

IL MONITORAGGIO DEI GHIACCIAI IN PIEMONTE

W. Alberto, D. Bormioli, M. Faletto, L. Lanteri,
L. Paro, G. Re Fiorentin, D. Viglietti & A. Salandin

DOI: 10.82089/NEV992026_5

As is known, the cryosphere of north-western Italy is out of balance with current climatic conditions.

Mass transfers from high elevations trigger cascading effects across different geomorphological environments (glacial, periglacial) and potentially involving anthropic areas.

In the context of rapid climate and geomorphological changes, Arpa Piemonte carries out annual glaciological campaigns with the aim of analysing the state of the glaciers, their evolution, and assess current instability and identify the early onset of new instabilities.

All glaciers in Piedmont are considered in the analyses: 161 glacial bodies covering a total area of 22 km², distributed across six main mountain ranges, with elevation reaching up to 4630 m on Monte Rosa. Arpa Piemonte conducts these activities in agreement with the Italian Glaciological Foundation and in accordance with the methods defined by the National Civil Protection Department.

The glacial monitoring follows a multi-scale approach, the process starts from a baseline dataset for all glaciers (unique name and code, perimeter, photos and reference year) and is updated every 2 years. Annual flyovers are planned over glaciers with high anthropic presence; the state of evolution is qualitatively assessed with respect to the previous year. Multiple annual observations and at least one annual photogrammetric survey are planned over glaciers that generate direct impacts on anthropized areas. The comparison of multi-temporal 3D models allows to recognize environmental transformations such as spatial extent, loss of ice volume, location and distribution of gravitative instabilities.

The collected data confirm the ongoing negative trend of deglaciation, with particularly effects on glaciers located below 3,200 m a.s.l. Spatial areal reduction involves 67% of glaciers since the 2022-2024 previous survey and 98% of glaciers over the last two decades.

In the context of climate change, the annual repetition of glaciological campaigns provides a solid basis for the study of the Piedmont cryosphere, strengthening the understanding of rapidly evolving geomorphological dynamics, for the early detection of instabilities at regional scale.

L'avvio sotto l'egida dell'ONU del Decennio d'azione per le scienze criosferiche (2025–2034), sforzo globale volto a potenziare la ricerca e a promuovere azioni urgenti per proteggere le aree glacializzate della Terra, rappresenta un esplicito invito per scienziati, governi e comunità di tutto il mondo a unirsi per proteggere la criosfera e salvaguardare i miliardi di persone che dipendono da essa per la propria sopravvivenza.

Arpa Piemonte accoglie la chiamata attraverso l'organizzazione di campagne glaciologiche annuali di osservazione e monitoraggio della criosfera regionale in un contesto di rapide trasformazioni climatiche ed ambientali; lo scopo delle campagne prevede l'analisi dello stato dei ghiacciai, la loro evoluzione, la valutazione delle instabilità in atto e l'identificazione precoce dell'insorgere di nuove instabilità.



L'ORGANIZZAZIONE DELLE CAMPAGNE DI RILIEVO

Dal 2022 ARPA Piemonte ha avviato campagne di osservazione e monitoraggio dell'ambiente glaciale piemontese e delle instabilità correlate, in accordo con i criteri dettati dal Gruppo di Lavoro sul rischio connesso a fenomeni di dissesto in ambiente glaciale e periglaciale, partecipato dall'Agenzia e guidato dal Dipartimento della Protezione Civile (AA.VV., 2025).

Dopo tre anni di attività, è in corso una standardizzazione delle informazioni raccolte con l'obiettivo di raggiungere e mantenere uno stato di conoscenza uniforme che rappresenta la registrazione dello stato più aggiornato possibile, il metro per definire la priorità di approfondimento e lo strumento di confronto per l'evoluzione futura dei corpi glaciali e delle aree circostanti. Il monitoraggio è articolato in più livelli di approfondimento sulla base delle dinamiche glaciali e periglaciali passate e

attuali che hanno interessato i singoli corpi glaciali, incrociate con la tipologia e la vicinanza degli elementi antropici esposti:

1. il popolamento della **baseline**, livello minimo ed uniforme di conoscenza della glaciologia piemontese, è costituita da ubicazione, nome e codice di anno e ortofoto di riferimento; la componente cartografica è sintetizzata nel livello "ghiacciai" del geoportale di Arpa Piemonte, con limiti aggiornati al 2022-2025 per tutti i corpi glaciali regionali; la rivisitazione dell'intera baseline, prodotta attraverso l'analisi di foto e ortofoto aeree, di immagini satellitari, è prevista ogni 2/3 anni;
2. il **riconoscimento qualitativo** dello stato evolutivo e delle trasformazioni avvenute nel corso dell'ultimo anno mediante confronto con la campagna precedente attraverso foto, video, note; le risultanze sono raccolte in una relazione glaciologica annuale e nelle schede che alimentano la campagna glaciologica nazionale della Fondazione Glaciologica Italiana-CGI;
3. il **confronto quantitativo** delle trasformazioni avvenute nel corso dell'ultimo anno in termini di estensione areale, volumetrica dei ghiacciai, ubicazione ed estensione delle instabilità mediante confronto di modelli 3D multitemporali; questi sono ottenuti tramite elaborazione fotogrammetrica delle immagini riprese durante i sorvoli

