



Foto:
Roberto Donetta con la figlia Giuseppina nella regione del Nara. Sullo sfondo l'Adula/Rheinwaldhorn e il Vadrecc di Bresciana all'inizio del Novecento.
© Archivio Fotografico Roberto Donetta, foto DON1685.

I GHIACCIAI DELLE ALPI DELL'ADULA NEL 1850: UNA SITUAZIONE PASSATA PER PREDIRE IL FUTURO

Cristian Scapozza

Istituto scienze della Terra (IST), Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana (SUPSI)

È stata ricostruita l'altitudine della linea di equilibrio dei ghiacciai nel 1850, ultimo periodo freddo storico. La linea di equilibrio è quel parametro che determina lo stato di salute di un ghiacciaio; un suo innalzamento provoca il ritiro dei fronti glaciali. Grazie ai dati del 1850 è stato possibile compiere delle proiezioni sull'evoluzione della linea di equilibrio dei ghiacciai nel futuro, per determinare di quanto diminuirà la superficie glaciale delle Alpi dell'Adula nel 2050.

Introduzione

Il bilancio di massa di un ghiacciaio è la differenza tra l'accumulazione e le perdite per ablazione (fusione), espresse in volume equivalente di acqua e calcolate su di un anno idrologico. In Svizzera, l'anno idrologico corrisponde al periodo tra il primo ottobre e il 30 settembre dell'anno seguente. Per ogni ghiacciaio, si definisce una "linea di equilibrio di un ghiacciaio" (di seguito: LEG), che rappresenta una linea teorica a bilancio di massa nullo, e che separa la zona di accumulazione (a bilancio di massa positivo) da quella di ablazione (a bilancio di massa negativo). Più la LEG sale in altitudine e più la superficie della zona di accumulazione diminuisce. Viceversa, durante una glaciazione, a causa della diminuzione della temperatura l'altitudine della LEG diminuisce e la superficie di accumulazione aumenta. La differenza tra l'altitudine attuale della LEG e quella durante le fasi fredde passate è detta "depressione della LEG".

Il calcolo della depressione della LEG, alla base del metodo classico di studio delle fluttuazioni glaciali durante il Tardoglaciale (da 20.000 a 11.700 anni fa, vale a dire durante la fase di ritiro dei ghiacciai alla fine dell'Ultima grande glaciazione), è fatto abitualmente in rapporto all'ultimo massimo storico, quello del 1850/1860, che caratterizza la fine della Piccola Era Glaciale (di seguito: PEG), termine che designa il periodo relativamente freddo tra il 1350 e il 1850. Lo stadio 1850, considerato come l'ultima fase nella quale i ghiacciai alpini erano in equilibrio con il clima, costituisce quindi il periodo di riferimento per tutte le ricostruzioni passate dei ghiacciai e del clima (Scapozza 2014). Questo stadio di ri-

ferimento non è utilizzato solamente per gli studi inerenti al passato, ma anche per misurare il ritiro dei ghiacciai causato dal riscaldamento del clima registrato in questi ultimi 160 anni o per determinare dei possibili scenari futuri di ritiro dei ghiacciai (Maisch et al. 2000). Per compiere questi studi è però necessario determinare quale era la posizione della LEG alla fine della PEG (LEG 1850) nelle aree che si vogliono studiare.

In questo contributo vogliamo sintetizzare il processo che ci ha permesso di ricostruire la LEG alla fine della PEG (LEG 1850) per la nostra zona di studio (le Alpi dell'Adula). Inizieremo presentando un breve riepilogo delle caratteristiche geoclimatiche di questa zona, per poi passare a una sintesi del metodo che abbiamo utilizzato per ricostruire l'altitudine media della LEG 1850. Questo metodo ci ha permesso di ottenere un modello di riferimento regionale della LEG per il 1850, che visualizzeremo cartograficamente. Infine, presenteremo alcune rappresentazioni cartografiche dell'evoluzione della superficie di accumulazione dei ghiacciai nel 2000 e nel 2050.

