

### Fattori climatici

Aumento dei valori medi ed estremi della temperatura  
Variazione dei regimi pluviometrici

### Altri fattori

Inquinamento antropico

### Caratterizzazione impatto



I ghiacciai rispondono in modo diretto e rapido alle dinamiche di cambiamento climatico modificando le proprie caratteristiche morfologiche e la loro dinamica. Questa grande sensibilità alle variazioni del clima rende i ghiacciai dei preziosi indicatori che consentono di quantificare l'intensità con cui sta agendo il riscaldamento globale.



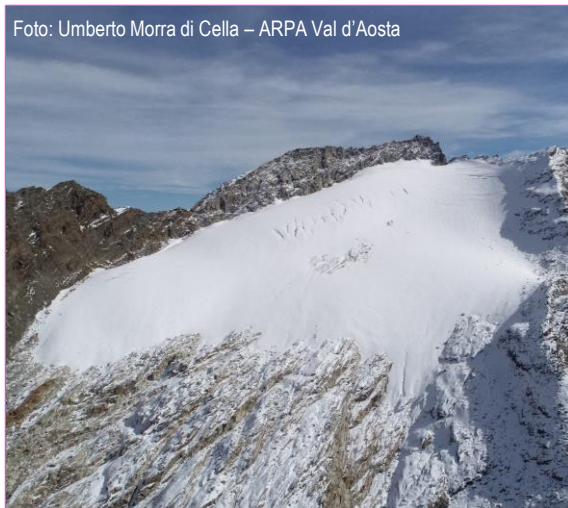
I ghiacciai rivestono un ruolo di regolazione del deflusso idrico, grazie all'effetto di compensazione a lungo termine del flusso stagionale delle acque di fusione, che costituiscono una fonte indispensabile di acqua dolce per le aree montane e per le regioni sottostanti. Inoltre, la contrazione dei ghiacciai contribuisce ad accelerare la liberazione di masse di sedimenti, con possibile aumento dei fenomeni di dissesto. Si registra una variazione della composizione e distribuzione di specie animali e vegetali con possibili variazioni delle comunità alpine. Infine, si considerano i possibili impatti di natura socio-economica nel settore turistico associati alla diminuita possibilità di fruizione.

### Relazione causa-effetto



La relazione causa-effetto rispetto al cambiamento climatico è molto stretta dal momento che le dinamiche glaciali sono significativamente correlate all'andamento delle variabili climatiche, con particolare riferimento alla temperatura e alle precipitazioni nevose.

Foto: Umberto Morra di Cella – ARPA Val d'Aosta



### Scenario futuro



Le proiezioni prodotte a livello di Alpi europee con i diversi scenari RCP (Representative Concentrations Pathways) permettono di stimare l'evoluzione del volume glaciale entro il 2100. L'evoluzione del volume di ghiaccio totale nei prossimi decenni è relativamente simile per i vari scenari RCP (RCP2.6, 4.5 e 8.5). Applicando lo scenario con tassi più elevati di riduzione delle emissioni (RCP2.6) avremo una perdita di due terzi ( $63.2\% \pm 11,1\%$ ) del volume di ghiaccio attuale (2017) entro il 2100. Con uno scenario di forte riscaldamento (RCP8.5) i ghiacciai sono destinati a scomparire in gran parte entro il 2100 ( $94.4\% \pm 4.4\%$  perdita di volume vs 2017). Sono attese importanti riduzioni delle acque di deflusso glaciale con implicazioni per la società in ottica di una corretta gestione della risorsa idrica per l'approvvigionamento di acqua dolce, la produzione di energia elettrica e l'utilizzo da parte del settore agricolo e industriale. Nel versante italiano delle Alpi è molto probabile che la riduzione possa essere ancora più marcata rispetto ad altre aree alpine europee, data la posizione geografica maggiormente esposta a un'elevata insolazione e all'influenza di matrice africana.