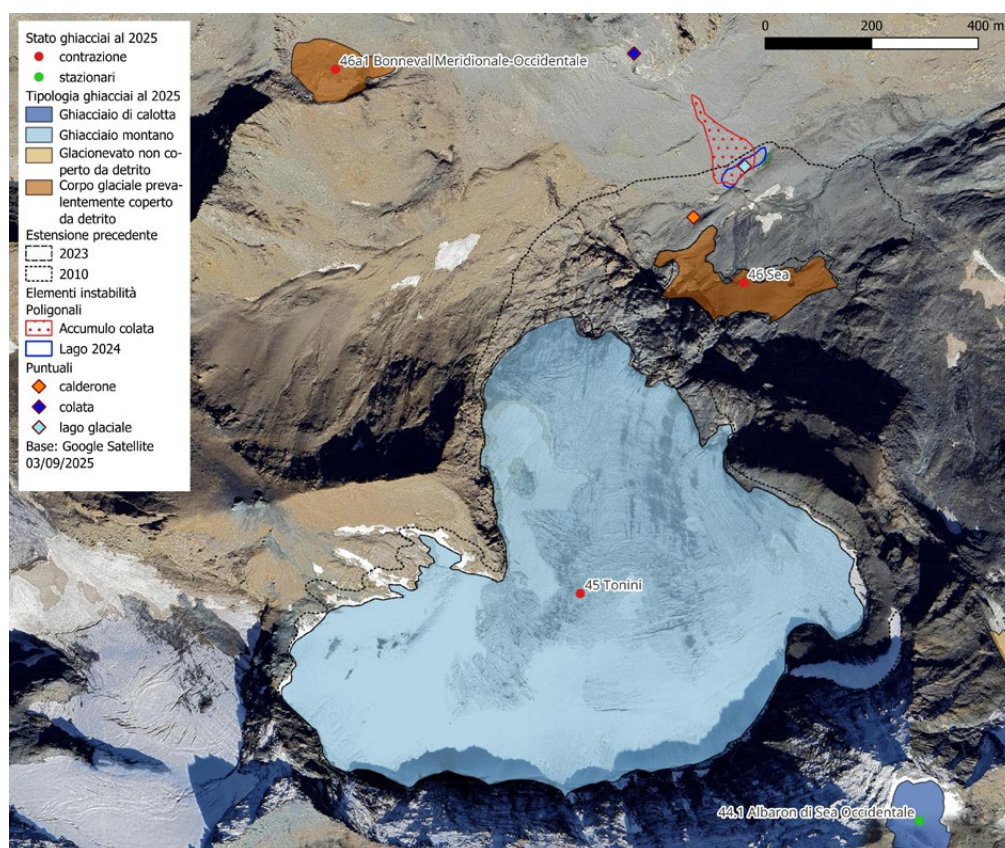
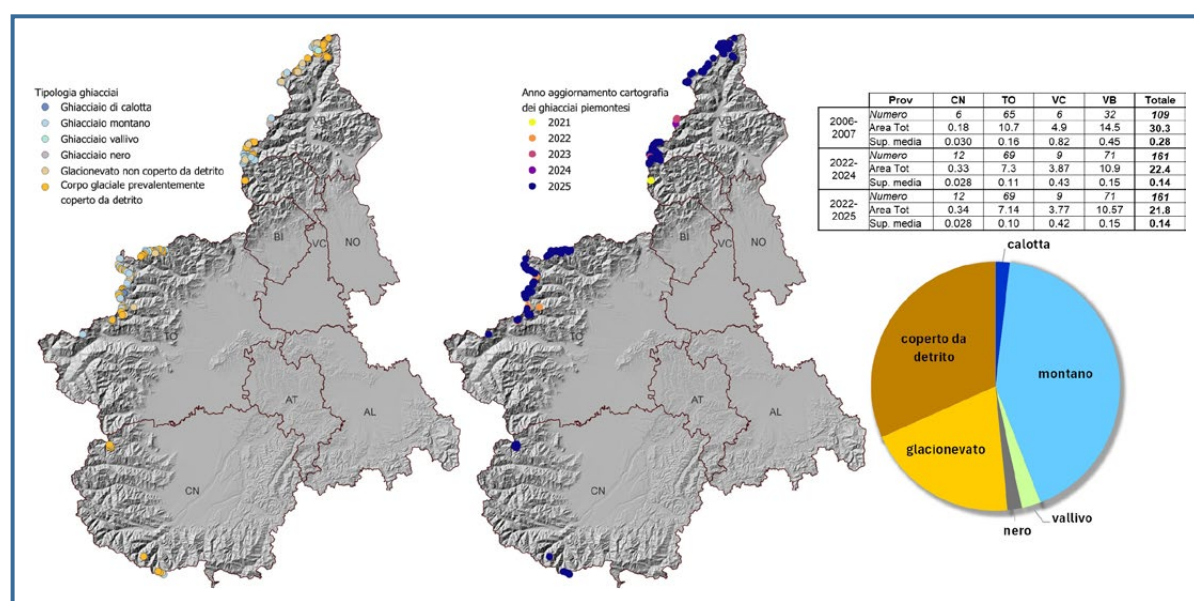


Figura 1: Esempio della baseline cartografica dei ghiacciai Tonini e Sea, alla testata della val Grande di Lanzo: sono riportati i limiti dei ghiacciai attuale e precedenti, il numero CGI, il nome e la tipologia del ghiacciaio, gli elementi di instabilità presenti, la cartografia e la data di ripresa.

