



Autonome Provinz Bozen
Provincia autonoma di Bolzano
Provincia autonoma de Bulsan
SÜDTIROL · ALTO ADIGE



FONDAZIONE
GLACIOLOGICA
ITALIANA

I GHIACCIAI DELLA VAL RIDANNA

Gianluigi Franchi, Roberto Dinale





1. La Val Ridanna.

Nel 2015 con l'intervento dell'Ufficio Idrografico della Provincia autonoma di Bolzano e del Comitato Glaciologico Italiano, fu allestita presso il Mondo delle Miniere di Ridanna Monteneve una mostra sui ghiacciai della Val Ridanna su dodici grandi pannelli. Il lavoro fu sintetizzato in un opuscolo, che ora, dopo undici anni, abbiamo integrato con nuove immagini e aggiornato nel testo e nei dati.

Finito di stampare nel giugno 2026.

SOMMARIO

1. LA VAL RIDANNA: UN'ANTICA VALLE GLACIALE	P. 2
2. FORMAZIONE ED EVOLUZIONE DEI GHIACCIAI	4
3. CARTOGRAFIA STORICA: LE ANTICHE CARTE DEL TIROLO	6
4. STUDI STORICI DEL GLACIALISMO DELLA VAL RIDANNA NELL'OTTOCENTO	10
5. STUDI STORICI DEL GLACIALISMO DELLA VAL RIDANNA NEL PRIMO NOVECENTO	14
6. VARIAZIONI FRONTALI	16
7. VARIAZIONI AREALI	20
8. LA MISURA DEL BILANCIO DI MASSA	24
9. RISULTATI DEGLI STUDI DEI BILANCI DI MASSA	27
10. LE MISURE DI PROFONDITÀ	31
11. PERICOLI NATURALI E UTILIZZAZIONE DELL'ACQUA	34
12. IL FUTURO DI CLIMA E GHIACCIAI	37
 Bibliografia e sitografia essenziali	 40
Gli autori	40
Ringraziamenti	41

1. LA VAL RIDANNA: UN'ANTICA VALLE GLACIALE

La Val Ridanna non solo è splendida per le sue bellezze naturalistiche e famosa per le sue miniere sfruttate fin dal Medioevo, ma è anche contornata da ghiacciai che attualmente occupano una superficie di oltre 6 km². I ghiacciai rappresentano interessi di carattere scientifico, turistico ed economico; inoltre sono un'importante riserva d'acqua, fondamentale per le colture e sfruttata per la produzione di energia elettrica.

La Val Ridanna è una tipica valle alpina dell'Alto Adige, che da una quota di circa 1000 m si eleva, lungo una ventina di km, fino ai 3471 m della Cima di Malavalle. Ha un profilo trasversale a U, come si può dedurre dalla foto F. 1, conseguenza del modellamento operato dai ghiacciai molte migliaia di anni fa.

La sua testata (F. 2) è costituita da un'ampia conca, divisa in molti ripiani a gradinata che formano circhi più o meno sviluppati, nei quali si realizzano condizioni diverse per la formazione del ghiaccio a seconda delle differenti esposizioni e inclinazioni. Il più possente di questi circhi è quello che viene delimitato dalla cresta che congiunge la Cima del Prete (3453 m) alla Cima di Malavalle (3471 m). Da qui si origina il flusso ghiacciato principale del Ghiacciaio di Malavalle (area attuale 5,53 km²), che lungo la sua discesa verso E, poi S e ancora E accoglie i contributi glaciali provenienti prima dal bacino di Cima Libera (3419 m), quindi da quelli con esposizione N che scendono dal Monte Reale (3132 m) e dal Capro (3251 m). La sua fronte si trova attualmente a 2620 m, mentre la quota più elevata arriva alla Cima di Malavalle. Fino agli anni Trenta del secolo scorso il ghiacciaio superava un salto roccioso di oltre 300 metri, precipitando con un'ampia seraccata sulla conca sottostante (tra 2100 e 2200 m), nella quale, durante il periodo di massima espansione della Piccola Età Glaciale (PEG, attorno al 1850), si era formata la Vedretta Piana.

Il secondo ghiacciaio per estensione (0,50 km²) è il Pendente, che occupa il versante meridionale della testata della Val Ridanna, tra la Cresta Rossa (3096 m) e il Montarso di Ponente (3246 m); attualmente si estende tra i 2620 m della fronte e i 2920 m della quota più elevata.

Altri piccoli ghiacciai, ormai in fase di estinzione, si trovano in alcuni circhi ai margini inferiori del Malavalle e della Valle dell'Erpice, a S della Conca Piana.



2. Il Malavalle nel 2020. A sinistra (versante sud) e a destra (nord) della zona frontale si notano due piccoli ghiacciai, ormai in fase di estinzione. Sempre a destra, versante meridionale della valle, il Pendente. Durante la Piccola Età Glaciale (PEG, circa 1850) il Malavalle arrivava ad occupare tutta la conca, dove ora scorre in lieve pendenza il torrente glaciale. Inoltre si possono osservare i limiti raggiunti dal ghiaccio (trim line) dal colore bruno chiaro delle rocce, che non sono ancora state colonizzate dai licheni.

2. FORMAZIONE ED EVOLUZIONE DEI GHIACCIAI

La precipitazione nevosa ha mediamente una densità di $0,1 \text{ kg/dm}^3$. La trasformazione dei cristalli, il peso di altre nevicate, i cicli di gelo e rigelo producono nel tempo la progressiva riduzione della porosità del manto nevoso con conseguente compattazione e aumento della sua densità. In alta montagna, se le condizioni climatiche e topografiche lo consentono, alla fine dell'estate può rimanere della neve residua (nevato o firn, densità $0,5/0,6 \text{ kg/dm}^3$). Quando ciò si verifica per più anni, i successivi depositi si stratificano (F. 3 e F. 4), e si arriva alla formazione del ghiaccio (densità $0,9 \text{ kg/dm}^3$).

Mosso dal proprio peso e dalla pendenza del substrato roccioso, il ghiaccio scorre poi verso valle, dove incontra un clima più mite e tende a sciogliersi. Sulla sua superficie si possono formare crepacci, inghiottitoi e talvolta seracchi, e si comincia a distinguere una zona di accumulo (F. 5 e F. 6), dove resta della neve alla fine dell'estate, e una zona di ablazione (F. 7), dove si scioglie tutta la neve e parte del ghiaccio. Il limite tra le due zone è definito *linea di equilibrio* (ELA), la cui quota è estremamente sensibile alle condizioni climatiche.

Nel suo movimento il ghiacciaio compie un'azione di erosione sul fondo e sui fianchi vallivi, e un'azione di trasporto di massi rocciosi e detriti: le morene (F. 8). Se nel corso degli anni si verifica un aumento della temperatura e una diminuzione delle precipitazioni nevose, come nell'epoca attuale, il ghiacciaio si ritira depositando i materiali trasportati e favorendo la formazione di laghi. Dai cordoni morenici si possono ricostruire i limiti raggiunti dai ghiacciai in passato. Le analisi dei carotaggi di ghiaccio antartico ci mostrano come nell'ultimo milione di anni su tutta la Terra si siano succedute ampie oscillazioni climatiche, con periodi di circa 100.000 anni, accompagnate da fasi glaciali e interglaciali. Più volte per migliaia di anni fiumane di ghiaccio, alte fino a 2000 m, sono avanzate nelle vallate di montagna arrivando anche alle pianure, per poi ritirarsi nelle nicchie delle cime o scomparire del tutto. Ad esempio in Europa, durante il massimo dell'ultima glaciazione, circa 20.000 anni fa, un'enorme calotta ghiacciata si estendeva dalla Scandinavia alle isole britanniche e alla Germania settentrionale (F. 9), il livello del mare era inferiore all'attuale di circa 120 metri e il ghiaccio marino artico (banchisa) arrivava fino all'Irlanda. Successivamente siamo entrati nell'attuale fase interglaciale, in cui si sono comunque manifestate piccole oscillazioni climatiche, della durata di alcuni secoli, e conseguenti fluttuazioni dei ghiacciai.



3. Strati di nevato visibili in un crepaccio sul bacino di Cima Libera...



4. ... e del Pendente (2003).



5. Pendente e Malavalle (nel 1930): ben evidenti gli strati di nevato.



6. Bacini di accumulo sul Malavalle.



7. Ghiaccio collassato sul Pendente.



8. Rocce “montonate” e cordoni morenici (Malavalle, zona frontale).



9. L'Europa durante l'ultima glaciazione (circa 20.000 anni fa): la calotta glaciale scandinava, spesso fino a 2500 m, si estendeva verso le isole britanniche e il Nord della Germania; il livello del mare era di circa 120 m inferiore all'attuale e il ghiaccio marino artico (banchisa) arrivava fino all'Irlanda.

