



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



Ghiacciaio di Presena Occidentale

Programma Sperimentale

*Sintesi attività e risultati
2008-2011*



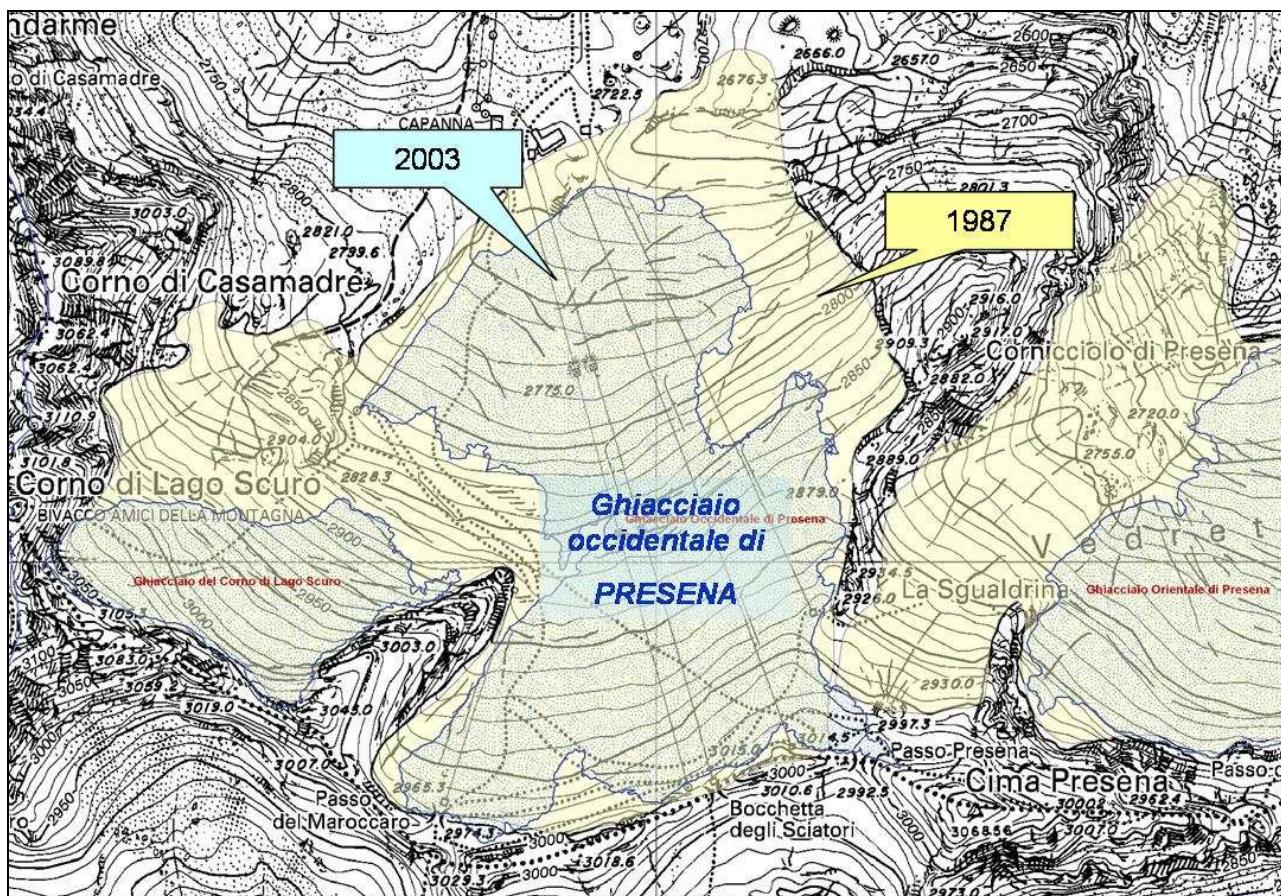
laghetto di Monticello (28.06.2011)

(settembre 2011)

Il ghiacciaio Occidentale di Presena, che nel catasto glaciologico trentino è codificato con il numero 684.0, ha subito negli ultimi decenni un drastico ridimensionamento a causa del riscaldamento globale dell'atmosfera terrestre, che si è fatto sentire pesantemente anche sulla catena alpina, e tanto più alle quote elevate.

Negli ultimi 50 anni questo ghiacciaio ha perso il 60% della sua superficie e negli anni '90 si è diviso in due, liberando la porzione occidentale che ha preso il nome di Ghiacciaio del Corno di Lago Scuro (cod. 684.1).

Nella figura che segue sono rappresentate le estensioni rilevate alla fine degli anni '80 e nel 2003, mentre la successiva tabella ne evidenzia la riduzione nel tempo.



