

Analisi radar e GPS per lo studio dei ghiacciai Alpini

F.Villa⁽¹⁾, M.DeAmicis⁽¹⁾, S.Sironi⁽¹⁾, V.Maggi⁽¹⁾, A.Tamburini⁽²⁾, G.Rossi⁽³⁾

fabio.villa@unimib.it

**⁽¹⁾Università degli Studi di Milano - Bicocca
Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio (DISAT)**

⁽²⁾CESI S.p.A. – Milano

⁽³⁾ Comitato Glaciologico Italiano

Introduzione

Finalità

Analisi delle variazioni
frontali

Analisi delle variazioni
volumetriche

Stima del volume di ghiaccio

Dati

Serie storiche pubblicate sul bollettino del CGI

Antiche planimetrie della fronte e più recenti rilievi di campo

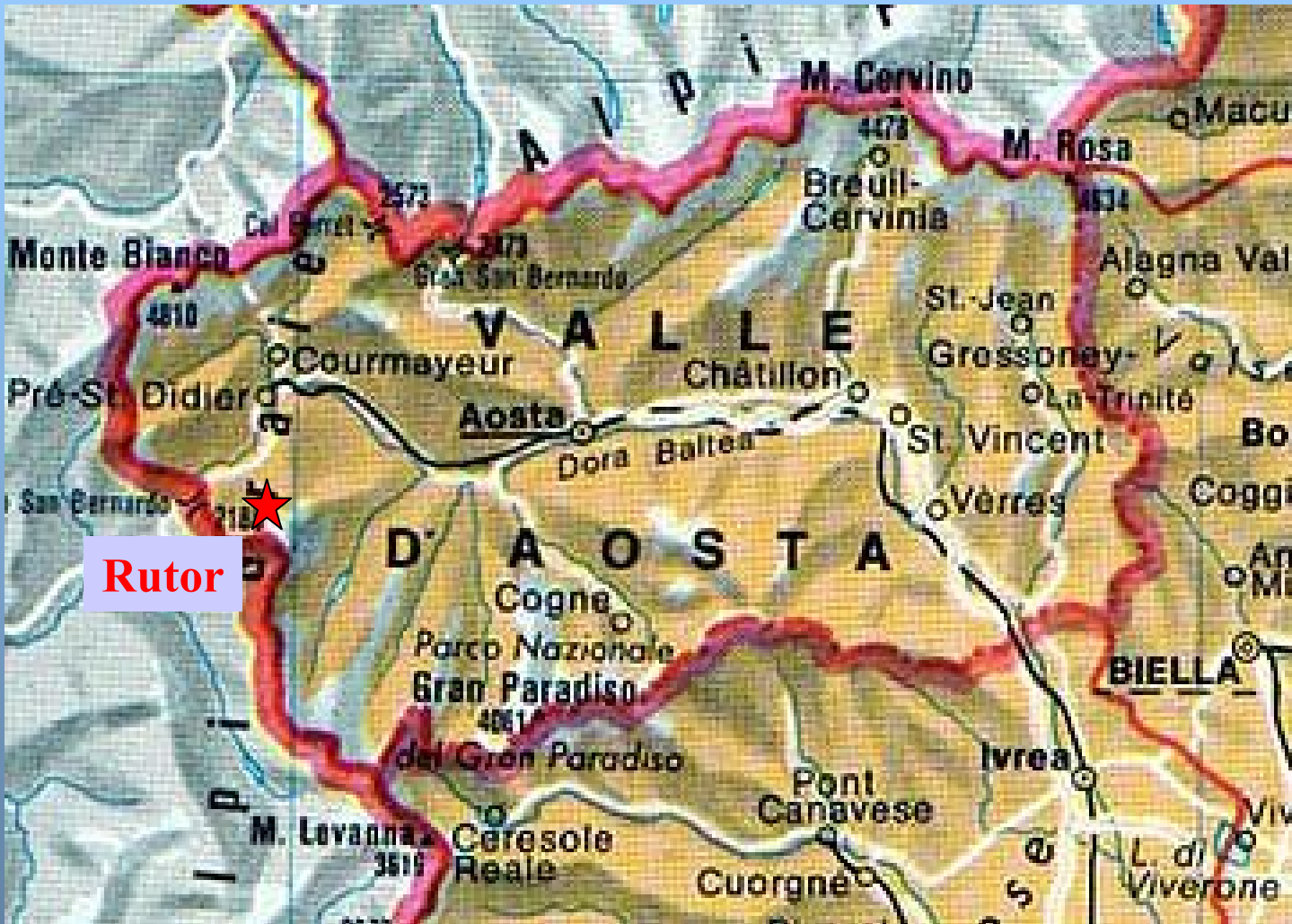
Cartografie

Cartografie raster, cartografie vettoriali, stereocoppie di fotografie aeree

Ricostruzioni della massima espansione PEG da rilievi geomorfologici, ricostruzione della superficie glaciale con metodi cartografici (Porter, 1975)

