



REGIONE LOMBARDIA

Matteo Fioletti

Centro Nivometeorologico ARPA Lombardia- Bormio

Rendiconto:

<https://www.arpalombardia.it/Pages/RSA/Rischi-naturali.aspx>

INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO GENERALE

La stagione invernale 2023/2024 è stata migliore rispetto all'inverno 2022-2023. La parte iniziale della stagione è stata caratterizzata da abbondanti precipitazioni su tutti i settori lombardi consentendo un buon innevamento. Questo periodo è stato caratterizzato da un trend siccitoso lungo i mesi invernali (dicembre, gennaio e febbraio) successivamente variato da una primavera ricca di precipitazioni e temperature miti, garantendo un generale recupero e mantenimento dell'innevamento medio.

Dal confronto delle medie annuali per le rispettive stazioni di riferimento con i dati raccolti durante la suddetta stagione invernale, si può notare come il volume di neve fresca cumulata tendenzialmente sia al di sopra delle medie. Pertanto, si conferma che le precipitazioni nevose sono state maggiori sulle montagne appartenenti ai settori delle Retiche Centrali e dell'Adamello (Immagine 1).

L'innevamento di questa stagione registra una eccedenza ri-

spetto alla media degli ultimi 24 anni, grazie alle abbondanti precipitazioni e temperature più miti arrivate principalmente tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera.

ANALISI NIVOMETEOROLOGICA MENSILE

Di seguito vengono analizzati gli aspetti e gli eventi meteorologici principali che hanno caratterizzato la stagione invernale 2023-2024 nei diversi settori delle montagne lombarde. La stagione autunnale si rileva piuttosto ricca di precipitazioni solide con un conseguente deposito nevoso rilevante. Situazione che ha interessato la maggior parte delle montagne lombarde alle quote tra i 1800 m e i 2100 m in conseguenza a temperature superiori alla media stagionale. Infatti, si sono registrate temperature medie intorno a 7°C al di sopra dei 2000 m e climi ancora miti alle quote inferiori, come si evince dalla temperatura massima di 16°C registrata nella località di Madesimo Alpe Motta, stazione Campodolcino (1880 m) in data 29 ottobre 2022. Temperature che vedono un leggero

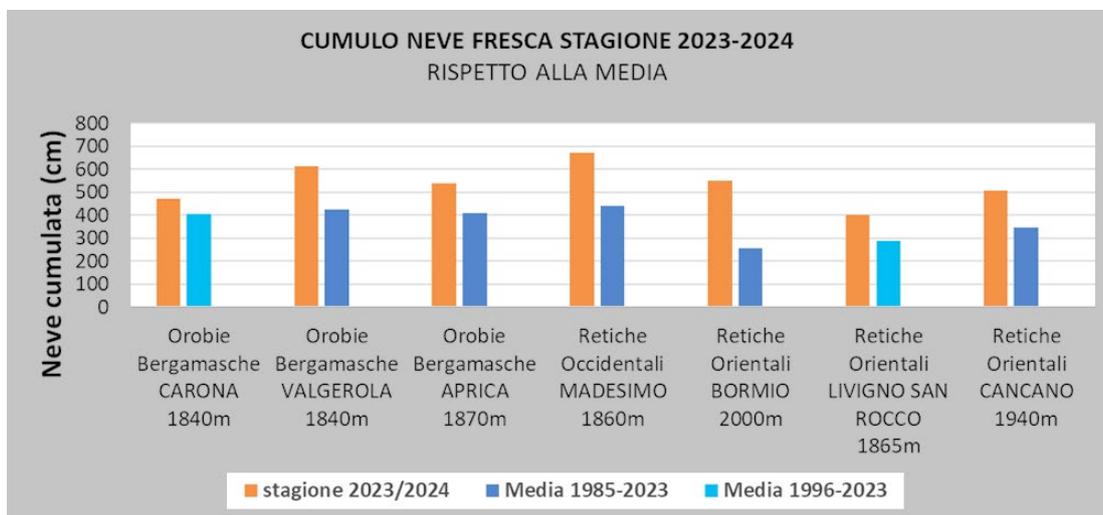


Immagine 1 - Confronto livello di neve cumulata al suolo (altezza in cm) in sette stazioni automatiche di riferimento. Dati della stagione invernale 2023-2024 e relative medie delle serie storiche di archivio.

