

INDICE

Introduzione	p.3
1 Descrizione del Ghiacciaio del Travignolo	p.5
2 Evoluzione del Ghiacciaio del Travignolo durante l'ultimo secolo	
2.1 Riassunto delle campagne glaciologiche sul Ghiacciaio del Travignolo dal 1927 al 2009	p.7
2.2 Variazioni della fronte	p.22
2.3 Variazioni areali	p.26
2.4 Variazioni della curva ipsometrica	p.29
3 L'evoluzione del Ghiacciaio del Travignolo nell'ultimo secolo a confronto con quella dei ghiacciai alpini	
3.1 Brevi cenni sull'evoluzione generale dei ghiacciai alpini nell'ultimo secolo	p.31
3.2 L'evoluzione del Ghiacciaio del Travignolo a confronto con l'evoluzione generale dei ghiacciai alpini nell'ultimo secolo	p.32
4 Schizzo geomorfologico del ghiacciaio del travignolo e dell'area circostante	p.33
Bibliografia	p.36

INTRODUZIONE

Il seguente elaborato è stato concepito con l'intento di descrivere i mutamenti subiti dal Ghiacciaio del Travignolo, situato nel gruppo dolomitico delle Pale di San Martino, nel corso dell'ultimo secolo. A tal scopo sono state analizzate le oscillazioni della fronte del ghiacciaio, le sue variazioni areali e l'evoluzione della curva ipsometrica.

I dati sono stati tratti dai bollettini del Comitato Glaciologico Italiano, in cui il Ghiacciaio del Travignolo compare a partire dal 1927, da diverse carte distribuite temporalmente durante l'ultimo secolo e dal modello digitale del terreno (DTM) ricavato da rilievi LIDAR della Provincia Autonoma di Trento.

Infine è stato realizzato uno schizzo geomorfologico del ghiacciaio e dell'area circostante.

Per l'elaborazione dei dati e la realizzazione dello schizzo geomorfologico è stato utilizzato il software ArcGis.

1. DESCRIZIONE DEL GHIACCIAIO DEL TRAVIGNOLO

Il ghiacciaio del Travignolo fa parte del bacino del Travignolo, Avisio, Adige e si trova all'interno del gruppo delle Pale di San Martino, nella Provincia Autonoma di Trento. Questo gruppo dolomitico comprende sette ghiacciai elencati nel Catasto dei Ghiacciai Italiani (1959-62); in esso sono considerati come esistenti soltanto i ghiacciai del Travignolo e della Fradusta, mentre i restanti ghiacciai della Pala, di Marmor, di Val Strutt, delle Ziroccole e di Focobon, sono considerati come estinti. A questi ghiacciai vanno aggiunte altre due formazioni minori, del genere dei glacionevati, che non compaiono nel predetto Catasto e sono invece incluse nel più recente World Glacier Inventory (1982).

Nel Catasto dei Ghiacciai Italiani (1959-62) il Ghiacciaio del Travignolo è riportato come ghiacciaio di vallone (n. 947) esteso all'incirca dal Passo del Travignolo (2938 m) fino a quota 2490 m, con un'area di 14 ha. Secondo il World Glacier Inventory del 1982 l'area del ghiacciaio è di 28 ha e la quota minima 2310 m.

Il sito che contiene questo ghiacciaio risulta ben delineato topograficamente e coincide con il grande canalone che scende verso NW, partendo dall'omonimo passo, dominato dalle grandi pareti di Cima della Vezzana sulla destra e del Cimon della Pala sulla sinistra. Il riparo orografico risulta abbastanza elevato. Le pareti della Cima della Vezzana, innalzandosi di varie centinaia di metri al di sopra del circo, ed essendo solcate da diversi canaloni, garantiscono al ghiacciaio un consistente apporto di valanghe. Nemmeno gli apporti diretti sono tuttavia trascurabili.

Nella valutazione complessiva dell'estensione del ghiacciaio, al corpo glaciale principale sono state aggiunte anche due piccole masse gelate, ospitate in due nicchie laterali.

Come è accaduto per tutti i ghiacciai dolomitici, anche il Travignolo è stato sottoposto in questi anni ad una fase di intensa riduzione. Gli effetti principali del fenomeno si possono osservare sia nel settore frontale che in quello superiore,

dove il nevato ed il ghiaccio, un tempo ricoprenti la parete che sale al Passo del Travignolo, sono ora quasi del tutto scomparsi, rendendo, tra l'altro, molto più impegnativo raggiungere il passo da questo versante.

È soprattutto a partire dalla fine dell'estate del 2006 che risultano particolarmente evidenti i segni della progressiva riduzione che ha interessato l'intera massa del corpo glaciale principale e quella delle piccole masse satelliti. In quell'anno, e nei successivi, il settore inferiore del ghiacciaio è andato sempre più ricoprendosi di materiale morenico, molto abbondante al centro e nella zona frontale destra dove non è ormai più possibile identificare con certezza il limite del ghiaccio.

L'entità dell'arretramento della fronte ha portato alla progressiva e definitiva emersione di una grande roccia collocata proprio nel mezzo del canalone, la quale, negli anni precedenti risultava come una finestra ancora circondata dal ghiaccio. Un tempo il ghiaccio formava, a partire proprio da questo punto, due diverse colate, la cui esistenza e spessore sono ora testimoniate dalla bella morena mediana che prende origine al piede della roccia centrale.

Come si è detto, il sito comprende anche due modeste placche di nevato e ghiaccio, talvolta con neve residua, presenti rispettivamente su una nicchia scavata sulla parete settentrionale della Vezzana e su quella del Cimon della Pala. Entrambe, tuttavia, sono andate soggette ad una vistosa riduzione che le rende ormai prossime all'estinzione. L'alimentazione del ghiacciaio è dovuta per molta parte alle valanghe che si originano dalle alte pareti sovrastanti che incombono sul bacino glaciale.

Il dettaglio delle ortofoto riprese nel 2009 ha consentito di precisare e definire meglio la presenza di ghiaccio morto. Nel 2009, rispetto al 2007 si è riscontrata una maggiore copertura di neve residua (o nevato 2008), sia sul settore superiore del ghiacciaio che sul settore frontale proglaciale (Secchieri, 2012).

Nel catasto dei ghiacciai del CGI la sua area veniva indicata pari a 14 ha, mentre nel 2009 il suo valore era salito a 24 ha. Questo ovviamente per i diversi criteri di valutazione utilizzati per la misura delle aree glaciali.

2. EVOLUZIONE DEL GHIACCIAIO DEL TRAVIGNOLO DURANTE L'ULTIMO SECOLO

2.1 Riassunto delle campagne glaciologiche sul ghiacciaio del Travignolo dal 1927 al 2009

Di seguito sono riportate le relazioni delle campagne glaciologiche effettuate sul Ghiacciaio del Travignolo pubblicate sul *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* e *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*. Dal 1927 al 2012 il ghiacciaio appare in 25 campagne glaciologiche effettuate nei seguenti periodi da diversi operatori:

- dal 1927 al 1935. Operatori: B. Castiglioni, G. Vianello, G. Benvenuti
- dal 1947 al 1954. Operatore: G. Morandini
- 1981. Operatore: G. Rossi
- dal 1991 al 2012. Operatori: M. Cesco-Cancian, G. Taufer, A. Turra, D. Zagonel, E. Filippi Gilli

L'utilizzo di diversi segnali per misurare le variazioni della fronte del ghiacciaio nei diversi periodi rende difficoltoso comprendere l'entità effettiva della variazione di quest'ultima.

La prima campagna glaciologica in cui compare il Ghiacciaio del Travignolo è quella del 1927. In quest'anno il prof. Bruno Castiglioni osserva, facendo un confronto con i dati rilevati nel 1925, "*Per la lingua occidentale forse un leggero avanzamento, e per la lingua orientale un ritiro, in due anni, di circa 16 metri*".

Sul bollettino del 1928 Castiglioni scrive riguardo al Ghiacciaio del Travignolo: "*E' da notare che mai non l'avevo visto così nudo, come quest'anno. Le grandi lingue appaiono sensibilmente accorciate e dimagrate. Più a monte il ghiaccio non si vede più sporgere sopra l'orlo della grande "finestra": si mantiene alquanto più indietro. Nella zona frontale naturalmente si moltiplicano i segni del*

ritiro. Particolarmente l'estremità della lingua orientale viene ad infossarsi fra le morene. L'orlo sinistro della lingua occidentale va rapidamente discostandosi dalla roccia ov'è il caposaldo per le misure. [...] Ai piedi della morena che s'avanza da sinistra viene discoprendosi altro ghiaccio: il quale si rivela quindi sopravanzante di molti metri rispetto al bordo misurato. Tuttavia di questo ghiaccio (la cui presenza avevo già supposto negli anni decorsi) non è il caso di tener conto nelle misure annuali, che altrimenti sarebbero difficilmente confrontabili per il calcolo delle oscillazioni. Si tratterebbe infatti di un lembo di ghiaccio, cioè, ancora ben connesso con la lingua scoperta, ma che -continuando la fase di decrescita- andrà poco a poco staccandosi da detta lingua viva del ghiacciaio, pur impiegando ancora molti anni a sciogliersi, protetto com'è dalla morena. Il parziale scoprimento di quest'estate è probabilmente dovuto alla più intensa fusione del ghiaccio stesso, sul cui fianco il detrito facilmente scivola in basso".

L'area del ghiacciaio nel 1928 è stimata di 38 ha.

Per avere dei nuovi dati bisogna attendere il 1932. In quest'anno, scrive Castiglioni: *"Il dott. Giulio Vianello di Treviso si assunse per il Comitato Scientifico del C.A.I. La revisione dei ghiacciai di questo gruppo [delle Pale di S. Martino], che da vari anni erano del tutto trascurati. [...] egli, in compagnia del signor G. Benvenuti rintracciò una parte dei miei vecchi segnali, ebbe cura di porne di nuovi (specialmente sul Fradusta e sul Travignolo) e di prendere fotografie".*

Sulla base di queste fotografie, mancando riferimento ai vecchi capisaldi, Castiglioni conclude che *"Le due lingue hanno subito un discreto dimagrimento dopo il 1928".*

Il dottor Giulio Vianello e Guido Benvenuti, il 16 settembre 1932 scrivono: *"Non abbiamo trovato alcun segnale di ricognizioni precedenti, abbiamo quindi stabilito:*

Segnale 1, a m. 2110, all'inizio della morena stabile di sinistra, sopra un grosso masso ritenuto stabile. Da questo segnale in direzione della freccia, si

incontra il margine inferiore del ghiacciaio, ricoperto da grosse ghiaie, a m. 38, dove sgorga un rivo glaciale.

