

RILIEVI GLACIOLOGICI IN VALLE D'AOSTA



Stagione 2024 - 2025

**GHIACCIAI DEL TIMORION, DEL RUTOR E
DEL PETIT GRAPILLON**



Anche nella stagione 2024-2025 si registra una perdita di massa dei ghiacciai valdostani

La stagione invernale 2024–2025 è risultata caratterizzata da un **innervamento mediamente superiore alla media delle ultime due decadi**, pur senza raggiungere i valori eccezionali dell'inverno precedente (2023–2024). Le **neviccate più consistenti** si sono concentrate tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera, mentre i mesi primaverili ed estivi hanno mostrato temperature in linea con le medie stagionali.

Tali condizioni hanno determinato un avvio della stagione di ablazione con accumuli nevosi ancora significativi, contribuendo localmente a ritardare e mitigare la fusione del ghiaccio durante i mesi estivi. Tuttavia, il **bilancio di massa degli apparati glaciali monitorati è risultato ancora negativo**, confermando la persistente tendenza alla riduzione delle masse glaciali.

Le attività di monitoraggio glaciologico per l'annata 2024–2025 sono state condotte da ARPA Valle d'Aosta sui ghiacciai del Timorion (Valsavarenche) e del Rutor (La Thuile), rispettivamente nei mesi di maggio, settembre e ottobre, attraverso campagne di misura in situ e rilievi aerofotogrammetrici a supporto.

Inoltre, è stato effettuato un rilievo aerofotogrammetrico mediante *UAS - Unmanned Aerial System*, altrimenti noto come drone - sul ghiacciaio del Petit Grapillon, situato nel settore settentrionale della Val Ferret, sul versante sud-occidentale del monte omonimo, in prossimità del confine italo-svizzero.

Per questo apparato, in assenza di dati diretti di accumulo invernale e di ablazione estiva, la stima del bilancio di massa è stata effettuata adottando un approccio geodetico, basato sul confronto tra modelli digitali di superficie (DEM) derivati da rilievi aerofotogrammetrici.

Autore: Federico Grosso/Umberto Morra di Cella

Ghiacciaio del Timorion

Accumulo invernale

Le misure dell'accumulo nevoso sul ghiacciaio del Timorion hanno evidenziato valori leggermente superiori alla media degli ultimi 24 anni, ma inferiori a quelli eccezionali dell'inverno 2023-24 (Fig. 1).

Le misure realizzate il 19 maggio 2025, al termine del periodo di accumulo, hanno riportato spessori di neve compresi tra 175 e 400 cm nelle zone più elevate (circa 3.400 m) e tra 150 e 220 cm nelle aree più basse (intorno ai 3.250 m).

La **densità media** del manto nevoso misurata mediante misure dirette in 2 trincee (Fig. 3), conservatosi sulla superficie del ghiacciaio, pari a 400 kg/m^3 , porta al calcolo di un **accumulo specifico pari a 1.100 mm di equivalente di acqua**, valore di poco superiore alla media storica.

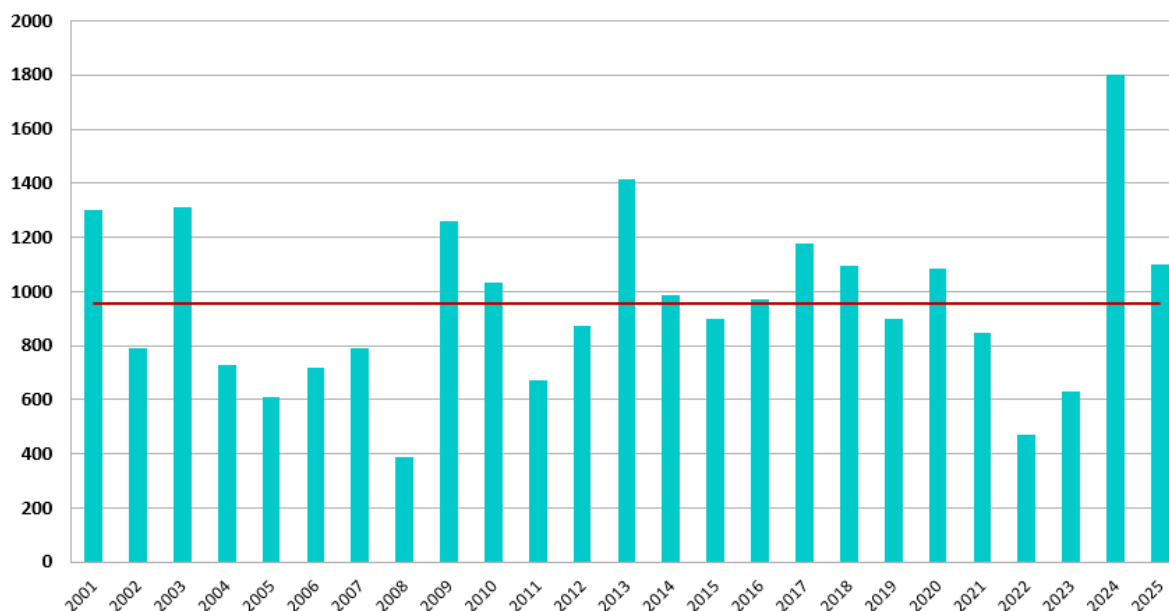


Figura 1 Serie storica degli accumuli al Ghiacciaio del Timorion. In rosso la media calcolata sulla serie ventennale



Figura 2 Vista panoramica dell'area di valanga così come appariva al termine della stagione di accumulo 2025, a prima osservazione di un fenomeno di questo tipo sul sito.



Figura 3 Trincea nivologica per il campionamento degli strati del manto necessari per la determinazione della densità media dell'intero manto nevoso al termine del periodo di accumulo maggio 2025 (ghiacciaio del Timorion).

Ablazione estiva

La stima della perdita di volume del ghiacciaio nel corso del periodo di fusione (ablazione), è stata effettuata nel 2025 mediante rilievo fotogrammetrico con drone (UAS). L'acquisizione ha consentito di ottenere un modello tridimensionale dettagliato e georiferito della superficie glaciale, dal quale sono stati ricavati dati altimetrici ad alta risoluzione.

Le quote derivate dal modello UAS sono state confrontate con quelle misurate tramite rilievo GNSS eseguito nel 2024 (rilievo UAS non eseguito per presenza di strato neve fresca sul ghiacciaio), permettendo di calcolare l'abbassamento medio della superficie del ghiaccio. Il ghiacciaio è stato suddiviso in aree omogenee dal punto di vista morfologico e altimetrico, per le quali è stato successivamente determinato il valore medio di variazione altimetrica.

Contestualmente, è stato eseguito un rilievo diretto degli spessori di neve residua e di accumulo, al fine di stimare la distribuzione del manto nevoso "sopravvissuto" all'estate. Particolare attenzione è stata

Autore: Federico Grosso/Umberto Morra di Cella

dedicata alle zone interessate dal fenomeno valanghivo osservato durante l'inverno, che ha determinato una parziale redistribuzione della neve scoprendo parte della superficie glaciale e accumulando massa nevosa più a valle.