RELAZIONI

abbassamento ai primi di novembre, così come nella seconda metà del mese, ove si registrano le prime modeste nevicate in quota con altezze di neve fresca al suolo a partire dai 15 cm. Le perturbazioni di fine novembre e dicembre hanno principalmente interessato i settori più orientali della Lombardia, quali Retiche Orientali e Adamello, con livelli medi dei depositi nevosi di 30-40 cm, i quali costituiranno un importante contributo alle quote tra i 2100 m e i 2200 m. Per tutto dicembre e gennaio al di sopra dei 2300 m si possono annotare temperature oscillanti intorno alla media stagionale di circa -1°C e precipitazioni nevose abbastanza frequenti con conseguente incremento dell'altezza del manto nevoso. Novembre, dicembre e gennaio evidenziano apporti di moderata entità anche alle quote tra i 2400 m e i 2500 m, con singoli depositi di neve fresca fino a 50 cm (data 5 dicembre 2022) e successivo assestamento del manto nevoso intorno ai 120-130 cm per tutto l'inverno fino alla prima metà di aprile. In parallelo, per le località attorno ai 1800-1900 m, si sono registrati massimi di accumulo prettamente nel mese di dicembre, con apporti anche di 57 cm alla stazione di Madesimo (1880 m) in data 4 dicembre 2022. Tali eventi sono stati favoriti da temperature prossime agli 0°C con massime non superiori a 2°C. In generale, il mese di febbraio si presenta piuttosto stabile con temperature sempre prossime ai 0°C oltre i 2000 m sui settori centro-orientali. Contesto favorevole alla preservazione del manto nevoso. A cavallo tra gennaio e febbraio si annotano venti prevalenti con velocità media di circa 8 m/s (equivalente circa a 30 km/h) in quasi tutte le stazioni di riferimento; la conseguenza da un punto di vista nivologico è la ridistribuzione del manto nevoso, con ampie zone erose alternate a locali accumuli anche di medio-grandi dimensioni, e problematiche legate alla neve ventata (valanghe a lastroni). Nella fascia alpina compresa tra i 1800 m e i 2000 m si registra a febbraio un periodo di 10 giorni particolarmente secchi e caldi per la media stagionale, con temperature di 9-10°C, con propensione alla parziale riduzione di spessore della neve depositata i mesi precedenti. Marzo e aprile si rivelano mesi interessanti per le dinamiche di accumulo. Intorno ai 1800-1900 m si verificano importanti eventi nevosi con apporti di 20-30 cm su tutto l'arco delle Retiche lombarde in contemporanea a un abbassamento delle temperature minime, per le quali si registrano nella giornata del 15 marzo -7°C a 2151 m Lanzada Palù e -14 °C a 3032 m al passo Marinelli. Alle quote superiori fino ai 2300 m i livelli di altezza neve si mantengono pressoché costanti intorno ai 90 cm per l'intero periodo. Nonostante ciò, inizio aprile si presenta come un periodo di instabilità tra i 1800 m e i 2100 m dove si comincia ad avvertire un clima più primaverile, con le ultime leggere nevicate di pochi centimetri. Episodio rilevante si è verificato al 21 aprile deponendo al suolo ben 70 cm di neve fresca anche a 1900 m (zona omogenea delle Retiche Occiden-

tali – area dell'alta Valchiavenna). Dato il periodo, tali apporti nevosi perderanno rapidamente spessore. La seconda metà di aprile si è prospettata proficua in termini di accumulo nevoso per le maggiori quote con eventi di precipitazione ancora di 20-30 cm nei pressi dei 2300 m e di 40-50 cm (14-21 aprile e 2 maggio) a 2400-2500 m. Nel suddetto periodo si sono registrate temperature massime intorno ai 10°C e picchi di temperature minime di -14°C. Tali cicli di fusione e rigelo hanno determinato un miglioramento complessivo della stabilità del manto nevoso. Maggio è caratterizzato da temperature medie massime intorno ai 13°C e minime di 3°C (approssimati). Clima decisamente più mite anche a 2000 m con temperature medie di 10-11°C e a 3000 m di 5-6°C, decretando così il termine della stagione di accumulo nevoso.

Attività eolica poco rilevante in quanto inferiore a 5,5 m/s (ossia 20 km/h).