3. CARTOGRAFIA STORICA: LE ANTICHE CARTE DEL TIROLO

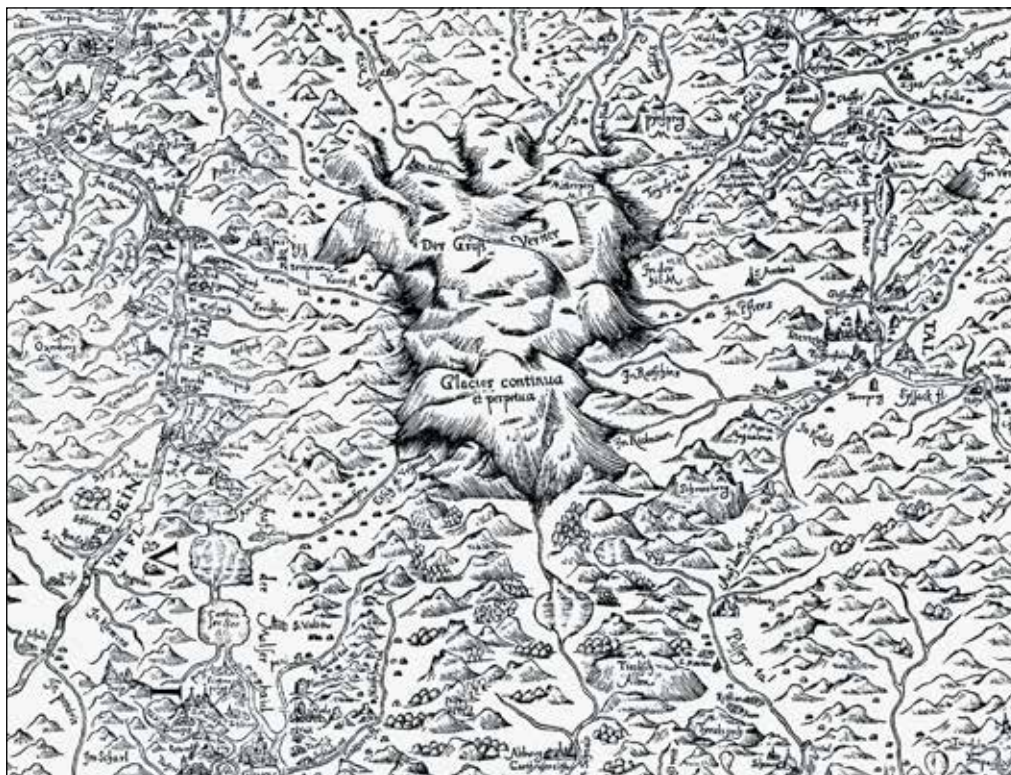
Dal XVI secolo si pubblicarono carte geografiche del territorio del Tirolo, ma fino a tutto il Settecento non venivano riportati i toponimi dei ghiacciai.

Tra le carte più famose si ricorda innanzi tutto quella della Contea del Tirolo di W. Lazius (1561). Dopo di lui A. Ortelius pub-

blicò il *Theatrum Orbis Terrarum* ("Teatro del mondo", Anversa 1570) considerato il primo atlante mondiale. Di esso fa parte anche la Carta del Tirolo, per la quale si è avvalso della precedente carta del Lazius. Nel dettaglio (F. 10) il territorio della Val Ridanna è indicato con *Schneperg*.



10. Carta di A. Ortelius (1573, dettaglio).



11. Carta di W. Ygl (1605, dettaglio).

Nella Carta in scala 1:253.000 di W. Ygl (Praga, 1605), gli apparati glaciali vengono identificati con il toponimo *Der Groß Verner* e con la precisazione *Glacies continua et perpetua* (F. 11).



12. *Atlas Tyrolensis* di P. Anich – B. Hueber (1774, dettaglio).

L'*Atlas Tyrolensis* è una delle opere cartografiche più importanti del Settecento per la buona precisione della rappresentazione e per la grande scala usata (1:103.800). La Carta del Tirolo fu realizzata da P. Anich e successivamente terminata da B. Hueber (detti anche *Bauernkartografen* perché di origine contadina) e pubblicata nel 1774 (F. 12). La rappresentazione dei ghiacciai, rispetto alle carte precedenti, è più dettagliata, e si può individuarne abbastanza bene il limite inferiore, da cui risulta che il Malavalle occupa gran parte della Conca Piana. Questo significa che era ancora in fase di espansione, conclusasi attorno al 1850.

4. STUDI STORICI DEL GLACIALISMO DELLA VAL RIDANNA NELL'OTTOCENTO

Tra i secoli XVIII e XIX la lingua del Malavalle occupava l'intera Conca detta Vedretta Piana (*Ebener Ferner*): da là provenivano inondazioni ricorrenti che colpivano la Val Ridanna. Interessante la descrizione anonima apparsa sul *Bote von und für Tirol und Vorarlberg* (Messaggero del e per il Tirolo e il Vorarlberg) del 18 e 22 agosto 1825 (F. 13):

«La Val Ridanna, che si estende per tre ore di cammino a nord ovest di Vipiteno, una volta era una valle probabilmente incantevole, ma da tempo è rovinata da continue inondazioni; si trova vicino a un ghiacciaio che qui viene chiamato semplicemente Ferner... Durante l'ultima grande inondazione nell'anno 1821 il torrente lasciò il suo alveo per formarne uno nuovo tra i migliori prati e campi della valle... Poco sopra (l'Accla) in una grande piana, c'era più di cent'anni fa un meraviglioso alpeggio che ora è coperto di ghiacci perpetui... Se ci dirigiamo verso ovest arriviamo alla valle chiamata Egget (Erpice), dalla quale dipende il destino degli abitanti di Ridanna. Qui ogni anno si forma un lago, lungo mezz'ora di cammino e largo un quarto d'ora, alimentato da neve fusa e acqua del ghiacciaio; il lago è sbarrato da un alto muro di ghiaccio. Sono fortunati i valligiani se questo muro riesce a tenere la pressione dell'acqua, cosicché questa defluisca dall'alto, come è successo negli ultimi tre anni; ma sono sfortunati se questo muro si rompe ai lati o sotto, liberando le acque con incredibile forza verso Ridanna».

13. Estratto dal *Bote von und für Tirol und Vorarlberg* (18 e 22 agosto 1825).

1914

1913

1912

1911

1910

1909

1908

1907

1906

1905

1904

1903

1902

1901

1900

1899

1898

1897

1896

1895

1894

1893

1892

1891

1890

1889

1888

1887

1886

1885

1884

1883

1882

1881

1880

1879

1878

1877

1876

1875

1874

1873

1872

1871

1870

1869

1868

1867

1866

1865

1864

1863

1862

1861

1860

1859

1858

1857

1856

1855

1854

1853

1852

1851

1850

1849

1848

1847

1846

1845

1844

1843

1842

1841

1840

1839

1838

1837

1836

1835

1834

1833

1832

1831

1830

1829

1828

1827

1826

1825

1824

1823

1822

1821

1820

1819

1818

1817

1816

1815

1814

1813

1812

1811

1810

1809

1808

1807

1806

1805

1804

1803

1802

1801

1800

1799

1798

1797

1796

1795

1794

1793

1792

1791

1790

1789

1788

1787

1786

1785

1784

1783

1782

1781

1780

1779

1778

1777

1776

1775

1774

1773

1772

1771

1770

1769

1768

1767

1766

1765

1764

1763

1762

1761

1760

1759

1758

1757

1756

1755

1754

1753

1752

1751

1750

1749

1748

1747

1746

1745

1744

1743

1742

1741

1740

1739

1738

1737

1736

1735

1734

1733

1732

1731

1730

1729

1728

1727

1726

1725

1724

1723

1722

1721

1720

1719

1718

1717

1716

1715

1714

1713

1712

1711

1710

1709

1708

1707

1706

1705

1704

1703

1702

1701

1700

1699

1698

1697

1696

1695

1694

1693

1692

1691

1690

1689

1688

1687

1686

1685

1684

1683

1682

1681

1680

1679

1678

1677

1676

1675

1674

1673

1672

1671

1670

1669

1668

1667

1666

1665

1664

1663

1662

1661

1660

1659

1658

1657

1656

1655

1654

1653

1652

1651

1650

1649

1648

1647

1646

1645

1644

1643

1642

1641

1640

1639

1638

1637

1636

1635

1634

1633

1632

1631

1630

1629

1628

1627

1626

1625

1624

1623

1622

1621

1620

1619

1618

1617

1616

1615

1614

1613

1612

1611

1610

1609

1608

1607

1606

1605

1604

1603

1602

1601

1600

1599

1598

1597

1596

1595

1594

1593

1592

1591

1590

1589

1588

1587

1586

1585

1584

1583

1582

1581

1580

1579

1578

1577

1576

1575

1574

1573

1572

1571

1570

1569

1568

1567

1566

1565

1564

1563

1562

1561

1560

1559

1558

1557

1556

1555

1554

1553

1552

1551

1550

1549

1548

1547

1546

1545

1544

1543

1542

1541

1540

1539

1538

1537

1536

1535

1534

1533

1532

1531

1530

1529

1528

1527

1526

1525

1524

1523

1522

1521

1520

1519

1518

1517

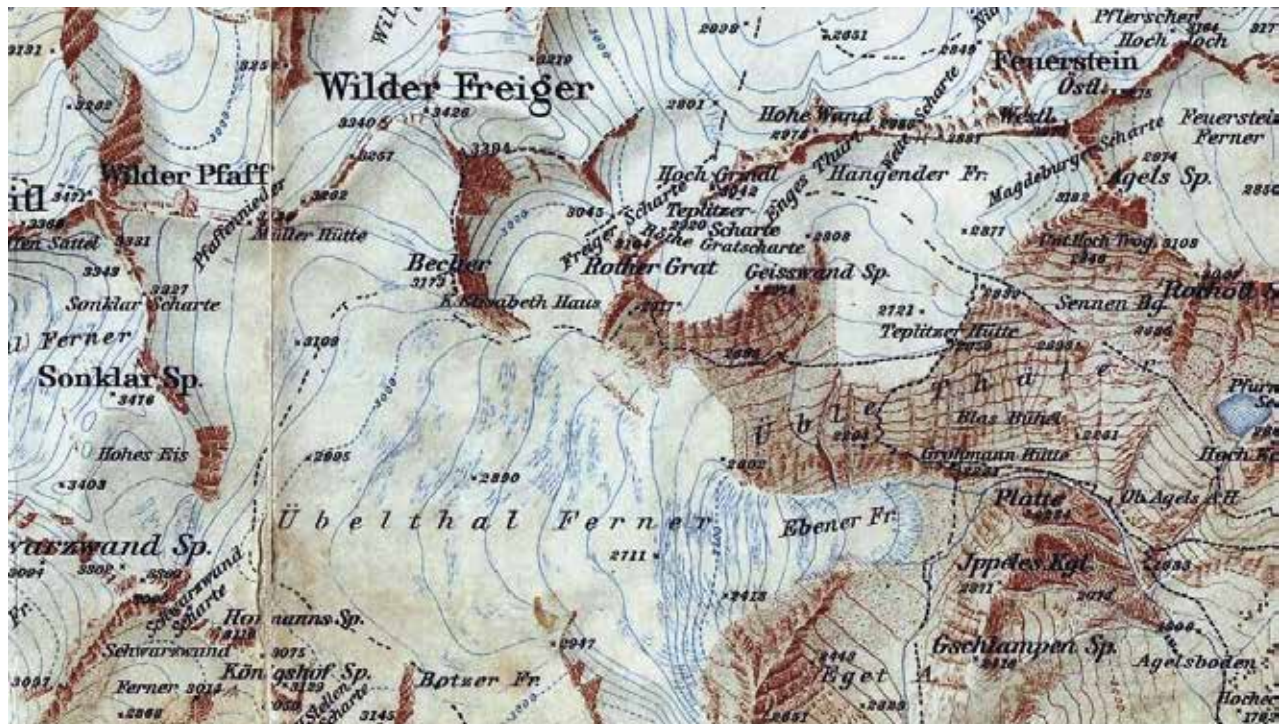
1516

1515

1514

1513

1512</



15. Carta dell'Alpenverein "Oetzthal & Stubai" scala 1:50.000 (1898). La lingua del Malavalle si è ritirata a metà Conca. Sono già indicati i rifugi.