La stagione di fusione del ghiacciaio del Timorion è iniziata con **accumuli nevosi sensibilmente inferiori** rispetto all'anno precedente. L'inverno 2024–2025, pur caratterizzato da precipitazioni regolari, non ha raggiunto i livelli registrati nel 2023–2024: l'equivalente in acqua dell'accumulo medio è risultato di circa 1.100 mm, pari a una **riduzione di circa 40% rispetto ai 1.800 mm w.e.** dell'anno precedente.

Nel corso della campagna di rilievo dell'accumulo nivale di maggio 2025 era stata segnalata, per la prima volta nei 24 anni di monitoraggio, una valanga sulla porzione Sud – Ovest del ghiacciaio del Timorion.

L'evento, originatosi tra 3.300 e 3.415 m di quota su versante esposto a Nord - Est, ha interessato un'area di circa 25.000 m², con spessori di distacco tra 1,2 e 1,5 m e un volume stimato di **30.000–35.000 m³** di neve.

Al termine del periodo di ablazione, le tracce della valanga erano ancora evidenti. Le immagini satellitari (*Sentinel-2, del programma UE Copernicus*), hanno mostrato la presenza di neve residua anche nelle aree più basse, solitamente prive di copertura nevosa, con spessori medi di circa 50 cm, per un volume residuo stimato di circa **5.000 m³**.

Nella parte alta, invece, l'asportazione del manto durante l'evento di distacco ha lasciato scoperte porzioni di ghiaccio vivo che in condizioni normali, al termine dei periodi di fusione degli anni precedenti, risultavano ancora coperte da neve residua, consentendone la fusione già precocemente nella stagione estiva (Fig.5).



Figura 4 Fronte destra del Ghiacciaio Timorion, in evidenza in verde il residuo dell'accumulo da valanga rilevato in data 11 settembre 2025

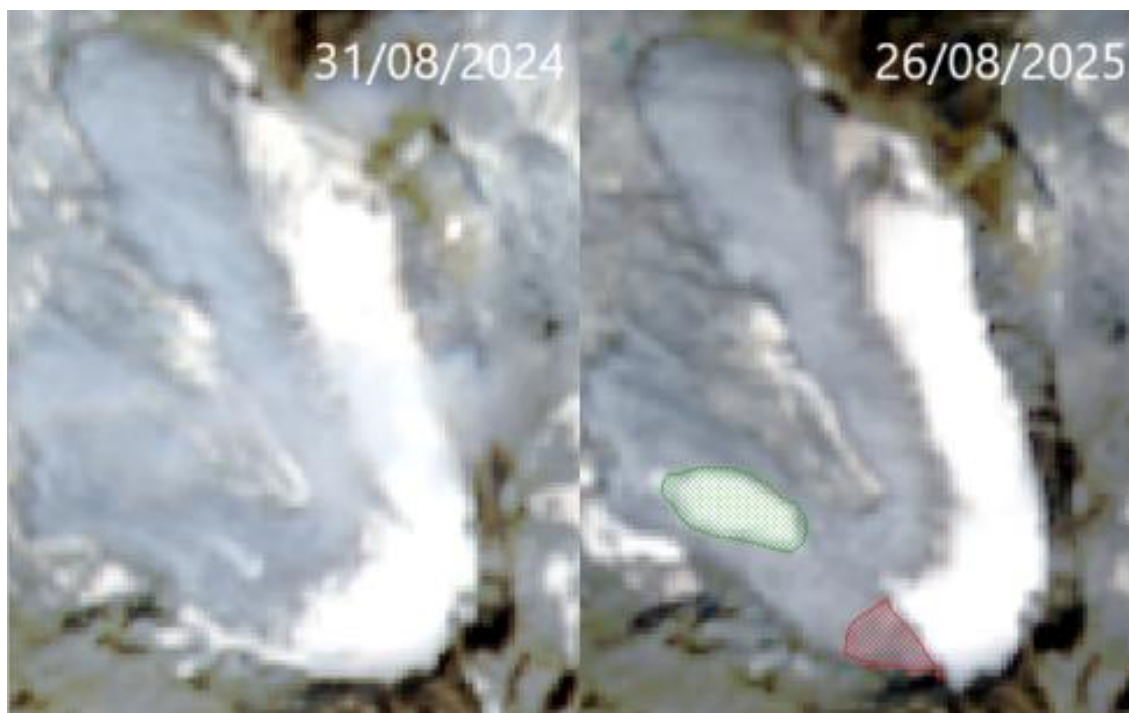


Figura 5 Confronto di immagini Sentinel-2 (31/08/2024 e 26/08/2025): nell'estate 2025 si osserva la mancanza di una porzione dell'accumulo superiore (in rosso) e il deposito del materiale nelle parti inferiori del ghiacciaio (in verde).

Le caratteristiche di densità della neve residua sono state determinate attraverso l'analisi di due trincee nivologiche, con cui è stato possibile determinare il passaggio tra neve residua dell'inverno 2025 e nevato dell'anno precedente, evidenziato dagli strati contenenti sabbia sahariana depositatasi nell'inverno e primavera 2024 ([cfr. Rilievi Glaciologici in Valle d'Aosta 2024 – ARPA Valle d'Aosta](#)).

I risultati indicano valori pari a circa **530 kg/m³** per la neve residua nella parte superiore del ghiacciaio, ossia quella che solitamente permane fino al termine dell'estate, e **470 kg/m³** per la neve residua presente nei settori inferiori, derivante dal deposito valanghivo.