Sulle Prealpi lombarde, gli eventi nevosi sono stati più ricorrenti rispetto all'anno prima, ma di minor intensità. Infatti, il quantitativo di neve accumulata al suolo non supera i 20 cm tra i 1000 e i 1200 m e i 30 cm per le quote maggiori fino ai 1800 m. Inverno caratterizzato da un clima prettamente fresco e mai pienamente freddo, con oscillazioni termiche leggermente superiori alla media. A quote superiori i 1700 m, nelle sezioni delle Prealpi bresciane e lariane, si possono evidenziare tre importanti contributi alla componente nevosa stagionale rispettivamente a fine dicembre, fine gennaio e metà aprile. Eventi ritenuti rilevanti per il mantenimento di un sottile strato di neve al suolo, creatosi in seguito al miglior andamento stagionale che registra più giorni di nevicate, sebbene con quantitativi modesti. Mentre, nel settore bergamasco a quote inferiori ai 1100 m, si calcolano volumi di neve ancora più contenuti.

Per tutte le località, con l'inizio di maggio si registrano trend negativi, con territorio privo di innevamento anche a quote superiori ai 1800 m.

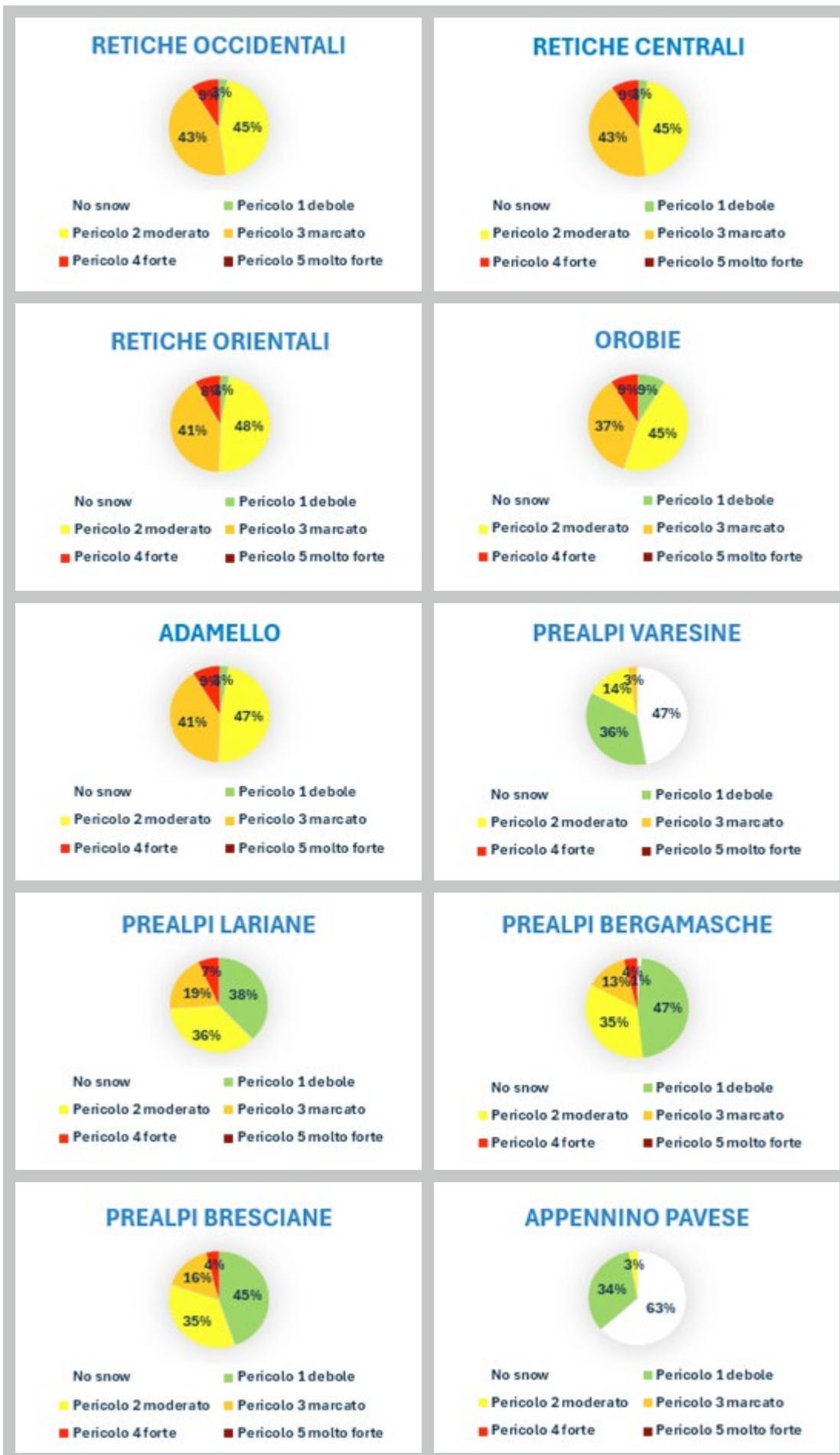
ANALISI GRADI DI PERICOLO VALANGHE EMESSI