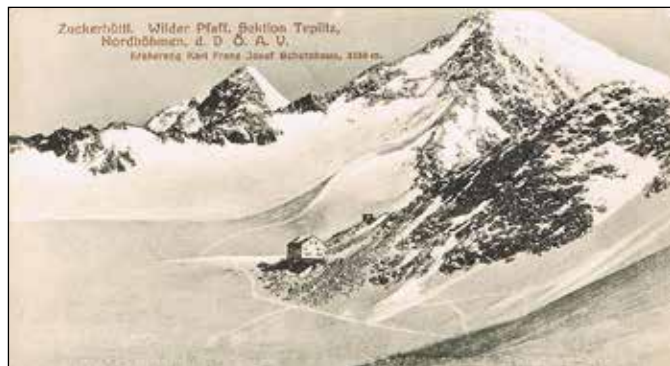
In quegli anni furono costruiti accanto al ghiacciaio quattro rifugi: nel 1887 il Grohmann (quota 2254 m); nel 1889 il Tepliz (2586 m); nel 1891 il Müller (3139 m); infine nel 1894 fu edificato sul Becher (3195 m) il rifugio dedicato all'imperatrice Elisabetta (F. 15-F. 19).



16. Rifugio Grohmann (Vedretta Piana, 1887).



17. Rifugio Teplitz (Vedretta Pendente, 1889).



18. Rifugio Müller (Libera, 1891).



19. Rifugio Becher (Gino Biasi. Bicchiera, 1894).

5. STUDI STORICI DEL GLACIALISMO DELLA VAL RIDANNA NEL PRIMO NOVECENTO

Nel 1903, in occasione del IX Congresso Geologico Internazionale, E. Richter osservò che la lingua del Malavalle occupava meno di metà della Conca. M. Lagally nel 1912 constatò che il ghiacciaio nella Conca era arretrato di 225 m in 10 anni; poi nel 1915 vide che il ritiro era cessato e la fronte si presentava ingrossata. In effetti negli anni successivi il ghiacciaio ebbe una piccola oscillazione positiva. Un'attenzione molto minore fu dedicata al Pendente, perché ritenuto meno interessante per le sue ridotte dimensioni. Nel periodo della massima espansione (intorno alla metà dell'Ottocento) questo ghiacciaio spingeva la sua fronte verso sud a circa 2400 m di quota fin sull'orlo delle "Vallacce" (Uebel Thaler) che sovrastavano la conca occupata dal Malavalle (da qui il nome di "Pendente"). Bruno Castiglioni, professore all'Istituto di Geografia Fisica dell'Università di Padova, nel 1928 predispose un programma di ricerche glaciologiche e idrologiche sul Malavalle, con l'obiettivo che la Val Ridanna potesse divenire col tempo sede di un vasto sfruttamento idroelettrico. Vennero installati vicino ai rifugi pluvionivometri e capannine meteorologiche; si effettuarono sul ghiacciaio misure di ablazione e misure topografiche per i rilievi della fronte e dei contorni del ghiacciaio. Inoltre venne posizionato nella Conca Piana un idrometrografo per le misure di deflusso del torrente glaciale. Fu un progetto impegnativo e oneroso, per la quantità dei materiali necessari e la loro manutenzione; durò cinque anni, e furono coinvolti professionisti, tecnici e molti abitanti della valle che contribuirono ai trasporti e a varie attività operative (F. 20 - F. 26).



20. 1928: capannina meteo presso il Bicchiere;



21. ... il Pendente visto dal Malavalle;



22. ... fronte del Malavalle;



23

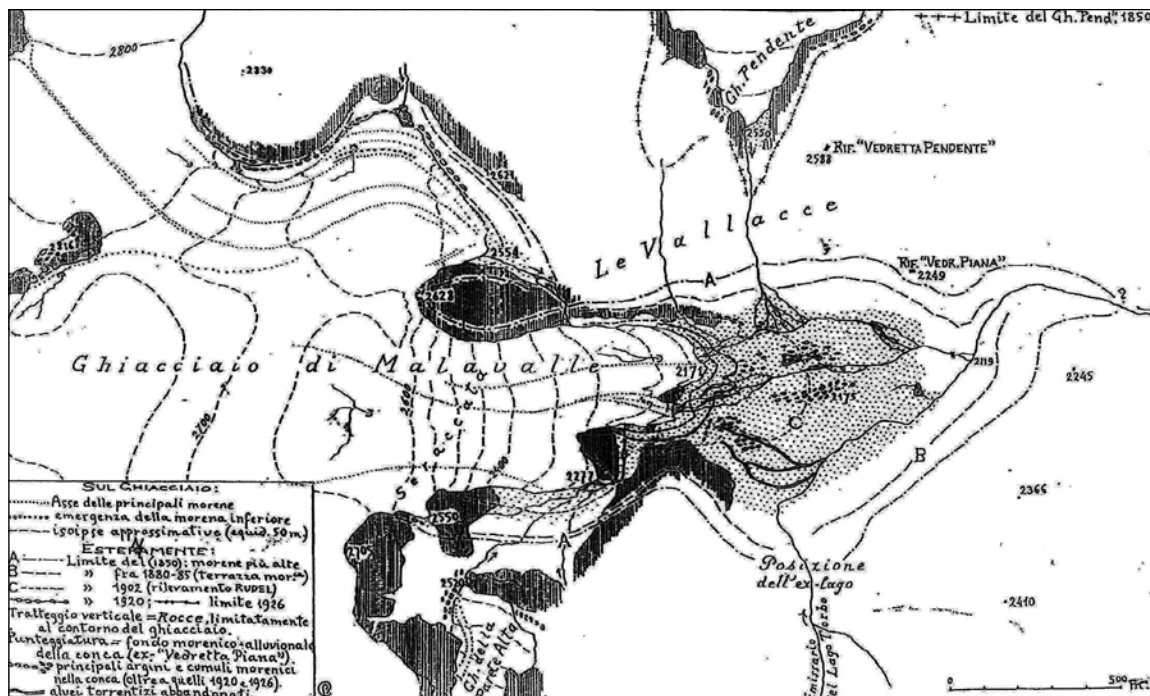


24



25

23. ... rilievi del topografo;
 24. ... strumentazioni presso il Teplitz;
 25. ... stazione idrometrica.



26. Schizzo di Castiglioni della lingua del Malavalle con le fasi di ritiro fino al 1929.

6. VARIAZIONI FRONTALI

Per valutare la posizione della fronte di un ghiacciaio, alla fine della stagione estiva di ogni anno, si misura la distanza e la direzione da uno o più punti fissi (grossi massi o rocce con segnali appositi) al limite inferiore del ghiaccio.

Nelle Alpi, in particolare in Austria, le prime misure frontali dei ghiacciai risalgono alla metà dell'Ottocento, nel periodo della loro massima espansione durante la Piccola Età Glaciale (PEG), che con fasi alterne continuava dal XV secolo. In Alto Adige sono attualmente disponibili osservazioni per circa 40 ghiacciai, effettuate su base volontaria dagli operatori del Servizio Glaciologico del CAI Alto Adige e della Fondazione Glaciologica Italiana (ex CGI - Comitato Glaciologico Italiano).

I ghiacciai alpini subirono un generale ritiro a partire dalla metà del XIX secolo; si ebbero anche fasi di stazionarietà o di debole crescita, tra il 1890 e il 1900, attorno al 1920 e tra il 1970 e il 1980, poi il ritiro è stato intenso soprattutto negli ultimi vent'anni.

Dal 1922 fino al 1928 le osservazioni delle variazioni frontali dei ghiacciai Malavalle e Pendente furono saltuarie; poi divennero regolari dal 1928 fino al 1938 (B. Castiglioni 1928-1932, V. Conci 1933-1938) e venivano pubblicate sul Bollettino del CGI. In seguito furono sporadiche, quindi dal 1987 sono state effettuate regolarmente ogni anno (G. Franchi).