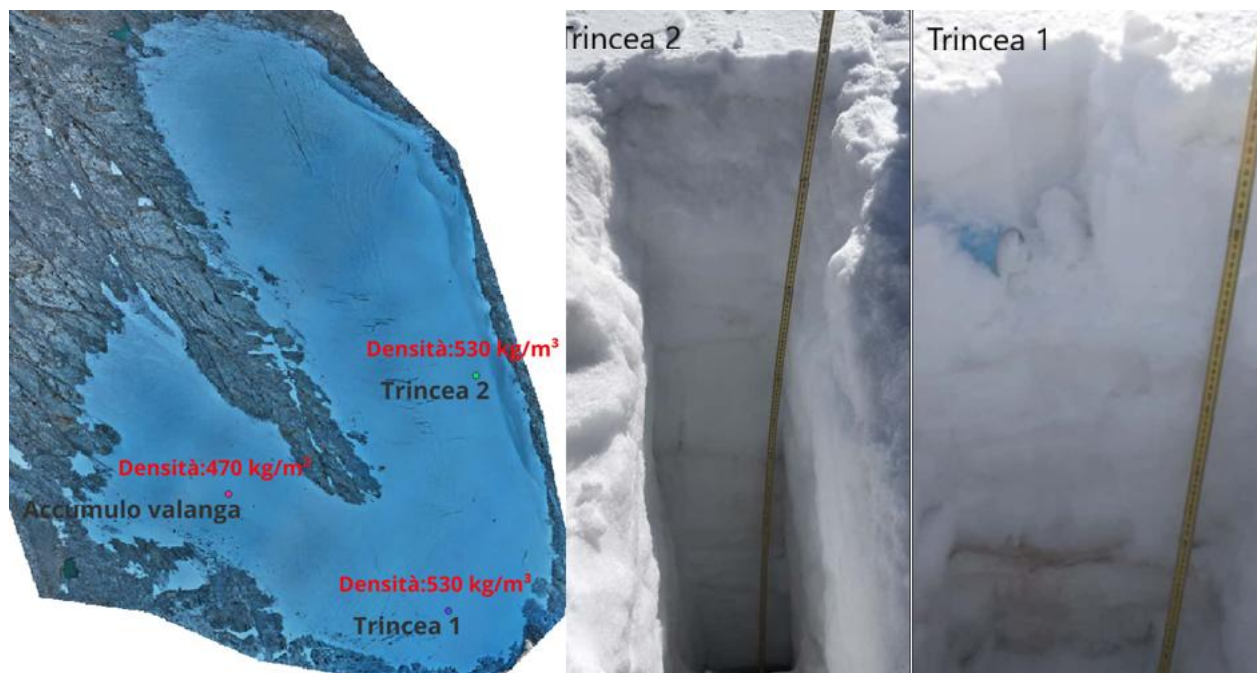


Figura 6 Trincee realizzate per la determinazione delle densità rappresentative della neve residua sul ghiacciaio. Il passaggio tra nevato dell'anno precedente è evidenziato dagli strati contenenti sabbia sahariana depositatasi nell'inverno e primavera 2024

I **valori massimi di abbassamento** registrati sulla fronte destra del ghiacciaio raggiungono **3,94 m**, con un **arretramento compreso tra 15 e 25 m nel periodo 2023–2025**.

Sulla fronte sinistra, **l'abbassamento massimo è pari a 2,68 m**, mentre l'arretramento frontale risulta compreso tra **15 e 40 m** nello stesso intervallo temporale.

Le quote attuali delle due lingue glaciali sono pari a 3.175 m s.l.m. per la fronte destra e 3.202 m s.l.m. per la fronte sinistra.

Complessivamente il valore di ablazione specifica (perdita della componente di ghiaccio) raggiunge i **968 mm w.e.** che, sommati alla perdita di massa legata alla fusione del manto nevoso e al netto di quanto rimasto al termine dell'estate, conduce ad un valore di **bilancio di massa annuo di - 883 mm w. Eq.**

Ghiacciaio del Timorion

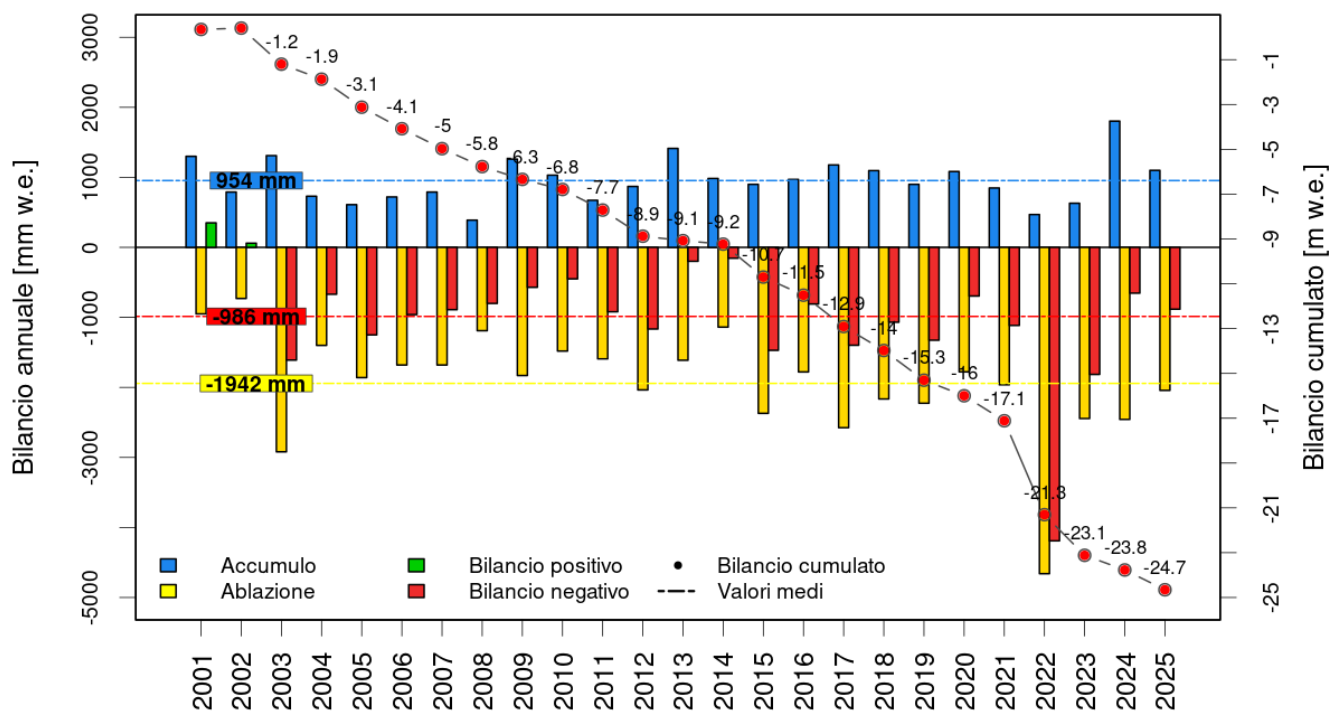


Figura 7 Bilancio di massa del ghiacciaio di Timorion (serie 2001 – 2025)

Ghiacciaio del Rutor

Accumulo invernale

Le **misure dell'accumulo nevoso** sul Ghiacciaio del Rutor, condotte il 27 maggio 2025 hanno evidenziato **valori leggermente superiori alla media** degli ultimi 24 anni, ma inferiori a quelli dell'inverno 2023-24.

L'accumulo medio di neve sul ghiacciaio è stato calcolato utilizzando un approccio integrato che ha combinato misurazioni manuali con sonda, indagini geofisiche tramite *Ground Penetrating Radar* (GPR) e rilievi ad alta risoluzione della superficie eseguiti tramite UAS (drone).

Sulla base delle misure effettuate al termine del periodo di accumulo, il valore medio di spessore della neve sull'intero ghiacciaio è stato di **396 cm** pari a **1.955 mm di equivalente in acqua**, un valore al di sopra della media del periodo di riferimento ventennale (2005–2025), pari a 1.370 mm.