La stagione invernale 2023-2024 è stata caratterizzata da una criticità mediamente marcata.

Sui settori Reticci, Adamello e Orobie il grado di pericolo maggiormente utilizzato (con una percentuale di circa il 45% dei bollettini emessi) è stato il 2 moderato (su una scala che va da 1 debole a 5 molto forte), mentre sui settori prealpini caratterizzati da maggior quota (Prealpi Lariane, Bergamasche e bresciane) il grado più ricorrente è stato l'1 debole.

Alle quote collinari delle Prealpi Varesine e dell'Appennino Pavese, lunghi periodi dell'inverno sono stati caratterizzati da assenza di neve rispettivamente il 47% ed il 63% dei bollettini emessi (indicata sul bollettino con l'icona "no snow"). Alle fasce altimetriche maggiori, il 3 marcato è stato emesso

Immagine 2-
Andamento dei gradi
di pericolo nelle zone
omogenee del Bollettino
di pericolo valanghe



RELAZIONI

nel 40 % dei bollettini, con il grado 1 debole pari al 3%.

Il grado 4 forte è stato utilizzato in media 13 volte sui settori Retici, Adamello e Orobie e 10 volte nelle Prealpi Lariane di 10 volte. Nei settori delle Prealpi Bresciane e Bergamasche è stato utilizzato 6 volte mentre per le Prealpi Varesine e gli Appennini Pavesi non vengono mai utilizzati.

Rispetto la passata stagione, quella del 2023-2024 presenta una maggior criticità evidenziata da un maggior numero di giorni classificati con grado di pericolo 3 marcato e 4 forte.

BILANCIO SNOW WATER EQUIVALENT

La stima del contenuto idrico della neve (SWE) a scala regionale, consente di valutare la quantità totale di equivalente in acqua immagazzinata nella neve e la sua distribuzione spaziale. Tale parametro riveste notevole importanza nel bilancio idrologico, in quanto rappresenta una riserva idrica che ha capacità di rilascio graduale ed è al tempo stesso un fattore da monitorare nella catena di controllo e di alertamento idrogeologico. Il calcolo del SWE si basa sulla valutazione dell'estensione della copertura nevosa e sulla misurazione dell'altezza e della densità del manto nevoso.

I campionamenti sono stati svolti alle quote comprese tra i 2.877 metri sulla Vedretta di Savoretta ed i 3.645 del Ghiacciaio di Fellaria Orientale. Questi completano ed integrano i dati raccolti in continuo attraverso la rete capillare di stazioni nivometeorologiche automatiche presenti sul territorio montano lombardo collocate a quote inferiori.

Sono stati eseguiti decine di carotaggi e di misure dell'altezza

del manto nivale su:

- ghiacciai del Vioz e Dosegù nel Sottogruppo Cevedale-San Matteo;
- ghiacciaio dei Vitelli nel Sottogruppo Ortles-Cristallo;
- ghiacciai dell'Adamello e del Pisgana nel Gruppo dell'Adamello;
- ghiacciai di Fellaria Orientale e dello Scalino nel Gruppo del Bernina.
- ghiacciai di Alpe Sud e di Savoretta nel Gruppo Sobretta-Gavia.

Rispetto agli anni precedenti non sono state effettuate le misure sul Fellaria Occidentale, ma sono stati campionati per la prima volta il ghiacciaio dello Scalino e di Savoretta.