Rilievo georadar

Area di studio



Superficie attuale: 800 ha

Quota minima: 2540 m

Esposizione: NW

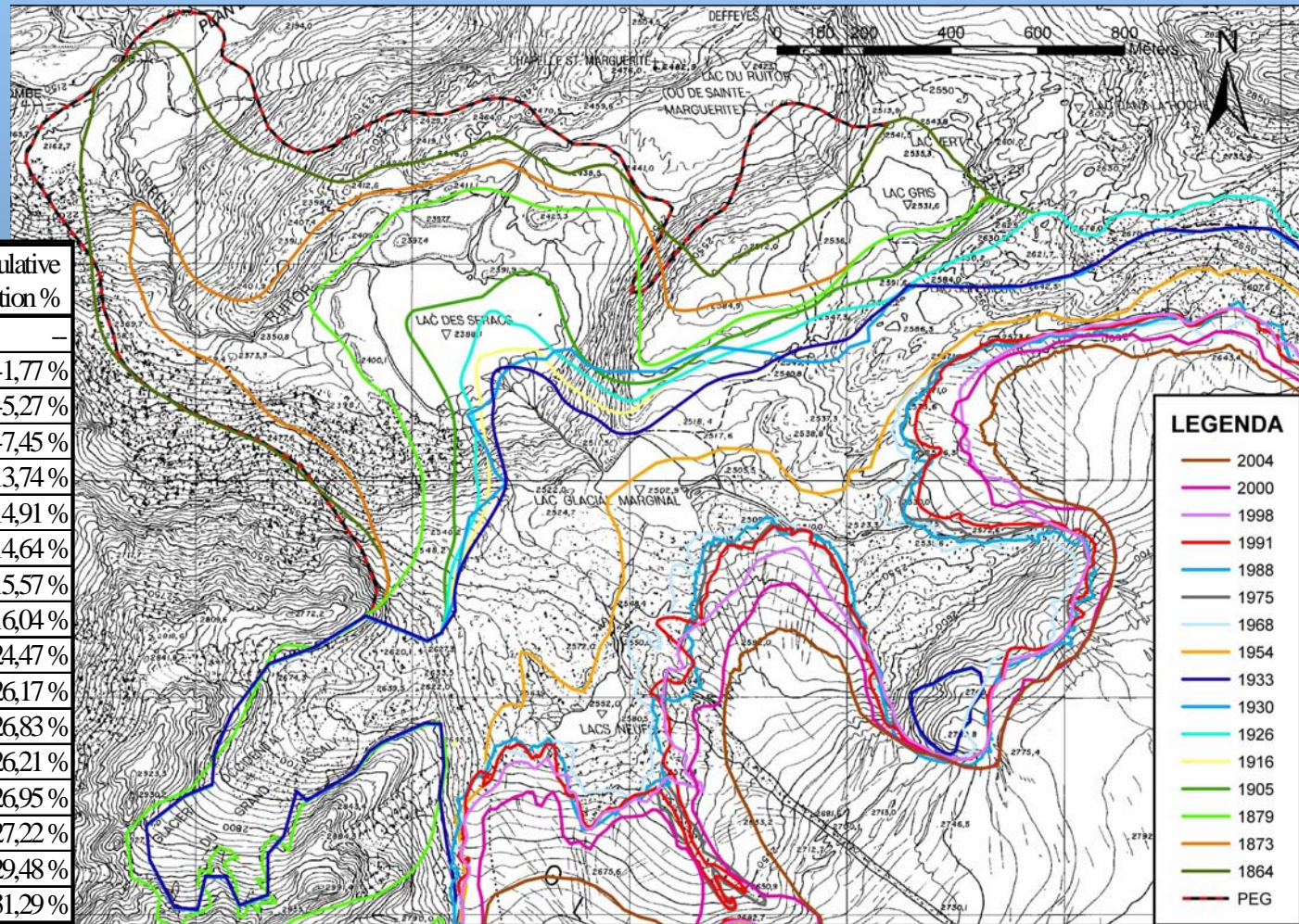
Quota massima: 3350 m

Variazioni frontali

Si evidenziano due
periodi di
avanzata glaciale:
il primo negli
Anni '20, il
secondo negli
Anni '80

Il ghiacciaio ha subito un regresso frontale di circa **2km**
dalla massima estensione PEG

Year	Surface Area	Variation %	Cumulative variation %
LIA	1'247,17 ha	--	--
1864	1'225,10 ha	-1,77 %	-1,77 %
1873	1'181,38 ha	-3,57 %	-5,27 %
1879	1'154,23 ha	-2,59 %	-7,45 %
1905	1'075,79 ha	-6,71 %	-13,74 %
1916	1'061,26 ha	-1,22 %	-14,91 %
1926	1'064,59 ha	+0,25 %	-14,64 %
1930	1'052,98 ha	-0,97 %	-15,57 %
1933	1'047,14 ha	-0,56 %	-16,04 %
1954	942,03 ha	-10,04 %	-24,47 %
1968	920,75 ha	-2,26 %	-26,17 %
1975	912,51 ha	-0,86 %	-26,83 %
1988	920,29 ha	+0,85 %	-26,21 %
1991	911,10 ha	-1,00 %	-26,95 %
1998	907,66 ha	-0,35 %	-27,22 %
2000	879,46 ha	-3,19 %	-29,48 %
2004	856,98 ha	-2,61 %	-31,29 %