Segnale 2, a m. 2225, su un masso infisso nella morena. Il lobo sinistro del ghiacciaio, nella parte alta, dove supera il grande sperone centrale è ancora abbastanza compatto, con pochi crepacci sulla sinistra e progressivamente ricoperto di ghiaia fino al segnale 2. Non vi è traccia di caduta di seracchi. Dal segnale, in direzione della freccia, il ghiaccio dista m. 25 ½. Dalla base del grande sperone centrale, che divide in due lobi il ghiacciaio, si prolunga in direzione SE.-NO. una grande morena, a doppio spiovente come un tetto, dapprima quasi orizzontale per quasi 100 m., poi progressivamente più inclinata verso la valle.[...]

Segnale 3, a m. 2255.- Sul pendio della grande morena centrale rivolto verso NE., su grosso sasso morenico, ritenuto stabile. Di qui, in direzione della freccia (NE.), il lobo destro del ghiacciaio, per quanto ricoperto da grosse ghiaie dista m. 25 ½, non escludendo che esso possa procedere più in basso, di pochi metri, sotto le ghiaie".

L'anno successivo, il 16 settembre 1933, il dottor Vianello effettua delle nuove misure rispetto ai segnali fissati l'anno precedente e scrive:

"Segnale 1.- Il ghiaccio ricoperto da un notevole strato di ghiaie grosse e fine si trova a m.36 in direzione della freccia. Il rivo glaciale che appena si ode gorgogliare sotto la ghiaia dev'essere unico e piccolissimo.

Segnale 2.-Il ghiaccio ricoperto anche qui di ghiaia di varia grossezza dista dal segnale in direzione della freccia m.32. [...]

Segnale 3.-Il ghiaccio in direzione della freccia arriva a circa m.6 dal segnale. Era giusto il timore espresso l'anno scorso che la misura presa l'anno precedente non corrispondesse a realtà. [...]"

Da queste misurazioni risulta quindi che rispetto all'anno precedente si è avuta un'avanzata di 2 metri in direzione del segnale 1 e un ritiro di circa 6 metri in direzione del segnale 2.

Nel 1935 le misurazioni vengono effettuate nuovamente da Castiglioni che scrive

nel bollettino: *"Al Ghiacciaio Travignolo le misure ai segnali Vianello diedero esito incerto, causa gli irregolari, variabili ricoprimenti morenici. Allacciandomi, mediante una poligonale, ad un vecchio caposaldo sulle rocce di sinistra, ottenni:*

Lobo destro, ritiro m. 44,30 dalla posizione 1928

Lobo sinistro, ritiro m. 90 circa dalla posizione 1928"

Fra le note inoltre Castiglioni scrive: *"Tutti questi ghiacciai risultano in ritiro, che sarebbe ancora più forte se le misure di quest'anno non fossero state prese con 15 giorni di anticipo, rispetto a quelle del dr. Vianello del settembre 1933"*.

L'area del ghiacciaio quest'anno viene stimata in 38 ha.

Durante il secondo conflitto mondiale i rilievi vennero interrotti. Bisogna attendere le campagne glaciologiche del 1946-1947 per avere dei nuovi dati raccolti da G. Morandini. Egli scrive: *"Il Ghiacciaio del Travignolo, già dal 1930 in poi rivelava una fase di progressivo ritiro di di ambedue le fronti e di discreto dimagrimento (Castiglioni, 1933). Negli ultimi anni (1941-46) il fenomeno si è fatto sempre più evidente e, direi, appariscente anche ad osservazioni superficiali. Infatti è scomparsa quasi completamente la frontale cui si riferiscono le segnalazioni del Castiglioni con due lingue ben distinte, determinate dall'incanalamento delle stesse lungo due netti solchi, determinati, almeno in parte, da cordoni morenici. Inoltre il dimagrimento complessivo è stato così forte che la porzione di parete rocciosa dello zoccolo basale del complesso C.Vezzana-Cimon della Pala non appare più come una finestra, ma come una parete basale lungo i cui fianchi si prolungano le seraccate frontali del ghiacciaio; il ritiro è quindi assai cospicuo in tutta la zona frontale e valutabile ad alcune centinaia di metri.*

Corrispondente a così forte ritiro frontale è il dimagrimento complessivo che si è manifestato non solo alla fronte e ai bordi con ritiro, lungo questi, di qualche decina di metri e conseguente riduzione di spessore, ma soprattutto visibile nella porzione più elevata del ghiacciaio stesso verso la Forcella di Val Travignolo che il ghiacciaio, per il passato, invadeva completamente. Attualmente invece la forcella è tutta libera e il limite superiore del ghiacciaio si è notevolmente

abbassato (circa un centinaio di metri).

Ciò significa da una prudenziale valutazione effettuata portando su una carta al 25.000 i dati delle osservazioni compiute, che l'area del ghiacciaio si è ridotta almeno di un terzo".

Morandini effettua dei sopralluoghi anche nelle estati del 1948 e del 1949 e riporta sul bollettino del comitato glaciologico pubblicato nel 1950: "Anche nelle decorse estati del 1948 e 1949 ho effettuato alcune escursioni intese a controllare i due ghiacciai del Travignolo e della Fradusta. L'anno 1948 è stato abbastanza scarso di innevamento complessivo, così come può dirsi di quello che sta per finire. I ghiacciai del Travignolo e della Fradusta però al contrario di quanto si è notato per gli altri ghiacciai della Venezia Tridentina (Adamello e Presanella, versante trentino) manifestano una certa stabilità, dopo la fase di ritiro veramente imponente, specie per il primo, verificatesi nelle annate precedenti. Il controllo sui segnali stabiliti con riguardo sul grandioso roccione che a guisa di enorme sperone divide le due lingue del ghiacciaio del Travignolo, rivela un ritiro frontale minimo in ambedue le lingue, contenuto però in qualche metro nel periodo di due anni. Contribuiscono alla stazionarietà due fatti essenzialmente: in primo luogo la copertura delle due lingue, che sono ambedue rivestite da una coltre di detriti assai abbondante, più sensibile per la lingua di sinistra che scende sotto la ben nota parete Ovest del Cimon della Pala dalla quale si scaricano copiosi materiali; in secondo luogo l'innnevamento della zona frontale è assai abbondante data la pendenza assai forte superiore alla normale del ghiacciaio. Le due lingue hanno cambiato poco di forma: unilobata quella di destra, mentre quella di sinistra si mostrava biloba, e ambedue fortemente appiattite".

Morandini continua a monitorare il ghiacciaio anche nel 1950 e nel 1951. Sul bollettino del comitato glaciologico pubblicato nel 1952 scrive riguardo al Ghiacciaio del Travignolo: "Ho potuto eseguirvi un sopralluogo verso la fine di agosto 1951, il quale mi ha confermato le osservazioni già effettuate nella stagione precedente (1950). Il ghiaccio è in continuo ritiro. La parte frontale è

ormai divisa nettamente in due grossi rami da una ben evidente sporgenza rocciosa, notata già nell'anno precedente, ma che ormai non è più una sporgenza rocciosa racchiusa tra lingua ghiacciata, bensì un vero e proprio setto divisorio fra due rami del ghiacciaio. Di questi, quello di sinistra si presentava (1951) costituito da ghiaccio vivo di circa una quarantina di metri di spessore, terminanti quasi a forma di dosso e che arrivava all'incirca a 100 m. a valle dello sperone roccioso divisorio. Il ramo di destra invece si presentava appiattito ed abbastanza innevato e raggiungeva la parte basale dello sperone a circa 2300 m. s.m. Non essendo stati eseguiti segnali di riferimento, li ho posti in modo che negli anni successivi possano servire da base di misura. I segnali sono stati eseguiti sia sul ramo di sinistra che su quello di destra, in posizione evidente su roccia in posto con il solito segnale: GM/1951".

Nella stagione invernale 1951-52 si hanno precipitazioni nevose piuttosto scarse, di conseguenza, scrive Morandini nel bollettino pubblicato nel 1953, *"Il ritiro frontale del ghiacciaio del Travignolo è continuato sia pure con ritmo non molto accentuato, dato il notevole spessore dei due lobi frontali, sempre divisi dallo sperone roccioso di cui si è fatto cenno nella relazione del Boll. N.3 II S (1952). L'aspetto del lobo di sinistra, sempre di ghiaccio vivo e di notevole spessore non è mutato e il ritiro è stato stimato a m. 4. Il ramo di destra, pur sgombro da neve si mostrava molto appiattito e raggiungeva sempre la base dello sperone roccioso; il ritiro è stato però di m. 4,5. ambedue i valori sono stati calcolati sui segnali del 1951".*

Morandini torna sul Ghiacciaio del Travignolo anche nel 1953 e riporta sul bollettino: *"Lo stato generale di questo piccolo ghiacciaio, le cui osservazioni vengono continuate soprattutto in quanto scarsissime altrimenti sarebbero le indicazioni su questo gruppo, si presenta in fase di una certa stabilità, anzi relativamente alla porzione superiore alquanto innevato.*

La fronte è sempre nettamente biloba, come da nformazioni relative all'estate 1951 (cfr Boll.n.3 II S 1952). Il lobo di sinistra non ha segnato alcun movimento frontale e seppure potevasi forse esser stato caratterizzato da una leggera

diminuzione di spessore. Per quello di destra, sempre caratterizzato da forte appiattimento più basso verso valle, ha segnato ancora un leggero regresso con sfrangiatura dell'orlo (m.3)".