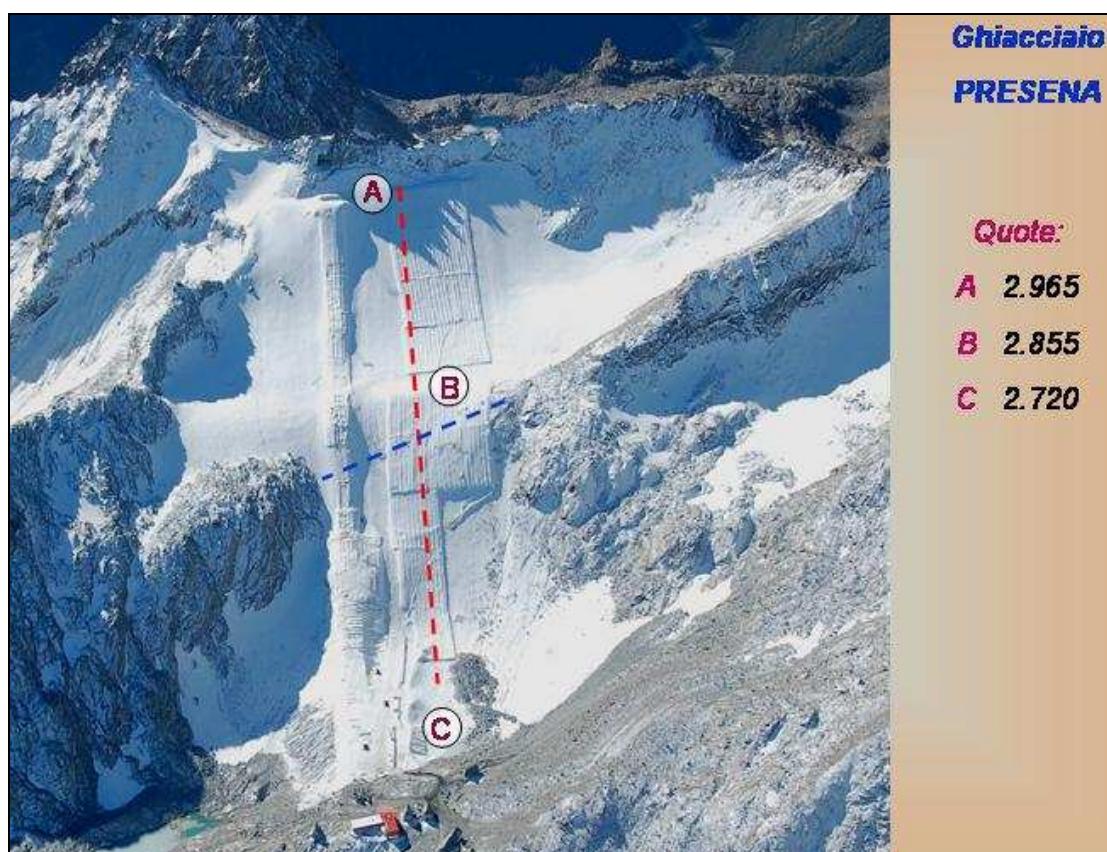
Riduzioni supreficiali del ghiacciaio Occidentale di Presena

anno	1958	1987	2003*	2011*
Superficie (ha)	82	68	41	32
Riduzione media annua		- 0,6%	- 2,5%	- 2,7%

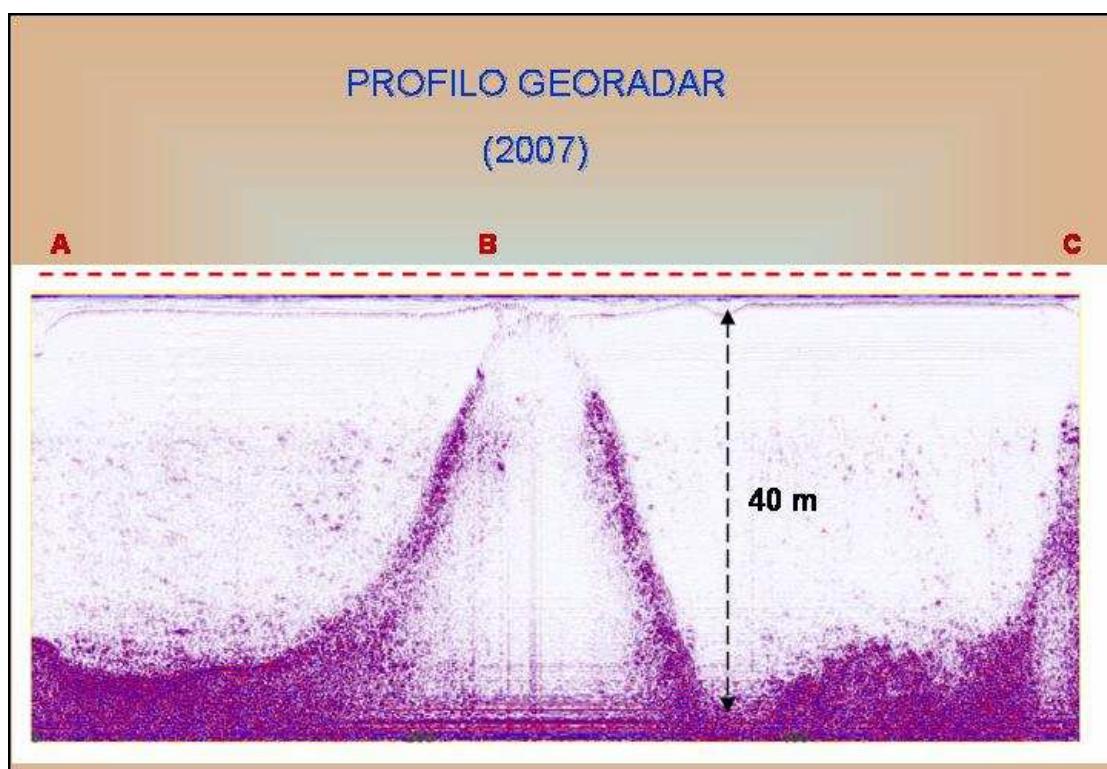
(*per congruità sono sommati i due ghiacciai staccatisi negli anni '90)

Nel 2007 è stato eseguito un rilievo georadar (GPR) lungo il profilo longitudinale del ghiacciaio per determinare la posizione della roccia sottostante (bedrock) e si è scoperto che nella parte centrale il ghiacciaio è attraversato da

una cresta rocciosa, chiamata "ginocchio", che ormai risultava ricoperta solo da 2-3 metri di ghiaccio.