Dalla fase di massima espansione della PEG il Malavalle si è ritirato di circa 2400 m lineari e la quota della fronte è passata da 2070 m agli attuali 2620 m. Analogamente la fronte del Pendente è arretrata di oltre 1100 m e la sua quota frontale è salita da 2400 m a 2620 m. Quindi in 175 anni il Malavalle ha subito un arretramento medio di -13,5 m all'anno (ma negli ultimi 10 anni -25m/anno); mentre la media del Pendente è stata di -7,5 m all'anno (ma -20 m/anno negli ultimi 10 anni). Tali differenze sono dovute, in gran parte, alle diverse conformazioni dei bacini che accolgono i ghiacciai. Da notare che nel 2014 il ritiro del Malavalle è stato di 51 metri a causa del crollo della caverna d'uscita del torrente glaciale, e nel 2023 addirittura di 69 metri. Sul Pendente nel 2022 la fronte è collassata, ritirandosi di 37 metri lasciando ghiaccio morto sul laghetto proglaciale. Dalle immagini del Malavalle visto dal lago del Forno (F. 27-F. 31) e dall'arco morenico della PEG (F. 32-F. 35), come pure da quelle aeree e frontali sul Pendente (F. 36-F. 39), si può rilevare, oltre al notevole ritiro frontale, la forte riduzione di spessore dei ghiacciai.



27. Visto dal lago del Forno, a fine '800 il Malavalle occupa ancora una parte della Conca Piana.



28. 1929: la lingua del Malavalle raggiunge appena la Conca Piana a 2170 m.



29. Conca Piana e Malavalle nel 1992...



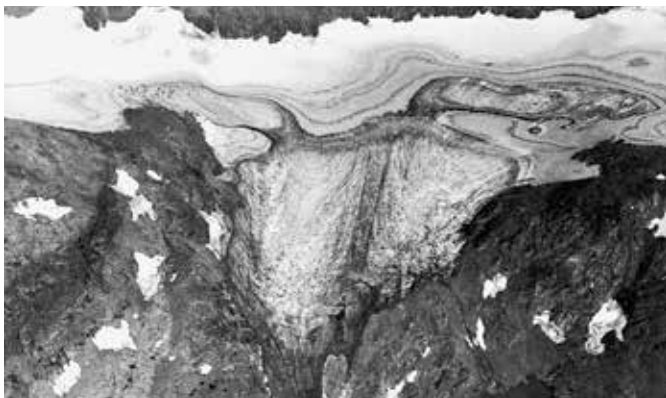
30. ... nel 2014.



31. ... nel 2024.



32-35. Fronte secondaria del Malavalle e laghetto proglaciale dall'arco morenico della PEG fra il 1978 e il 2025.



36-37. Il Pendente nel 1982 e nel 2022. Evidenti, per il diverso colore, le rocce montonate e il trim line (limite sulle rocce dell'espansione a metà '800).



38. Fronte del Pendente nel 2011...



39. ... e nel 2025; il bacino orientale si è quasi svuotato.

7. VARIAZIONI AREALI

Il Catasto dei ghiacciai censisce e cataloga i ghiacciai esistenti. Il primo in Italia fu pubblicato da C. Porro nel 1925: "Elenco dei ghiacciai italiani". I primi rilievi di campagna dei ghiacciai della Val Ridanna risalgono alla Piccola Età Glaciale (PEG, stima 1850 circa), poi al 1888 (Richter) e al 1929 (Castiglioni). Successivamente entrarono nella pubblicazione del Catasto dei ghiacciai italiani (1958-1962); quindi nel Catasto dei ghiacciai altoatesini, del 1983, del 1997, del 2006 e del 2017, per la cui compilazione e aggiornamento sono stati di ausilio il modello digitale del terreno (DTM), eseguito tramite laserscanner aviotrasportato, e le immagini aerofotogrammetriche. Gli ultimi dati sono stati ricavati dall'ortofoto del settembre 2023.

Queste le estensioni di Malavalle e Pendente da metà Ottocento in poi, in cui si riscontra un'oscillazione positiva nei primi anni '80 del Novecento:

Anni	1850	1888	1929	1958	1983	1997	2006	2017	2023
Malavalle, km ²	12,4	10,7	10,3	8,7	9,4	7,9	7,2	5,9	5,5
Pendente, km ²	2,6	2,3	1,6	1,3	1,4	1,2	1,0	0,8	0,5

Rispetto alla massima estensione della Piccola Età Glaciale, stimata valutando la posizione delle morene risalenti a tale epoca, nel 2023 il Malavalle si era ridotto di oltre la metà, e il Pendente dell'80% circa.

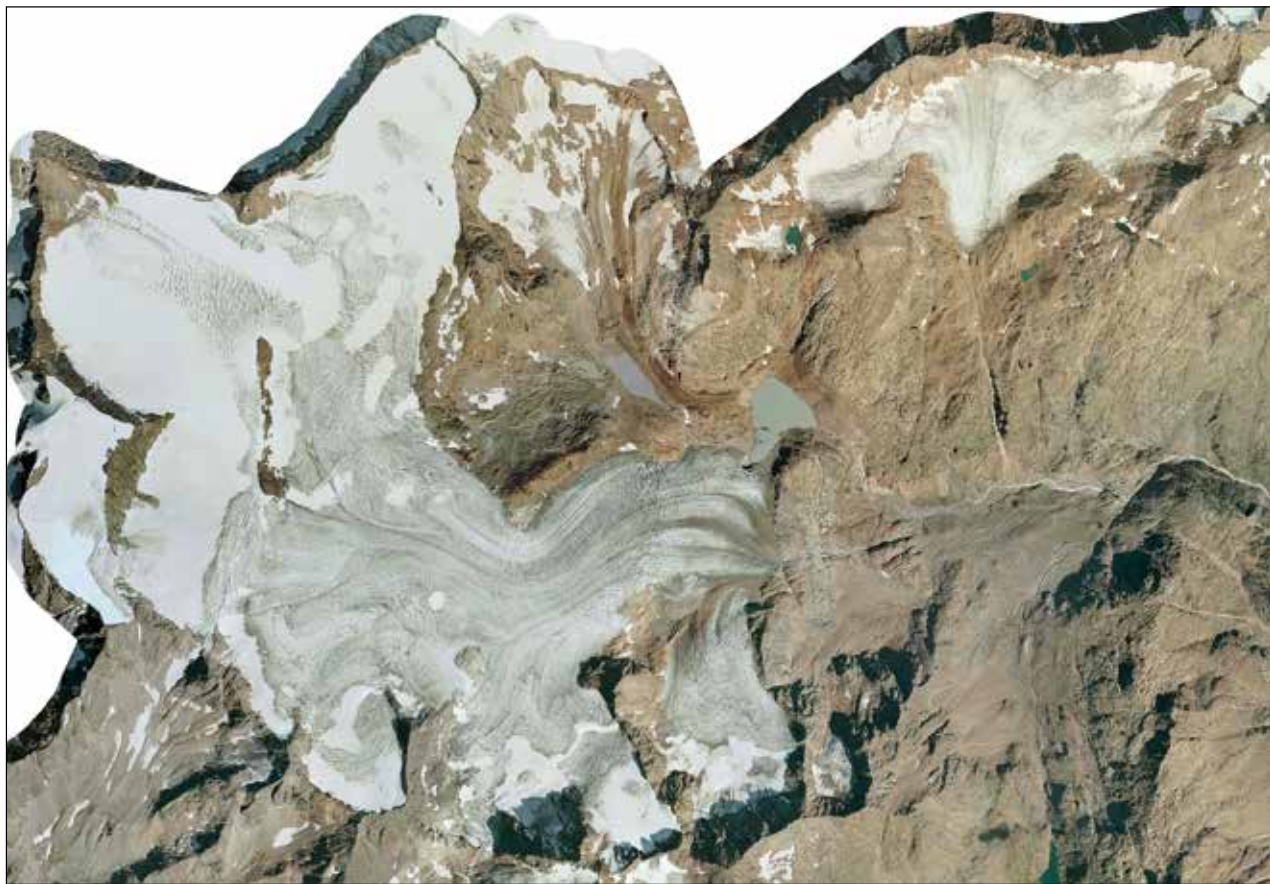
Nonostante la forte riduzione delle dimensioni, accompagnata da una notevole perdita di spessore, il Malavalle rimane il più vasto ghiacciaio dell'Alto Adige. Le sue modificazioni più significative degli scorsi anni riguardano, oltre al ritiro frontale, la separazione dal resto dell'apparato del piccolo ghiacciaio che occupa il bacino della Parete Alta, l'emersione di molte finestre di roccia in particolare nel bacino di Cima Libera, il distacco dal resto del ghiacciaio del flusso proveniente dal bacino alto di Cima Malavalle a causa del collasso della seraccata. Sul Pendente si evidenzia la scomparsa quasi totale del ghiaccio nel bacino orientale e la notevole perdita di spessore del suo corpo centrale (F. 40-F. 43).



40. Pendente e Malavalle visti dalla
forcella Montarso nel 1958...



41. ... e nel 2025.



42. Ortofoto Malavalle e Pendente: nel 1999...



43. ... e nel 2023.

8. LA MISURA DEL BILANCIO DI MASSA

Il Bilancio di Massa esprime la reazione di un ghiacciaio alle condizioni climatiche e consente di quantificare in modo diretto il suo "stato di salute" (stabilità, aumento, diminuzione). Si esprime in mm di equivalente in acqua (mm w.e.), e corrisponde ad una stima dell'aumento oppure della diminuzione di ghiaccio e neve che si verificano sulla superficie del ghiacciaio durante l'anno idrologico, che convenzionalmente inizia il 1° ottobre e termina il 30 settembre dell'anno successivo.