Figura 2: Distribuzione e tipologia dei ghiacciai piemontesi.



secondo una procedura speditiva; le risultanze sono raccolte negli approfondimenti della relazione glaciologica annuale.

Nel complesso è risultata di grande importanza la collaborazione con gli altri enti presenti sul territorio: la CGI e il CNR-IRPI hanno arricchito le conoscenze con informazioni storiche, sull'ubicazione, sulla nomenclatura e sull'estensione dei ghiacciai e sulle instabilità geomorfologiche delle aree glaciali/periglaciali; il Parco Nazionale Gran Paradiso per i ghiacciai della Valle Orco, la Società Meteorologica Italiana per lo studio del ghiacciaio di Ciardoney. I sorvoli in elicottero sono eseguiti grazie al supporto con il Settore Protezione Civile della Regione Piemonte e con il Soccorso Alpino e Speleologico Piemontese.

IL CATASTO REGIONALE GHIACCIAI DEL PIEMONTE

In Italia, i ghiacciai hanno incominciato ad essere censiti negli anni 20 del Novecento (Porro, 1925) e al biennio geofisico 1957-1958 si deve il primo catasto corredato di cartografie di dettaglio. Nei decenni successivi, l'avvento della fotografia aerea e poi satellitare ha permesso un più rapido controllo delle variazioni glaciali. Negli ultimi anni, attraverso le campagne della CGI e poi anche di Arpa Piemonte, sono stati raccolti e omogeneizzati i dati della glaciologia piemontese. L'ubicazione e l'estensione areale aggiornata è stata cartografata grazie alla disponibilità di basi cartografiche recenti, di cui sono state utilizzate ortofoto rilevate in tarda estate, quando la copertura nevosa residua dell'inverno è al minimo e prima delle nevicate autunnali, fatto che permette di riconoscere al meglio la presenza di ghiaccio.

Il database aggiornato è disponibile sul geoportale istituzionale di Arpa Piemonte¹: il livello informativo ghiacciai contiene i poligoni dell'estensione aggiornata dei corpi glaciali e un layer puntuale che riporta l'ubicazione e la denominazione di tutti i ghiacciai compresi quelli recentemente estinti. Per un'identificazione univoca,

la denominazione e la numerazione dei ghiacciai sono in accordo e seguono quelle definite dalla CGI di cui i catasti, e in particolare la cartografia 2006-2007 (Salvatore et al., 2015), hanno rappresentato la base di partenza e il riferimento. Per la denominazione dei corpi glaciali smembrati o separati dalla massa principale si è seguito la codifica CGI, garantendo l'identificazione univoca dei singoli corpi glaciali, con unità areale minima di un ettaro.

La cartografia dell'estensione dei ghiacciai è stata redatta sulla base del riconoscimento dell'areale coperto dal ghiacciaio; in caso di copertura di neve fresca o copertura detritica sono state analizzate anche le ortofoto precedenti e, quando disponibili, le foto e le descrizioni raccolte durante le missioni di terreno. Ad ogni corpo glaciale è stata associata una tipologia che tiene conto dell'attuale stato di ciascuno:

- **Ghiacciai di calotta:** ghiacciai che ricoprono le vette.
- **Ghiacciai montani:** ghiacciai ubicati sui versanti montani.
- **Ghiacciai vallivi:** ghiacciai che raccolgono la confluenza di più colate glaciali e fluiscono all'interno di un solco vallivo.
- **Ghiacciai neri:** ghiacciai in prevalenza coperti di detrito che mostrano

evidenze di dinamica (crepacci, terminale, etc.).

- **Glacionevati non coperti da detrito:** corpi glaciali privi di dinamica, con prevalente ghiaccio affiorante.
- **Corpi glaciali prevalentemente coperti da detrito:** corpi privi di dinamica, riconoscibili solo per radi affioramenti di ghiaccio al di sotto una continua copertura detritica.

Ai poligoni sono associate inoltre informazioni sull'estensione e sulle quote massime, medie, minime di ogni corpo glaciale. Il database prevede un aggiornamento annuale, base per un efficace sistema di osservazione e controllo delle trasformazioni della criosfera.

LO STATO DEI GHIACCIAI IN PIEMONTE

Negli ultimi anni l'alta montagna piemontese ha visto alternarsi condizioni meteorologiche molto variabili; mentre le nevicate invernali hanno raggiunto estremi in senso negativo (2021/2022) e positivo (2023/2024), un fattore comune è stato il caldo estivo, ormai onnipresente. Nello stesso periodo le valli hanno sperimentato intensi eventi piovosi, talora di carattere estremo, che hanno profondamente coin-

Figura 3: Ghiaccio sepolto del ghiacciaio di Caprera, sul versante occidentale del Monviso (foto D. Bormioli, 11/10/2024).



GLACIOLOGIA

volto anche l'ambiente glaciale (si vedano i rapporti d'evento di Arpa Piemonte con una sintesi in Alberto et al., 2025).