## Numeri e messaggi chiave

Per i corpi glaciali italiani considerati si verifica una generale tendenza alla deglaciazione e alla fusione, in particolare dall'analisi dei dati dal 1995 al 2022 emerge che per i corpi glaciali il bilancio cumulato mostra perdite significative che ammontano da un minimo di oltre 22 metri di acqua equivalente per il ghiacciaio del Basòdino a un massimo di oltre 47 metri per il ghiacciaio di Caresèr, per una perdita di massa media annua pari a oltre un metro di acqua equivalente. Nel 2022, i ghiacciai hanno dovuto fare i conti con un'estate caldissima, caratterizzata da intense ondate di calore, record di temperature per il Nord Italia e siccità estrema. In ciascuno dei tre settori alpini (occidentale, centrale e orientale) i ghiacciai registrano un arretramento: i più piccoli, alle quote meno elevate, stanno perdendo il loro "status" di ghiacciaio, riducendosi ad accumuli di neve e ghiaccio o poco più. Dai dati disponibili per l'anno idrologico 2021-2022 relativi al bilancio di massa netto di alcuni ghiacciai, emergono perdite di massa annua da record: nelle Alpi centrali, il Caresèr e, nelle Alpi Occidentali, il Ciardoney, registrano una perdita annua di massa di circa 4 metri di acqua equivalente, mentre il Vedretta Pendente (Alpi Orientali) ha una perdita di 3,5 metri di acqua equivalente.

## Descrizione

Indicatore elaborato per un campione ridotto di ghiacciai alpini, rappresenta la somma algebrica tra la massa accumulata, derivante dalle precipitazioni nevose invernali e primaverili, e la massa di ghiaccio persa nel periodo di fusione (ablazione).

## Scopo

Evidenziare le variazioni annuali della massa glaciale e il rispettivo trend.

## Frequenza rilevazione dati

Ogni anno vengono effettuate due campagne di misura.

## Unità di misura

Millimetri di acqua equivalente (mm WEQ)

## Periodicità di aggiornamento

Annuale

## Copertura temporale

1967-2022

## Copertura spaziale

Bacino nazionale

## Riferimenti/obiettivi fissati dalla normativa

Nessun riferimento/obiettivo fissato dalla normativa

## Metodologia di elaborazione

Ai fini dell'elaborazione dell'indicatore sono stati considerati 7 corpi glaciali. Per la raccolta dei dati sono necessarie due campagne di misura. La stima dell'accumulo, effettuata alla fine della stagione invernale, ha lo scopo di quantificare la neve accumulata. La seconda campagna, effettuata a fine estate, ha lo scopo di quantificare le perdite per fusione di neve e ghiaccio. La differenza tra accumulo e fusione, alla quale viene sommato il quantitativo residuo di neve invernale alla fine della stagione di ablazione, determina il bilancio di massa netto del ghiacciaio.

## Criteri di selezione

### Rilevanza - utilità

- ▶ Portata nazionale/applicabile a temi ambientali a livello regionale di significato nazionale
- ▶ Descrive il trend in atto e l'evolversi della situazione ambientale
- ▶ Semplice e facile da interpretare
- ▶ Sensibile ai cambiamenti nell'ambiente/collegato alle attività antropiche
- ▶ Rappresentativo di condizioni ambientali, Pressioni sull'ambiente, risposte della società, obiettivi normativi
- ▶ Fornisce una base per confronti a livello internazionale
- ▶ Ha una soglia o un valore di riferimento con il quale poterlo confrontare, in modo che si possa valutare la sua significatività

### Misurabilità

- ▶ Documentato e di qualità nota (accessibilità)
- ▶ Aggiornato secondo fonti e procedure affidabili (tempestività e puntualità)
- ▶ Disponibile su un rapporto costi/benefici
- ▶ Buona copertura spaziale
- ▶ Copertura temporale > 10 anni

### Solidità scientifica

- ▶ Basato su standard nazionali/internazionali
- ▶ Ben fondato in termini tecnici e scientifici
- ▶ Correlato a modelli economici, Previsioni e sistemi di informazione
- ▶ Attendibile e affidabile Per metodi di misura e raccolta dati
- ▶ Comparabile nel tempo
- ▶ Comparabile nello spazio





## Fonte e accessibilità

Comitato Glaciologico Italiano; Comitato Glaciologico Trentino SAT; Meteotrentino; Dip. Ingegneria Civile e Ambientale Università di Trento; Museo delle Scienze di Trento; Dip.ti TeSAF e Geoscienze dell'Università di Padova; Società Meteorologica Italiana; G. Kappenberger; Ufficio idrografico della Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige.

