (Western Alps, Italy). *Geomorphology*, 355, 15 pp.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107068>

Viani C., Giardino M., Huggel C., Perotti L., Mortara G. (2016). An overview of glacier lakes in the Western Italian Alps from 1927 to 2014 based on multiple data sources (historical maps, orthophotos and reports of the glaciological surveys). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 39 (2), 203-214. DOI 10.4461/GFDQ.2016.39.19

SITOGRAFIA

<https://climate.copernicus.eu/summer-2023-hottest-record>

<http://www.nimbus.it/eventi/2023/230825CaldoTardivoItalia.htm>

<https://www.meteosvizzera.admin.ch/chi-siamo/meteosvizzera-blog/it/2023/08/bilan-de-l-ete-2023.html>

<http://www.nimbus.it/clima/2023/230112Clima2022.htm>

https://www.ufficiostampa.provincia.tn.it/content/download/231566/3701538/file/Analisi_meteorologica_ottobre2023.pdf

Record di caldo per il mese di ottobre – SNPA – Sistema nazionale protezione ambiente (snpambiente.it)

<http://www.nimbus.it/eventi/2023/231008CaldoRecordOttobre.htm>

<https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2023/11/Report-Citta-Clima-2023-Alluvioni.pdf>



LEGAMBIENTE

Legambiente è la più grande associazione ambientalista italiana, senza fini di lucro, fatta di cittadini e cittadine che hanno a cuore la tutela dell'am-

biente 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

Il Comitato Glaciologico Italiano (CGI) è una storica istituzione scientifica fondata nel 1895 a Torino all'inter-

no del Club Alpino Italiano, con iniziale denominazione di "Commissione per lo studio dei ghiacciai", per dare impulso agli studi sui ghiacciai, con particolare attenzione alla loro dinamica ed evoluzione. Diventa un'istituzione scientifica autonoma nel 1914, anno in cui vede la luce anche il Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano (poi diventato Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria), tuttora un ineludibile punto di riferimento per la ricerca glaciologica in Italia. Questo periodico raccoglie una sterminata massa di dati analitici e di sintesi ed una ricchissima iconografia sugli apparati glaciali italiani. Queste informazioni sono tutte accessibili al sito www.glaciologia.it.

Gran parte dei dati scientifici viene fornita dalle annuali Campagne glaciologiche organizzate dal CGI e condotte da operatori volontari su circa 200 ghiacciai-campione delle Alpi e dell'Appennino (su un totale di circa 800). Un'attività senza uguali che procede da oltre un secolo e che ha consentito la raccolta

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

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

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



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 tre 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 "Caro-

vana 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.

Durante l'ultimo anno 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 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.

SEIKO
SINCE 1881

La storia di **Seiko** comincia nel quartiere di Ginza, a Tokyo, nel 1881, quando il ventiduenne Kintaro Hattori apre un negozio per la vendita e la riparazione di orologi e sveglie. A guidarlo, l'ambizione di "essere sempre un passo avanti". Dopo undici anni, il negozio diviene un'impresa, la Seikosha. La realtà attuale, Seiko Watch Corporation, continua a mantenere fede alla propria mission, insita com'è nel nome stesso dell'azienda. Seiko, in giapponese, ha tre significati: oltre a essere un nome di donna, significa "precisione" e

"successo". Il suo fondatore, d'altronde, aveva già le idee chiare: "Non voltarsi mai indietro, guardare davanti a sé, andare avanti, anche di mezzo passo, saper essere flessibili per accogliere il cambiamento ed essere sinceri." Il marchio Seiko firma, tra le altre, le collezioni di orologi Prospex, King Seiko, Astron, Presage e Seiko 5 Sports ed è noto per aver sviluppato ed applicato tecnologie come Kinetic, Spring Drive, GPS Solare oltre alle preziose lavorazioni dei quadranti, frutto della più alta espressione dell'artigianato giapponese.

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