Nelle Alpi Marittime e nelle Cozie meridionali, all'ombra dei massicci dei Gelas, dell'Argentera e del Monviso, sopravvivono i ghiacciai più meridionali delle Alpi,

ormai ridotti in piccoli corpi glaciali, talora privi di dinamica, definiti come glacionevati; la bassa quota, tutti sotto i 3000 m a parte quelli del Monviso, sottopone i ghiacciai ad intensa fusione estiva, riconoscibile nella comparsa di grotte (Figura 4) e falesie di ghiaccio; paradossalmente,

la stessa fusione ha messo in luce la presenza di ghiaccio sepolto sotto il detrito anche dove non se ne sospettava più la presenza (Figura 5).

Le Alpi Graie hanno rappresentato il luogo di elezione dell'alpinismo storico torinese e vette come la Bessanese e la Ciamarella emanano ancora oggi un forte fascino evocativo del tempo passato. L'ambiente glaciale delle alte valli di Lanzo pare aver seguito la stessa traiettoria: la calotta glaciale della Croce Rossa, un tempo rigonfia e fonte di preoccupazione per l'eventuale caduta di seracchi nel sottostante ed omonimo invaso idroelettrico, ora è appiattita all'interno del circo glaciale sotto la vetta (Figura 6). Il ghiacciaio della Bessanese ha lasciato testimonianza della sua possenza nelle magnifiche morene proprio davanti al Rifugio Gastaldi. Ora il ghiacciaio si trova ritirato all'ombra della parete Nord della Bessanese di cui il famoso spigolo Murari è stato sede di recenti crolli di roccia (Figura 7).

L'area è oggetto di monitoraggio da parte dell'Agenzia in collaborazione con il CNR-Irpi di Torino che qui ha istituito un laboratorio di alta quota per lo studio dei

Figura 4: L'intenso riscaldamento dell'estate 2023 ha generato un'ampia grotta nel ghiacciaio di Peirabroc (foto M. Faletto, 09/08/2023).



Figura 5: L'intensa ablazione dell'estate 2022 ha messo in luce la diffusa presenza di ghiaccio sepolto dal detrito lungo la sponda occidentale del Lago di Punta Fiume, Monviso; il ghiacciaio Quarnero, che occupava la conca dove sorge il lago, era dato per estinto già a inizio XXI secolo (foto D. Bormioli, 16/08/2022).





Figura 6: Vista panoramica da Nord-Est del ghiacciaio della Croce Rossa (foto W. Alberto, L. Lanteri, 26/08/2025), ripresa con teleobiettivo dal riferimento B_FR22 della Ciamarella.



Figura 7: Ghiacciaio della Bessane, a termine della stagione estiva 2025; la neve residua sopravvive in una stretta fascia a ridosso della parete Nord della Bessane che offre protezione all'irraggiamento; a sinistra l'accumulo di detrito generato dal crollo dello sperone roccioso alla base dello spigolo Murari (foto W. Alberto).

fenomeni di instabilità in alta quota.

In valle Orco il controllo dei ghiacciai è svolto in coordinamento con il Parco Nazionale del Gran Paradiso che da decenni si occupa della misura frontale dei ghiacciai, pubblicando annualmente dettagliate relazioni. Il glacialismo dell'area ha subito negli ultimi due decenni una netta riduzione areale e volumetrica, lasciando ormai pochi ghiacciai di grandi dimensioni: il Nel, separato in più corpi, il Noaschetta al cui ritiro si accompagna la formazione di laghi proglaciali (Figura 10) e il Ciardoney, oggetto di studio da parte della SMI che fornisce l'unico bilancio di massa regionale, con una serie più che trentennale.



Figura 8: Posizionamento topografico preciso della fronte della Ciamarella con tecnica GNSS differenziale, fonte ARPA Piemonte (foto L. Lanteri, 05/09/2025).

GLACIOLOGIA

Il massiccio del Monte Rosa, ed in particolare l'alta Valle Anzasca, è un caso esemplare delle tipologie di processi d'instabilità che possono svilupparsi in ambiente glaciale e periglaciale, e delle modifiche indotte dai cambiamenti climatici e am-

bientali in atto. La testata della valle è impostata nella maestosa parete Est del Monte Rosa: in passato, questa presentava una estesa copertura glaciale, libera da detrito, tanto da meritare l'appellativo di "parete himalayana". A partire dalla fine

degli anni 1980, e con rapidità crescente nel nuovo secolo, la copertura glaciale ha subito una riduzione areale, ma soprattutto volumetrica, impressionante, liberando estese aree di roccia e detrito. La rapidità e l'intensità delle trasformazioni in atto hanno determinato l'attivazione di una varietà di processi d'instabilità, che qui riassumono l'intera gamma dei fenomeni peculiari degli ambienti glaciali e periglaciali. Le trasformazioni del ghiacciaio del Belvedere sono tali da avere pochi eguali nelle Alpi e sono da richiamo per numerosi gruppi di ricerca, italiani e stranieri. Nell'area, l'Agenzia svolge periodici monitoraggi dell'evoluzione delle masse glaciali e dello stato di instabilità attraverso rilievi a terra, rilievi fotogrammetrici da elicottero, analisi di immagini satellitari. Attraverso la restituzione di modelli 3D aggiornati annualmente, si verifica l'estensione dei ghiacciai, il loro stato di evoluzione (Figura 11) con particolare attenzione alla comparsa di segni di instabilità sia delle masse di ghiaccio, sia degli speroni rocciosi. Infatti, in un'area relativamente ristretta, negli ultimi anni è stata riconosciuta una frequenza accelerata di eventi: i processi geomorfologici si attivano in quota e attraverso meccanismi di propagazione "a cascata" coinvolgono i versanti, le morene, i ghiacciai, arrivando ad interferire con le attività antropiche presenti nell'area. Eccezionale in tal senso è stata la sequenza di grandi crolli in roccia dal versante delle Locce nel