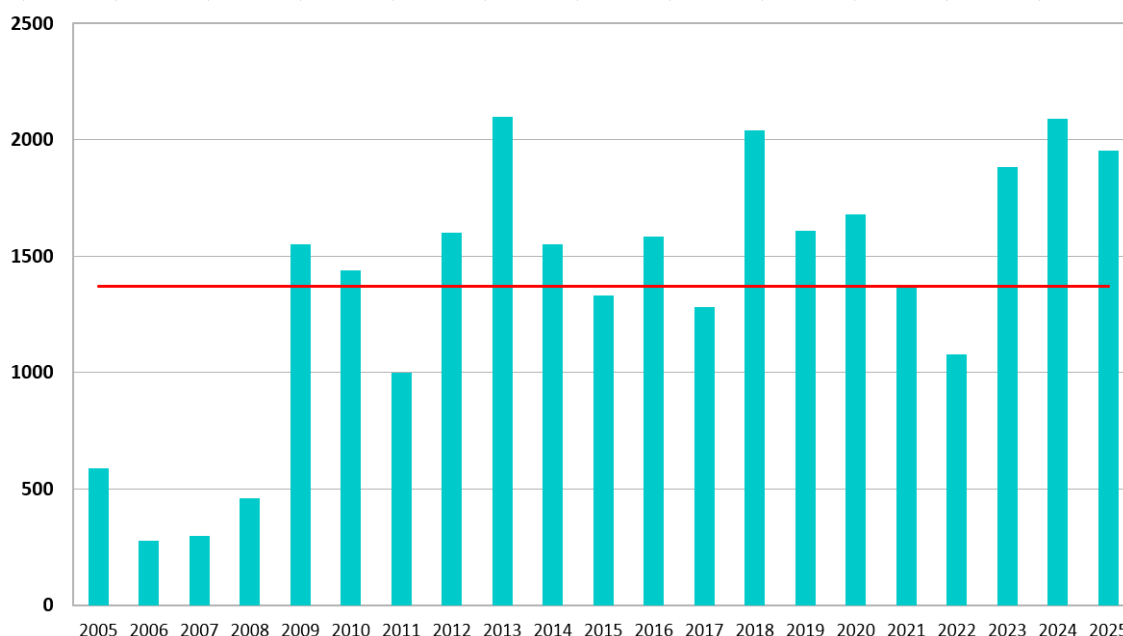


Figura 8 Serie storica degli accumuli al Ghiacciaio del Rutor. In rosso la media calcolata sulla serie ventennale

Ablazione estiva

La stima dell'ablazione glaciale del ghiacciaio del Rutor viene effettuata, a partire dal periodo di bilancio 2021–2022, mediante l'utilizzo di tecniche fotogrammetriche aeree, che consentono di **analizzare in modo esaustivo l'evoluzione morfologica** dell'intero apparato glaciale nel tempo.

Come negli ultimi anni, è stato adottato un metodo basato sul **confronto tra modelli digitali del terreno** (DEM – Digital Elevation Model).

Autore: Federico Grosso/Umberto Morra di Cella

La tecnica permette di valutare con elevata precisione le variazioni planimetriche e altimetriche della superficie glaciale, grazie al calcolo della DoD - Difference of DEM, vale a dire la differenza tra modelli tridimensionali ottenuti da rilievi aerofotogrammetrici ad alta risoluzione.

Sulla base dei rilievi aerei (realizzazione a cura di DigiSky S.r.l. ed elaborati dal GlacierLab del Politecnico di Torino - Dipartimento DIATI), ARPA Valle d'Aosta analizza i DEM e ne calcola la differenza altimetrica ottenendo le variazioni di volume del ghiacciaio nel periodo considerato.

Questa fase di calcolo, condotta con una griglia di campionamento di 50 cm, consente di ottenere una **rappresentazione ad alta risoluzione delle aree soggette a fusione o accumulo**, permettendo di quantificare in modo puntuale le variazioni altimetriche della superficie glaciale e di stimare le perdite di volume, e fornisce informazioni essenziali per il monitoraggio continuo e dettagliato dell'evoluzione del ghiacciaio del Rutor.

Per l'anno in corso, l'analisi è stata condotta confrontando i DEM derivati dalle acquisizioni aeree effettuate in data 8 settembre 2024 e 7 settembre 2025 (Fig. 9).

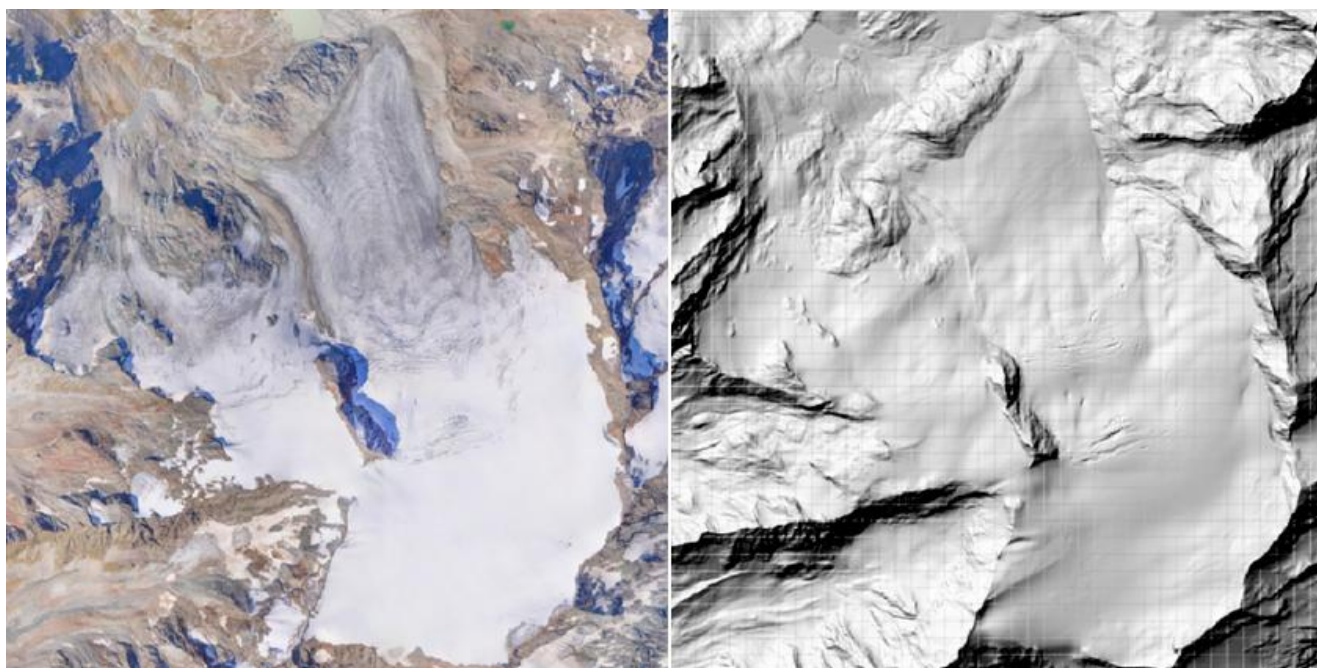


Figura 9 Prodotti derivanti dal rilievo aerofotogrammetrico (rilievo DigiSky S.r.l.), a sx ortomosaico a colori, a dx rappresentazione ombreggiata del modello digitale del terreno