Nel 1954 Morandini scrive riguardo al Ghiacciaio del Travignolo: *"Le condizioni della fronte rivelano un progressivo, seppur lento arretramento delle fronti ed una riduzione dello spessore che non è documentabile su dati di misura, ma solo desunto da alcune osservazioni sullo stato della fronte stessa. Il lobo di destra (orografica) si mostrava alla fine di agosto (30) ancora più appiattito del solito, ripartito a sua volta in due lobature: una, che arriva qualche decina di metri più a valle, contornante la grossa sporgenza rocciosa che affiora ormai completamente e la seconda più appiattita e meno pronunciata. Tutto il lobo di destra era ricoperto di abbondante detrito morenico sparso, piuttosto minuto. Tenendo conto del punto ove arrivava l'appendice più a valle, ben reperibile, per quanto poco coperta da neve, vi è stato un arretramento di altri 8 m. rispetto alla posizione dell'annata precedente.*

Il lobo di sinistra, sempre di spessore maggiore e con una più pronunciata forma di lingua, più pulito sia da detriti che dalla neve ha rilevato una stabilità maggiore. Dopo varie, accurate misure ritengo che anch'esso abbia subito un sia pur minimo ritiro (forse attorno a un metro), ma il valore è tale da poter ipotizzare che possa considerarsi fermo, dati gli errori possibili nella misura stessa.

Dopo il 1954 le misurazioni su questo ghiacciaio vengono interrotte per un lungo periodo. Bisogna aspettare il 1981 perchè torni a comparire nei bollettini del comitato glaciologico ad opera di Giorgio Rossi. Egli scrive sul bollettino del 1981 riguardo a un sopralluogo effettuato il 12 settembre del 1980: *"Il ghiacciaio è stato in passato osservato da vari studiosi. I rilievi più recenti, eseguiti da G. Morandini, risalgono al 1954. il ghiacciaio occupa una ripida valle che inizia dal passo del Travignolo e separa la Cima Vezzana dal Cimon della Pala. La fronte si presenta attualmente divisa in due lobi da un torrione roccioso che occupa il centro della valle.*

Il ghiacciaio si presentava completamente innevato nella parte situata al disopra del torrione, a partire da quota 2.400 circa, e così pure il lobo orientale (destra) fino alla sua fronte, appoggiata alla morena (quota 2.290). Il lobo occidentale (sinistra) era solo parzialmente ricoperto da neve, anche per la presenza di abbondante materiale, scaricato dal ghiacciaio, che ricopre completamente la parte terminale della lingua.

Il ghiacciaio sovrasta la sommità del torrione centrale, arrestandosi a circa 20 m dall'orlo inferiore di questo. Il lobo occidentale si distacca dal torrione stesso, formando un'ampia caverna. Quello orientale se ne distacca pure, formando a sua volta una caverna a doppia luce, sostenuta da un pilastro di ghiaccio. Non sono stati ritrovati segnali dei precedenti operatori, per cui ne sono stati posti quattro di nuovi, e precisamente:

T1 (quota 2.300) sulla parete rocciosa che sovrasta il lobo occidentale (sinistra) a circa 5 m dalla base della parete, su una cengia facilmente raggiungibile del ghiacciaio.

T2 (quota 2.295) sul lato più a valle del torrione centrale, verso il lobo occidentale, a circa 5 m dalla base, su una cengia.

T3 (quota 2.315) sulla parete rocciosa del torrione, verso il lobo orientale, a circa 50 m a monte della base del torrione stesso.

T4 (quota 2.325) su roccia, lungo il lato orientale del lobo orientale.

Tali segnali la misura di variazioni sia frontali che laterali".

Rossi effettua un controllo anche il 23 agosto 1981 e scrive: "Il ghiacciaio si presentava privo di copertura nevosa fino a 2.700 m circa. Si è riscontrato un certo ritiro in corrispondenza della sommità del torrione roccioso centrale, sia come riduzione di livello che come variazione lineare, peraltro non quantificabili. Il lobo occidentale si presentava parzialmente staccato dalla parete di sponda, mentre sul lato destro non si possono individuare sensibili variazioni. Il lobo orientale non ha pure mostrato variazioni di rilievo rispetto all'anno precedente.

Nei bollettini del Comitato Glaciologico non si hanno ulteriori dati riguardo a questo ghiacciaio fino al 1991. Durante la campagna glaciologica di quest'anno si

occupa di effettuare i rilievi Marco Cesco-Cancian. Egli scrive nella relazione: "*Il ghiacciaio occupa un profondo e ripido vallone rivolto a Nord-Ovest, tra il Cimon della Pala e la Cima della Vezzana, culminante al Passo del Travignolo (2928 m). Un torrione roccioso, quotato 2383 m, al centro del vallone, divide la fronte in due lobi abbondantemente ricoperti di materiale detritico, dei quali l'occidentale è accompagnato da un ben conservato apparato morenico della Piccola Età glaciale e da un'evidente morena frontale, collegabile all'espansione degli anni Venti.*

L'ultima osservazione di questo ghiacciaio risale al 1981, ad opera di G. Rossi (G.F.D.Q.,5,1982,p.409) che vi ha posto quattro segnali: T1, T2, T3, T4.

Una prima visita, effettuata il 28-9-1991, ha consentito di individuare tali segnali, dei quali il T1 e il T3 non sono più raggiungibili agevolmente per la riduzione del livello del ghiaccio; in quell'occasione non è stato possibile effettuare alcuna misura a causa di una leggera copertura nevosa recente.

Una seconda visita, effettuata il 5-10-91, ha consentito di effettuare le misure riportate; per l'evidente ritiro del ghiacciaio e per l'abbondante copertura detritica della parte terminale non è stato possibile effettuare le misure nelle stesse direzioni utilizzate dal Rossi; di conseguenza, i dati sono solo parzialmente confrontabili. Il segnale T1 non è stato raggiunto.

Non è stato possibile osservare l'altitudine dell'innevamento residuo poichè la parte superiore del ghiacciaio, in entrambe le visite era ricoperta da neve recente."

La quota minima del fronte è posta a 2320 m.

Le misurazioni effettuate da Cesco-Cancian evidenziano un ritiro del ghiaccio dai vari segnali di 24,5 m per il segnale T2, 88,5 m per il segnale T3 e 63 m per il segnale T4.

Cesco-Cancian torna sul Ghiacciaio il 2.10.1992, in quell'anno scrive sul Bollettino del Comitato Glaciologico: "*Il ghiacciaio si presenta in gran parte ricoperto da neve recente, con conseguente impossibilità di valutare l'innevamento residuo. La fronte si sta progressivamente ricoprendo di detriti, che*

ne mascherano sempre più la morfologia e le reali dimensioni. Sotto il lobo occidentale, in particolare, è stato individuato un tratto di ghiaccio abbondantemente ricoperto, del quale è impossibile determinare l'estensione ed il collegamento o meno con la massa principale. Le misure, benchè eseguite sui punti più avanzati del ghiaccio scoperto, collegati con il corpo principale del ghiacciaio, possono essere influenzate dalla presenza un po' ovunque, della copertura detritica, come in corrispondenza del segnale T4.

Il confronto fotografico evidenzia una lieve riduzione dello spessore del ghiaccio a contatto con il torrione roccioso centrale."

La quota minima del ghiaccio scoperto è a 2330 m. Dalle misurazioni effettuate si evince un ritiro del ghiaccio rispetto all'anno precedente di 2,5 m rispetto al segnale T2, 4,5 m rispetto al segnale T3, 23 m (misura incerta a causa della copertura detritica) rispetto al segnale T4.

Il 24.09.1994 Cesco-Cancian effettua delle altre misurazioni sul Ghiacciaio del Travignolo. Sul bollettino della campagna glaciologica del 1994 scrive: "*La fronte di questo ghiacciaio è ormai abbondantemente ricoperta di detrito, che ne maschera la reale estensione; le misure vengono pertanto eseguite sui punti più avanzati del ghiaccio scoperto, sicuramente collegato al corpo principale. Innevamento residuo non valutabile per copertura nevosa recente. Alle misure ha fattivamente collaborato il signor A. Taurisano.*"

La quota minima della fronte è posta a 2300 m. Le misurazioni denotano un ritiro rispetto al 1992 di 5 m dal segnale T2, 0 m dal segnale T3 e 3 m dal segnale T4.

Cesco-Cancian effettua delle ulteriori misurazioni il 15.09.1996. Nelle relazioni della campagna glaciologica 1996 pubblicate nel 1997 scrive: "*Alla data del controllo il ghiacciaio si presenta ricoperto di neve recente nei due terzi superiori a causa delle precoci nevicate di inizio settembre; nella zona di contatto con il torrione centrale il ghiaccio appare considerevolmente più assottigliato e più staccato dalla roccia rispetto all'anno precedente. In particolare, nei pressi del segnale T3, uno strato di ghiaccio spesso alcuni m, ubicato al limite di un gradino roccioso verticale, risulta arretrato e assottigliato di qualche m e non più visibile*

durante le misure.

La fronte lobata, come già rilevato in precedenza, è quasi completamente ricoperta di detrito; nel lobo sinistro l'erosione delle acque superficiali ha riportato allo scoperto un tratto di ghiaccio sepolto, collegato alla massa principale, che scende fino a quota 2260, ma probabilmente prosegue sotto il detrito. La conservazione di questo ghiaccio appare più legata all'abbondante copertura morenica che a cause climatiche; inoltre, la dimensione della parte scoperta varia di anno in anno in funzione del dilavamento subito. Anche per tale situazione si è deciso di sospendere temporaneamente la misura dal segnale T2, che attualmente non è più significativa."

La quota minima della fronte (lobo sinistro) si trova a 2260 m, dal segnale T3 si è rilevata un arretramento di 3,5 m rispetto al 1994.

L'anno successivo Cesco-Cancian si reca sul ghiacciaio per effettuare un controllo il 9.09.1997. Egli scrive: "*Alla data del controllo il ghiacciaio si presenta coperto da neve residua a partire da quota 2550; in corrispondenza del torrione che separa i due lobi frontali, la superficie di roccia scoperta dal ghiaccio sembra essere aumentata rispetto all'anno passato. Sul lobo sinistro l'erosione delle acque superficiali ha portato allo scoperto un tratto di ghiaccio -probabilmente collegato al corpo principale, a quota 2250- che forma una piccola porta dalla quale esce l'acqua di fusione. Tutta la fronte è ricoperta di detrito: anche in corrispondenza del segnale T3, ancora utilizzabile l'anno passato per la presenza di un camino roccioso che evidenziava il limite del ghiaccio, esso ha ricoperto completamente la superficie glaciale, rendendo imprecisa la misurazione, tanto che la distanza rilevata non è significativa. Lungo questa sezione, a +45,5 m e con azimuth 120°, è stato collocato su roccia in posto un segnale ausiliario, così identificato:" '97 T3+45,5m. Θ120°"*

La quota minima del ghiaccio scoperto è stata misurata a 2250 m.