Zona di studio

Le Alpi dell'Adula (dette anche Alpi Lepontine Orientali) si situano nella parte nord-orientale del cantone Ticino (Svizzera), comprendono la catena di montagne tra lo Scopì (a Est del Passo del Lucomagno) e il Pizzo di Claro, e coprono una superficie di pressappoco 400 km², 180 dei quali situati a un'altitudine superiore a 2.000 m slm [F. 1]. Siccome l'altitudine massima della regione è di 3.402 m slm (Adula/Rheinwaldhorn)



Foto:
La Cima di Camadra e
il Piz Medel (Massiccio
Greina - Piz Medel), con
il Vadrecc di Camadra
(al centro) e il piccolo
ghiacciaio denominato
Glatscher da Plattas-E.
© C. Scapozza, 01.10.2011.

e che la LEG attuale si situa a circa 2.800-3.000 m di altitudine (Maisch 1992), la regione attualmente non presenta alcun ghiacciaio di dimensioni importanti. A 2.500 m di altitudine le precipitazioni medie annue sono di circa 2.300 mm/anno, mentre la temperatura media annua dell'aria è di circa -1°C (Scapozza e Fontana 2009).

Dal punto di vista glaciologico, nelle Alpi dell'Adula sono stati condotti alcuni studi sul ritiro glaciale dalla fine della PEG, così come delle ricerche inerenti alle fluttuazioni glaciali alla fine dell'Ultima grande glaciazione e, soprattutto, delle ricerche sulla ripartizione e sulle caratteristiche dei ghiacciai rocciosi e del permafrost (Scapozza e Fontana 2009). A seguito di questi lavori è emersa la necessità di produrre un modello di riferimento della LEG 1850, che permetta di ricostruire le variazioni climatiche avvenute in alta montagna nel passato ma anche di fornire un aiuto per la predizione degli sviluppi futuri.

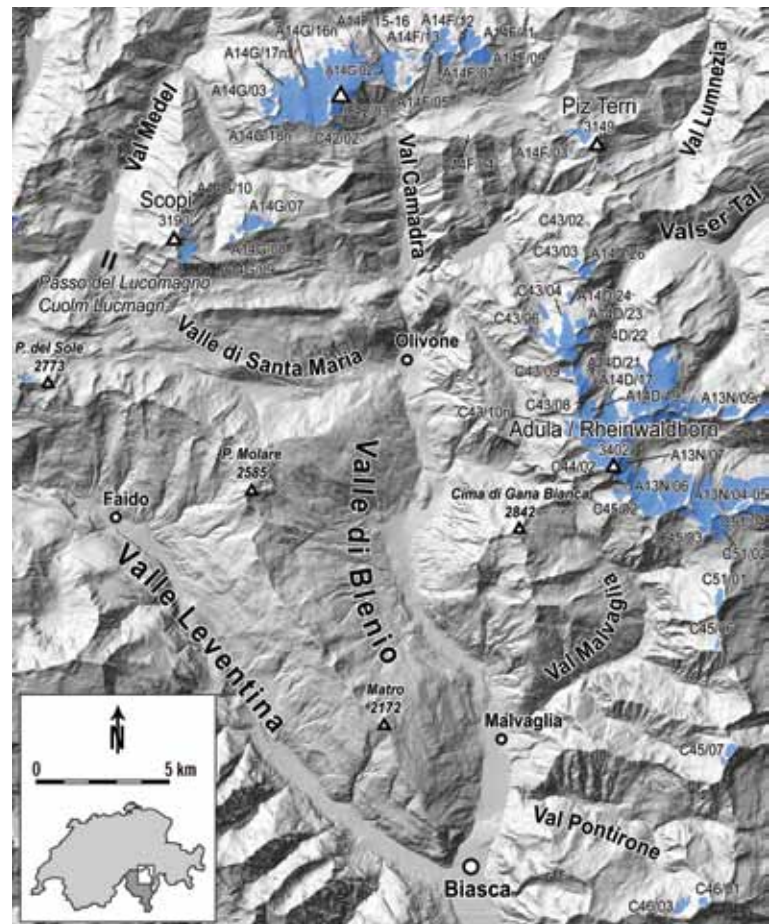
Metodi

Metodo per determinare la LEG

Per un ghiacciaio in equilibrio con le condizioni climatiche, la superficie della zona di accumulazione corrisponde a circa due volte la superficie della zona di ablazione. Grazie a questo rapporto standard di 0,67 tra la superficie della zona di accumulazione e la superficie totale di un ghiacciaio, è quindi possibile calcolare la LEG teorica di un ghiacciaio o ricostruire quella passata sulla base delle morene storiche. Questo metodo è quindi di tipo statico ed è basato sul presupposto che il rapporto tra le superfici di accumulazione e di ablazione di un ghiacciaio sia costante nel tempo, cosa che è difficilmente verificabile. Ciò malgrado, offre diversi vantaggi soprattutto quando è difficile ottenere dati precisi di tipo dinamico (ad esempio, misurazioni a cadenza annua delle variazioni di lunghezza o dei dati riguardanti il bilancio di massa).