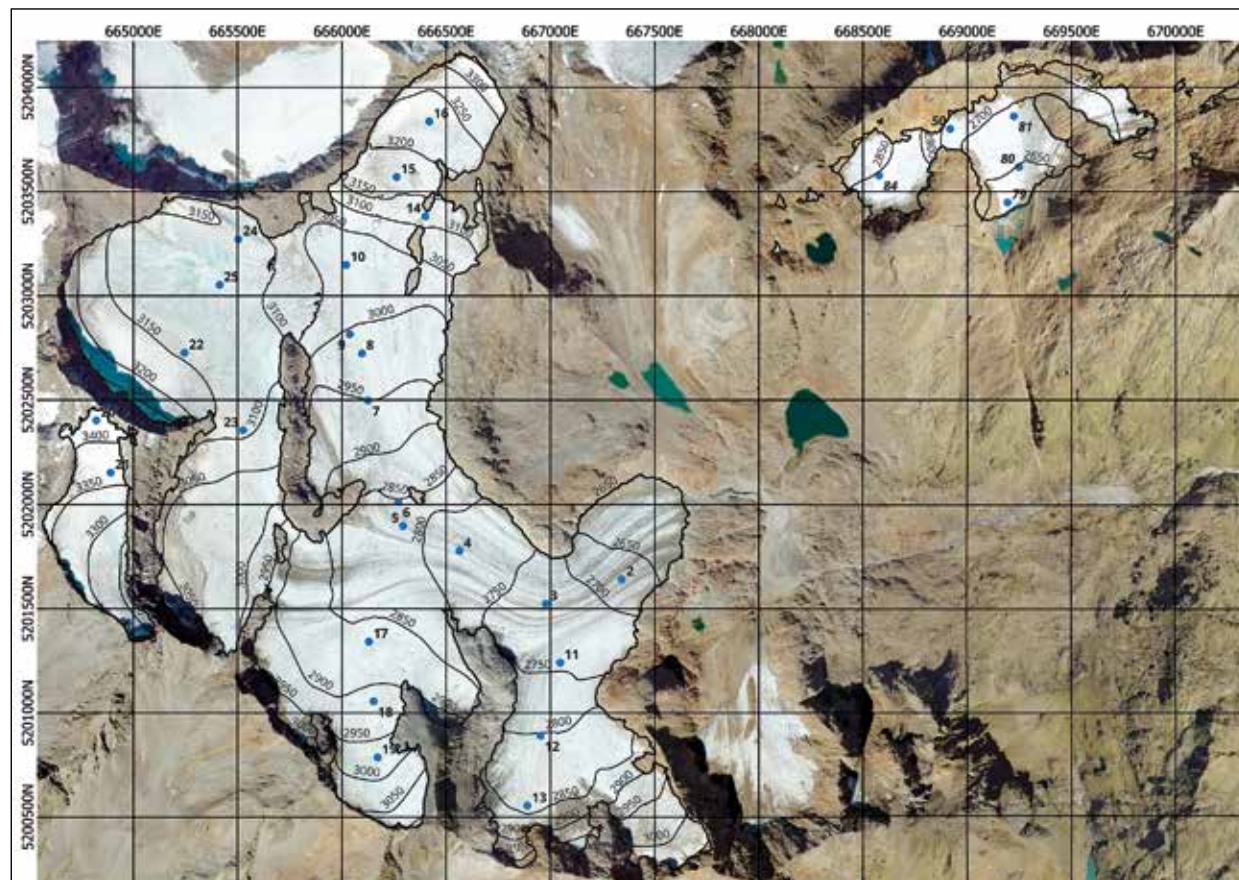
Il guadagno e la perdita della massa glaciale hanno un carattere stagionale, per cui il Bilancio di Massa viene suddiviso in Invernale, Estivo, ed Annuale. Il metodo più diffuso per determinarlo è quello glaciologico diretto: si misurano le variazioni dello spessore di ghiaccio e neve in una rete di punti rappresentativi in cui vengono installate delle "paline ablatometriche" (F. 44), aste numerate infisse nel ghiaccio opportunamente perforato per mezzo di trivelle meccaniche, che raggiungono oltre 2 m di profondità, oppure a vapore, che arrivano fino a 14 m di profondità (F. 45-F. 46). Attualmente sono 24 sul Malavalle, mentre sul Pendente, a causa della forte riduzione del ghiacciaio negli ultimi anni, ne sono rimaste solo 3.

Per determinare il Bilancio Invernale, generalmente ad inizio maggio, periodo in cui il manto nevoso è al massimo (F. 47) e le paline sono tutte o quasi sommerse, si stima la quantità di neve accumulatasi sul ghiacciaio misurandone lo spessore in un elevato numero di punti per mezzo di apposite sonde (F. 48). Quindi si valuta la densità della neve in corrispondenza di alcune trincee scavate a quote diverse (F. 49). Mediamente la densità oscilla tra 0,4 e 0,5 kg/dm³, per cui 1 m³ di neve equivale a quasi 500 litri di acqua.

Durante l'estate, in momenti successivi, la misura della parte emergente delle paline consente di seguire le fasi di accumulo e fusione della neve e del ghiaccio (FF. 50-51).

Alla fine dell'anno idrologico, per ogni palina si valutano le variazioni totali dello spessore del ghiaccio e della eventuale neve residua e, considerate le rispettive densità, il relativo Bilancio di Massa Annuale (somma algebrica di Invernale ed Estivo). Questi valori vengono poi calcolati in riferimento all'intera superficie glaciale.

Il rilievo topografico periodico della posizione delle paline consente di definire il movimento del ghiacciaio. La massima velocità superficiale del Malavalle si registra sui settori più ripidi del flusso principale, ed è di circa 10-15 m all'anno.



44. Limiti dei ghiacciai Malavalle e Pendente con curve di livello da 50 m e collocazione delle paline ablatometriche (da Ortofoto del 2023).



45. Perforazione con trivella meccanica per l'installazione delle paline.



46. Perforazione con sonda a vapore per l'installazione delle paline.



47 - Il massimo accumulo stagionale si raggiunge normalmente a inizio maggio.



48 - Sondaggio per la misura dell'altezza del manto nevoso.



49. Trincea per il rilievo della densità e della stratificazione della neve.



50. Lettura di una palina ablatometrica.



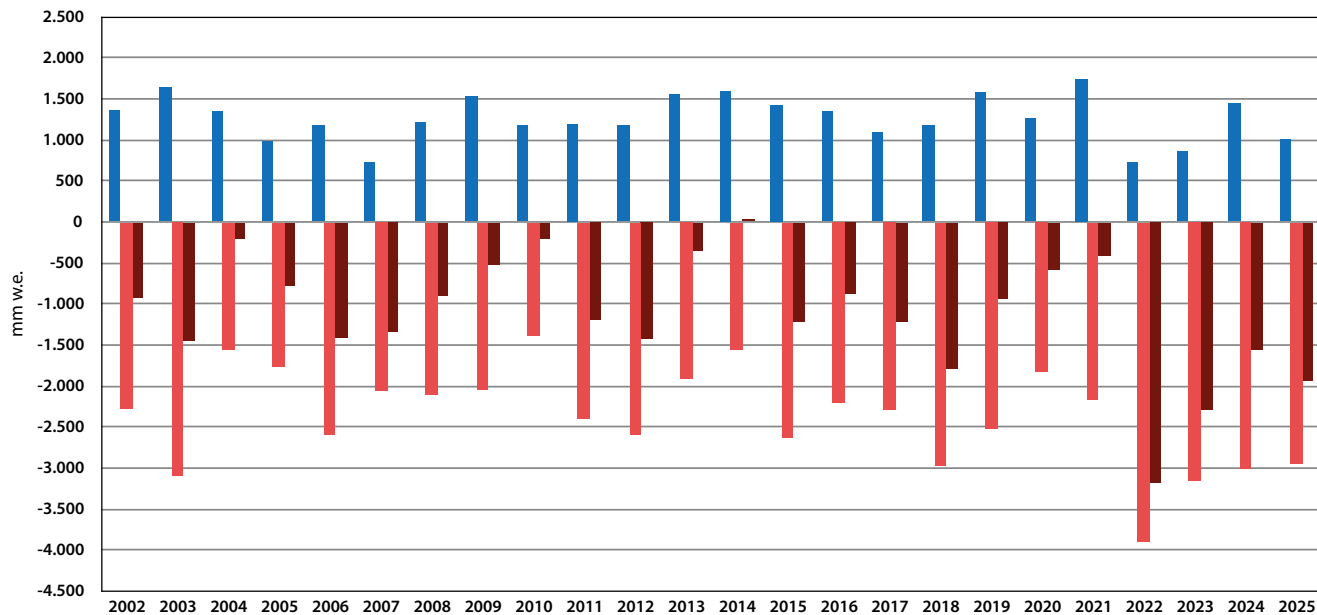
51. Rilievo GPS per la posizione delle paline ablatometriche.

9. RISULTATI DEGLI STUDI DEI BILANCI DI MASSA

Le misure dei Bilanci di Massa sono state avviate da G. Franchi e G. Rossi per iniziativa del Comitato Glaciologico Italiano sul Pendente nel 1996, prima come Bilancio Annuale, poi dall'anno idrologico 1998/99 anche come Bilancio Invernale ed Estivo. Dal 2001/02 la ricerca è stata estesa al Malavalle. Dal 1999 queste attività sono finanziate e fattivamente supportate dalla Provincia autonoma di Bolzano.

Le serie storica dei ventiquattro anni di dati di Bilancio Invernale sul Malavalle (F. 52) mostra una media di +1262 mm w.e., corrispondenti ad un accumulo nevoso su tutto il ghiacciaio di circa 3 m; il Bilancio Estivo fa registrare un valore medio di -2371 mm w.e., e quindi il Bilancio Annuale medio è pari a -1109 mm w.e. (circa 123 cm in media all'anno di perdita di ghiaccio distribuita virtualmente su tutto il ghiacciaio).

Malavalle



ANNO	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Bilanci Inv. media	1262	1354	1633	1337	980	1170	728	1210	1529	1179	1197	1166	1556	1586	1432	1333	1089	1183	1580	1253	1742	719	858	1458	1010
Bilanci Est. media	-2371	-2267	-3088	-1545	-1754	-2578	-2066	-2110	-2046	-1376	-2395	-2582	-1902	-1559	-2639	-2212	-2296	-2972	-2525	-1827	-2162	-3893	-3161	-3004	-2938
Bilanci Ann. media	-1109	-913	-1455	-208	-774	-1408	-1338	-900	-517	-197	-1198	-1416	-346	27	-1207	-879	-1207	-1789	-945	-574	-420	-3174	-2303	-1546	-1928

52. Serie storica dei Bilanci di Massa.

La tendenza negativa dei Bilanci di Massa si è accentuata negli ultimi anni. Dal 1996 solo 3 volte i Bilanci si sono attestati attorno allo 0 e quindi all'equilibrio: negli anni 1997, 2001 e 2014. Gli accumuli nevosi invernali, pur con delle oscillazioni, sono rimasti abbastanza stabili, mentre influiscono negativamente sui bilanci le temperature estive elevate e prolungate.