LEGENDA

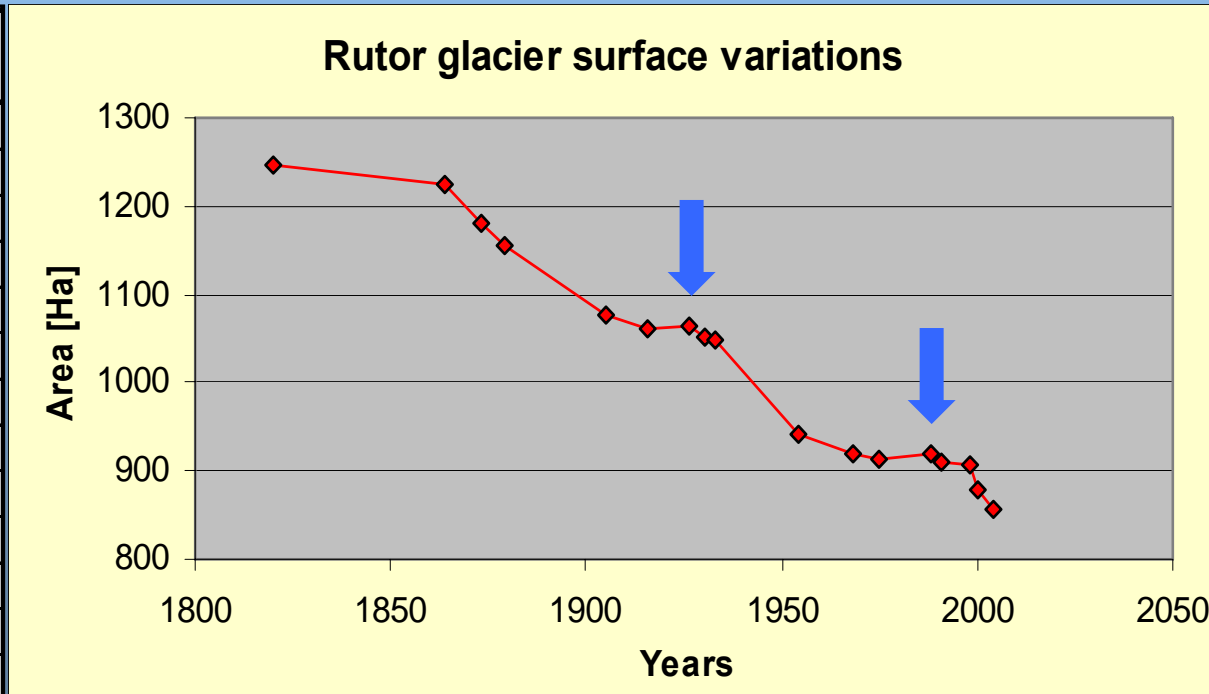


Variazioni di superficie

Il perimetro del ghiacciaio è stato ricostruito per molti anni, supponendo che i limiti della parte sommitale rimanessero pressoché costanti. La superficie è stata calcolata correggendo l'area in planimetria con la pendenza media

Da questi dati si calcola che il Rutor ha perso il **31%** della sua superficie dalla massima espansione della Piccola Età Glaciale ad oggi

Year	Surface Area	Variation %	Cumulative variation %
LIA	1'247,17 ha	--	--
1864	1'225,10 ha	-1,77 %	-1,77 %
1873	1'181,38 ha	-3,57 %	-5,27 %
1879	1'154,23 ha	-2,59 %	-7,45 %
1905	1'075,79 ha	-6,71 %	-13,74 %
1916	1'061,26 ha	-1,22 %	-14,91 %
1926	1'064,59 ha	+0,25 %	-14,64 %
1930	1'052,98 ha	-0,97 %	-15,57 %
1933	1'047,14 ha	-0,56 %	-16,04 %
1954	942,03 ha	-10,04 %	-24,47 %
1968	920,75 ha	-2,26 %	-26,17 %
1975	912,51 ha	-0,86 %	-26,83 %
1988	920,29 ha	+0,85 %	-26,21 %
1991	911,10 ha	-1,00 %	-26,95 %
1998	907,66 ha	-0,35 %	-27,22 %
2000	879,46 ha	-3,19 %	-29,48 %
2004	856,98 ha	-2,61 %	-31,29 %