Dai dati complessivamente raccolti si può confermare che l'ultima stagione sia stata caratterizzata da un innevamento nella media durante l'inverno e nettamente superiore nei mesi primaverili (considerando gli ultimi 15 anni) su tutte le montagne lombarde, rendendo la stagione 2023-2024 una delle migliori dell'ultimo ventennio come quantitativi di accumulo nivale. Nell'immagine 3 viene riportato l'equivalente in acqua della neve (SWE) calcolato a partire dai dati raccolti, espresso in kg/m² (ovvero considerato come il peso dell'acqua di disgelo per metro quadrato che risulterebbe se il manto nevoso si fondesse del tutto).

Sono stati riscontrati quantitativi di neve notevolmente superiori rispetto agli scorsi anni. Gli spessori variano tra i 2 e 7 m sui diversi ghiacciai, con minimo nelle quote più basse e una densità media di 560 kg/m³.

Immagine 3- Consuntivo stagionale delle campagne Snow-Water Equivalent. Dati assoluti in Kg/m³ e percentuali differenziali anno corrente e anno precedente.

BACINO	GHIACCIAIO	SWE 2016 Kg/m ²	SWE 2017 Kg/m ²	SWE 2018 Kg/m ²	SWE 2019 Kg/m ²	SWE 2020 Kg/m ²	SWE 2021 Kg/m ²	SWE 2022 Kg/m ²	SWE 2023 Kg/m ²	SWE 2024 Kg/m ²
Oglio	Pisgana	1169	1079	1126	2491	1322	1790	312	941	2675
	Adamello	1540	1015	1571	1655	1259	1967	499	946	2920
Adda	Dosegù	1233	710	1541	1924	1313	1456	519	802	2158
	Vios	988	549	1140	1145	1207	1826	874	964	1975
	Vitelli	1350	852	1220	1520	1574	1580	621	508	2201
	Alpe Sud	1023	1032	986	1510	926	1858	237	1187	2403
	Savoretta									2903
Bitto Mallero	Fellaria Orientale	1040	1100	2037	2080	1948	2192	1375	1723	4201
	Fellaria occidentale	901	841	1046	1935	1091	1481	337	941	
	Scalino									3016
	MEDIA	1156	894	1333	1783	1330	1769	597	1039	2717

BACINO	GHIACCIAIO	Differenza percentuale 2016-2017 %	Differenza percentuale 2017-2018 %	Differenza percentuale 2018-2019 %	Differenza percentuale 2019-2020 %	Differenza percentuale 2020-2021 %	Differenza percentuale 2021-2022 %	Differenza percentuale 2022-2023 %	Differenza percentuale 2023-2024 %
Oglio	Pisgana	-7,72	4,36	121,23	-46,92	35,40	-82,57	201,60	184,27
	Adamello	-34,10	54,78	5,35	-23,93	56,24	-74,63	89,58	208,67
Adda	Dosegù	-42,41	117,04	24,85	-31,76	10,89	-64,35	54,53	169,08
	Vios	-44,45	107,65	0,44	5,41	51,28	-52,14	10,30	104,88
	Vitelli	-36,90	43,19	24,59	3,55	0,38	-60,70	29,79	173,08
	Alpe Sud	0,90	-4,46	53,14	-38,68	100,65	-87,24	400,84	102,44
	Savoretta								
Bitto Mallero	Fellaria Orientale	5,74	85,18	2,11	-6,35	12,53	-37,27	25,31	143,82
	Fellaria occidentale	-9,66	28,50	84,99	-43,62	35,75	-77,25	179,23	
	Scalino								
	MEDIA	-22,65	49,17	33,68	-25,39	32,99	-66,26	74,07	161,55

I valori più elevati di SWE sono stati misurati nella zona dell'alta Valmalenco sull'apparato glaciale di Fellaria Orientale (40 m di neve cumulata). Valori compresi tra 27 e 30 m di neve cumulata sui ghiacciai dello Scalino, dell'Adamello e Savoretta e tra i 20 e 24 m in Ortles-Cevedale e Sobretta con un incremento medio del 160% rispetto alla stagione 2022-2023.

Concludendo si può affermare che i primi mesi invernali della stagione 2023-2024 siano stati caratterizzati da accumuli nivali nella media. La primavera, ricca di perturbazioni, ha determinato significativi incrementi di spessore del manto a tutte le quote. Questi, favorendo la formazione di accumuli degni di nota sui ghiacciai posti alle fasce altimetriche superiori, oltre che rallentare il processo di fusione dei ghiacciai, migliorano il bilancio idrico della stagione in corso.