Da notare che sul Malavalle il valore medio della Quota della Linea d'Equilibrio (ELA) di questi anni 24 anni è di 3194 m; quindi 211 m più in alto dei 2983 m dell'attuale quota media del ghiacciaio. Nel 1929 il valore dell'ELA veniva stimato a 2900 m; nel 1888 a 2750 m.

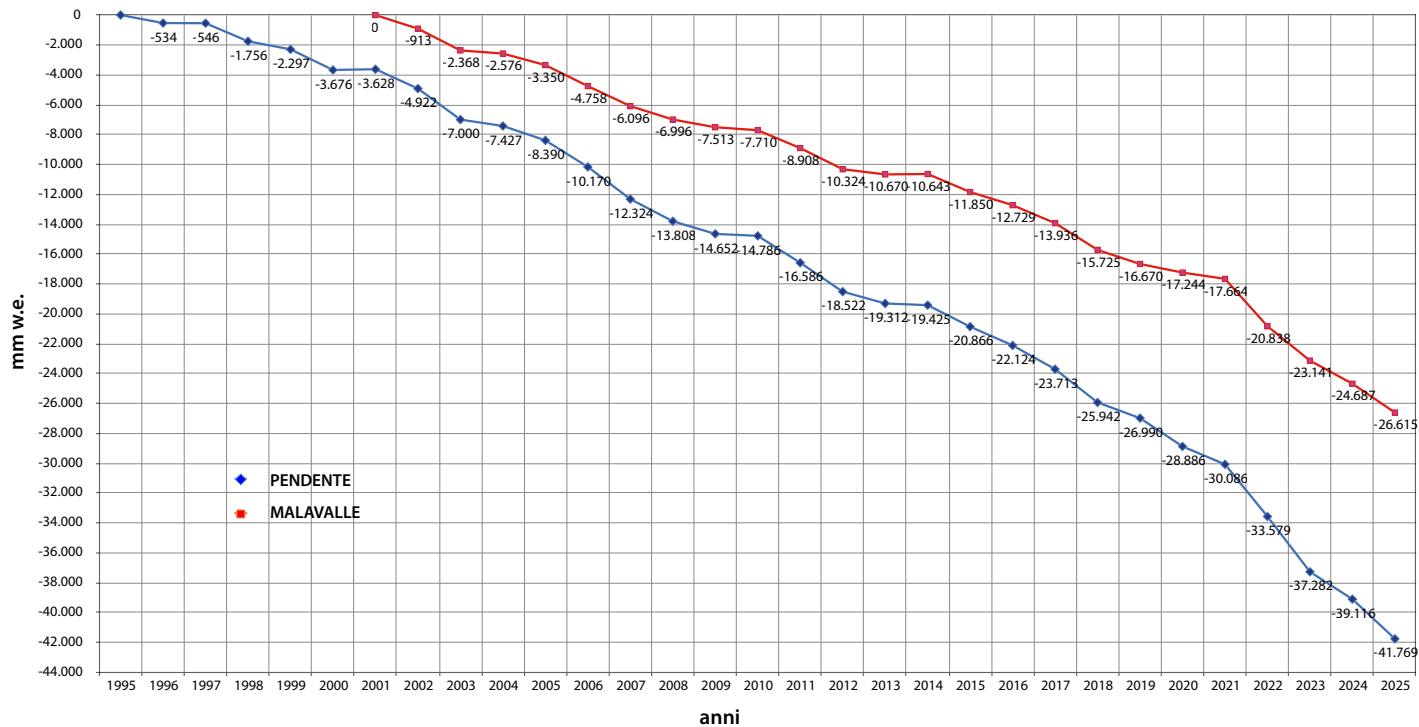
Il valore medio dei Bilanci Annuali del Pendente nei 30 anni di osservazioni è pari a -1392 mm w.e. I dati di accumulo e di fusione del Pendente sono sistematicamente superiori a quelli del Malavalle: da un lato la sua collocazione a ridosso della cresta di confine risente molto delle precipitazioni di Stau sia da nord che da sud, dall'altro la quota inferiore ai 3000 m dell'intera area e l'esposizione meridionale prevalente favoriscono una forte fusione e ablazione estiva.

Lo scioglimento del ghiaccio inizia dopo la fusione della copertura nevosa, e dai rilievi effettuati risulta che la perdita giornaliera va dai 3 cm e fino a 7 cm nelle calde giornate estive; ciò è confermato anche dal monitoraggio idrometrico situato nella Conca Piana.

Dai Bilanci Cumulati (F. 53), risulta che la perdita di massa del Malavalle è stata in 24 anni di -26,6 m di equivalente in acqua su tutto il ghiacciaio, quindi -29 m e mezzo di ghiaccio. Ma se consideriamo la superficie del Malavalle divisa per quote di 50 m, sotto i 3000 m i risultati della perdita di ghiaccio sono molto più negativi:

Fasce altimetriche	2625	2675	2725	2775	2825	2875	2925	2975	3025	3075
Metri	-86	-78	-64	-54	-47	-41	-39	-31	-27	-19

Bilanci cumulati



53. Andamento dei Bilanci cumulati 1996-2025 (densità del ghiaccio: $0,9 \text{ kg/dm}^3$).

10. LE MISURE DI PROFONDITÀ

Le misure dello spessore di un ghiacciaio consentono una stima accurata del suo volume e quindi della sua quantità equivalente in acqua (mm w.e. o kg/m^2). Esse offrono inoltre interessanti informazioni sulla morfologia glaciale. Nel caso del Malavalle e del Pendente, gli spessori del ghiaccio sono stati misurati per mezzo di ecometri radar (GPR) dagli Istituti IMGI dell'Università di Innsbruck ed IGF dell'Accademia Austriaca delle Scienze, rispettivamente nella primavera 2009 ed in quella 2013 (F. 54-F. 57). Gli elementi principali degli strumenti di misura utilizzati sono le due antenne di emissione e ricezione degli impulsi elettromagnetici. La misura di profondità risulta dalla differenza tra i tempi di percorrenza del segnale diretto, che si propaga in atmosfera, e di quello che penetra il ghiaccio e, riflesso dal substrato roccioso, raggiunge il ricevitore in ritardo rispetto al primo.

I dati di misura sono qui aggiornati al 2023 (F. 58) e quindi con riferimento al catasto dei ghiacciai altoatesini e al modello digitale del terreno più recenti disponibili.

La struttura del Ghiacciaio di Malavalle è articolata in più bacini, e le formazioni rocciose ne costringono e canalizzano il flusso con una velocità che varia in relazione alla massa e alla pendenza con conseguente aumento della sua capacità erosiva. Ne deriva la formazione di conche di notevole profondità, dove risultano gli spessori di ghiaccio maggiori. La profondità massima pari a 169 m si registra nella zona centrale del ghiacciaio a quota 2850 m (nel 2009 erano stati rilevati 214 m), quella media risulta di 50 m (erano 68 m nel 2009). Considerando l'area del 2023 del Malavalle, il volume di ghiaccio è stato valutato in $0,28 \text{ km}^3$, quindi con una riduzione del 35% rispetto ai $0,43 \text{ km}^3$ dei rilievi del 2009.

A titolo di paragone il volume del Malavalle corrisponde ancora oggi ad una quantità di acqua pari a circa 2 volte e mezzo il volume del Lago di Resia, che è l'invaso artificiale più grande dell'Alto Adige.

La Vedretta Pendente si è assottigliata molto negli ultimi decenni e si stima che attualmente raggiunga spessori massimi non superiori ai 25 m (presso le paline ablatometriche lo spessore è diminuito in media di 25 m rispetto alle misure del 2013). Il bacino orientale di questo ghiacciaio, verso la Forcella del Montarso è ormai quasi estinto, mentre quello occidentale risulta ancora attivo, sebbene in forte sofferenza.