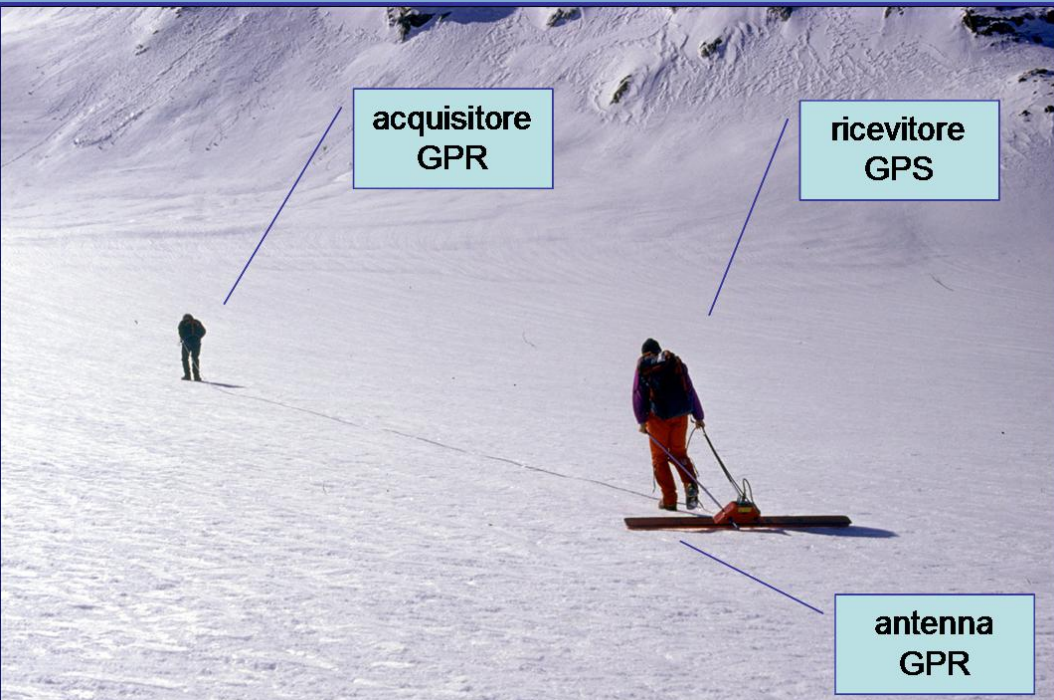
La ELA 2:1 è passata da 2750/2800m nella Piccola Età Glaciale, agli attuali 2850m

Il rilievo Georadar

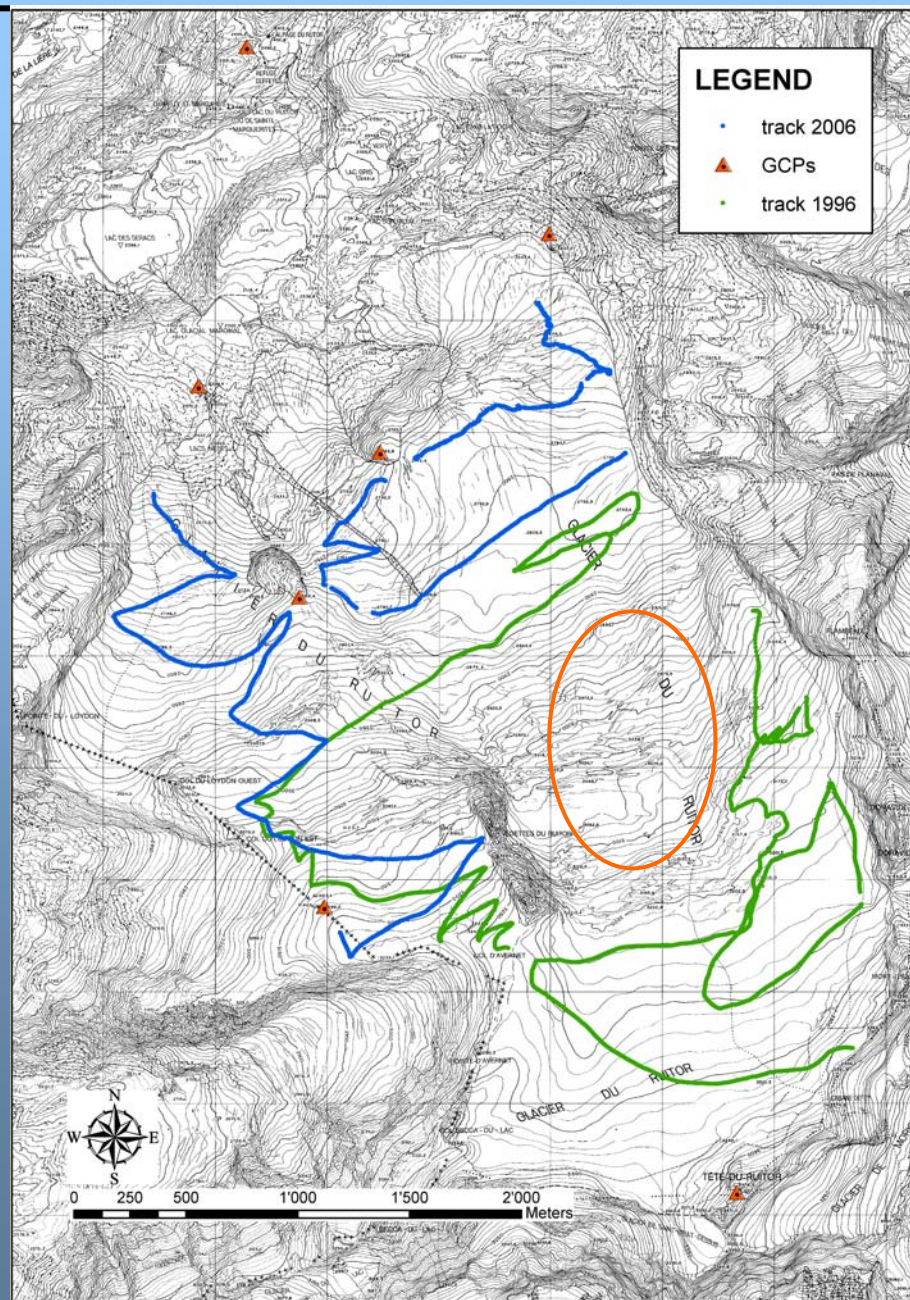
Il rilievo Ground Penetrating Radar (GPR) è un metodo di indagine geofisica basato sull'emissione di impulsi radar e sull'analisi del tempo di ritorno delle onde riflesse da una discontinuità tra mezzi a diverse proprietà dielettriche.