Profilo georadar (tratteggio rosso) e disposizione del ginocchio (tratteggio blu)



La Provincia autonoma di Trento tramite *Meteotrentino*, unitamente ai comitati glaciologici nazionale e trentino, all'Università di Milano ed al Comune di Vermiglio, ha quindi deciso di dar corso ad una attività di sperimentazione per cercare di scongiurare l'ulteriore rottura del ghiacciaio lungo il ginocchio, attuando tecniche di protezione attiva recentemente messe a punto su alcuni ghiacciai austriaci e svizzeri.

Ciò evidentemente anche in relazione all'elevata valenza sciistica del sito, che incide significativamente nell'economia turistica della Val di Sole e della Valcamonica.

E' stato così predisposto un Programma sperimentale che la Giunta provinciale ha approvato con propria deliberazione n. 3161 del 12 dicembre 2008; il successivo 22 settembre 2009 è poi stata sottoscritta un'apposita convenzione tra la Provincia e la società impiantistica (Carosello Tonale SpA) per definire i rispettivi ruoli nell'attuazione del citato Programma.

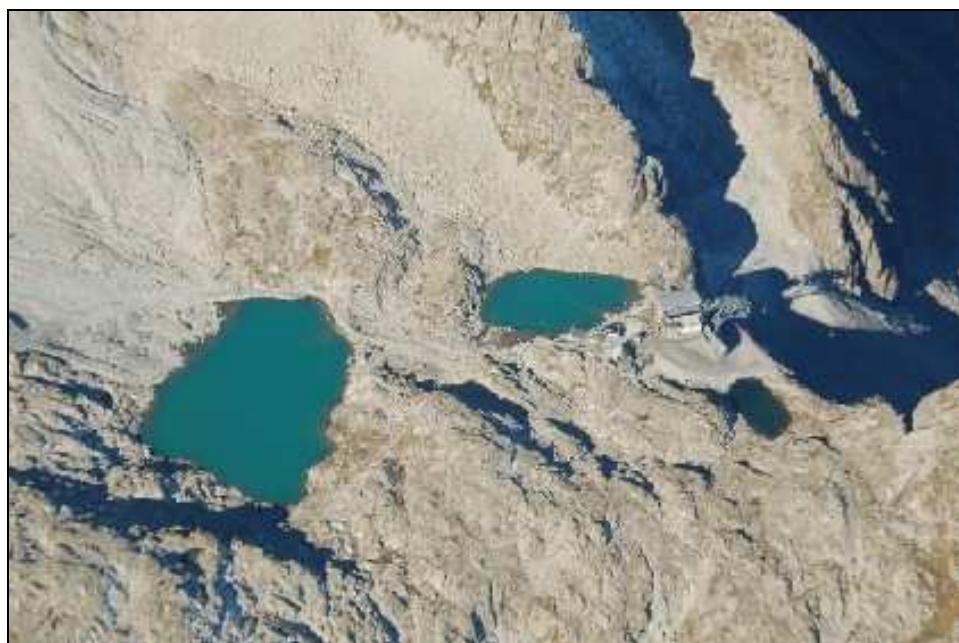
In estrema sintesi il Programma Sperimentale prevede:

- Produzione di neve artificiale nella stagione fredda per incrementare quella derivante dagli apporti naturali;
- Riduzione dell'ablazione estiva con l'uso di teli geotessili posati in giugno e rimossi in settembre;
- Rilevazione dei principali parametri meteorologici, nivologici, glaciologici e idrometrici per quantificare il bilancio di massa e quello energetico del ghiacciaio, sia nelle zone protette dai teli che in quelle non protette;
- Adozione di buone pratiche nella gestione dell'area sciistica (tecniche di battitura e spostamento della neve sulle piste, limitazioni all'apertura della pista in funzione della temperatura dell'aria e dello spessore del manto nevoso, ecc.).

INNEVAMENTO ARTIFICIALE

La produzione di neve programmata avviene nel periodo più freddo dell'inverno, tipicamente da dicembre a marzo, quando cioè le temperature sono sufficientemente basse da favorire una buona resa degli impianti.

L'acqua viene prelevata dai laghetti di Monticello, che si trovano in prossimità del Passo Paradiso, e da qui viene pompata verso i cannoni da neve distribuiti lungo la pista da sci che scende lungo il ghiacciaio.



Veduta aerea estiva dei Laghetti di Monticello

La principale riserva idrica è quella del laghetto superiore, le cui dimensioni sono:

Lago di Monticello superiore	
Quota massima	2.596 m s.m.
Superficie massima	1,96 ha
Profondità massima	16,6 m
Volume massimo di invaso	150.900 m ³
Volume d'acqua che fluisce mediamente attraverso il lago in un anno	2,0 milioni di m ³