F.1

Posizione geografica della zona studiata e dei ghiacciai utilizzati per la costruzione del modello regionale della LEG 1850



Avvertenza: i codici per i ghiacciai rinviano alla tabella [T. 11].

Fonte della base cartografica: MNA 25, ©swisstopo

Modellazione della superficie di accumulazione dei ghiacciai

Per cartografare la superficie di accumulazione teorica dei ghiacciai è stato innanzitutto sviluppato un modello regionale della LEG 1850 (v. in seguito per le diverse fasi seguite). Il modello prodotto è molto semplice e contempla solamente

Foto:
La cima dell'Adula/
Rheinwaldhorn e il
Vadrett di Bresciana nel
2005. © C. Scapozza,
15.09.2005.



due variabili: l'orientazione dei versanti, calcolata grazie a un'analisi delle superfici, e l'altitudine, conosciuta grazie al MNA 25 (il modello numerico di altitudine realizzato su griglia di 25 metri di lato, fornito dall'Ufficio federale di topografia swisstopo). Pur essendo assai approssimativo (per il fatto di non essere basato su parametri fisici) ha comunque il vantaggio di essere basato su parametri locali, che sono implementati nel processo di calcolo dall'operatore. Questo modello è stato in seguito introdotto in un Sistema di Informazione Geografico (GIS - *Geographical Information System*). Il GIS utilizzato ha permesso di calcolare la superficie della zona di accumulazione dei ghiacciai relativa al 1850 grazie al MNA 25.

Risultati

Per costruire un modello di riferimento regionale della LEG 1850 valido per tutte le Alpi dell'Adula, sono stati considerati 53 ghiacciai, tutti ancora presenti nell'inventario dei ghiacciai delle Alpi svizzere del 1973 e del 2000, situati nella zona studiata e in zone limitrofe [T. 1]. L'obiettivo era ricostruire la conformazione e la tipologia di questi ghiacciai alla fine della PEG, e per questo si è fatto riferimento alla Carta Topografica della Svizzera rilevata tra il 1842 e il 1864 (Carta Dufour, in scala 1:100.000). Prima di costruire il modello regionale propriamente detto, sono stati costruiti tre modelli locali della LEG 1850 di dimensione più limitata: il primo per la regione della Greina - Piz Medel, il secondo per il Massiccio dell'Adula/Rheinwaldhorn e il terzo per la Valle Malvaglia - Val Pontirone, descritti qui di seguito [v. anche F. 2]. Ciò ha permesso di disporre di tre modelli locali e di determinare l'eventuale esistenza di tendenze climatiche all'interno della regione di studio.

Massiccio Greina - Piz Medel

Questo massiccio comprende ancora oggi 23 ghiacciai della regione della Greina, del Piz Medel e della zona a Est del Passo del Lucomagno. I ghiacciai più estesi si situano prevalentemente sul versante settentrionale del gruppo del Piz Medel

(Gletscher da Medel, Gletscher Davos la Buora, Gletscher da Plattas e Gletscher da Lavaz), mentre negli altri settori si hanno prevalentemente dei ghiacciai di più piccola taglia confinati nei circhi glaciali sotto le creste. Nel 1850, 18 ghiacciai erano orientati verso i quadranti settentrionali, mentre solo quattro erano orientati verso i quadranti meridionali. Il ghiacciaio rimanente (Gletscher dalla Greina) era invece orientato a Est (si è tenuto conto dell'orientamento nel 1850 poiché esso può variare con il ritiro del fronte glaciale, soprattutto per i ghiacciai di grande taglia). Globalmente, la ripartizione dei ghiacciai in funzione della loro orientazione e della loro quota al fronte non presenta delle anomalie particolari, ciò che ha permesso di considerare tutti e 23 i ghiacciai nel modello regionale.

Massiccio dell'Adula/Rheinwaldhorn

Per questa zona, per il 1850 si hanno a disposizione i dati di 21 ghiacciai, situati in Val Luzzone e in Val di Carassino (Olivone E nella tabella [T. 1]), in Val Soi e nelle valli grigionesi di Hinterrhein e di Zervreila.