Sistema acquirente: GSSI SIR3000

Antenna utilizzata: Radarteam Subecho40



Il rilievo Georadar



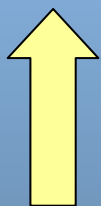
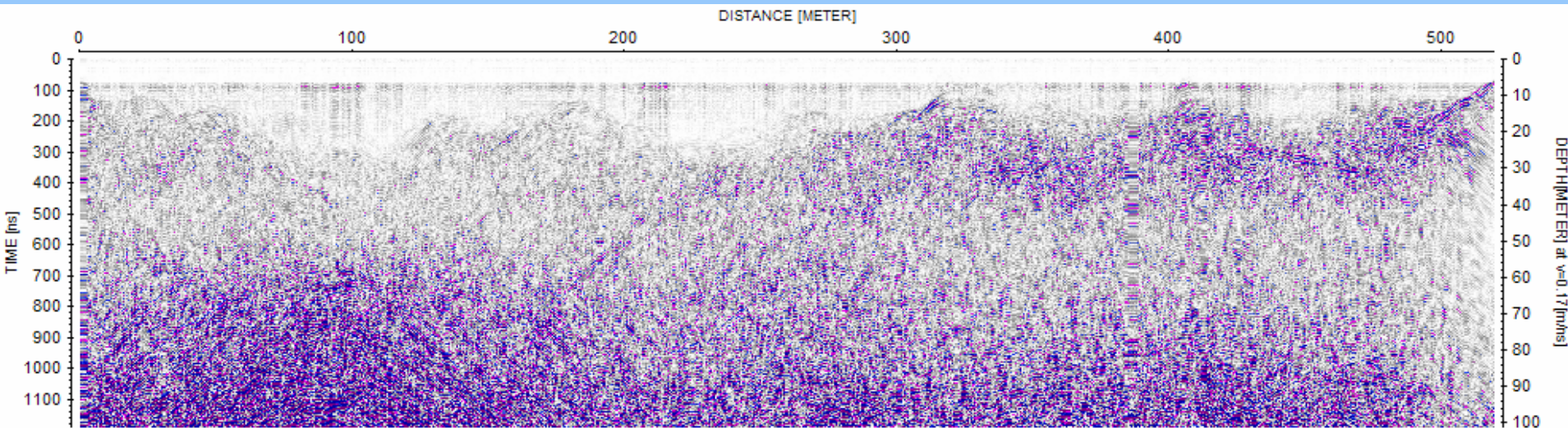
Tracce in sezione trasversale per ottenere un maggior controllo sul dato (partenze e arrivi delle sezioni su profondità note)

Sovrapposizione tra rilievo 1996 e 2006: controllo interpretazione tracce

Rilievo dGPS con base su punto della rete IGM. Materializzazione di 4 capisaldi per applicazioni fotogrammetriche.