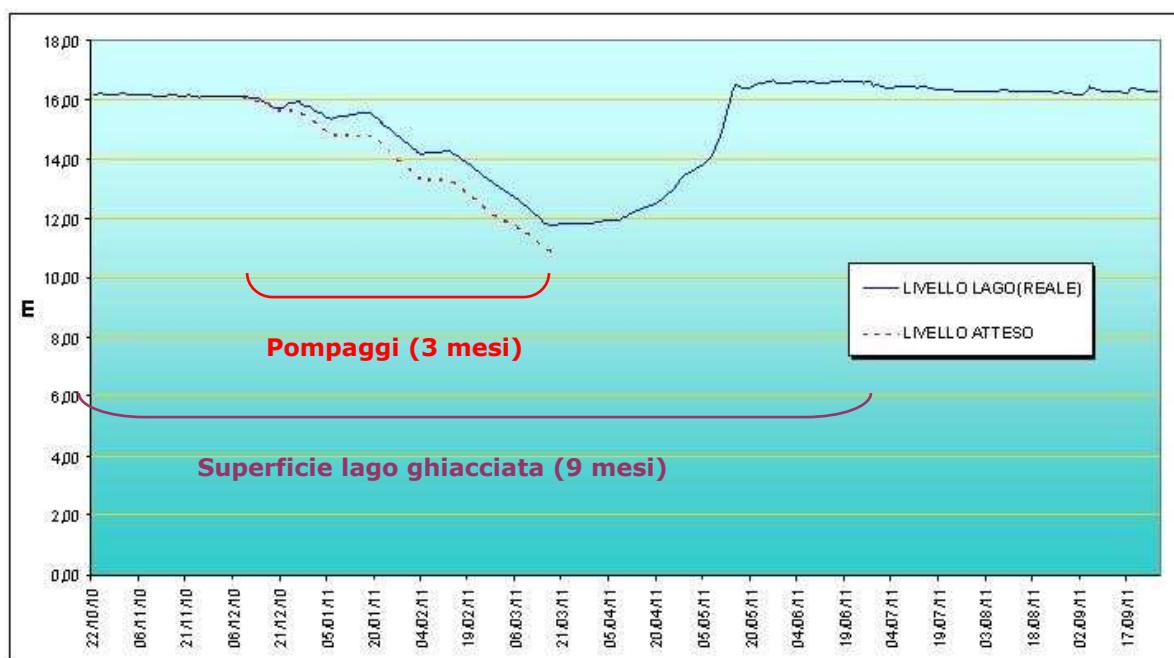
Nei primi 2 anni di innevamento programmato sono stati pompato rispettivamente circa 120 mila e circa 80 mila metri cubi d'acqua per una produzione di neve artificiale pari a circa 240 mila metri cubi nel 2009-'10 e circa 170 mila l'anno successivo; tali volumi sono stati distribuiti lungo la pista da sci

con maggiori accumuli lungo il tracciato dell'impianto che risale il ghiacciaio e nella zona basale di quest'ultimo.

Di seguito si riportano i dati relativi all'ultima stagione, misurati grazie ai dispositivi di misura installati sia sugli organi di pompaggio che nel lago.

<i>Dati relativi all'innevamento 2010-'11</i>	
Periodo innevamento	9 dicembre - 17 marzo
Volume d'acqua pompato	82.400 m ³
Abbassamento max livello lago	4,3 m
Neve prodotta	170.000 m ³

In relazione ai volumi pompato il decremento del livello del lago avrebbe dovuto essere leggermente superiore, il che significa che anche nella stagione più fredda ci sono movimenti di acqua sotterranea che immettono nel lago circa 120 m³ d'acqua al giorno, per una portata media di 1,4 litri al secondo.



Variazioni del livello idrometrico nel lago di Monticello durante i pompaggi per innevamento

Dalla precedente figura emerge chiaramente come le oscillazioni del livello idrometrico avvengano interamente in condizioni di lago ghiacciato, provocando l'abbassamento dello strato rigido superficiale con formazione di fessurazioni lungo tutto il perimetro.

La risalita del lago avviene quindi ancora nel pieno della stagione innevata ed e si concentra prevalentemente in un breve periodo (circa 20 giorni) grazie al consistente apporto delle acque di fusione della neve presente sui versanti che

sovraстano il lago; già verso la metà di maggio esso raggiunge così il suo livello massimo.

La formazione del ghiaccio è ovviamente condizionata dall'andamento dell'umidità e della temperatura nel corso dell'inverno, il ghiaccio si forma per strati successivi con il contributo determinante del manto nevoso che via via si deposita sulla sua superficie; i cristalli di neve fresca si trasformano gradualmente in grani da fusione e rigelo generando strati mediamente compatti che si alternano a quelli decisamente più densi e pesanti formati da ghiaccio vero e proprio.

L'8 febbraio 2011 sono state prelevate due carote di ghiaccio rilevando uno spessore dello stesso pari a 1,6 metri; si è ripetuta la stessa operazione il successivo 20 aprile quando il ghiaccio arrivava a 2,37 metri, probabilmente il massimo spessore raggiunto in questo inverno.

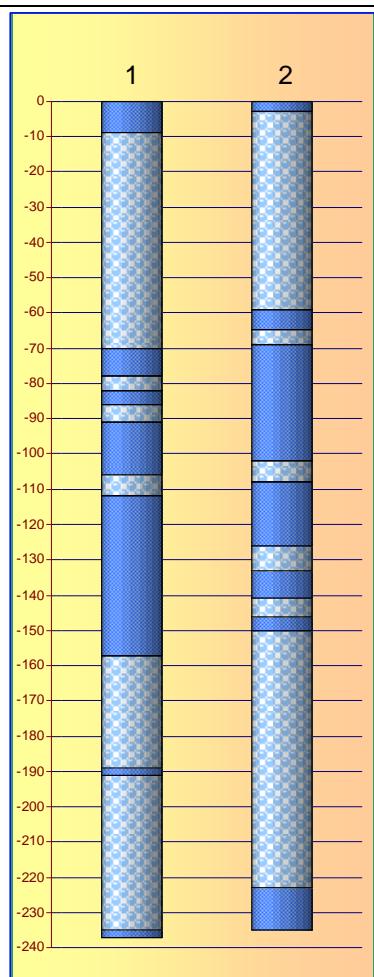
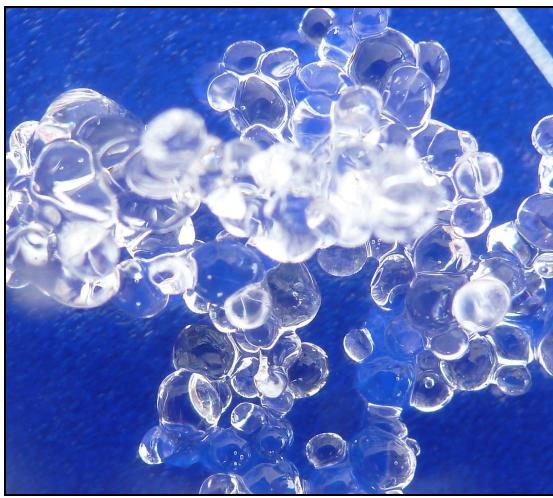
A fianco:

stratigrafia delle 2 carote di ghiaccio
prelevate il 20 aprile 2011



Sotto:

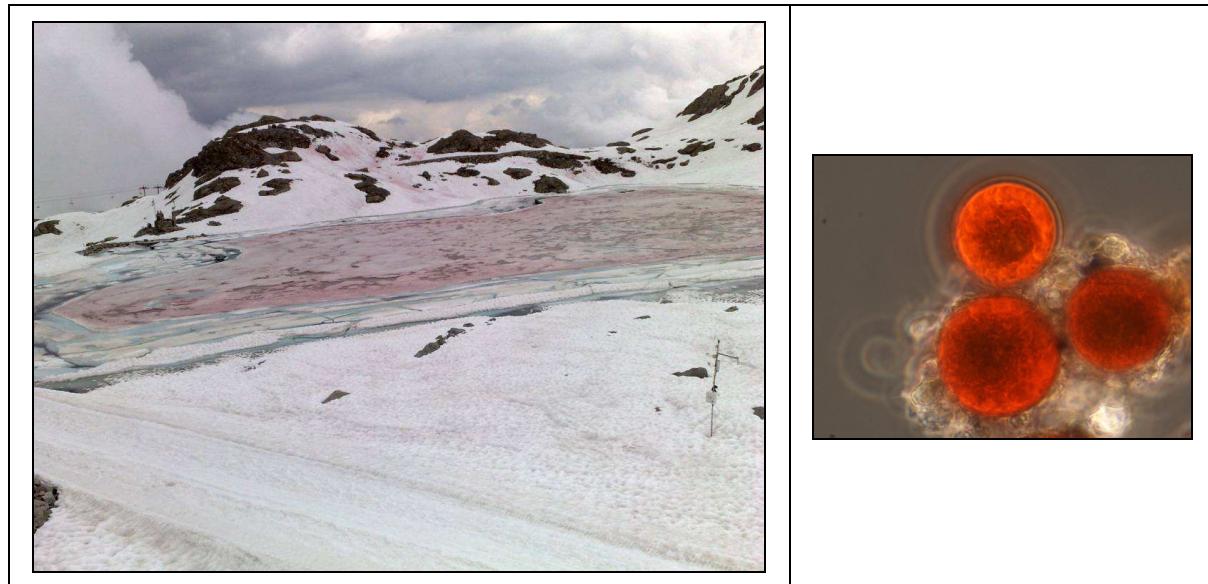
immagine ingrandita dei grani di neve
trasformata (fusione e rigelo)



In occasione dei rilievi 2011 si è potuto osservare anche il fenomeno della "neve rossa", che di tanto in tanto si verifica in alta montagna nella tarda primavera; quest'anno ha avuto tonalità particolarmente intense e ne diamo quindi brevemente conto anche se ovviamente slegato dalle attività sperimentali.

Le analisi condotte dal Laboratorio chimico provinciale hanno consentito di stabilire che esso è dovuto ad un microorganismo chiamato comunemente "alga delle nevi". Si tratta della *Chlamydomonas nivalis*, specie appartenente alla classe delle alghe verdi le cui aplanospore (forme di resistenza) vengono trasportate dai venti settentrionali che dalle regioni nord europee giungono sulle alpi.

La colorazione rossastra si deve all'alto contenuto di carotenoidi che proteggono l'alga dai raggi ultravioletti.



Neve rossa sul Lago Monticello e foto al microscopio delle aplanospore di *Chlamydomonas nivalis*

Grazie all'innevamento programmato, nel corso della stagione invernale è stato possibile incrementare la quantità di neve complessivamente presente a fine primavera lungo tutta la pista da sci che sviluppa sul ghiacciaio occupandone circa i due terzi della superficie.

Inoltre grazie alla compattazione operata con i gatti delle nevi il manto nevoso presenta una densità decisamente maggiore rispetto a quello naturale (mediamente 0,53 contro 0,44) cosicché i processi di fusione estivi risultano significativamente rallentati.

I dati misurati a questo riguardo sono:

anno	2008	2009	2010	2011
Totale neve fresca invernale (cm)	886	2088	1195	1133
Totale neve artificiale prodotta (m ³)	-	-	240.000	170.000
Spessore manto nevoso inizio giugno (cm)	240	430	280	260
<i>Equivalenti in acqua (cm w.e.)</i>	<i>130</i>	<i>230</i>	<i>150</i>	<i>140</i>

Valori medi di neve sul ghiacciaio in ciascuno dei primi quattro anni di sperimentazione

COPERTURA ESTIVA DEL GHIACCIAIO CON GEOTESSILE

Un'importante azione prevista dal Programma sperimentale è quella di coprire il ghiacciaio nel periodo estivo con un particolare tipo di geotessile allo scopo di ridurre lo scioglimento del ghiaccio (ablazione).

Il geotessile, o tessuto non tessuto, è un telo sintetico inerte largamente usato in edilizia e nei lavori ambientali ed è così chiamato perché simile a un tessuto pur non essendo prodotto con telai che intrecciano le fibre; è leggero e molto resistente agli strappi.

Quello utilizzato per la copertura del ghiacciaio è del tipo bistrato, ha uno spessore di 3,8 mm e pesa circa 400 g al metro quadrato. E' confezionato in rotoli da 5 x 70 metri e viene posato manualmente sovrapponendo i bordi di 20-30 cm; questi vengono saldati a caldo durante la posa, formando così stuovie molto ampie, i cui perimetri sono poi zavorrati nella neve o con salsicciotti fatti dello stesso tessuto e riempiti di sabbia.