A causa della copertura glaciale importante della parte superiore delle vallate grigionesi situate a Nord e a Nord-Est dell'Adula/Rheinwaldhorn, con ghiacciai orientati prevalentemente verso i settori settentrionali, verso la metà del XIX secolo oltre ai piccoli ghiacciai di circo si avevano dei ghiacciai che potevano raggiungere la parte superiore dei solchi vallivi e con una superficie superiore ai 2 km², come lo Zapportgletscher, il Paradiesgletscher o il Länntagletscher. Un solo ghiacciaio era orientato a Sud: si tratta del ghiacciaio del Güferhorn (Hinterrhein). Nell'insieme, la quota dei ghiacciai rispetto alla loro orientazione per questo modello

T.1
Caratteristiche dei ghiacciai delle Alpi dell'Adula

Codice	Nome del ghiacciaio	CN 25	Coordinate (km)		Orientamento	Altitudine lingua 1850 (m)	LEG 1850 (m)		
			X	Y					
HINTERRHEIN	A13N/04	Zapportgletscher (teil Z'horn)	1.254	727,4	149,4	NE	1.990	2.450	
	A13N/05	Zapportgl. (teil Rhein'horn)	1.254	726,3	149,3	NE	2.120	2.645	
	A13N/06	Paradiesgletscher	1.254	724,1	149,7	N	2.210	2.620	
	A13N/07	Rheinwaldhorn-NE	1.253	723,3	151,0	NE	2.760	2.925	
	A13N/09n	Güferhorn-S	1.253	724,7	152,3	S	2.820	2.935	
ZERVREILA (GR)	A14D/17	Läntagletscher	1.253	722,7	151,7	N	2.180	2.450	
	A14D/19	Grauhorngletscher	1.253	721,9	151,2	NE	2.400	2.660	
	A14D/21	Cima di Fornee	1.253	721,6	153,8	NE	2.480	2.750	
	A14D/22	Pizzo di Cassimoi-E	1.253	721,3	154,6	NE	2.750	2.970	
	A14D/23	Pizzo Cassinello	1.253	721,6	155,0	NE	2.640	2.815	
	A14D/24	Cassinell Gletscher	1.253	721,7	155,7	NE	2.460	2.705	
	A14D/26	Plattenberg-E	1.253	721,9	157,6	NE	2.660	2.775	
	A14D/28n	Schwarzhorn-W	1.253	723,9	153,6	NW	2.640	2.810	
	GREINA (GR/TI)	A14F/03	Terri, Gletscher dil	1.233	721,5	162,6	NW	2.500	2.640
A14F/04		Rialpe, Gletscher da	1.233	717,5	162,7	N	2.480	2.625	
A14F/05		Valdraus, Vadrecc del	1.233	716,0	165,4	S	2.680	2.835	
A14F/07		Gaglianera, Gletscher da	1.233	716,7	165,3	S	2.620	2.790	
A14F/09		Greina, Gletscher dalla	1.233	718,0	165,5	E	2.450	2.795	
A14F/11		Utsgletscher	1.233	717,6	166,0	N	2.140	2.420	
A14F/12		Valdraus, Gletscher da	1.233	716,5	166,0	N	2.200	2.500	
A14F/13		Piz Valdraus-NE	1.233	715,6	166,1	N	2.460	2.530	
A14F/15		Lavaz Gletscher da	1.233	714,5	165,0	N	2.050	2.490	
A14F/16		Lavaz-W	1.233	713,5	165,5	NE	2.520	2.655	
MEDEL (GR/TI)		A14G/02	Medel, Gletscher da-W	1.233	712,0	164,0	N	2.090	2.705
		A14G/03	Puzzetta, Gletscher da	1.233	710,0	163,7	NW	2.580	2.705
		A14G/07	Tuors, Gletscher dalla	1.233	709,6	159,5	N	2.400	2.695
	A14G/08	Bianca, Gletscher dalla	1.233	708,9	158,9	NW	2.380	2.650	
	A14G/09	Casatscha, Gletscher da	1.232	707,3	158,4	NE	2.220	2.775	
	A14G/10	Piz Vallatscha-SE	1.232	707,1	159,5	NE	2.480	2.795	
	A14G/11	Piz Rondadura	1.232	701,2	159,2	NE	2.480	2.705	
	A14G/12	Lai Blau, Gletscher dil	1.232	702,3	162,0	NE	2.540	2.725	
	A14G/16n	Plattas-E, Gletscher da	1.232	713,0	165,0	NW	2.180	2.840	
	A14G/17n	Davos la Buora, Gl. Da	1.232	711,0	164,0	N	2.220	2.795	
VAL CAMADRA (TI)	A14G/18n	Puzzetta-II	1.232	710,3	164,1	NW	2.560	2.760	
	C42/02	Camadra, Vadrecc di	1.233	712,7	163,5	SE	2.620	2.865	
	C42/03	Piz Medel-SE	1.233	713	164,0	SE	2.580	2.900	
OLIVONE E (TI)	C43/02	Torrone di Garzora-N	1.233	722	159,5	N	2.480	2.630	
	C43/03	Plattenberg-NW	1.253	721,4	158,0	NW	2.560	2.700	
	C43/04	Sorda, Vadrecc di	1.253	721,2	155,3	N	2.180	2.590	
	C43/06	Scaradra, Vadrecc di	1.253	720,2	155,2	N	2.180	2.450	
	C43/08	Piz Jut-W	1.253	721,2	152,4	NW	2.580	2.705	
	C43/09	Casletto, Vadrecc di	1.253	721,4	151,7	NW	2.400	2.735	
	C43/10n	Cima di Fornée-W	1.253	721,2	153,8	W	2.600	2.710	
VAL SOI (TI)	C44/02	Bresciana, Vadrecc di	1.253	722,3	150,7	W	2.400	2.830	
VAL MALVAGLIA (TI)	C45/02	Gane dei Cadabi	1.253	723,3	149,4	W	2.600	2.735	
	C45/03	Giumello, Ghiacciaio di	1.254	726,1	148,4	SE	2.650	2.895	
	C45/06	Parete, Ghiacciaio della	1.274	726,7	143,8	NW	2.680	2.785	
	C45/07	Ramulazz, Ghiacciaio del	1.274	727,2	139,9	NW	2.440	2.600	
VAL PONTIRONE (TI)	C46/01	Vedrign	1.274	726,7	134,6	N	2.460	2.575	
	C46/03	Basso, Ghiacciaio di	1.274	726,5	134,3	N	2.050	2.245	
VAL CALANCA (GR)	C51/01	Piz Piotta-NE	1.274	727,2	145,9	NE	2.700	2.775	
	C51/02	Stabi, Ghiacciaio di	1.254	726,9	148,3	E	2.390	2.685	
	C51/04	Zapporthorn-SW	1.254	728,1	148,8	S	2.800	2.880	