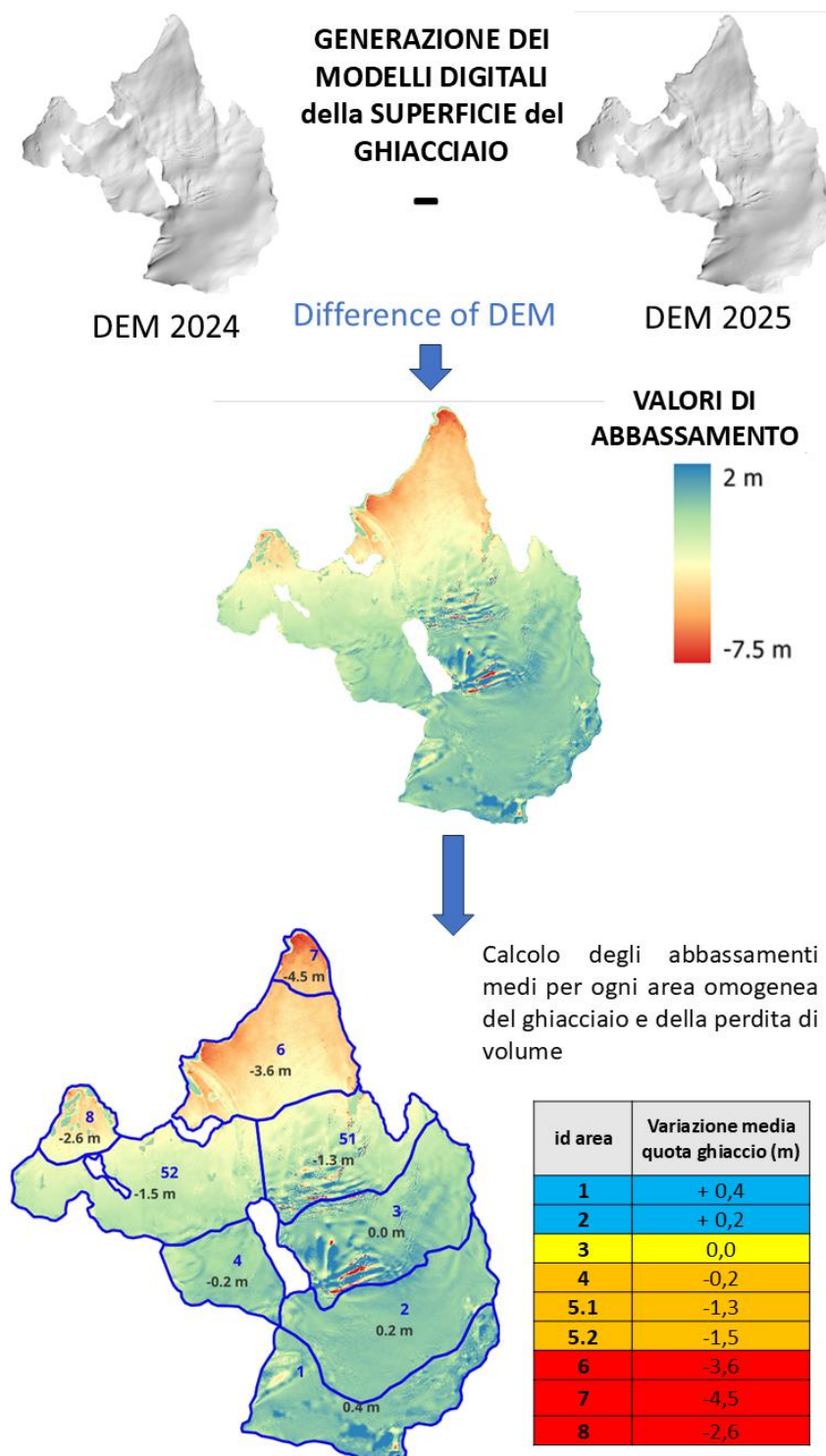


Figura 10 Elaborazione e analisi dei DEM; calcolo del DoD e delle variazioni di quota dei diversi settori del ghiacciaio

Autore: Federico Grosso/Umberto Morra di Cella

Sulla base della quantificazione dettagliata delle variazioni altimetriche del ghiacciaio e della sua ricostruzione planimetrica tramite ortomosaici a colore, è stato possibile calcolare gli abbassamenti medi della superficie e gli arretramenti dei diversi settori frontali, dove il processo di ablazione risulta più intenso:

- sul fronte destro (zona 7 – quota media: 2.635 m s.l.m.) l'abbassamento medio del settore è stato di -4,5 m con un arretramento medio di circa 25 m;
- sul plateau e fronte centrale (zona 6 – quota media: 2.725 m s.l.m.) l'abbassamento medio è stato di -3,6 m con un arretramento di circa 15 m; infine
- sul fronte sinistro (zona 8 – quota media: 2.720 m s.l.m.) l'abbassamento medio è risultato di - 2,6 m con un arretramento di circa 12 m.

Oltre alle tecniche fotogrammetriche, si ricorre all'analisi delle immagini satellitari (Sentinel-2, programma EU Copernicus) che, pur avendo una minor definizione, garantiscono una maggiore copertura temporale.

Entrambe le tecniche di **telerilevamento** sono integrate con i rilievi a terra, che consistono in campagne per la determinazione degli spessori di neve sul ghiaccio e lo scavo di trincee nivologiche per la ricostruzione dei profili stratigrafici e la stima del passaggio tra la neve residua dell'inverno passato e quella degli anni precedenti (il *firn*).

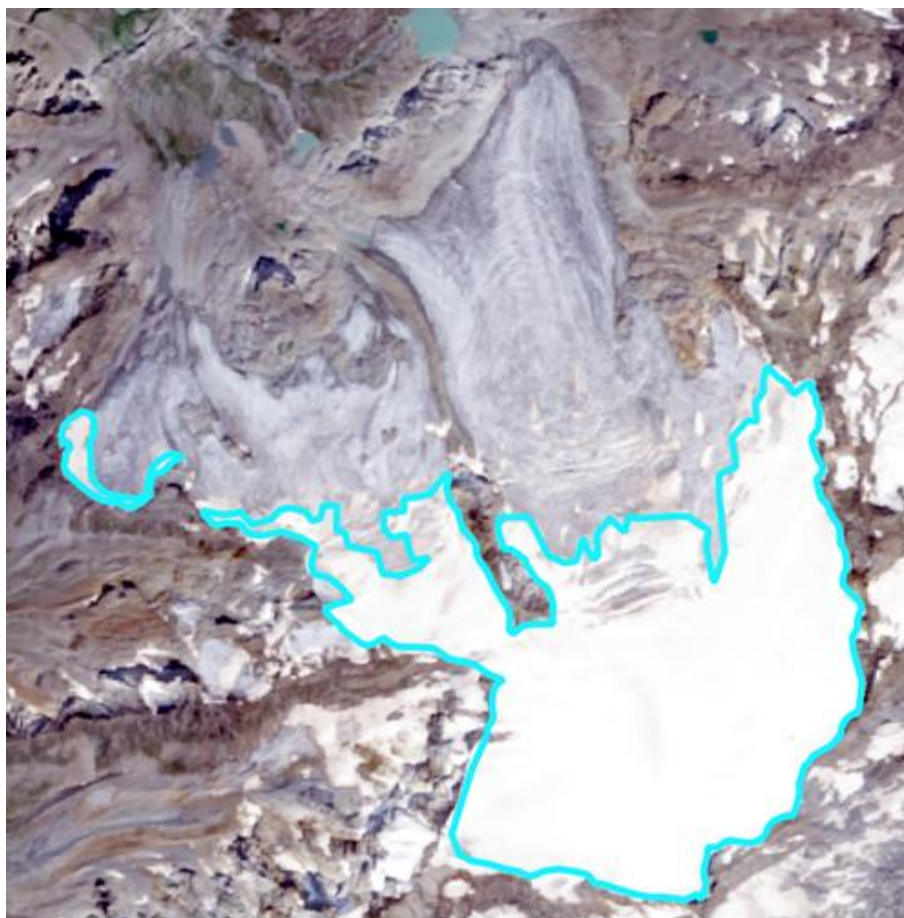


Figura 11 Estensione della neve residua in data 26 agosto 2025 al culmine della stagione di ablazione prima degli apporti nevosi di tarda estate

Grazie all'analisi delle immagini Sentinel-2, è stato possibile definire l'areale coperto dalla neve residua (3,32 km) pari al 46% della superficie totale del ghiacciaio al culmine della stagione di ablazione (prima degli apporti nevosi di tarda estate).