Posa geotessile (giugno)



Recupero geotessile (settembre)

La posa avviene nel mese di giugno, appena termiata la stagione sciistica, e richiede circa due settimane di lavoro.

La rimozione dei geotessili avviene invece a settembre e richiede altrettanto tempo, i teli vengono tagliati lungo le fasce di saldatura e riavvolti in rotoli di dimensioni simili all'originario con l'ausilio di un particolare dispositivo azionato dal gatto delle nevi.

I teli recuperati sono così immagazzinati per essere poi riutilizzati l'anno successivo; le varie operazioni e le intemperie comportano tuttavia un 10-15% di perdite ogni anno, che vengono compensate con l'acquisto di nuovi teli. Gli investimenti e le operazioni necessarie per questo tipo di attività sono svolti direttamente dalla società concessionaria che gestisce impianti e piste da sci.

L'azione protettiva del geotessile è dovuta prevalentemente al suo colore bianco brillante che riflette gran parte della radiazione solare incidente, riducendo

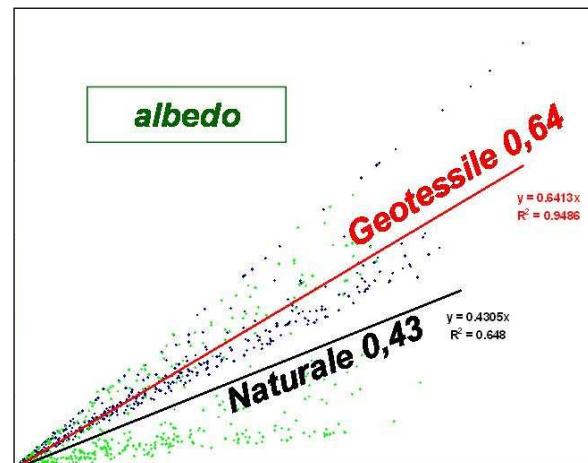
drasticamente la quantità di energia disponibile per i processi di fusione (principalmente associata alla componente ultravioletta).

I teli costituiscono inoltre, grazie alla loro particolare struttura, un'efficace barriera termica tra il ghiacciaio e l'atmosfera soprastante, operando come una sorta di coperta inversa che conserva sotto di sè un microclima decisamente più fresco rispetto a quello degli strati d'aria immediatamente sopra il telo.

Con l'ausilio di appositi sensori meteorologici si sono misurati questi effetti, ottenendo i seguenti risultati.

Il rapporto tra la radiazione riflessa e quella incidente (albedo) misurato nel mese di agosto 2010 è risultato pari al 43% sulla superficie del ghiacciaio non coperta da geotessile, mentre in corrispondenza dei teli questo valore si è attestato al 64%.

In pratica il geotessile ha dimostrato un potere riflettente 1,5 volte più grande rispetto a quello delle condizioni naturali.

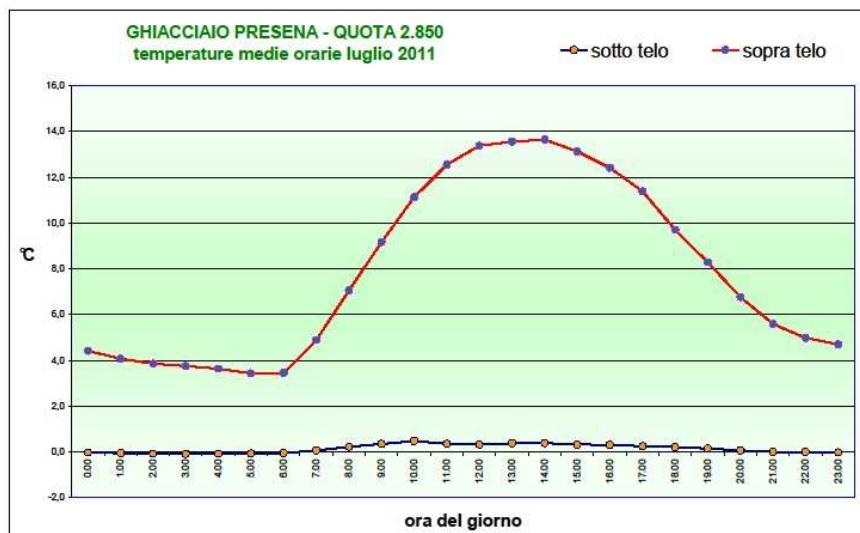


Conseguentemente è risultata molto diversa anche la quantità di energia che nello stesso periodo è riuscita a penetrare nel ghiacciaio nelle due diverse condizioni, con evidenti vantaggi nelle aree protette dai teli dove la fusione (espressa in centimetri di equivalente in acqua – cm w.e.) è stata circa dimezzata.

	Area naturale	Area protetta con geotessile
Energia totale assorbita (MW/m ²)	408	185
Fusione conseguente (cm w.e.)	123	59
Efficacia protettiva del telo	52%	