Avvertenza: le coordinate sono espresse secondo il sistema metrico svizzero.

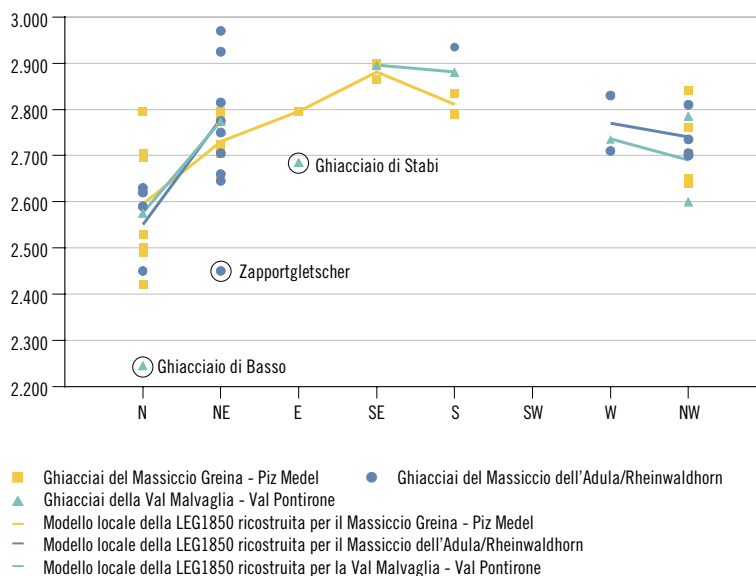
Fonte: Maisch (1992)

locale non presenta anomalie particolari: solo alcuni ghiacciai per l'orientazione Nord-Est ne differiscono. Si è quindi deciso di scartare dal modello regionale lo Zapportgletscher (lato Zapporthorn), che nel 1850 veniva in parte alimentato dal Zapportgletscher (lato Rheinquellhorn),

ciò che aveva l'effetto di abbassare la LEG dal valore che avrebbe dovuto avere secondo il clima per questo tipo di orientazione (in altre parole, la LEG risultava più bassa rispetto a quanto avrebbe dovuto essere in funzione del clima e dell'orientazione del versante).