BILANCIO GLACIOLOGICO

I ghiacciai rispondono in modo diretto e rapido alle dinamiche di cambiamento climatico (variazione temperature e regimi pluviometrici) modificando le proprie caratteristiche morfologiche e la loro dinamica con una riduzione della massa glaciale, un progressivo arretramento delle fronti glaciali, un incremento delle zone crepacciate, la formazione di depressioni e di laghi sulla superficie, l'aumento dell'instabilità di seracchi pensili. 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. Il Centro Nivometeorologico di ARPA Lombardia monitora diversi ghiacciai sull'arco alpino lombardo, sia mediante rilievi invernali, volti a quantificare l'entità degli accumuli nivali, che nel periodo estivo autunnale al fine di quantificarne la perdita di massa attraverso varie metodologie di rilievo (confronto letture paline ablatometriche, misure georadar, rilievi geodetici tramite GNSS e aerofotogrammetria).

In generale si può affermare che il 2024 è stato un anno rela-

tivamente negativo per il glacialismo alpino, considerando la forte riduzione di volume degli ultimi due anni. Infatti, il 2024 ha subito una riduzione glaciale molto inferiore rispetto al 2022 (anno peggiore della serie) e 2023. Anche se l'inverno e la primavera hanno registrato abbondanti precipitazioni, queste non sono state sufficienti a compensare l'impatto delle alte temperature estive, segnando in negativo il bilancio glaciologico lombardo con modeste perdite di massa. Fortunatamente le prime nevicite autunnali di fine settembre hanno bloccato questo trend negativo.

Nelle aree dei settori Retici sono state rilevate riduzioni di spessore medie di 1,8 metri a un'altitudine di 3000 metri, accompagnate da moderate variazioni negative dei fronti glaciali. Questi dati sottolineano la tendenza attuale, con una conseguente contrazione e arretramento delle lingue glaciali, ormai sempre più assottigliate e situate a quote progressivamente più elevate.

Questo quadro è coerente con quanto registrato a più larga scala sulle Alpi e a livello globale.



Immagine 4 - Ghiacciaio di Alpe sud – settembre 2024

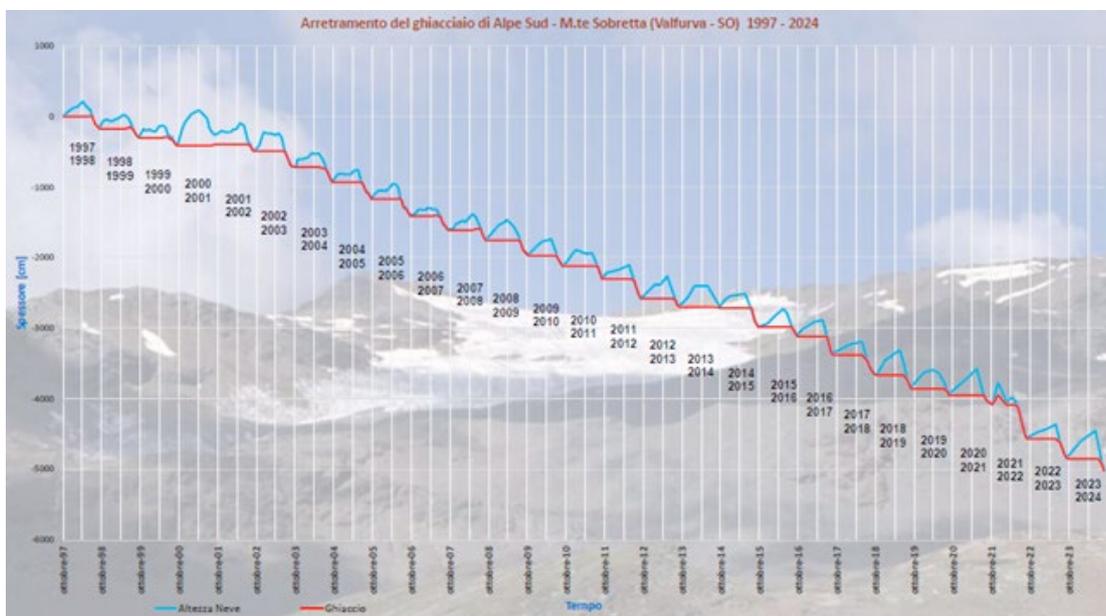


Immagine 5 - Ghiacciaio di Alpe sud – grafico arretramento