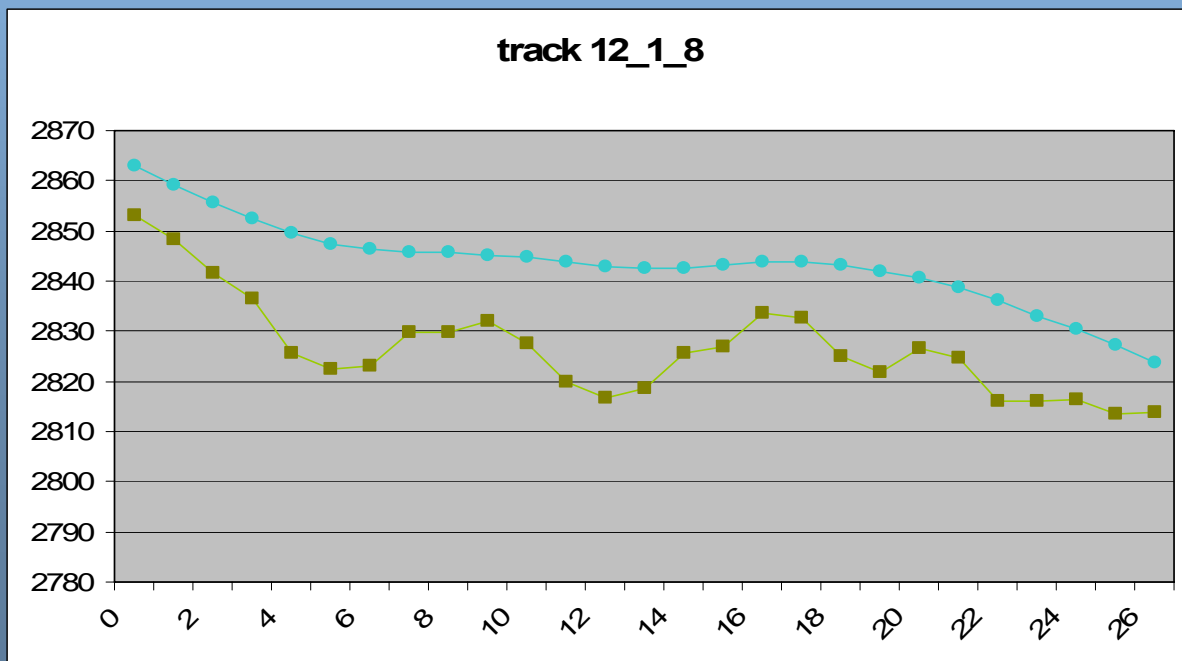
Il rilievo è stato realizzato grazie al contributo logistico fornito dall'ARPA Val d'Aosta