F.2

Altitudine della LEG 1850 dei ghiacciai delle Alpi dell'Adula e rispettivi modelli locali della LEG 1850, per le tre regioni studiate, in funzione dell'orientamento



Fonte: IST-SUPSI

T.2

Altitudine della LEG 1850 per i modelli locali delle tre aree studiate e per il modello regionale, in funzione dell'orientamento

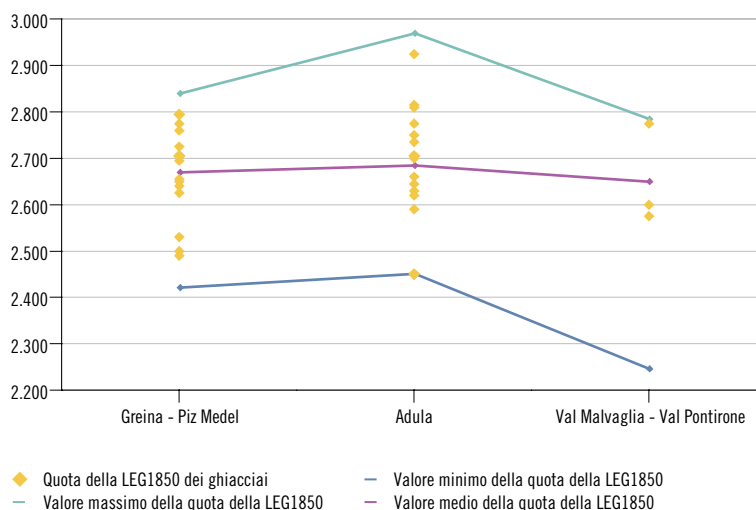
Orientazione	Modelli locali			Modello regionale
	Greina - Piz Medel	Adula	Val Malvaglia - Pontirone	
N	2.595	2.550	2.575	2.580
NE	2.730	2.780	2.775	2.740
E	2.795	—	—	2.800
SE	2.880	—	2.895	2.890
S	2.810	2.935	2.880	2.860
SW	—	—	—	2.810
W	—	2.770	2.735	2.760
NW	2.710	2.740	2.690	2.720

Avvertenza: tutte le altitudini sono espresse in m slm. Il valore per l'orientazione Sud-Ovest del modello regionale è stato ottenuto per regressione lineare dei valori per le orientazioni Sud-Est, Sud, Ovest e Nord-Ovest ($y = -44x + 2.490$; $R = 0,99$).

Fonte: IST-SUPSI

F.3

Altitudine della LEG 1850 dei ghiacciai delle Alpi dell'Adula e valori massimo, minimo e medio dei rispettivi modelli locali della LEG 1850, per le tre regioni studiate



Fonte: IST-SUPSI

Val Malvaglia - Val Pontirone

Per questa regione si dispone dei dati di 9 ghiacciai, inclusi quelli della Val Calanca (Gri-gioni). Si tratta principalmente di piccoli ghiacciai di circo, che nel loro massimo storico del 1850/1860 superavano raramente 1 km² di superficie e che oggi hanno una superficie di pochi ettari. Si è deciso di non considerare nel modello regionale il Ghiacciaio di Basso e il Ghiacciaio di Stabi. Il primo, che è il ghiacciaio più meridionale del cantone Ticino, nel 1850 si situava ai piedi di una parete rocciosa di alcune centinaia di metri di altitudine ed era orientato a Nord, ciò che favoriva l'accumulo di neve per le valanghe e il vento e il mantenimento della superficie glaciale grazie all'ombra fornita dalla parete rocciosa. Questi fattori influenzavano le superfici delle zone di accumulazione e di ablazione, e permettevano a questo ghiacciaio di avere una LEG teorica molto bassa (2.245 m slm nel 1850), che è stata considerata poco significativa da un punto di vista climatico (tenendo conto dell'esposizione e della meridionalità del ghiacciaio, la LEG teorica dovrebbe infatti situarsi molto più in alto). Il ghiacciaio di Stabi, invece, nel 1850 era in parte alimentato dai ghiacci provenienti dallo Zapportgletscher (lato Rheinquellhorn), ciò che dava ugualmente un valore della LEG (2.390 m slm) poco significativo da un punto di vista climatico.