Un successivo controllo viene fatto da Cesco-Cancian 14.9.1999. Sulla relazione della campagna glaciologica di quest'anno riporta: "*Le nevi residue dell'annata si osservano in forma discontinua sul pianoro mediano del ghiacciaio,*

a circa 2500 m per accumulo da valanghe e, con maggiore continuità, a partire da 2750 m.

Si nota il completo distacco del ghiaccio dal torrione roccioso centrale, che ne era un tempo inglobato e che ora ne dista alcuni m; totale assenza di ghiaccio o nevato nel canalino che sale al Passo del Travignolo (2928 m).

Copertura detritica in costante aumento su entrambi i lobi della fronte."

La quota minima della fronte si trova a 2280 m, la variazione di distanza dal segnale T2 è stata misurata in 0 m rispetto al 1995, mentre rispetto al segnale T3 si ha un arretramento di 6 m dal 1996.

Il 10.9.2000 Cesco-Cancian torna sul Ghiacciaio del Travignolo per un controllo e scrive sul bollettino: "*L'innevamento residuo, molto ridotto, è presente, per accumulo da valanghe, sul pianoro mediano a 2500 m e sulla parte superiore, a contatto con la roccia, a circa 2750 m. Quasi tutto il ghiaccio è ricoperto da detrito; la distanza del ghiaccio dal torrione roccioso centrale appare aumentata. La ripresa della misura dal segnale T1 -effettuata mediante triangolazione- unica disponibile, ha evidenziato un arretramento medio annuo di circa 7 m dal 1981".*

La quota minima della fronte è posta a 2330 m, mentre la distanza dal punto T1, rispetto al 1981 è aumentata di 137,5 m.

L'anno successivo è sempre Cesco-Cancian a fare una visita al ghiacciaio, riguardo al suo controllo effettuato il 12.09.2001 scrive: "*La fronte non è più individuabile con certezza e si presenta abbondantemente ricoperta di detrito e, parzialmente, di neve residua; il ghiacciaio è uniformemente innevato nei due terzi superiori, a partire dalla quota di 2450 m, ed in modo discontinuo nelle zone inferiori, sino alla fronte. Il canalino che scende dal Passo del Travignolo (2938 m), un tempo nota via alpinistica di ghiaccio, ma da molti anni completamente roccioso, alla data del controllo era ricoperto con continuità da neve residua di discreto spessore".*

L'8.09.2002 Cesco-Cancian effettua un altro controllo e riporta: "*Il ghiacciaio, alla data del controllo, è in gran parte ricoperto, sia pur in modo discontinuo, dalla neve vecchia dell'annata 2000-2001, conservata per il riparo orografico che*

contraddistingue questo apparato; l'innevamento residuo dell'annata in corso è invece abbastanza ridotto e sparso, limitato ad accumuli di valanga agli sbocchi dei canali.

La copertura morenica, in aumento, ricopre zone sempre più ampie della fronte, ora completamente sepolta e non più individuabile.

La distanza tra il ghiaccio ed il torrione centrale sembra in ulteriore ed accentuato aumento".

Cesco-Cancian si reca nuovamente sul Ghiacciaio del Travignolo l'8.9.2004. Riguardo a questo controllo riporta sulla relazione della campagna glaciologica 2004: *"Il ghiacciaio, nella parte centrale, è arretrato di alcune decine di metri dal torrione, che precedentemente lambiva e ha scoperto un gradino roccioso sopra il quale si è ritirato. Il lobo destro è completamente ricoperto da detrito e da neve residua, quello sinistro, considerevolmente arretrato si immerge verticalmente nel detrito. Il ghiacciaio è ricoperto per due terzi dalla neve residua dell'annata.*

Il 31.08.2005 Cesco-Cancian effettua un altro controllo sul Ghiacciaio del Travignolo e scrive sulla relazione della campagna glaciologica del 2005: *"La neve residua è limitata ai soli accumuli di valanga sparsi lungo il perimetro del ghiacciaio, che è ulteriormente e sensibilmente arretrato dal torrione centrale, un tempo a contatto".*

Il ghiacciaio ricompare nelle relazioni della Campagna Glaciologica del 2009. Il 7.10 di quest'anno Marco Cesco-Cancian (CGI), Gino Taufer e Carlo Albino Turra (SAT) riportano: *"I due terzi superiori del ghiacciaio sono coperti da neve vecchia, prevalentemente di valanga, che sul lato destro arriva fin verso la fronte dove il ghiaccio è ricoperto dal detrito. Non essendo più significative o possibili le misure dai vecchi segnali è stato individuato un nuovo segnale T5 sulla sommità del torrione roccioso che un tempo divideva la fronte in due lobi..."*

La relazione sui rilievi effettuati nel 2010 è riportata nel bollettino relativo alla campagna glaciologica del 2011. Gino Taufer si reca sul posto il 30.9 e nella relazione riporta: *"Alla data di effettuazione del rilievo era presente una copertura continua di neve fresca che non consentiva una lettura accurata della situazione.*

Le foto sono state scattate anche in Ottobre, quando la neve fresca era leggermente calata, lasciando però sostanzialmente inalterata la lettura. Le misure sulla fronte centrale sono attendibili e nel confronto con le misure del 2009 si nota un leggero arretramento della fronte. È stato eseguito anche un rilievo gps dell'andamento della fronte sicura, che ha consentito di calcolare con maggior precisione la superficie dell'apparato, risultante pari a 17,98 ha, escluse tutte le zone di ghiaccio sepolto da detrito (non stimabile). Il calcolo della nuova superficie è stato eseguito utilizzando tutti i dati cartografici a disposizione (ortofoto 2006 e 2009, DTM Lidar), utilizzando di tratto in tratto quello che dava una migliore lettura del bordo. Da questi strumenti emerge anche una crepacciatura della parte medio alta dell'apparato, piuttosto estesa e in apparente aumento". Le misurazioni effettuate dal segnale T5 evidenziano un arretramento della fronte rispetto al 2009 di 6 m in direzione N150° e di 3 m in direzione N220°. La quota minima della fronte è posta a 2374 m.

Nel 2011 il rilievo viene effettuato il 6.10 da C. A. Turra, D. Zagonel e G. Taufer. Nel bollettino relativo alla campagna glaciologica di quest'anno è riportato: "*Alla data di effettuazione del rilievo non vi era traccia di neve fresca, permettendo così un'accurata osservazione del ghiacciaio. Rispetto all'Autunno 2010 la copertura detritica è apparsa più esigua nella parte bassa del ghiacciaio in corrispondenza del bordo occidentale, a causa dell'erosione da parte di abbondanti precipitazioni piovose avvenute durante l'estate. La copertura nevosa iniziale era buona (apporti valanghivi), mentre al termine della stagione di ablazione la neve residua persisteva unicamente a ridosso delle pareti nella parte alta dell'anfiteatro roccioso e sul settore centrale del ghiacciaio, dove si presentava parzialmente ricoperta da una recente colata detritica che ha interessato la parte in sinistra orografica del ghiacciaio. Ben visibili a valle della snow-line le zonature del firn dei due anni precedenti, che copre all'incirca metà ghiacciaio. Centralmente la fronte è ben visibile anche se parzialmente ricoperta di detrito, perché termina su roccia in posto. Le due colate laterali invece si immergono nel detrito e raggiungono quote ben più basse, come reso visibile*

dalla recente erosione del detrito epiglaciale". Le misurazioni della distanza della fronte dal segnale T5 denotano un arretramento di questa di 10 m in direzione N150° e di 14 m in direzione N220°. La quota minima della fronte è a 2292 m.

Nel 2012 i rilievi vengono effettuati da G. Taufer e E. Filippi Gilli in data 2 ottobre. Nel bollettino relativo alla campagna glaciologica di quest'anno è riportato: *"Neve residua presente solo sul settore superiore, sotto forma di una sottile falda a contatto con il margine roccioso superiore. Sensibile riduzione della copertura di firn degli anni precedenti. La fronte principale dell'apparato è evidentemente arretrata rispetto all'anno 2011 e si attesta ora sopra un gradino roccioso. Due rami laterali scendono a quota molto più bassa, ma la forte copertura detritica ne impedisce una chiara lettura. Un forte evento piovoso a Ferragosto ha sconvolto la superficie, provocando la formazione di forre, collassi e diverse colate detritiche e facendo emergere ghiaccio sepolto su questi due rami laterali. La copertura detritica appare aumentata soprattutto sul settore centrale".* Le misurazioni della distanza della fronte dal segnale T5 evidenziano un arretramento di questa di 9 m in direzione 150° N, di 2 m in direzione 126° N e un avanzamento di 9 m in direzione 220° N.