Figura 9: Versante nord della Ciamarella e sottostante ghiacciaio di Tonini, confronto tra inizio XX secolo (Cartolina viaggiata) e attuale (foto W. Alberto, 26/09/2023).



2023

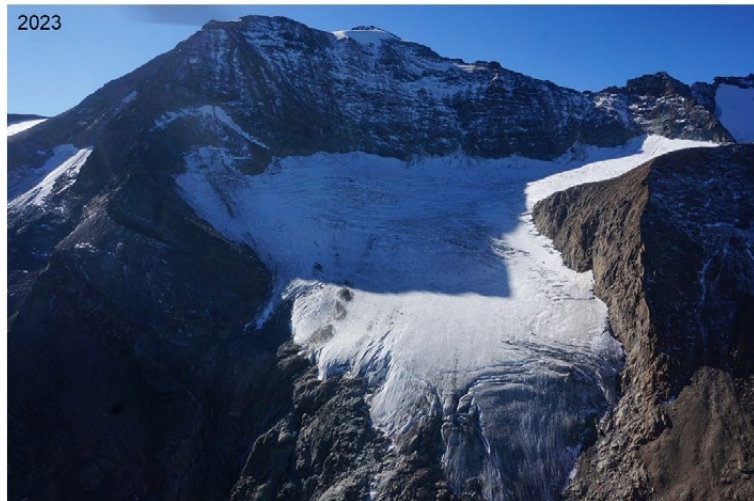


Figura 10: Lago epiglaciale presente lungo il fianco destro del ghiacciaio di Noaschetta da oltre vent'anni: la sua forma si è adattata all'evoluzione e all'abbassamento della superficie del ghiacciaio; nel 2025 la sponda in ghiaccio si presenta molto ripida, con scarpate e crepacci concentrici che denotano il processo di calving attivo (foto L. Paro, 16/09/2025).



2010, 2015, 2024 (Figura 12) i cui accumuli hanno a più riprese raggiunto l'omonimo lago; poco distante, il versante tra lo Jagerhorn e la Torre di Castelfranco ha prodotto colate detritiche in sequenza (2023, 2024): queste hanno fortemente inciso la morena laterale sinistra del ghiacciaio del Belvedere, raggiungendo e trasformando la superficie del ghiacciaio stesso, dove nel 2025 si è formato un grande inghiottitoio (Figura 13) che raccoglie i torrenti di Castelfranco e Piccolo Fillar, convogliandoli nei condotti subglaciali.

L'area del Sabbione, nelle Alpi Lepontine dell'alta Val Formazza, ampiamente glacializzata, ha visto nel XXI secolo una forte trasformazione di tutti i ghiacciai, con perdite eccezionali e smembramento dei corpi glaciali principali. Nel catasto 2006, gli 8 ghiacciai censiti occupavano una superficie complessiva di 4.8 km². Nell'aggiornamento 2025, si annovera l'estinzione del Gh. dei Camosci Orientale e i corpi glaciali censiti sono 17, per una superficie complessiva di 2.4 km², quasi dimezzata rispetto al 2006 (Figura 14). Il grande corpo del ghiacciaio Settentrionale del Sabbione, esteso per 1.4 km² nel 2006, si trova ora diviso in cinque settori separati da fasce rocciose che insieme non raggiungono gli 0.5 km²; la lingua non è più alimentata da monte e registra le maggiori perdite areali. La grande lingua del ghiacciaio Meridionale del Sabbione, ancora attivamente alimentata nel 2006, sta

perdendo gli apporti dei bacini da NW, per cui la fronte è sempre più arretrata rispetto al lago sottostante; più in quota, la separazione con il ghiacciaio del Lebendum

e con la calottina sommitale della Punta d'Arbola si ritiene ormai prossima, fatto che determinerà il definitivo smembramento del più grande ghiacciaio ossolano.