Mediante i rilievi a terra per la misurazione dello spessore (sonda) e della densità del manto residuo (trincee nivologiche), si è potuto quantificare l'apporto calcolato in **214 mm w.e.**

Autore: Federico Grosso/Umberto Morra di Cella

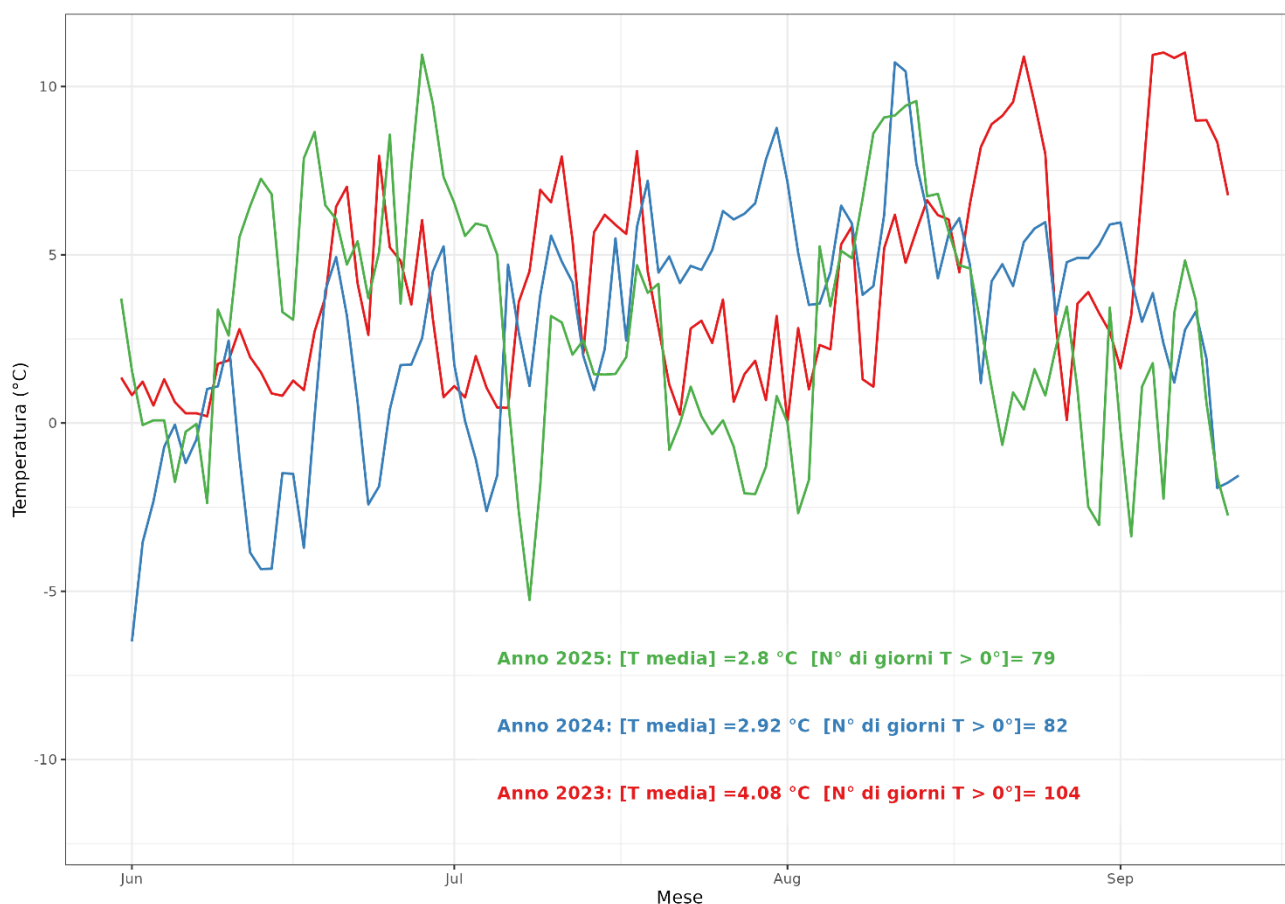


Figura 12 Andamento delle temperature sul bacino di accumulo del Ghiacciaio del Rutor nel periodo di ablazione (anni 2023 -24 -25).

Il 2023 si era distinto come un anno nettamente più caldo, caratterizzato non solo da una temperatura media superiore, ma anche da un numero significativamente maggiore di giornate con temperatura superiore a 0°C. Questo aveva portato ad una stagione più lunga e persistente di condizioni termiche positive, con minore frequenza di episodi freddi.

Il 2024 e il 2025 mostrano andamenti termici mediamente più contenuti e tra loro simili, differenziandosi soprattutto per la diversa distribuzione temporale delle fasi calde e fredde: nel 2025 si osservano oscillazioni più marcate e frequenti periodi sottozero, mentre il 2024 presenta una maggiore stabilità termica nel corso dell'estate.