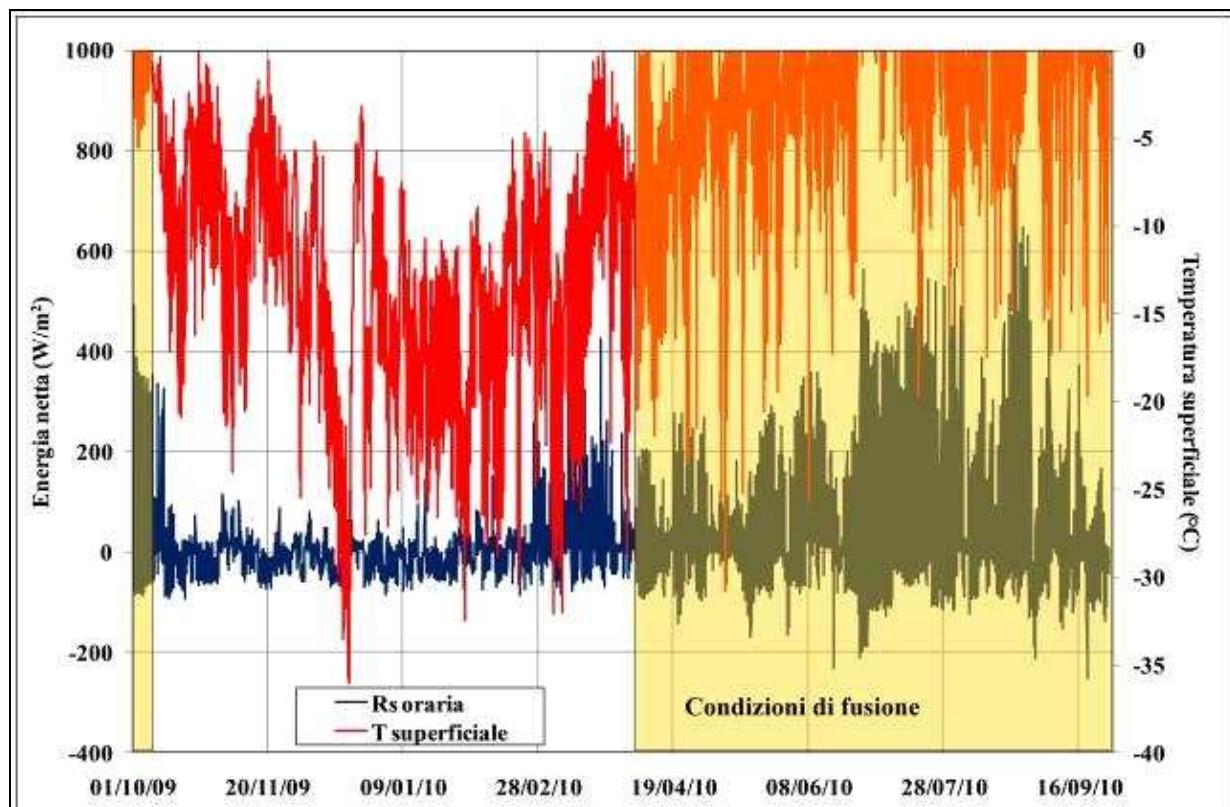
Effetti energetici del geotessile (dati relativi al mese di agosto 2010)

Il grafico a fianco mostra invece l'effetto termico del geotessile rilevato con termometri posti appena sopra e appena sotto il telo nel luglio 2011. Mentre la temperatura dell'aria arriva mediamente a 14 °C, quella appena sotto il telo non supera gli 0,3 °C.



Sulla base dei dati di temperatura e di radiazione solare, registrati nell'anno glaciologico 2009-'10 presso la stazione meteo installata sul ghiacciaio a quota 2.900 m s.m., è stato calcolato con l'ausilio di appositi modelli numerici l'andamento della fusione su base oraria e giornaliera riprodotto nei grafici che seguono.

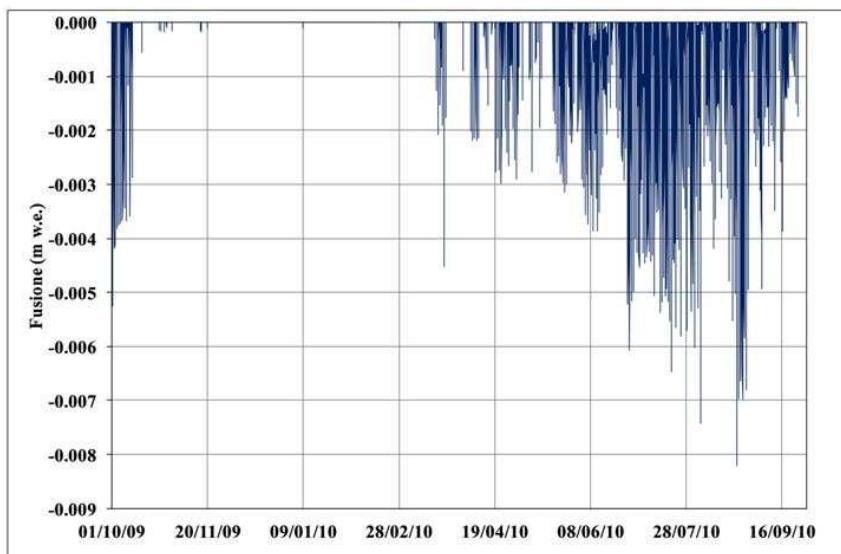
Affinché vi sia fusione è necessario che temperatura non sia sotto zero e che le radiazioni nette sia contestualmente positive; questa condizione si è verificata nei sei mesi che vanno da aprile a settembre (area gialla del grafico).



Valori medi orari di temperatura (rosso) e radiazione netta (blu) misurati sul ghiacciaio

Nel semestre in cui si sono verificate le condizioni necessarie per i processi di fusione, quest'ultima è stata, ovviamente, discontinua.

Le giornate con maggior fusione si sono verificate verso la fine di agosto.



Entità della fusione (media oraria) calcolata in base ai valori di radiazione misurati dalla stazione meteo.

Dai valori del grafico precedente si ricava il seguente andamento della fusione cumulata nel corso dell'anno glaciologico 2009-'10.