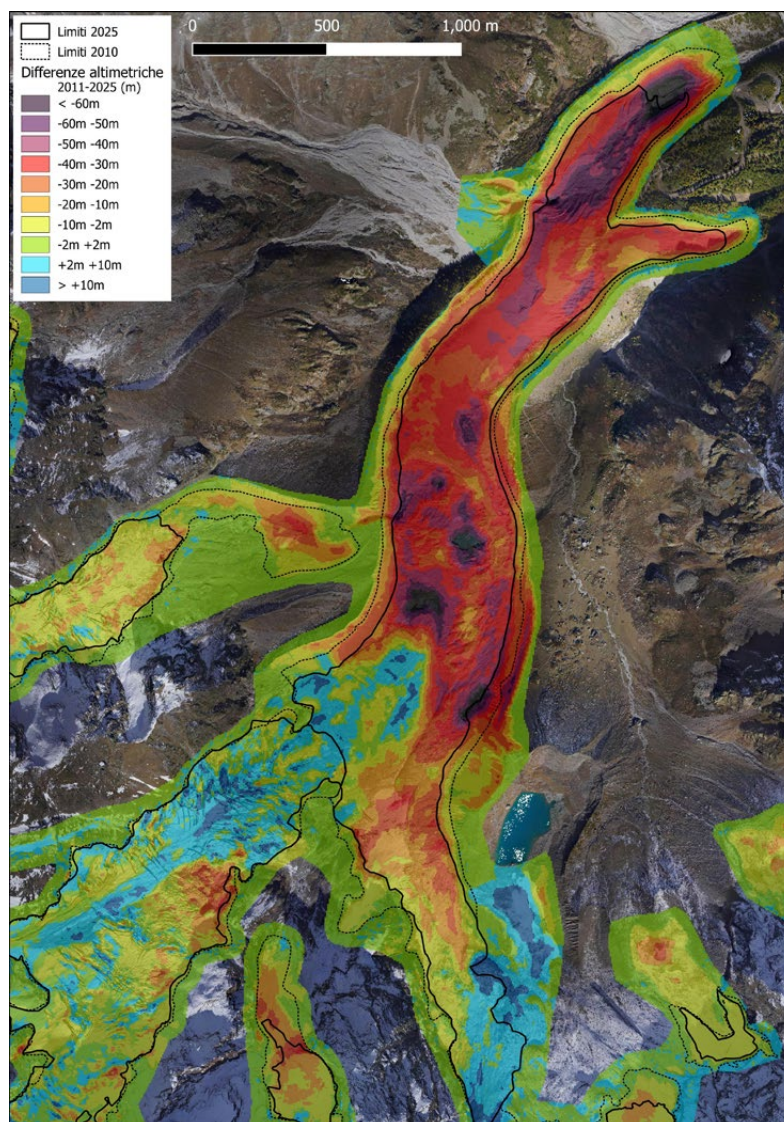


Figura 11: Variazione del ghiacciaio del Belvedere (Monte Rosa) in termini di estensione areale e quota altimetrica della superficie glaciale negli ultimi 15 anni (basi di riferimento: 2025 ortofoto e DEM Arpa Piemonte; 2011 DEM ICE Regione Piemonte; 2010 ortofoto Regione Piemonte).



Figura 12: Frana di crollo avvenuta il 26 dicembre 2024 in alta valle Anzasca. Il distacco è avvenuto poco sotto la cresta del Colle delle Locce, a circa 3300 m di quota; il materiale franato, dopo aver percorso l'intero ghiacciaio Settentrionale delle Locce, ha raggiunto l'omonimo lago mentre la polvere di roccia, ghiaccio e neve ha ricoperto l'intera conca (foto L. Tondat - Soccorso Alpino).

GLACIOLOGIA

Le cause sono da ricercarsi nel progressivo innalzamento della quota a cui la neve invernale sopravvive all'estate, per cui gran parte della superficie dei ghiacciai perde la copertura nevosa e quindi la capacità di alimentare le sottostanti lingue glaciali, che per contro vedono aumentare la copertura detritica (Figura 15).

RISULTATI

I dati raccolti nelle recenti campagne

glaciologiche confermano il trend negativo di deglaciazione delle Alpi piemontesi, con particolare effetto per i ghiacciai (o le parti di questi) posti sotto i 3100/3200 m di quota. La superficie glacializzata complessiva in Piemonte si attesta a 21.8 km², segnando un nuovo minimo nella serie storica: in riferimento alla precedente campagna (dati 2022-2024), la riduzione areale coinvolge il 67% dei ghiacciai, quota che raggiunge il 98%