2.2 Variazioni della fronte

Di seguito sono riportate le variazioni delle fronti dei due lobi del Ghiacciaio del Travignolo, come descritto negli annali del Comitato Glaciologico, nei periodi che vanno dal 1927 al 1935, dal 1951 al 1954 e dal 1980 al 1997. Dopo il 1997, a causa della copertura detritica della fronte, non sono più disponibili le misurazioni delle variazioni di quest'ultima.

anno	variazione lobo dx	variazione lobo sx	lobo dx	lobo sx
	rispetto a ultima misurazione	rispetto a ultima misurazione	variazione progressiva	variazione progressiva
1927	-16	2	-16	2
1928	0	-7	-16	-5
1932			-16	-5
1933	-6.5	-6.5	-22.5	-11.5
1935	-44.5	-90	-67	-101.5
			-67	-101.5
1951	0	0	-67	-101.5
1952	-4.5	-4	-71.5	-105.5
1953	-3	0	-74.5	-105.5
1954	-8	0	-82.5	-105.5
			-82.5	-105.5
1980	0	0	-82.5	-105.5
1981	-2.5	-3	-85	-108.5
1991	-75.75	-24.5	-160.75	-133
1992	-1.5	-5	-162.25	-138
1994	-6	-1	-168.25	-139
1995	-3.5		-171.75	-139
1996	3.5		-168.25	-139
1997	-6	0	-174.25	-139
1999				
2000	-137.5 (rispetto al 1981)		-222.5	
2001				
2009				

Tabella 1: variazioni della fronte

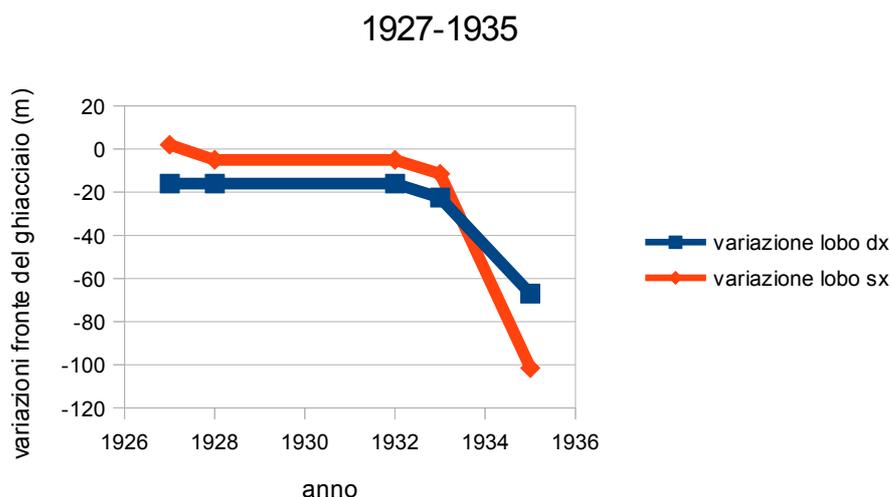


Figura 1: variazioni della fronte fra il 1927 e il 1935

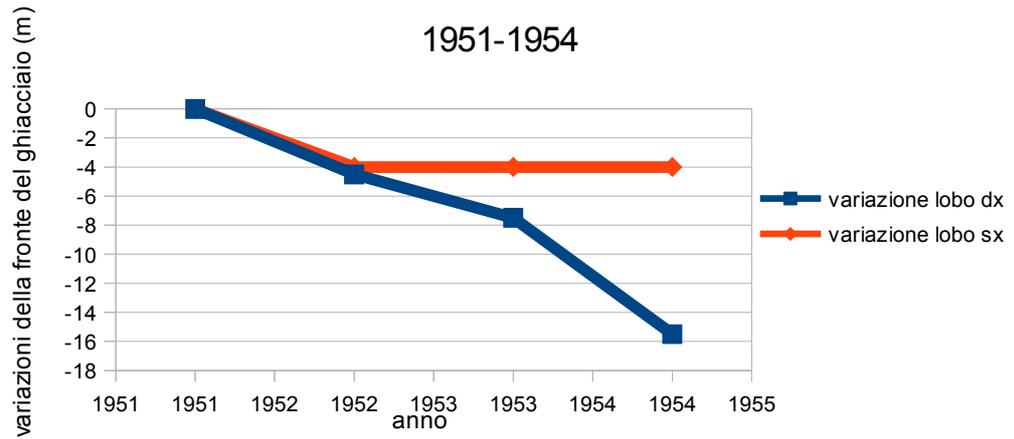


Figura 2: variazioni della fronte fra il 1951 e il 1954

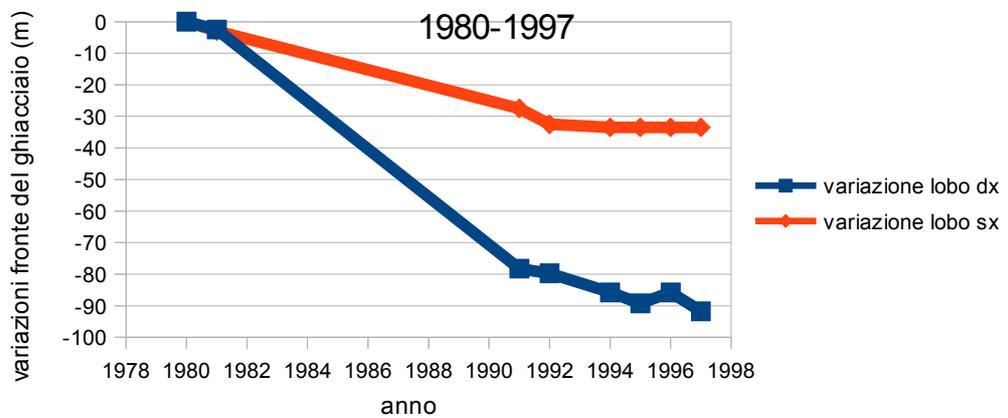


Figura 3: variazioni della fronte fra il 1980 e il 1997

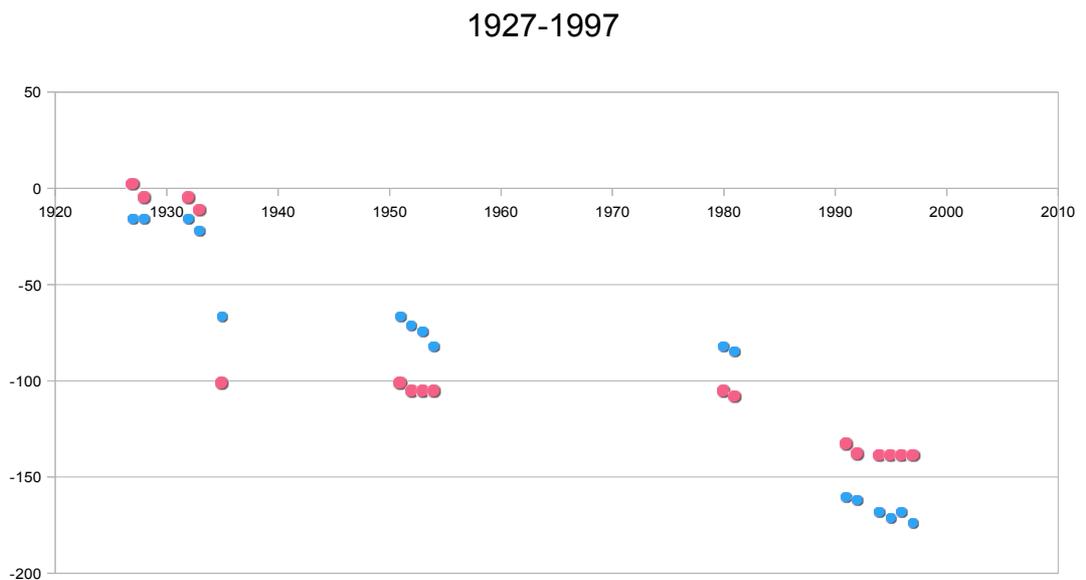


Figura 4: variazioni della fronte fra il 1927 e il 1999

Riportiamo ora le quote minime del ghiaccio scoperto. I dati sono stati tratti sia dai bollettini del Comitato Glaciologico Italiano che dalle carte di seguito elencate:

- Tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio con rilievi del 1915
- Tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio con rilievi del 1917
- Tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio con rilievi del 1926
- Carta dell'Aegerter dell'Alpenverein austriaco del 1931
- Tavoletta IGM F 22 I NO S. Martino di Castrozza con rilievi del 1954
- Carta geologica S. Martino di Castrozza con rilievi del 2002
- Modello digitale del terreno lidar con rilievi del 2006

anno	quota minima ghiaccio scoperto	fonte
1915	2250	tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio
1917	2250	tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio
1926	2225	tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio
1927	2210	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1928	2210	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1931	2225	Carta Aegerter
1935	2220	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1951	2300	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1952	2340	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1953	2340	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1954	2350	tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio
1981	2320	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1992	2330	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1994	2300	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1995	2260	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1996	2260	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1997	2250	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
1999	2280	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
2002	2330	Carta geologica S, Martino di Castrozza
2006	2326	DTM Lidar
2010	2374	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
2011	2292	Bollettino Comitato glaciologico Italiano
2012	2362	Bollettino Comitato glaciologico Italiano

Tabella 2: quote minime del ghiaccio scoperto

Quota minima del ghiaccio scoperto

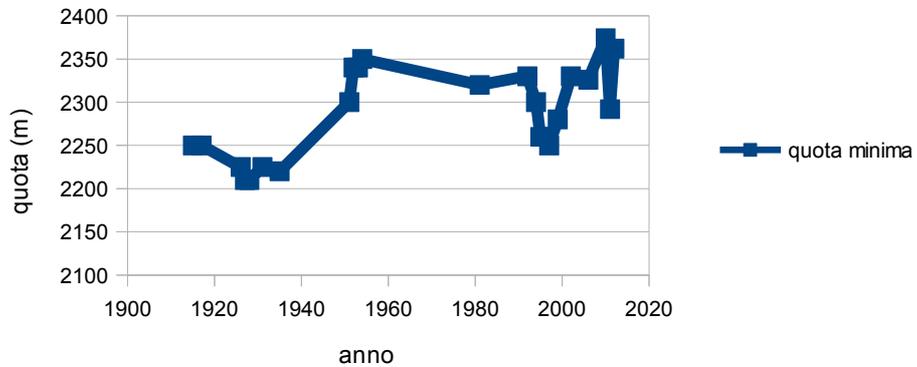


Figura 5: variazioni della quota minima del ghiaccio scoperto fra il 1915 e il 2012

L'andamento dei dati delle quote è piuttosto altalenante nel tempo. Ciò è dovuto alla presenza o meno di detriti nella parte terminale del ghiacciaio che, a seconda dell'anno in cui sono stati effettuati i rilievi, può coprire o scoprire ampie porzioni di ghiaccio andando a falsare l'effettiva quota minima della fronte.