Andamento della fusione superficiale del ghiacciaio a quota 2.900

Nell'arco di questa annata la fusione complessiva è stata quindi di circa 2,9 metri di equivalente in acqua. Questo valore è riferito all'intero anno ed alle porzioni di ghiaccio non protette da geotessile, mentre in quelle protette durante la stagione estiva (2 mesi e mezzo), come meglio indicato di seguito, la fusione è stata decisamente più contenuta essendosi conservati sotti i teli circa 130 cm di neve (70 cm in equivalente d'acqua).

A fianco: stazione meteo installata sul ghiacciaio a quota 2.900.

Sotto: radiometro installato sopra i geotessili alla stessa quota.



Nelle figure sottostanti sono invece rappresentate la superfici topografiche coperte con i geotessili nelle estati dal 2008 al 2010, l'immagine di sfondo è l'ortofoto digitale del 2006.



2008 (28.000 m²)



2009 (37.300 m²)



2010 (76.400 m²)

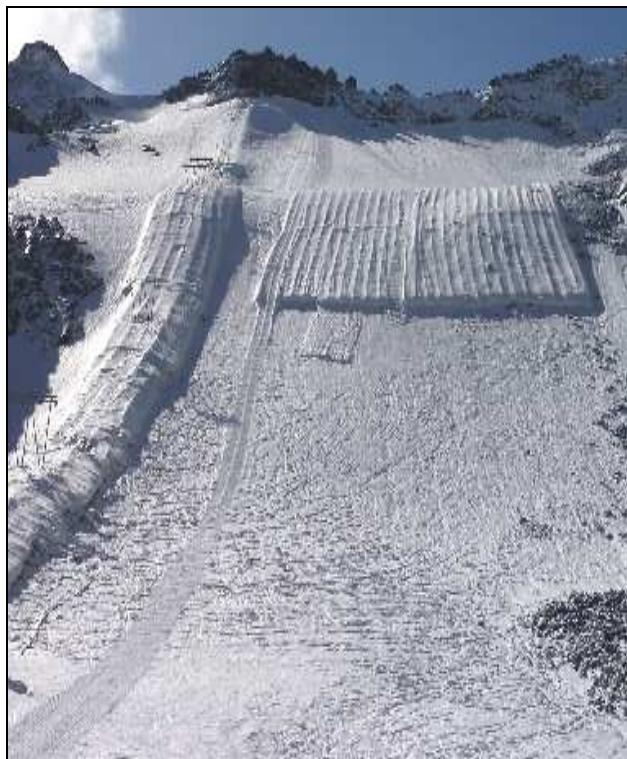


2011 (57.800 m²)

Le seguenti fotografie ritraggono invece la situazione del ghiacciaio alla fine di ciascuna estate.



settembre 2008



settembre 2009



settembre 2010



settembre 2011

Nel corso della stagione estiva quindi tutta la neve presente sul ghiacciaio naturale viene persa e si ha anche una significativa ablazione del ghiaccio.

Nelle zone protette dal geotessile invece si preserva circa metà dello spessore di neve e l'ablazione del ghiaccio è pressoché nulla.

Si viene così a formare uno "scalino" molto evidente lungo i bordi della superficie protetta dai teli, il cui spessore dipende dalla quantità di neve presente a inizio estate e varia a seconda dell'andamento meteorologico stagionale, oltre ovviamente a ridursi con l'aumentare della quota per la graduale riduzione delle temperature.

La quantità di neve preservata grazie all'adozione di questo tipo di copertura estiva è riassunta nella seguente tabella. I dati rappresentano la neve compatta di fine estate con densità media pari a 0,55.

anno	2008	2009	2010	2011
Altezza media scalino (cm) <i>Equivalenti in acqua (cm w.e.)</i>	140 <i>76</i>	135 <i>75</i>	130 <i>72</i>	160 <i>89</i>
Volume di neve preservata (m ³) <i>Equivalenti in acqua (m³ w.e.)</i>	40.000 <i>22.000</i>	50.000 <i>28.000</i>	100.000 <i>55.000</i>	90.000 <i>50.000</i>
Totale in 4 anni (m ³) <i>Equivalenti in acqua (m³ w.e.)</i>			280.000 <i>155.000</i>	

Neve preservata grazie alla copertura estiva con geotessili nei quattro anni di sperimentazione

Nelle foto a fianco, riprese il 24 agosto 2011, sono ben visibili gli "scalini" di neve che si formano grazie alla copertura geotessile.





Massima altezza dello "scalino" nella parte bassa del ghiacciaio (28.09.2011)

CONCLUSIONI

I primi quattro anni di attuazione del Programma sperimentale finalizzato alla mitigazione dell'ablazione sul Ghiacciaio Occidentale di Presena hanno avuto evidenti esiti positivi.

La produzione di neve artificiale durante l'inverno ed la copertura estiva con geotessili hanno contrastato significativamente l'intensa fase di regresso glaciale che ormai da decenni interessa questo ghiaccio al pari di tutti quelli della regione alpina a causa del riscaldamento dell'atmosfera, che risulta molto più accentuato alle quote elevate che nei fondovalle.

In particolare si è conservato uno spessore medio di 1,4 metri di neve all'anno su tutta l'area protetta con geotessili, per un totale complessivo di 280 mila metri cubi, che in condizioni naturali sarebbero stati completamente persi.

Senza questi interventi sarebbe completamente affiorata di almeno 4 metri tutta la regione rocciosa centrale denominata "ginocchio", con conseguente frazionamento del ghiacciaio in due parti nettamente distinte e con l'accelerazione della fusione per il calore assorbito dalle rocce e trasferito al ghiaccio.

Stanti le condizioni climatiche particolarmente sfavorevoli, che riducono ogni anno lo spessore di tutti i ghiacciai alpini di 1-2 metri, le azioni mitigatrici adottate in Presena hanno a tuttogi permesso di preservare l'integrità del ghiacciaio.

29 settembre 2011

Alberto Trenti