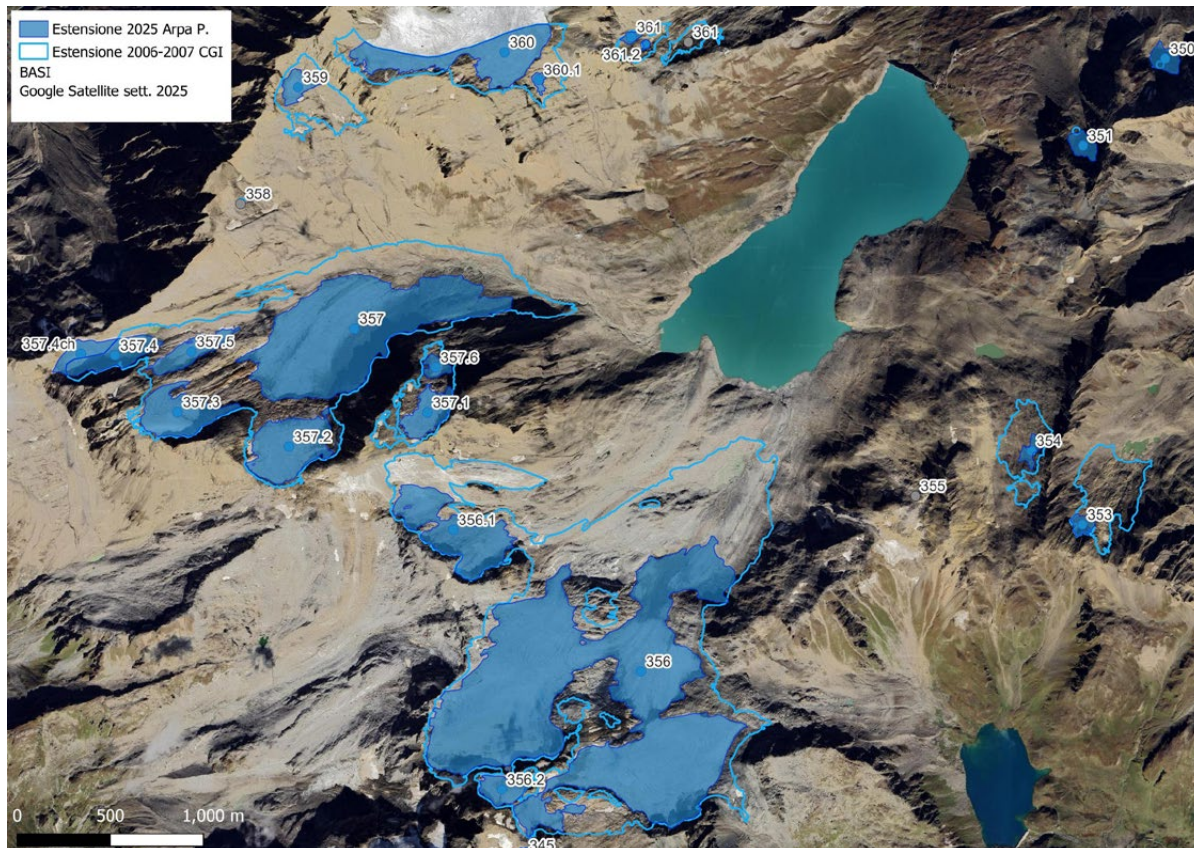
dei ghiacciai regionali se si estende l'analisi alle ultime due decadi.

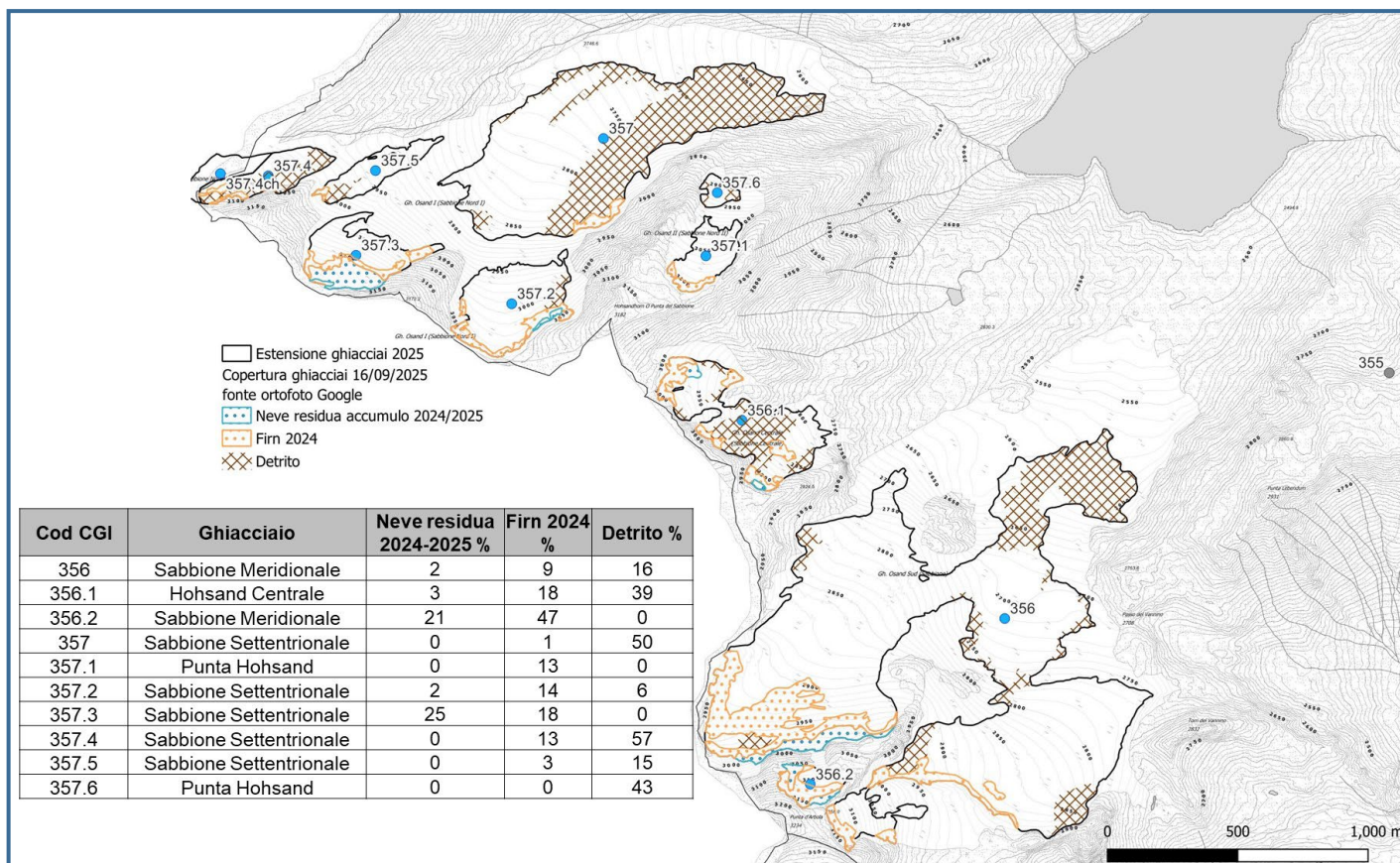
Nel contesto di cambiamento climatico, la ripetizione annuale delle campagne glaciologiche sta fornendo solide basi per lo studio della criosfera piemontese, rafforzando la conoscenza delle dinamiche geomorfologiche in rapida evoluzione, anche in ambienti difficilmente accessibili sull'intero territorio piemontese.