## Qualità dell'informazione

La misura del bilancio di massa è un'informazione rilevante degli effetti del clima sui ghiacciai, nonostante il numero dei campioni dei ghiacciai è attualmente ridotto. La misurabilità e alla solidità scientifica è ottima.

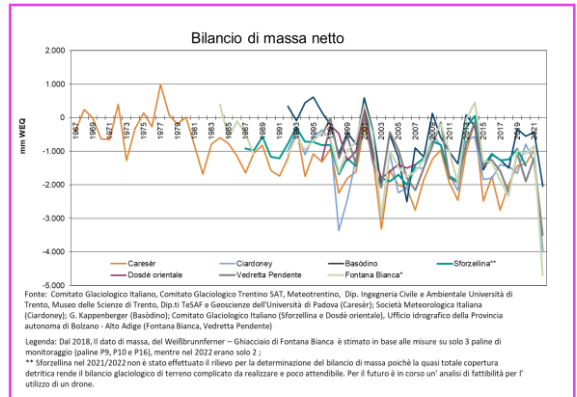
## Limitazioni e possibili azioni

La disponibilità del dato, con una adeguata copertura temporale, è relativa a un numero limitato di corpi glaciali. In alcuni ghiacciai monitorati (vedi Sforzellina) il rilievo per la determinazione del bilancio di massa negli ultimi anni non è stato effettuato perché la quasi totale copertura detritica rende il bilancio glaciologico di terreno complicato da realizzare e poco attendibile.

Si auspica l'ampliamento di tale numero in ambiti territoriali particolarmente significativi.

## Riferimenti bibliografici

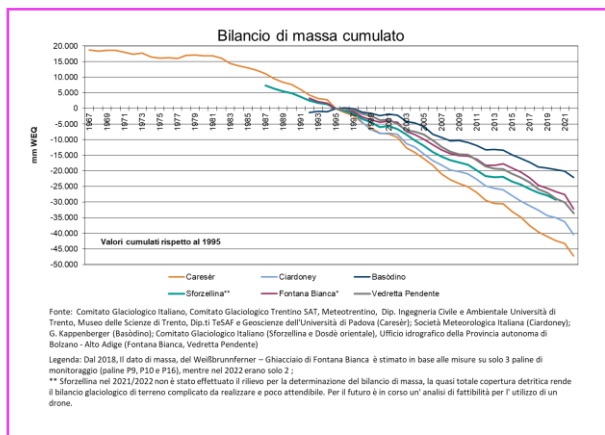
1. NIMBUS, Rivista Italiana di Meteorologia, Clima e Ghiacciai - Società Meteorologicaitaliana Onlus (numeri vari)
2. EEA Report – N 1/2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 – An indicator-based report
3. Østrem, G., & Brugman, M. (1966). Glacier mass balance measurements. Department of Mines and Technical Surveys, Glaciology Section..
4. Cogley, J. G. (2009). Geodetic and direct mass-balance measurements: comparison and joint analysis. Annals of Glaciology, 50(50), 96-100.



## Commento al trend



Per i sette corpi glaciali considerati si verifica una generale tendenza alla deglaciazione e alla fusione, anche se con andamento discontinuo. Il trend di bilancio decisamente più significativo è quello espresso dalla lunga serie storica del Careser: si tratta di un ghiacciaio di dimensioni maggiori rispetto agli altri, seppure sia in decisa riduzione areale. Dal punto di vista della correlazione con l'andamento climatico, sebbene l'informazione di bilancio annuale possieda un valore intrinseco elevato, la risposta del ghiacciaio ai principali fattori climatici (temperatura e precipitazioni) risulta non essere sempre lineare in quanto le caratteristiche del singolo bacino glaciale possono incidere sul bilancio annuale in modo diverso. Nel complesso si delinea un quadro molto articolato, dove la fusione dei ghiacciai rappresenta la risultante del fattore termico a cui si combinano le variazioni della distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno e le condizioni climatiche peculiari.



Referente:  
Alessandra Galosi – ISPRA  
alessandra.galosi@isprambiente.it