Ghiacciaio del Rutor

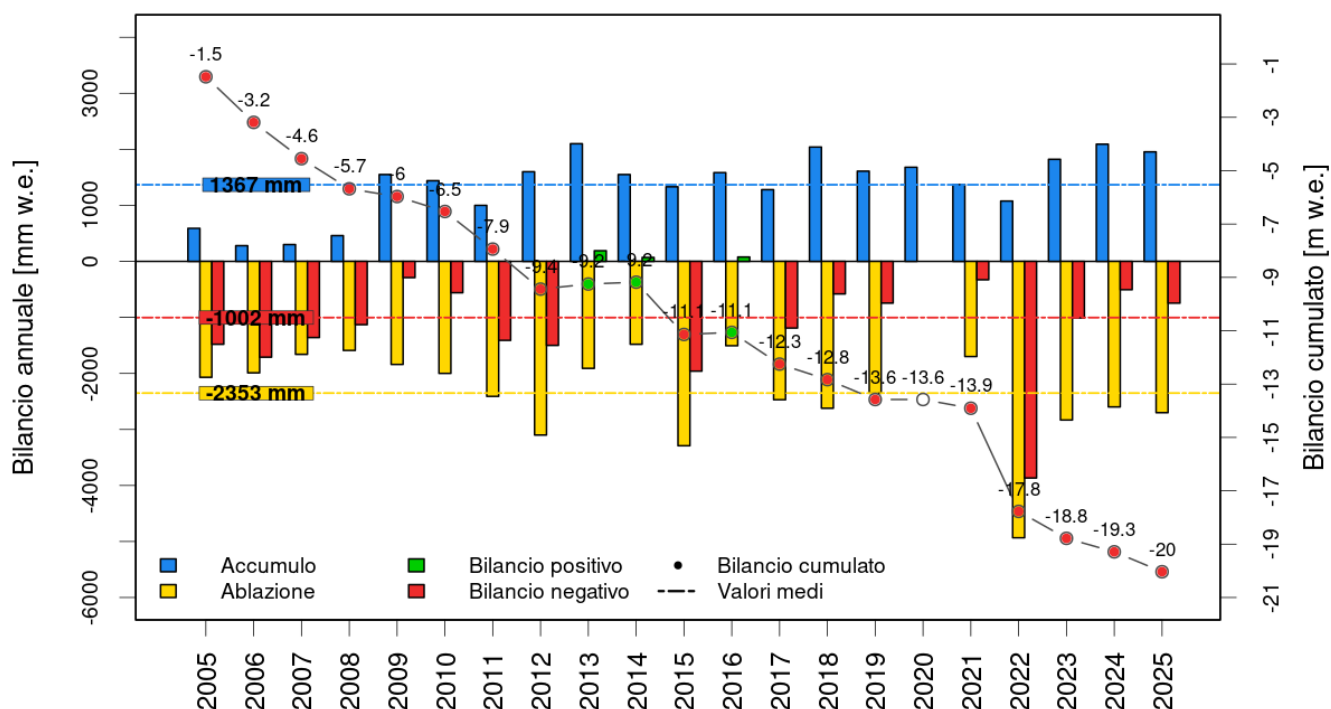


Figura 13 Bilancio di massa del ghiacciaio del Rutor (serie 2005 – 2025)

Il risultato finale del monitoraggio porta a un bilancio di massa netto per il ghiacciaio del Rutor di **-746 mm w. Eq.**

Ghiacciaio del Petit Grapillon

Il 26 agosto 2025 è stato ripetuto un rilievo aerofotogrammetrico mediante UAS (drone) sul ghiacciaio del Petit Grapillon, nel settore Nord della Val Ferret, sul versante sud-occidentale del gruppo del monte omonimo, in prossimità del confine italo-svizzero.

Trattandosi di un apparato glaciale di **ridotte dimensioni**, la sua persistenza è oggi seriamente compromessa dall'aumento delle temperature medie annuali, che accelera i processi di fusione e riduce progressivamente la sua massa.

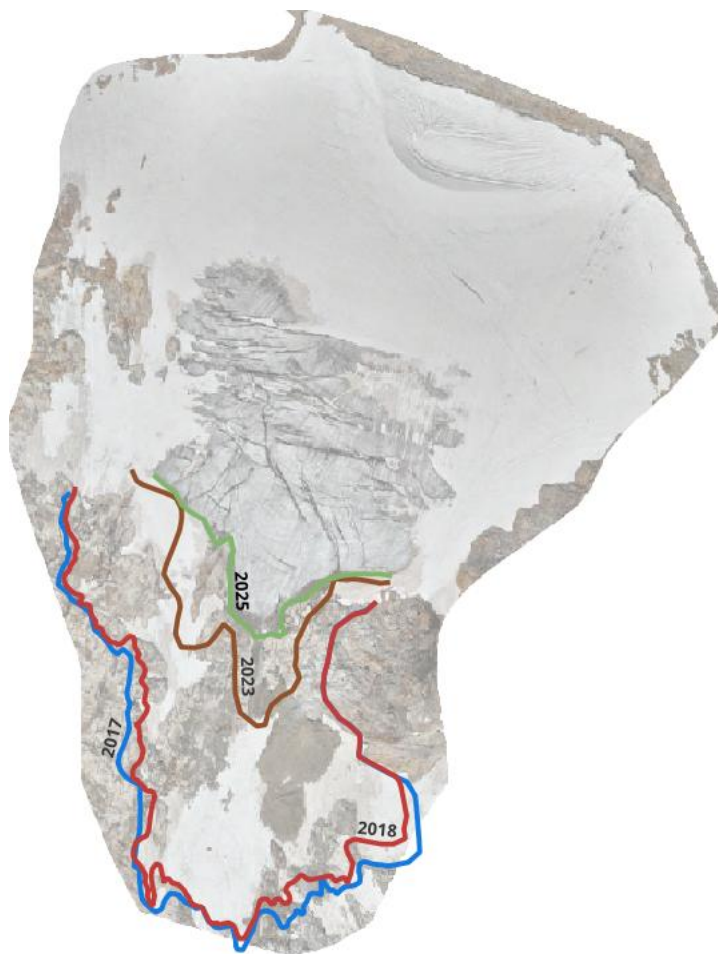


Figura 14 Posizione della fronte del ghiacciaio negli anni in cui sono stati realizzati rilievi (2017, 2018, 2025 -ARPA VdA; 2023 Struttura Attività Geologiche RAVA)

Tra il 2017 e il 2025 il ghiacciaio del Grapillon ha subito un arretramento frontale massimo di circa 130 m, accompagnato da una riduzione della superficie complessiva stimata tra 0,02 e 0,025 km², pari a una perdita areale di circa il 25–30% rispetto all'estensione del 2017, che era stata stimata in 0,6 km².

Le elaborazioni effettuate sulla base dei prodotti fotogrammetrici hanno evidenziato perdite di spessore del ghiaccio fino a 20 m nelle porzioni centrali e frontali dell'apparato, a testimonianza di un marcato processo di assottigliamento e regressione complessiva del corpo glaciale.