Figura 13: Vista da monte della grande cavità attraverso la quale i torrenti di Castelfranco e del Piccolo Fillar sono assorbiti dalla circolazione endoglaciale del ghiacciaio del Belvedere (foto M. Giardino, agosto 2025).



Figura 14: Riduzione delle masse glaciali nell'area del Sabbione, alta Val Formazza (VB); i numeri indicano la codifica CGI dei ghiacciai italiani.





BIBLIOGRAFIA

- ▶ AA.VV. (2025) - Rischio glaciale e periglaciale in ambiente alpino: un quadro Metodologico Dipartimento della Protezione Civile-Presidenza del Consiglio dei Ministri. Prima edizione in versione digitale dicembre 2025. ISBN 9791281195042
- ▶ Alberto W., Bormioli D., Faletto M., Lanteri L., Paro L., Re Fiorentin G., Viglietti D. & Salandin A. (2025). Fenomeni recenti di instabilità dell'ambiente glaciale piemontese. *Nimbus*, 93, 118-126.
- ▶ Porro, C. (1925) – Elenco dei Ghiacciai Italiani. Parma, Ufficio Idrografico del Po, 61 p.
- ▶ Salvatore, M. C., Zanoner, T., Baroni, C., Carton, A., Banchieri, F. A., Viani, C., ... & 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.

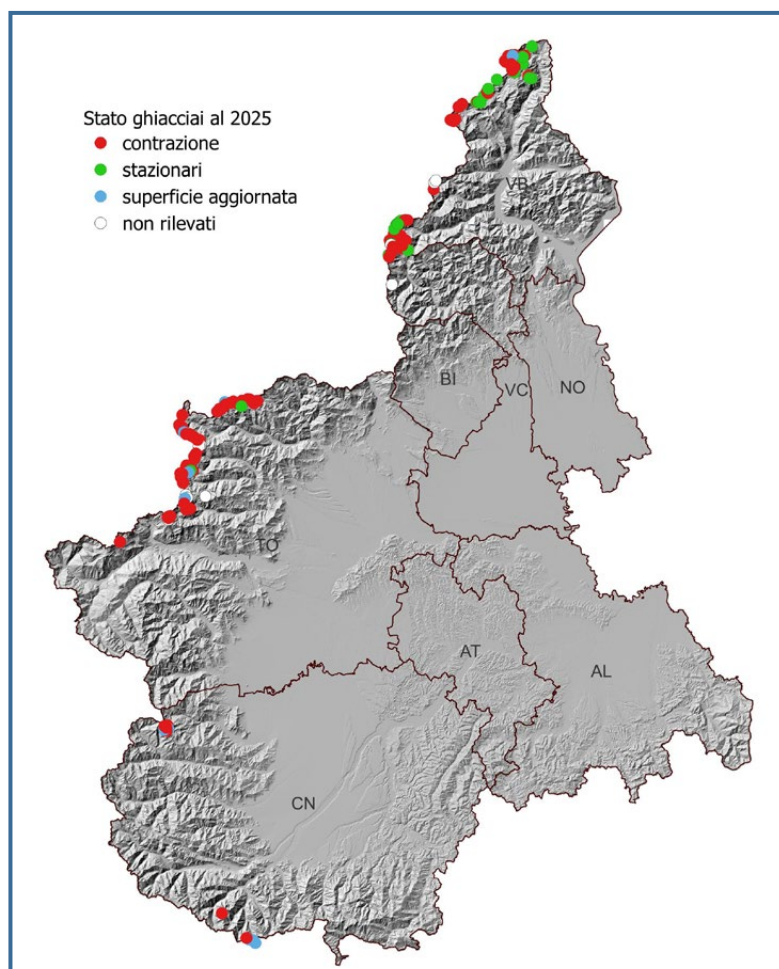


Figura 15: Analisi della copertura nevosa a fine stagione di ablazione 2025: la neve residua dell'inverno 2024/2025 risulta quasi completamente scomparsa per la maggior parte dei ghiacciai dell'area; relativamente più abbondante il residuo 2023/2024, ma comunque limitato a sottili fasce al piede delle pareti.

Figura 16: Stato dei ghiacciai a termine della campagna 2025 ed in riferimento alla precedente campagna (rilievi 2022-2024)