Il rilievo Georadar



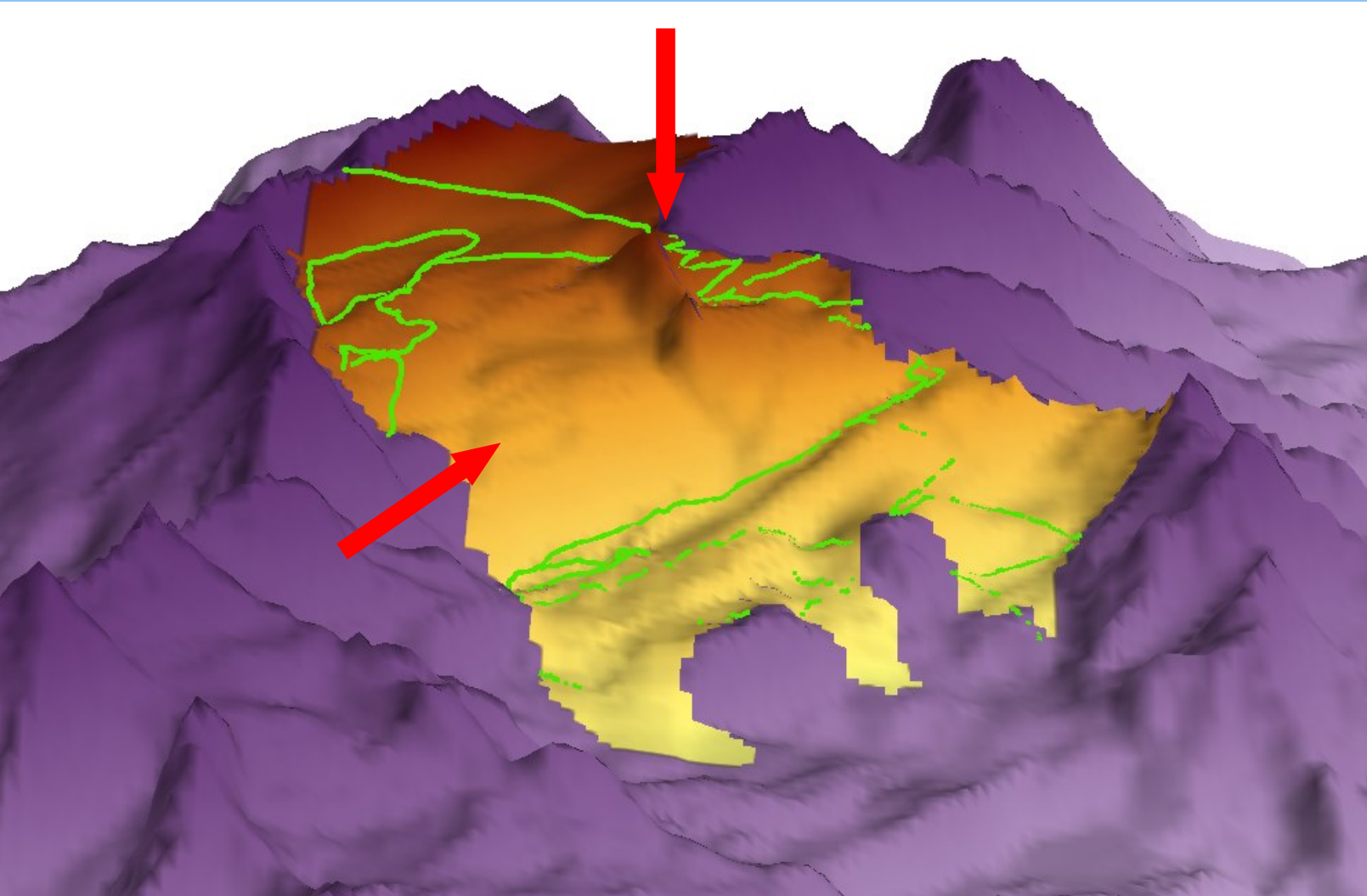
Traccia radar

Sezione
superficie/bedrock



Ricostruzione del letto glaciale

Modello del bedrock: pixel 50m, kriging forzato sulla media degli spessori per contrastare gli effetti locali, superficie suddivisa in aree omogenee.



Stima dei volumi di ghiaccio

Sulla base della ricostruzione del letto glaciale è stato stimato il volume di ghiaccio per ogni periodo in cui era disponibile un modello di superficie

Anno	Volume	Δ Volume	Superficie	Δ Superficie
PEG	$690.68 * 10^6 \text{ m}^3$	-----	1168 ha	-----
1975	$269.09 * 10^6 \text{ m}^3$	- 61.0 %	912 ha	- 21.8 %
1988	----	----	920 ha	+ 0.9 %
1991	$222.09 * 10^6 \text{ m}^3$	- 17.4 %	911 ha	- 1.0 %
2003		- 13 % ?	829 ha	- 9.0 %

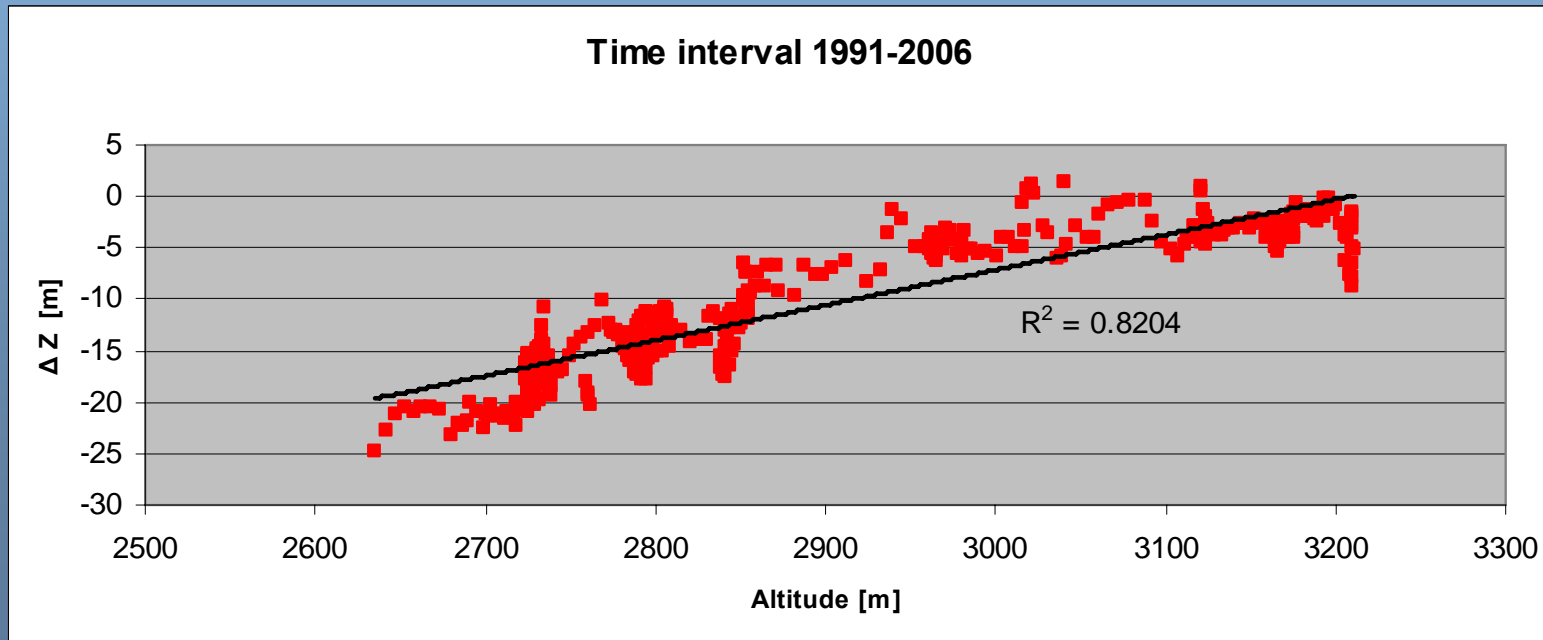
Il ghiacciaio risulta aver perso circa 500 milioni di metricubi di volume dalla PEG (nella PEG sono considerati annessi tre ghiacciai tributari)