2.3 Variazioni areali

Nella determinazione delle variazioni areali del Ghiacciaio del Travignolo sono state prese in esame le seguenti fonti:

- Tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio con rilievi del 1915
- Tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio con rilievi del 1917
- Tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio con rilievi del 1926
- Carta dell'Aegerter dell'Alpenverein austriaco del 1931
- Tavoletta IGM F 22 I NO S. Martino di Castrozza con rilievi del 1954
- Carta geologica S. Martino di Castrozza con rilievi del 2002
- Modello digitale del terreno lidar con rilievi del 2006

Queste carte sono state georeferenziate su ArcGis; si è poi provveduto a tracciare i limiti del ghiacciaio e a calcolarne l'area. I dati ottenuti sono riportati in *tabella 3*.

anno	fonte	area (ha)
1915	tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio	48,88
1917	tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio	51,78
1926	tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio	48,97
1931	Carta Aegerter	49,56
1954	tavoletta IGM F 22 I NO Paneveggio	21,23
2002	Carta geologica S, Martino di Castrozza	22
2006	DTM Lidar	16,42

Tabella 3: variazioni areali dal 1915 al 2006

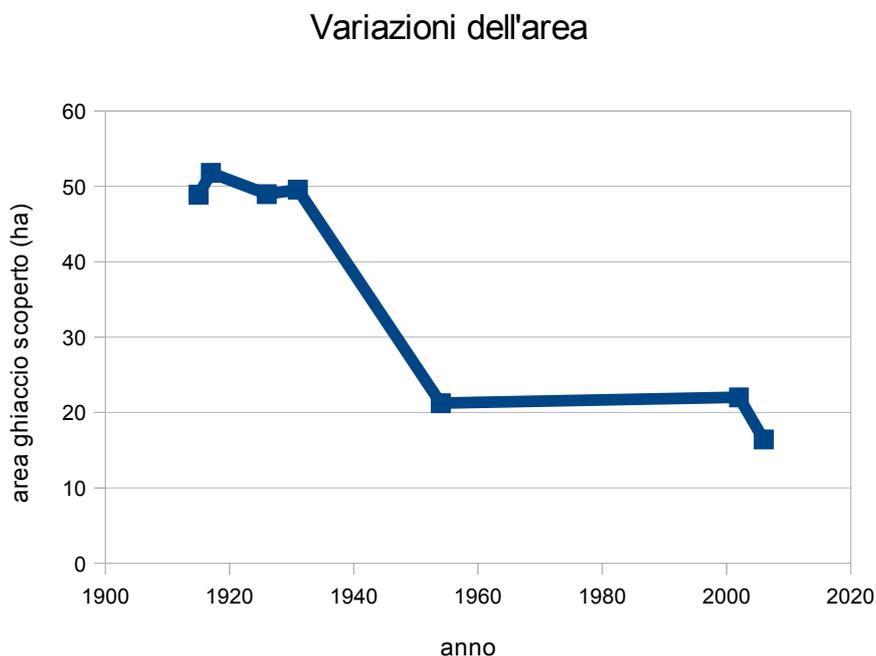


Figura 6: Variazioni dell'area del ghiacciaio fra il 1915 e il 2006

Nelle tavolette IGM F 22 I NO del 1915 e del 1917 il Ghiacciaio del Travignolo occupa il canale che parte dal Passo del Travignolo (2938 m) fino a quota 2250 circa, con un'area rispettivamente di circa 49 e 52 ha.

Nella tavoletta IGM del 1926 l'area è di circa 49 ha, mentre nella carta dell'Aegerter del 1931 il ghiacciaio appare collegato, attraverso il Passo del Travignolo, a delle masse di ghiaccio della Val dei Cantoni e della Val delle Galline e, attraverso il Passo di Val Strutt, a una massa di ghiaccio presente nell'omonima valle.

Nella tavoletta IGM del 1954 il ghiacciaio appare molto arretrato, anche rispetto alle carte più recenti; esso sembrerebbe avere un'area di circa 21 ha e una quota minima di 2350 m.

Nella carta geologica S. Martino di Castrozza il ghiacciaio si estende fino a quota 2330 e presenta un'area di 22 ha, mentre nel modello digitale del terreno Lidar del 2006 occupa una superficie di circa 16 ha e scende fino a quota 2326.

I confini del ghiacciaio riportati nelle carte sopra elencate sono stati sovrapposti in un'unica immagine (*figura 7*) tramite Gis in modo da poter visualizzare facilmente l'entità della variazione areale.

Dall'analisi di queste carte si evince che dal 1915 al 2006 l'area del Ghiacciaio del Travignolo si è ridotta di circa due terzi.

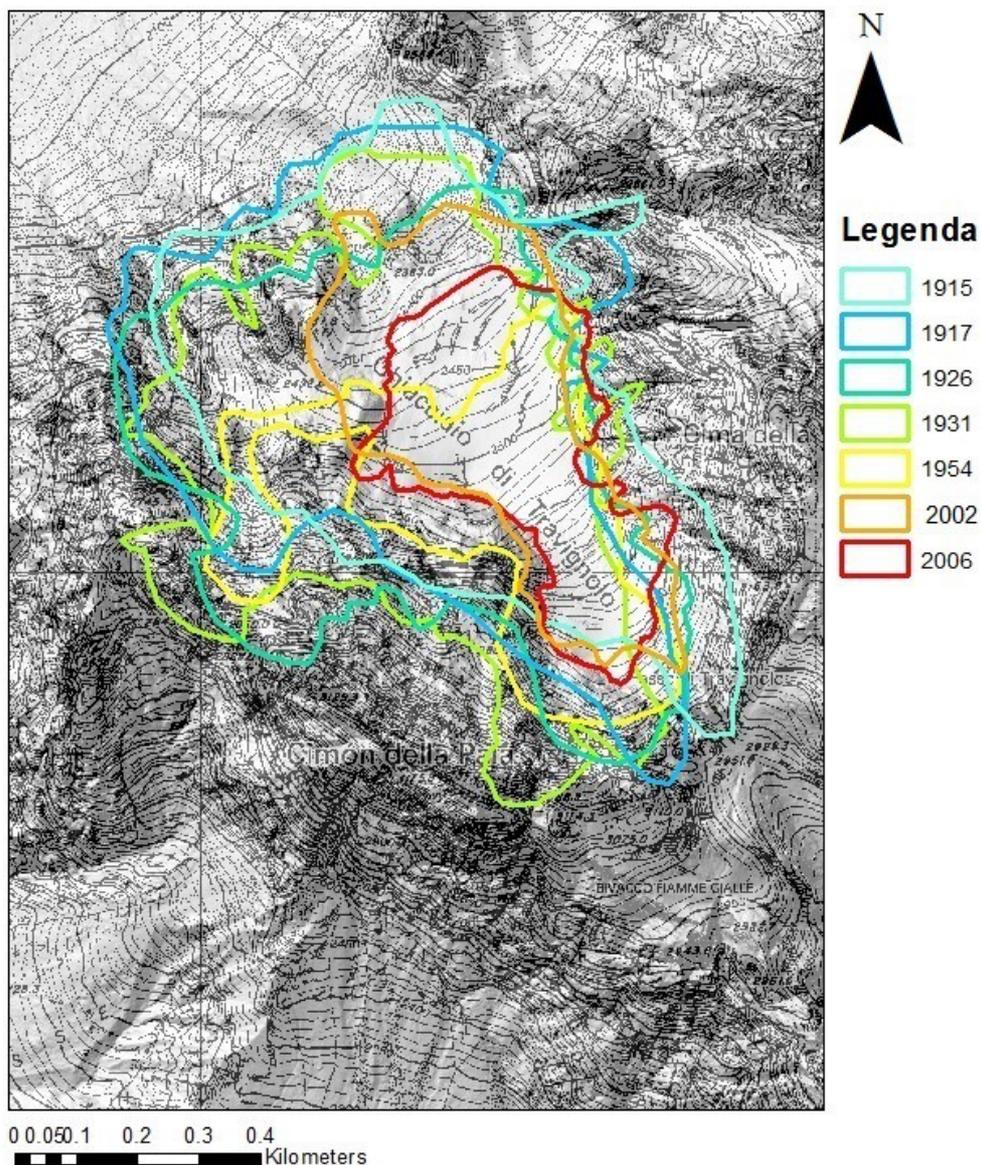


Figura 7: variazioni dei limiti del ghiacciaio fra il 1915 e il 2006

2.4 Variazioni della curva ipsometrica

Tramite Gis è stata calcolata la curva ipsometrica del Ghiacciaio del Travignolo per ognuna delle carte sopra citate. La curva ipsometrica permette di visualizzare la distribuzione dell'area del ghiacciaio in funzione della quota. Per determinarla è stata calcolata l'area di ghiacciaio contenuta in intervalli altimetrici di 25 m; i valori cumulati sono poi stati plottati sul diagramma riportato più in basso (*figura 8*). Grazie ad essa è stato possibile determinare la quota della linea di equilibrio che divide la zona di ablazione dalla zona di accumulo, ipotizzando che la prima occupi il terzo di area inferiore e la seconda i due terzi superiori. I valori sono riportati in *tabella 4*.

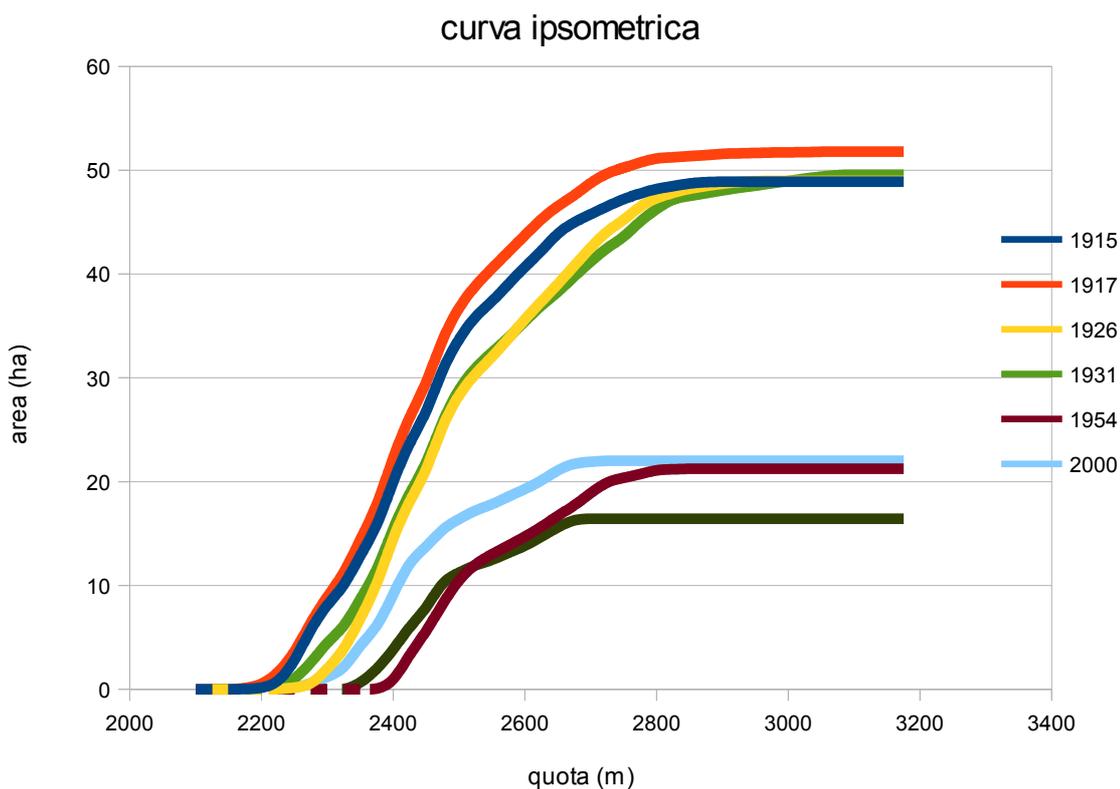


Figura 8: variazioni della curva ipsometrica fra il 1915 e il 2006.