54. Team di misura sul Malavalle il 9 maggio 2009.



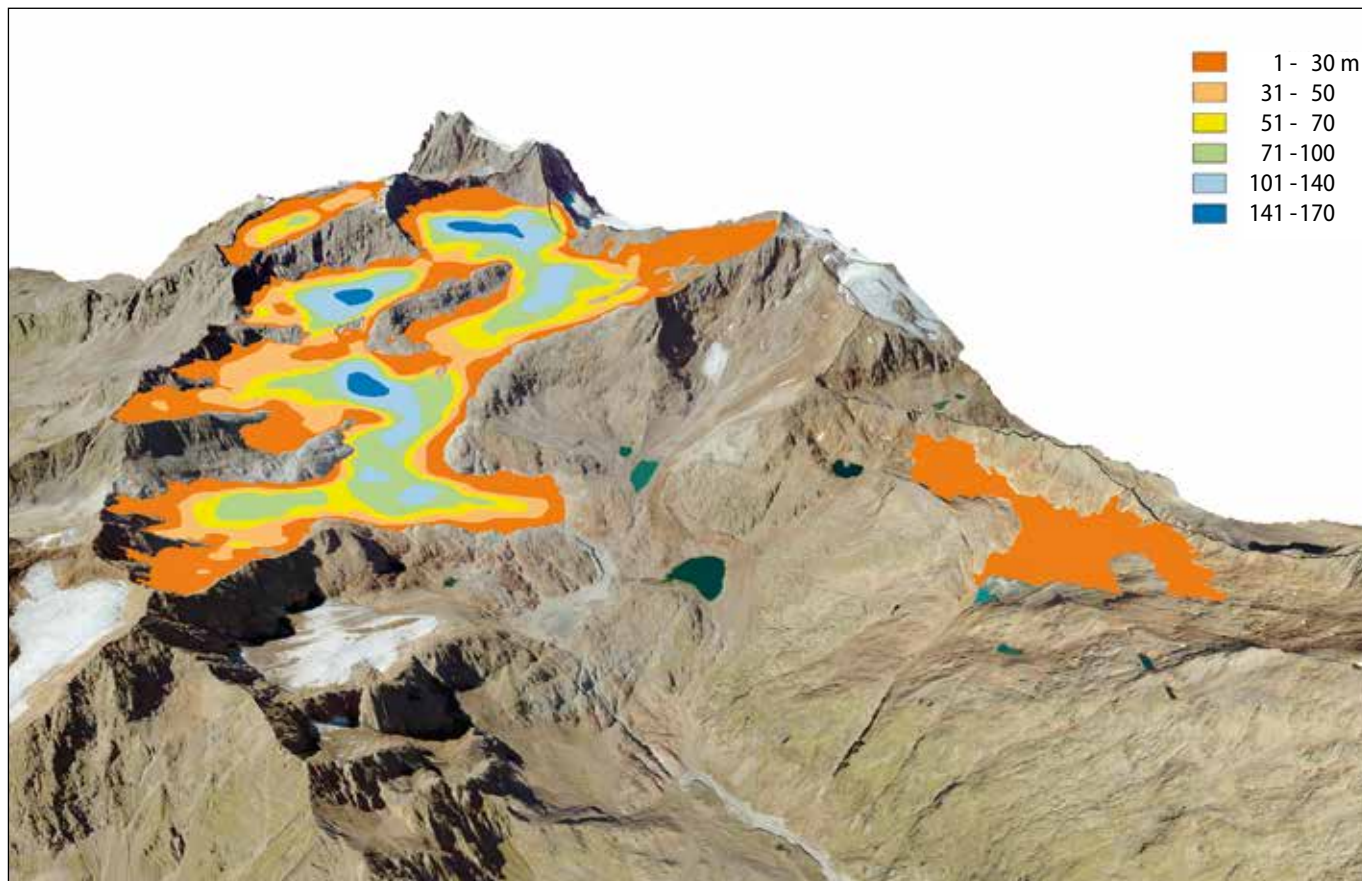
55. Misure di profondità sul Pendente nel giugno 2013.



56. Telecontrollo dell'ecometro radar.



57. Rilievo GPS delle posizioni di misura.



58. Le profondità dei ghiacciai Malavalle e Pendente (2023).

11. PERICOLI NATURALI E UTILIZZAZIONE DELL'ACQUA

Il forte ritiro dei ghiacciai e la degradazione del permafrost (suolo o roccia che rimane a una temperatura pari o inferiore a 0°C per più di due anni consecutivi) e dei rock-glacier attivi (colate di materiali sciolti e ghiaccio in lento movimento), producono sensibili modificazioni degli ambienti e pericoli naturali in alta montagna (F. 59).

Tra questi, il fenomeno con più elevato potenziale distruttivo è rappresentato dall'improvvisa rottura di laghi formati all'interno, sopra, sotto oppure nei pressi di un ghiacciaio. Un evento di questo tipo ha interessato la Val Ridanna nel 2005 (F. 60) quando, dopo un inverno asciutto ed un principio di estate molto caldo, il 15 luglio il lago proglaciale del Malavalle è esondato e ha scavato una breccia attraverso la fronte del ghiacciaio che lo sbarrava in destra orografica con svaso di circa 1 milione di metri cubi di acqua. L'arretramento dei ghiacci libera peraltro grandi quantità di materiali sciolti, che possono essere mobilitati da precipitazioni intense e piene torrentizie sotto forma di colate detritiche e trasporto solido. Nelle zone frontali dei ghiacciai, la riduzione di spessore del ghiaccio determina anche mutate condizioni di stabilità delle morene e delle rocce che li delimitano con conseguenti possibili frane e fenomeni di crollo. È inoltre molto probabile che in futuro le aree di alta quota abbiano un ruolo sempre più determinante nella formazione delle alluvioni anche a causa del riscaldamento climatico, per cui d'estate la pioggia cade spesso oltre 3000 m di quota favorendo la fusione di neve e ghiaccio. Da ricordare l'alluvione del luglio 1987 (F. 61), quando forti precipitazioni caddero sulla Val Ridanna e sul Malavalle ancora coperto da una spessa coltre nevosa. Il 13 agosto 2014 un evento di pioggia intenso, ma non eccezionale, ha prodotto l'esondazione del rio Ridanna in diversi punti e la tracimazione della diga in pietra di Pian dell'Accla, costruita per la difesa dalle piene (F. 62). Situazioni analoghe si sono verificate anche nel 2020 (30 agosto e 3 ottobre) e nel 2021 (5 e 8 agosto).

Escludendo Antartide e Groenlandia, nei ghiacciai è stoccata solo una minima parte dell'acqua dolce che concorre al ciclo idrologico; tuttavia, il contributo della fusione glaciale nei mesi estivi alimenta molti fiumi e le utilizzazioni dell'acqua che su di essi insistono. In Val Ridanna ne beneficia anzitutto la produzione idroelettrica (F. 63); in altre parti dell'Alto Adige, si pensi ai Waale della Val Venosta, anche l'agricoltura.



59. Rock glacier (rosso) e piccoli ghiacciai coperti da detriti (azzurro) sopra la Malga del Tumulo.



60. Rotta del lago proglaciale del Malavalle nell'estate 2005.



61. Pronto intervento a Masseria durante la piena del luglio 1987.



62. Tracimazione sulla diga in pietra al Pian dell'Accla il 13 agosto 2014.



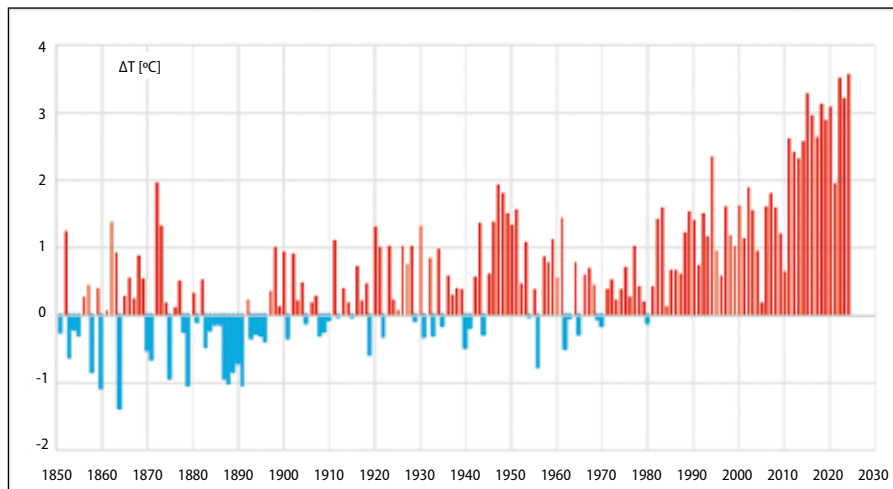
63. Opera di presa dell'impianto idroelettrico sul rio Ferner.

12. IL FUTURO DI CLIMA E GHIACCIAI

Il riscaldamento generale del clima è ormai documentato in modo inequivocabile. Ognuno degli ultimi quattro decenni è stato più caldo di qualsiasi altro decennio dal 1850 a oggi e la temperatura globale è già aumentata di 1,3°C rispetto all'era preindustriale (1851-1900); sulle Alpi circa del doppio (F. 64). Le analisi delle carote di ghiaccio prelevate nel 2011 sull'Ortles (F. 65) e i dati climatologici disponibili per l'Alto Adige confermano queste evidenze. Le precipitazioni cumulate annue non presentano invece tendenze significative, mentre si denota una progressiva riduzione della durata della copertura nevosa, anzitutto alle quote intermedie e di fondovalle, e un aumento delle intensità di pioggia, soprattutto per le brevi durate.

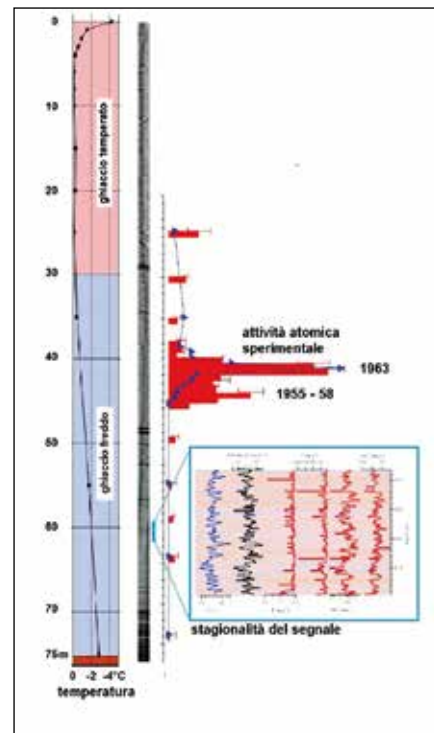
I ghiacciai sono indicatori sensibili dei cambiamenti climatici e il loro ritiro generalizzato soprattutto dal 1950 a oggi è senza precedenti da almeno 2.000 anni. Quando un ghiacciaio è in equilibrio, la zona di accumulo occupa generalmente circa il 50/60% dell'area totale. Con l'innalzamento della linea di equilibrio (ELA), di circa 100 m ogni 0,6°C di aumento della temperatura, questa condizione viene meno e il ghiacciaio tende a ritirarsi a quote più elevate (F. 66). L'evoluzione dei ghiacciai sarà quindi conseguenza diretta di quella del clima, e dipenderà dalle azioni di mitigazione che verranno attuate sui cambiamenti climatici; così le proiezioni dei cambiamenti del sistema climatico vengono ora esplicitamente legate allo sviluppo socioeconomico e tecnologico che vivremo nel XXI secolo (SPPs, Socio-Economic Pathways). Per molti ghiacciai sono disponibili proiezioni dello spessore e del volume dal 2000 al 2100 (F. 67), calcolate utilizzando i modelli climatici e gli scenari di emissione del Coupled Model Intercomparison Project (CMIP), un progetto internazionale di modellazione climatica che raccoglie e confronta i risultati di modelli climatici provenienti da istituti di ricerca di tutto il mondo, e modelli globali dei ghiacciai. Con la politica attuale che porta a un riscaldamento di 2,7°C, entro fine secolo daremo addio a molti ghiacciai nelle Alpi e in particolare a quelli delle Alpi orientali, perché si trovano a quote più basse. Il Ghiacciaio di Malavalle non fa eccezione e, secondo questi modelli, si prevede che sarà quasi scomparso entro il 2052 (intervallo probabile: 2049 - 2064) con un riscaldamento globale di 2,7°C. Le proiezioni relative all'obiettivo di 1,5°C dell'Accordo di Parigi offrono uno scenario solo di poco migliore per cui il Ghiacciaio di Malavalle potrebbe scomparire entro il 2068. Secondo la nostra esperienza pluriennale sul campo, riteniamo che entro qualche decennio il Malavalle,