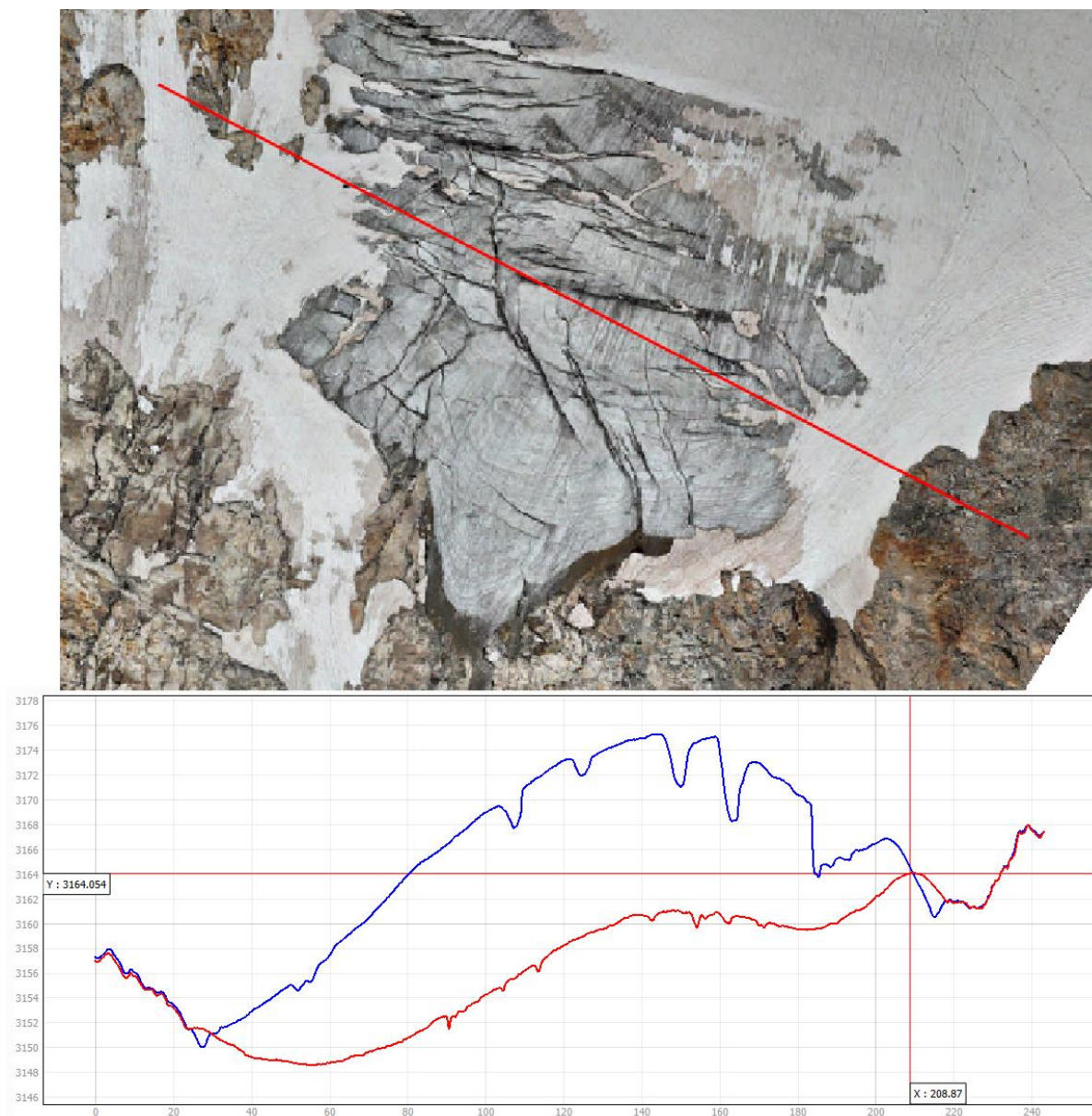


Figura 15 Confronto tra spessori di ghiaccio presenti nel 2017 e nel 2025, la sezione mostra nello specifico una perdita di spessore di circa 16 m (dato desunto da elaborazione DEM)

In assenza di una serie storica completa di dati di accumulo invernale e di ablazione estiva, la perdita di massa è stata stimata applicando il **metodo geodetico**, basato sulla differenza tra due modelli digitali di superficie ottenuti rispettivamente nel 2017 e nel 2025.

Autore: Federico Grosso/Umberto Morra di Cella

Il metodo geodetico viene solitamente applicato quando si dispone di **DEM prodotti a distanza di alcuni anni**, in genere più di 3–4, poiché confrontare modelli di superficie separati da un periodo più lungo consente di ottenere una **stima più affidabile delle variazioni complessive di volume**, riducendo l'influenza delle fluttuazioni stagionali o interannuali.

Nel caso del ghiacciaio del Petit Grapillon, questo approccio è stato scelto anche perché **non sono disponibili misure dirette di accumulo invernale e di ablazione estiva**.

Il confronto tra modelli digitali di superficie derivati da rilievi aerofotogrammetrici eseguiti a distanza di diversi anni ha quindi permesso di stimare la perdita di massa complessiva del ghiacciaio nel periodo considerato.

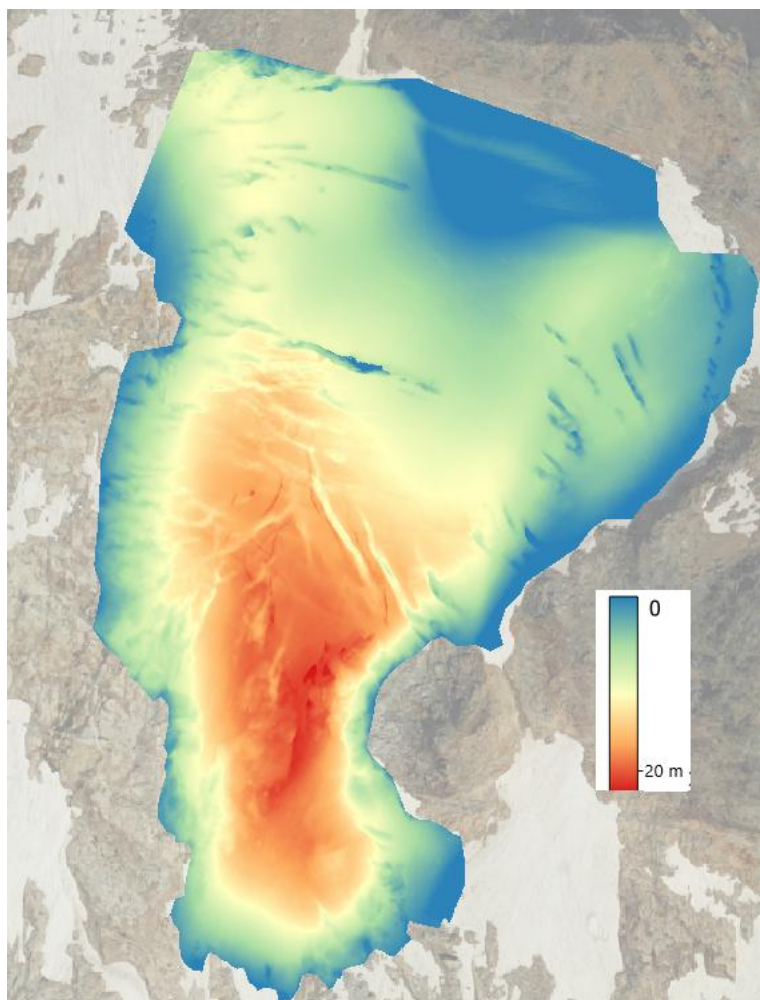


Figura 16 DoD del 2025 e 2017. Le parti in rosso evidenziano le aree con maggior perdita di spessore di ghiaccio



La variazione volumetrica così determinata è stata convertita in perdita di massa utilizzando un fattore di conversione pari a $850 \pm 60 \text{ kg/m}^3$ (Huss, 2013).

Il valore medio ottenuto di perdita di massa è pari a $-5,96 \pm 0,42 \text{ m w.e.}$, che conferma l'evoluzione regressiva del ghiacciaio nel periodo considerato.

Note

Huss, M. (2013). Density assumptions for converting geodetic glacier volume change to mass change. *The Cryosphere*, 7, 877–887. <https://doi.org/10.5194/tc-7-877-2013>