anno	quota linea di equilibrio (m)
1915	2375-2400
1917	2350-2375
1926	2400-2425
1931	2401-2425
1954	2450-2475
2002	2375-2400
2006	2400-2425

Tabella 4: quota della linea di equilibrio fra il 1915 e il 2006

Variazioni della linea di equilibrio fra il 1915 e il 2006

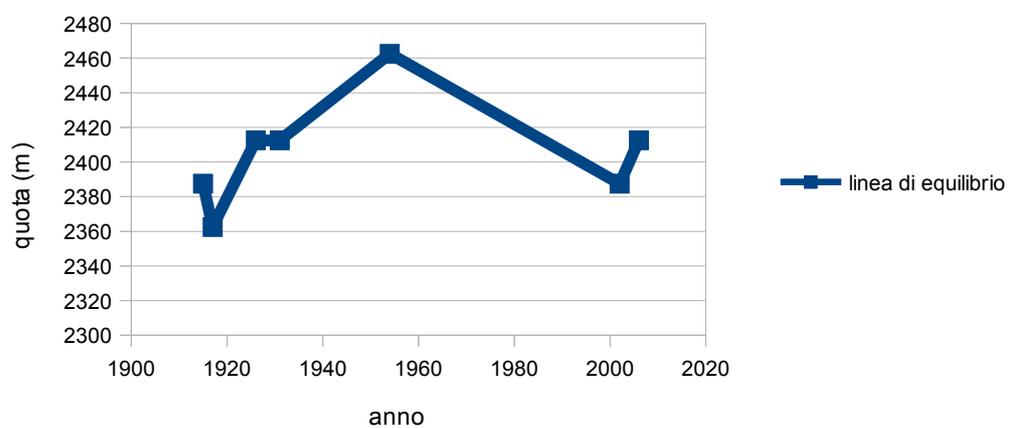


Figura 9: oscillazioni della linea di equilibrio del Ghiacciaio del Travignolo fra il 1915 e il 2006

3. L'EVOLUZIONE DEL GHIACCIAIO DEL TRAVIGNOLO NELL'ULTIMO SECOLO A CONFRONTO CON QUELLA DEI GHIACCIAI ALPINI

3.1 Brevi cenni sull'evoluzione generale dei ghiacciai alpini nell'ultimo secolo.

I grandi ghiacciai vallivi alpini hanno subito un ritiro frontale continuo a partire dal massimo della Piccola Età Glaciale, attorno al 1850. I piccoli ghiacciai montani, invece, mostrano alcuni periodi di avanzamento; in particolare negli anni '20 e fra gli anni '60 e gli anni '80. Le oscillazioni frontali di questi ultimi, tuttavia, presentano una elevata variabilità annuale (Zemp et alii, 2006).

Secondo Zanon (1976), alcuni ghiacciai italiani conoscono un periodo di avanzamento fra il 1914 e la metà degli anni '20. Nel 1925 il 3% dei ghiacciai italiani monitorati dal Comitato Glaciologico Italiano è in condizioni di espansione, mentre nel 1926, eccezionalmente, le condizioni di avanzamento interessano il 27% dei ghiacciai. Successivamente a quest'anno e durante tutti gli anni '40 si assiste ad una riduzione generale che termina nel 1951, anno in cui 11 ghiacciai ritornano ad avanzare. È comunque a partire dagli anni '60 che le condizioni di avanzamento diventano più diffuse fino ad arrivare al periodo fra il 1969 e il 1975, in cui i ghiacciai italiani in avanzamento sono il 34%, e in particolare, nel 1975, all'interno del bacino dell'Adige sono il 47% (Zanon, 1976). Fra gli anni '60 e '80 molti ghiacciai alpini sono interessati da una fase generale di avanzamento. Alla fine di questa il ritiro diventa sempre più pronunciato: il bilancio medio annuale di massa dei ghiacciai alpini negli anni '90 evidenzia una perdita media annuale di volume di ghiaccio doppia rispetto a quella del bilancio fra il 1967 e il 2001.

I dati dei bilanci di massa più recenti mostrano una continua accelerazione del trend di riduzione a partire dal 2001, con un picco eccezionale nel 2003; durante quest'anno si stima sia andato perduto circa il 5-10% del volume di ghiaccio rimanente (Zemp et alii, 2006).

3.2 L'evoluzione del Ghiacciaio del Travignolo a confronto con l'evoluzione generale dei ghiacciai alpini nell'ultimo secolo.

Il Ghiacciaio del Travignolo, secondo i dati ottenuti dalla consultazione dei bollettini del Comitato Glaciologico Italiano, dal 1927 fino ad ora è sempre stato in condizioni di arretramento.

Dall'analisi delle carte si nota invece una certa espansione del Ghiacciaio del Travignolo fra il 1915 e il 1917 e fra il 1926 e il 1930. Questi dati concorderebbero con il trend generale dell'area alpina che, in questo periodo, vede alcuni ghiacciai in avanzamento. È comunque difficile capire se le differenze areali ottenute dalle carte più vecchie siano dovute a effettive variazioni del ghiacciaio o alla difficoltà di stabilirne in maniera precisa i limiti.

Risulta inoltre arduo stabilire se, come parte dei ghiacciai alpini, anche il Ghiacciaio del Travignolo abbia conosciuto un periodo di avanzamento fra il 1960 e gli anni '80, in quanto non si hanno dati nel periodo compreso fra il 1954 e il 1980.

È invece comune anche al Ghiacciaio del Travignolo il trend di ritiro che ha interessato la maggior parte dei ghiacciai alpini successivamente alla fase di espansione sopra citata, e in particolar modo l'accelerazione di questo processo a partire dal 2001.

4. SCHIZZO GEOMORFOLOGICO DEL GHIACCIAIO DEL TRAVIGNOLO E DELL'AREA CIRCOSTANTE

Lo schizzo geomorfologico del Ghiacciaio del Travignolo e dell'area circostante riportato di seguito è stato tracciato basandosi sulla Tavola 45 III – S. Martino di Castrozza (Massironi et alii, 2006) della Carta Geologica della Provincia Autonoma di Trento per quanto concerne gli elementi strutturali e geologici. Per ciò che riguarda la geomorfologia si è fatto invece ricorso al modello digitale del terreno (DTM) della Provincia Autonoma di Trento ottenuto tramite dati LIDAR.

I rilievi della Tavola 45 III – S. Martino di Castrozza, nell'area presa in esame, sono stati effettuati durante i campi del corso di rilevamento Geologico del Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova fra il 2002 e il 2006 da M. Massironi, N. Preto, D. Zampieri e G. Monegato. I dati LIDAR, invece, sono stati acquisiti nel 2006.

Lo schizzo è stato eseguito tramite il software ArcGis.

Gli elementi strutturali inseriti sono:

- lineamenti tettonici;
- faglie inverse e sovrascorrimenti.

Le formazioni geologiche presenti sono invece:

- Dolomia dello Sciliar: composta da dolomie massive cristalline bianche con clinostratificazioni.
- Complesso Anisico indifferenziato: composto da conglomerati a ciottoli carbonatici, siltiti rosse e grigie, siltiti compatte e calcari siltosi, dolomie grigio scure e dolomie massive.
- Formazione di Werfen: composta da calcari e dolomie oolitico bioclastici, calcari marnosi e marne, dolomie chiare e argille gialle e rosse, calcari e calcari marnosi grigio-verdastri, calcareniti oolitico bioclastiche e siltiti rosse in alternanza, calcari con bivalvi e microgasteropodi, calcareniti oolitico-bioclastiche.

Gli elementi geomorfologici inseriti sono i seguenti:

- Elementi del glacialismo attuale: ghiaccio scoperto e crepaccio.
- Forme e depositi dovuti alla gravità: terreni soggetti a soliflusso, debris flow, accumulo di debris flow in detrito glaciale, cono o falda detritica, detrito di versante, accumulo di frana a grossi blocchi, blocchi isolati.
- Forme e depositi glaciali: rocce montonate, deposito glaciale, cresta morenica.
- Forme dovute allo scorrimento di acque superficiali fluviali e fluvioglaciali: solco di ruscellamento concentrato.
- Forme antropiche: strade.

Sono state inoltre cartografate le linee di cresta.