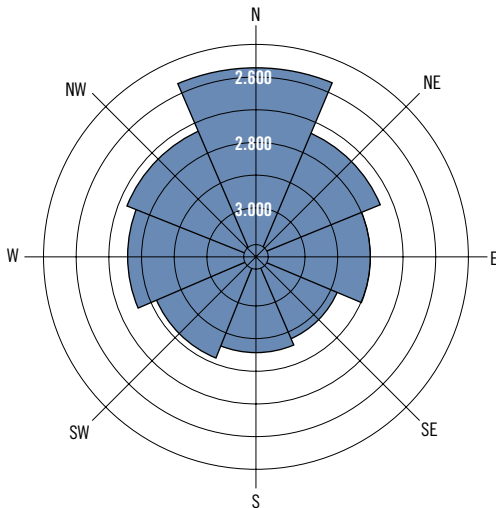
Discussione e conclusioni

Il modello regionale

I dati della LEG 1850 dei tre modelli locali sono stati uniti in un solo e unico modello regionale della LEG valido per tutte le Alpi dell'Adula dallo Scopi al Pizzo di Claro. Il confronto dei dati della LEG 1850 prodotti a livello locale e quelli derivati dall'unione a livello regionale fornisce dei risultati che nell'insieme sono assai coerenti (T.2). L'altitudine massima della LEG 1850 si trova in corrispondenza dell'orientazione Sud-Est, mentre il valore minimo caratterizza i ghiacciai orientati verso Nord. La differenza tra l'altitudine massima e minima della LEG è di 310 m.

F. 4

Estensione della zona di accumulazione per lo stadio storico 1850-1860 nelle Alpi dell'Adula, in funzione dell'orientamento



Fonte: IST-SUPSI

Se si confrontano i valori estremi delle orientazioni Nord-Ovest, Nord e Nord-Est dei tre modelli locali, si può constatare un leggero aumento dell'altitudine della LEG (di circa 100 metri) dalla parte settentrionale della zona studiata (regione Greina - Piz Medel) verso il massiccio dell'Adula/Rheinwaldhorn, e una diminuzione assai importante (di circa 150-200 metri) dal massiccio dell'Adula/Rheinwaldhorn verso la regione Val Malvaglia - Val Pontirone [F. 3]. Questa tendenza è molto meno marcata se, invece dei valori estremi, si tiene conto del valore medio della LEG, che è di 2.670 m per la regione Greina - Piz Medel, 2.685 m per il massiccio dell'Adula/Rheinwaldhorn e 2.650 m per la Val Malvaglia - Val Pontirone.

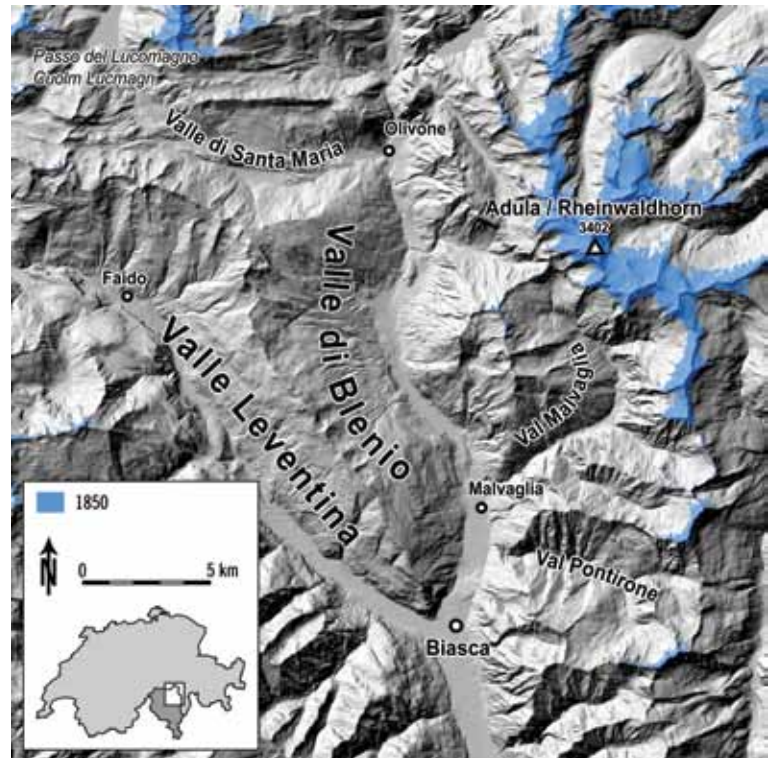
È interessante constatare che questa tendenza, nonostante sia poco pronunciata, si ritrova anche sulla carta dell'altitudine media della LEG presentata in Maisch et al. (2000). Due interpretazioni complementari possono spiegarla:

- 1) La presenza di una leggera tendenza climatica tra la regione della Greina - Piz Medel e il massiccio dell'Adula/Rheinwaldhorn, con precipitazioni annue meno importanti nella parte centrale della Valle di Blenio e verso le vallate di Hinterrhein e di Zervreila, ciò che comporta un innalzamento in altitudine della LEG¹. Per quanto concerne le variazioni della LEG in funzione delle precipitazioni, Kerschner et al. (2000) hanno calcolato che, a una diminuzione delle precipitazioni del 20%, corrisponde un'elevazione della LEG di circa 120 metri.
- 2) Un campione statistico troppo debole e basato solamente su ghiacciai di dimensioni ridotte e di orientazione Nord o Nord-Ovest per la Val Malvaglia - Val Pontirone, ciò che ha come conseguenza di sottostimare l'altitudine della LEG per questa zona.

Se consideriamo queste due spiegazioni come complementari e teniamo conto della tendenza poco marcata dei valori medi della LEG

F. 5

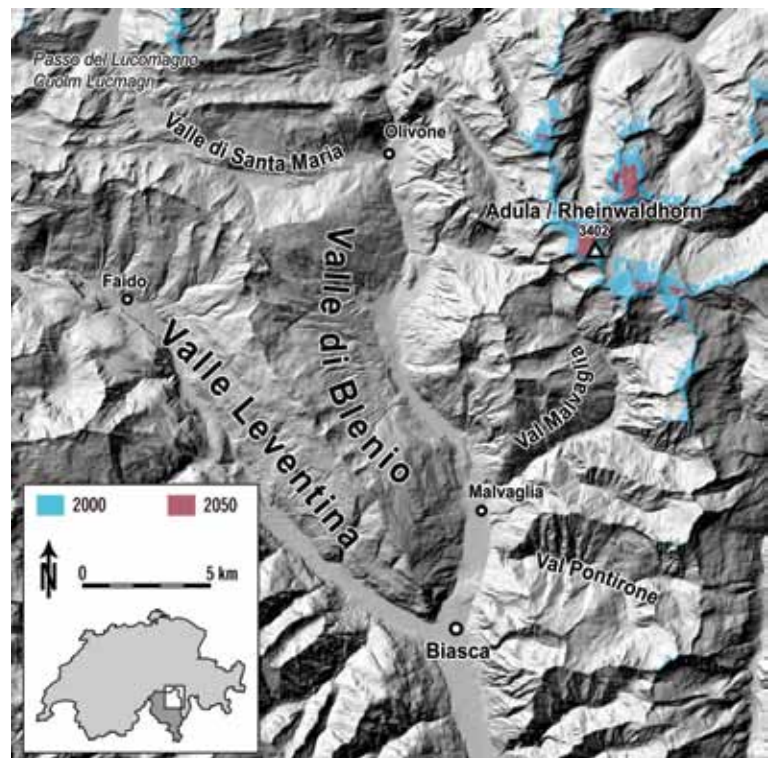
Superficie di accumulazione dei ghiacciai delle Alpi dell'Adula nel 1850



Fonte della base cartografica: MNA 25, ©swisstopo

F. 6

Superficie di accumulazione dei ghiacciai delle Alpi dell'Adula nel 2000 e nel 2050



Fonte della base cartografica: MNA 25, ©swisstopo

(rispetto ai valori estremi), possiamo considerare il modello regionale come significativo del valore medio della LEG per ogni orientazione [F. 4]. Considerando i valori medi, diminuisce anche l'eventuale effetto che potrebbe avere la leggera tendenza climatica presente nelle Alpi dell'Adula.

¹ Questa tendenza a una leggera diminuzione delle precipitazioni verso la parte centrale della Valle di Blenio è ben presente nelle carte di Cotti et al. (1990, p. 157) e di Kirchofer & Sevrak (1999).