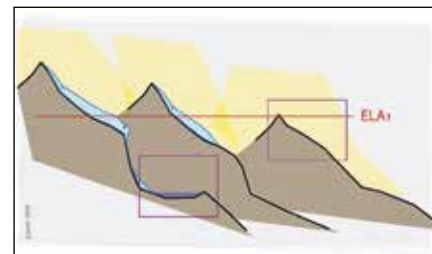
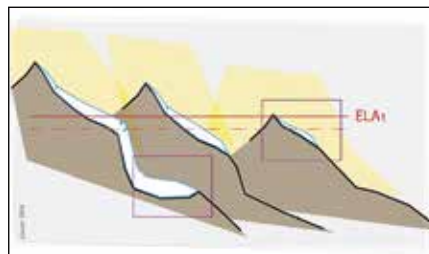
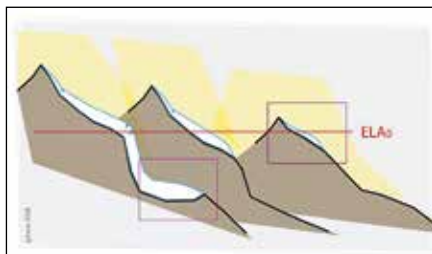
considerata la sua conformazione, si ridurrà a placche ghiacciate con copertura detritica nelle zone di conca elevate, come si può intuire dalla F. 58. Tuttavia, la riduzione di ogni decimo di grado nel riscaldamento può aiutare a preservare il ghiaccio dei ghiacciai in tutto il mondo e mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici!



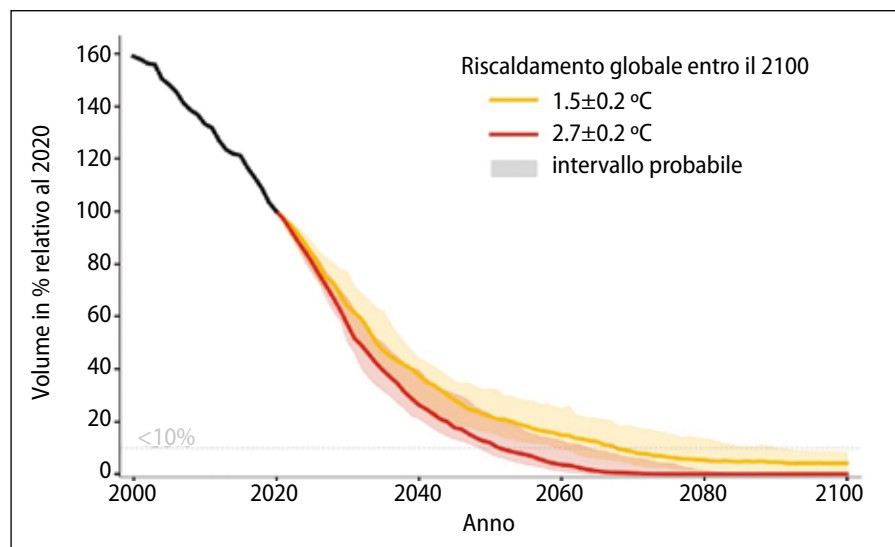
64. Stazione meteorologica di Vent (1900 m, in Austria, poco più di 20 km a ovest del Malavalles): deviazione delle temperature medie annue dalla media del periodo 1851-1900.

65. Risultati delle analisi delle carote di ghiaccio dell'Ortles.





66. Schizzo del ritiro dei ghiacciai a causa dell'aumento delle temperature con il progressivo innalzamento della quota della linea di equilibrio (ELA0 → ELA1).



67. Proiezioni per i prossimi decenni sulla perdita di volume di ghiaccio del Malavalle.

Bibliografia e sitografia essenziali

- Bothe von und für Tirol und Vorarlberg, 1825: Ausgaben 18. und 22. August.
- Castiglioni B., 1930: *Ghiacciai delle Breonie*, Boll. Com. Glac. Ital., I serie, n. 10.
- Castiglioni B., 1928/1932: *Relazioni delle campagne glaciologiche*, Boll. Com. Glac. Ital.
- C.N.R. – C.G.I., 1959-1962: Catasto dei ghiacciai italiani, 4 voll., Torino.
- Finsterwalder S., 1916: *Nachmessungen am Gletschern beiderseits des Brenner im Sommer 1915*, Zeitschrift für Gletscherkunde, X, Leipzig.
- Franchi G., 1988 e succ.: *Relazioni delle campagne glaciologiche*, 1987 e succ., Geogr. Fis. Dinam. Quat., Torino.
- Franchi G. e Rossi G., 2001: *Bilancio di massa della Vedretta Pendente-Hangenderferner*, Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat., Torino.
- Galos S. P., Klug C., Dinale R., 2022: *20 Years of glacier change: The homogenized glacier inventories for South Tyrol 1997-2005-2017*, Geogr. Fis. Dinam. Quat. 45 (2022). 71-83, 6., DOI 10.4461/ GFDQ.2022.45.6.
- Galos S. P., Klug C., Dinale R., 2024: *The 2023 glacier inventory for South Tyrol in the context of 1997, 2005, and 2017 inventories*, Geogr. Fis. Dinam. Quat. 47 (2024), 381-388, DOI 10.4454/5agvnb15.
- Kaser G. et al., 2003: *A manual for monitoring the mass balance of mountain glaciers*, IHP-VI Technical Documents in Hydrology, No. 59, UNESCO-IHP, Paris.
- Pfaundler L., 1871: *Der Uebblethalfener und seine Umgebung*, Zeitschrift DÖAV, II.
- Lagally M., 1912: *Gletscherbeobachtungen im Stubai*, Zeitschr. für Gletscherkunde, VII.
- Porro C., 1925: *Elenco dei ghiacciai Italiani*, Ufficio Idrografico del Po, Parma.
- Richter E., 1888: *Die Gletscher der Ostalpen*, Engelhorn, Stuttgart.
- Smiraglia C. e Diolaiuti G., 2015: *Il nuovo catasto dei Ghiacciai Italiani*, Milano.
- Valentini P., 1985: *Il catasto dei ghiacciai della Provincia di Bolzano*, Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 182-195.
- Valentini P. e Bacchi V., 1988: *La piena del 18-19 luglio 1987 in Alto Adige*, Memorie di Scienze Geologiche dell'Università di Padova, vol. XL, pp. 369-377.
- <https://goodbye-glaciers.info/it/glaciers/RGI60-11.00597.html>
- <http://www.glaciologia.it>
- <https://wgms.ch/>



Gli autori

Gianluigi Franchi membro, operatore ed ex segretario del comitato glaciologico Italiano (ora Fondazione Glaciologica Italiana ETS), dal 1987 effettua i controlli frontali sul Ghiacciaio di Malavalle e sulla Vedretta Pendente, e dal 1996 coordina gli studi sul progetto di bilancio di massa sugli stessi apparati.

Roberto Dinale, direttore dell'Ufficio Idrologia e dighe della Provincia autonoma di Bolzano, coordina da vent'anni le attività glaciologiche in Alto Adige e collabora con Gianluigi Franchi sui ghiacciai della Val Ridanna.

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento a tutti coloro che nei 30 anni di studio del bilancio di massa hanno collaborato nelle varie attività sui ghiacciai, soprattutto a Giancarlo Rossi, che iniziò con Gianluigi questa “avventura” portandola avanti per oltre 10 anni; ai vari amici del CAI Cesare Battisti di Verona che si sono alternati con il loro prezioso aiuto; un grazie di cuore a Thomas e ai suoi colleghi della Stazione forestale di Racines; alle guide alpine che hanno collaborato con passione alle misure sul campo, ai tecnici dell’Ispettorato del catasto della Provincia autonoma di Bolzano per il supporto nei rilievi topografici, a quanti hanno messo a disposizione i propri materiali e a tutti quelli che, a vario titolo, sono stati coinvolti nel progetto, in particolare a Paul Felizetti per aver messo a disposizione parte della documentazione iconografica.



Lago del Forno, 1928.



Malavalle, 25 agosto 1926.

Agentur für Bevölkerungsschutz
Drususallee 116, 39100 Bozen
T. 0471 416 000
<https://bevoelkerungsschutz.provinz.bz.it>

Agenzia per la Protezione civile
Viale Druso 116, 39100 Bolzano
T. 0471 416 000
<https://protezione-civile.provincia.bz.it>

Agenzia per la Prutezion zevila
Viale Druso 116, 39100 Bulsan
T. 0471 416 000
<https://protezione-civile.provincia.bz.it>