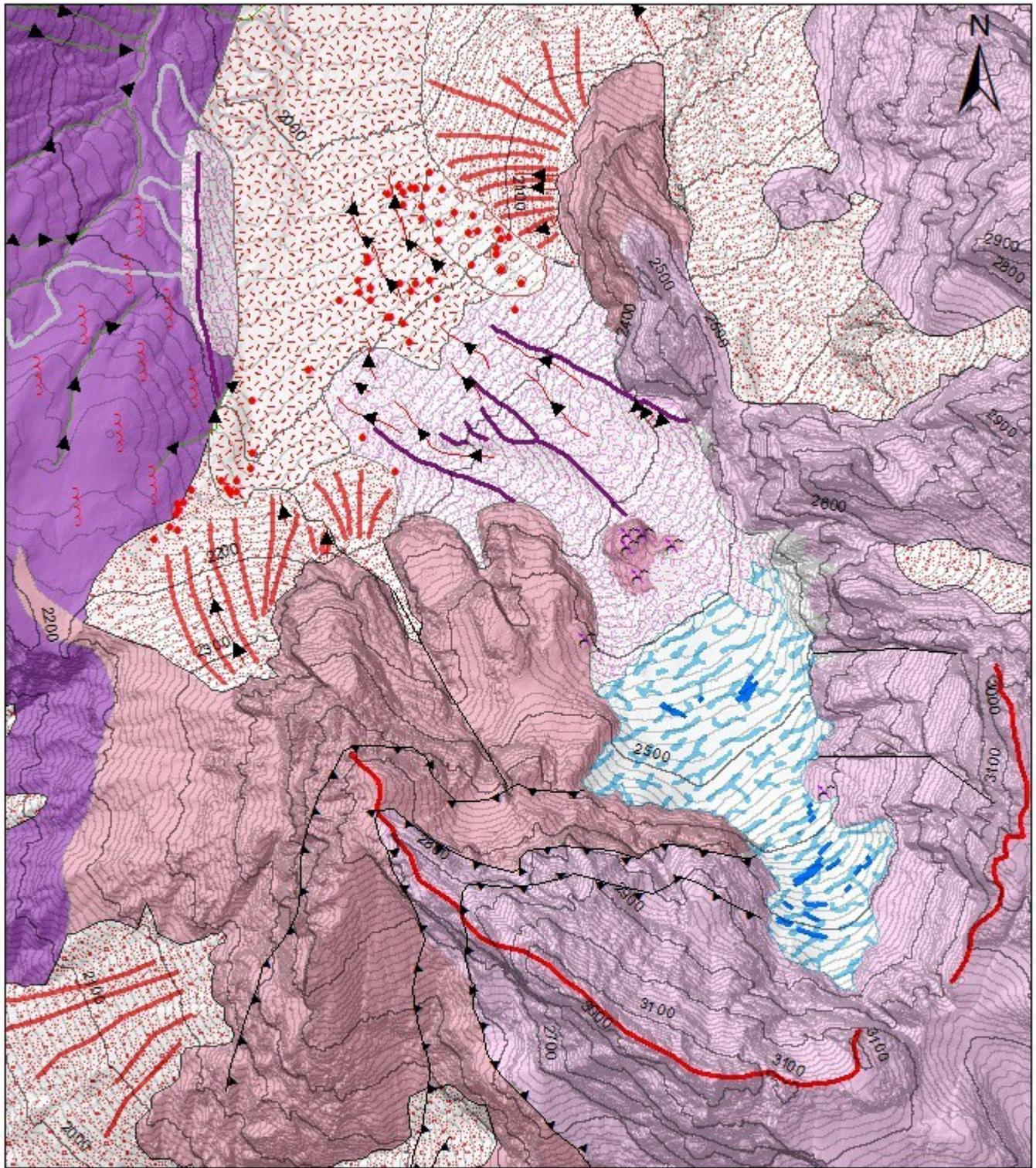
Il Ghiacciaio del Travignolo è esposto a NW ed occupa un vallone, situato fra il Cimon della Pala e la Cima della Vezzana, delimitato da ripide pareti. Alla base del ghiacciaio e nel tratto di vallone sottostante è presente un deposito di tipo glaciale, nel quale sono ben visibili le morene risalenti alla Piccola Età Glaciale; sono presenti due morene laterali e una centrale che parte dal roccione che un tempo divideva in due lobi la fronte del ghiacciaio. Questo deposito glaciale è interessato in diversi punti da dei debris flow, che, nella parte più bassa del vallone, formano degli accumuli al di sopra del detrito glaciale.

Il roccione centrale e alcune porzioni di roccia circostanti il ghiacciaio presentano delle montonature.

Sia a destra che a sinistra del vallone in cui è situato il ghiacciaio sono presenti dei cono detritici di versante, anch'essi interessati dalla presenza di debris flow. Alla base del cono di destra è presente anche un deposito di frana a grossi blocchi. Numerosi blocchi di grosse dimensioni sono inoltre presenti in tutta la parte bassa del vallone.

Il versante occidentale della valle sottostante al vallone che ospita il ghiacciaio è interessato da fenomeni di soliflusso e da un reticolo piuttosto articolato di solchi di ruscellamento concentrato.

SCHIZZO GEOMORFOLOGICO DEL GHIACCIAIO DEL TRAVIGNOLO E DELL'AREA CIRCOSTANTE



Legenda

Elementi del glacialismo attuale

- crepaccio
- ghiacciaio

Forme e depositi glaciali

- rocce montonate e direzione delle striature
- cresta morenica
- deposito glaciale

Forme dovute allo scorrimento di acque superficiali e fluvio-glaciali

- solco di ruscellamento concentrato

Forme e depositi dovuti alla gravità

- blocco isolato
- terreni soggetti a soliflusso
- debris flow
- accumulo di debris flow in detrito glaciale
- accumulo di frana a grossi blocchi
- cono o falda detritica
- detrito di versante
- linea di cresta

Forme antropiche

- strade

Elementi strutturali e substrato geologico

- lineamento tettonico
- Faglia inversa - sovrascorrimento
- Dolomia dello Sciliar
- Complesso anisico indifferenziato
- Formazione di Werfen

BIBLIOGRAFIA:

- CASTIGLIONI B., *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* N.8-1928
Relazioni delle Campagne Glaciologiche del 1927, p. 206-207
- CASTIGLIONI B., *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* N.9-1929
Relazioni delle Campagne Glaciologiche del 1928, p. 289-290
- CASTIGLIONI B., *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* N.13-1933
Relazioni delle Campagne Glaciologiche del 1932, p. 239-241
- CASTIGLIONI B., *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* N.14-1934
Relazioni delle Campagne Glaciologiche del 1933, p. 293-294
- CASTIGLIONI B., *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* N.16-1936,
Relazioni delle Campagne Glaciologiche del 1935, p. 296
- CESCO-CANCIAN M., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol 15 (1 e 2)
1992, Relazioni della Campagna Glaciologica 1991, p.254
- CESCO-CANCIAN M., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.16 (2) 1993,
Relazioni della Campagna Glaciologica 1992, p.245
- CESCO-CANCIAN M., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.18 1995,
Relazioni della campagna glaciologica 1994, p.132
- CESCO-CANCIAN M., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.20 (2)
1997, Relazioni della campagna glaciologica 1996, p. 409-410
- CESCO-CANCIAN M., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.21 (2)
1998, Relazioni della campagna glaciologica 1997, p. 327
- CESCO-CANCIAN M., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.23 (2)
2000, Relazioni della campagna glaciologica 1999, p. 227
- CESCO-CANCIAN M., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.24 (2)
2001, Relazioni della campagna glaciologica 2000, p. 259
- CESCO-CANCIAN M., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.25 (2)
2002, Relazioni della campagna glaciologica 2001, p. 199
- CESCO-CANCIAN M., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.26 (2)
2003, Relazioni della campagna glaciologica 2002, p. 200

- CESCO-CANCIAN M., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.28 (2) 2005, Relazioni della campagna glaciologica 2004, p. 287
- CESCO-CANCIAN M., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.29 (2) 2006, Relazioni della campagna glaciologica 2005, p. 262-263
- CESCO-CANCIAN M., TAUFER G., TURRA A.C. , *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.33 (2) 2010, Relazioni della campagna glaciologica 2009, p. 310
- DEUTSCHER UND ÖSTERREICHISCHER ALPENVEREIN (Hg.) Karte der Palagruppe, dis. L. Aegerter Wien, 1931
- IGMI, Tavoleta F 22 I NO Paneveggio, 1915
- IGMI, Tavoleta F 22 I NO Paneveggio, 1917
- IGMI, Tavoleta F 22 I NO Paneveggio, 1926
- IGMI, Tavoleta F 22 I NO S. Martino di Castrozza , 1954
- MASSIRONI M., PRETO N., ZAMPIERI D. MONEGATO G., Carta geologica S. Martino di Castrozza, Provincia Autonoma di Trento, 2006
- MORANDINI G., *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* N.1-II serie 1950, Relazioni delle Campagne Glaciologiche negli anni 1947-1948-1949, p. 192-194
- MORANDINI G., *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* N.3-Ierie 1952, Relazioni delle Campagne Glaciologiche 1951, p. 183
- MORANDINI G., *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* N.4-II serie 1953, Relazioni delle Campagne Glaciologiche 1952, p. 347-348
- MORANDINI G., *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* N.5-II serie 1954, Relazioni delle Campagne Glaciologiche 1953, p. 193-194
- MORANDINI G., *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* N.6-II serie 1955, Relazioni delle Campagne Glaciologiche 1954, p. 220
- ROSSI G., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.5 (2) 1982, Relazioni della Campagna Glaciologica 1981, p.409
- SECCHIERI F. - *"I ghiacciai delle Dolomiti"*, Regione Veneto, editrice La Galiverna, 2012 , p.131-132

- TURRA C. A., ZAGONEL D., TAUFER G., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.35 (2) 2011, Relazioni della campagna glaciologica 2011, p. 277
- TAUFER G., FILIPPI GILLI E., *Geografia fisica e dinamica quaternaria*, vol.36 (2), 2012, Relazioni della campagna glaciologica 2012, Settore Triveneto p. 9
- PORTALE CARTOGRAFICO PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO, Modello digitale del terreno LIDAR, 2006
- ZANON G. "*Fluctuation of the Italian glaciers and some remarks on their recent trends*", estratto da "*Italian contributions to the 23rd international geographical congress 1976*", 1976, p. 283-291
- ZANON G. - "*I ghiacciai del Veneto*", Canova Editore, 1990
- ZEMP M., PAUL F., HOELZLE M., HAEBERLI W. "*Glacier fluctuations in the European Alps 1850–2000: an overview and spatio-temporal analysis of available data*", 2006, p. 9-14, estratto da: ZEMP M., VON ROMOS L. U., "*Glaciers and climate change – spatio-temporal analysis of glacier fluctuation in the European Alps after 1850*", Zurigo, 2006