L'aumento volumetrico registrato tra il 1975 ed il 1988, pur essendo realistico, poiché il ghiacciaio si trovava in fase di avanzata, può solo essere un dato qualitativo, poiché il valore ha lo stesso ordine di grandezza dell'incertezza del calcolo

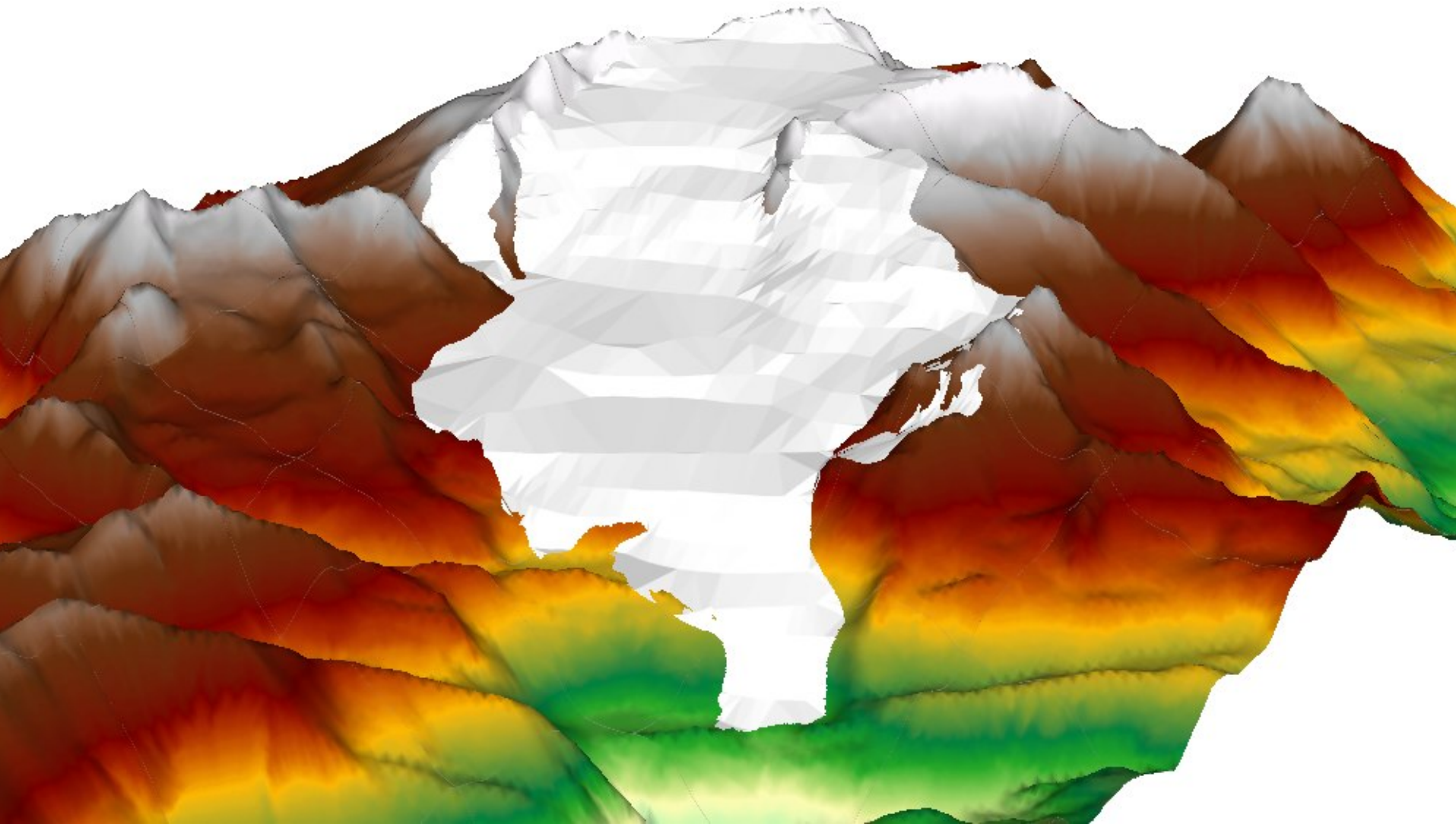
L'analisi dei dati GPS

MEAN ALTIMETRIC VARIATION 1991-2006

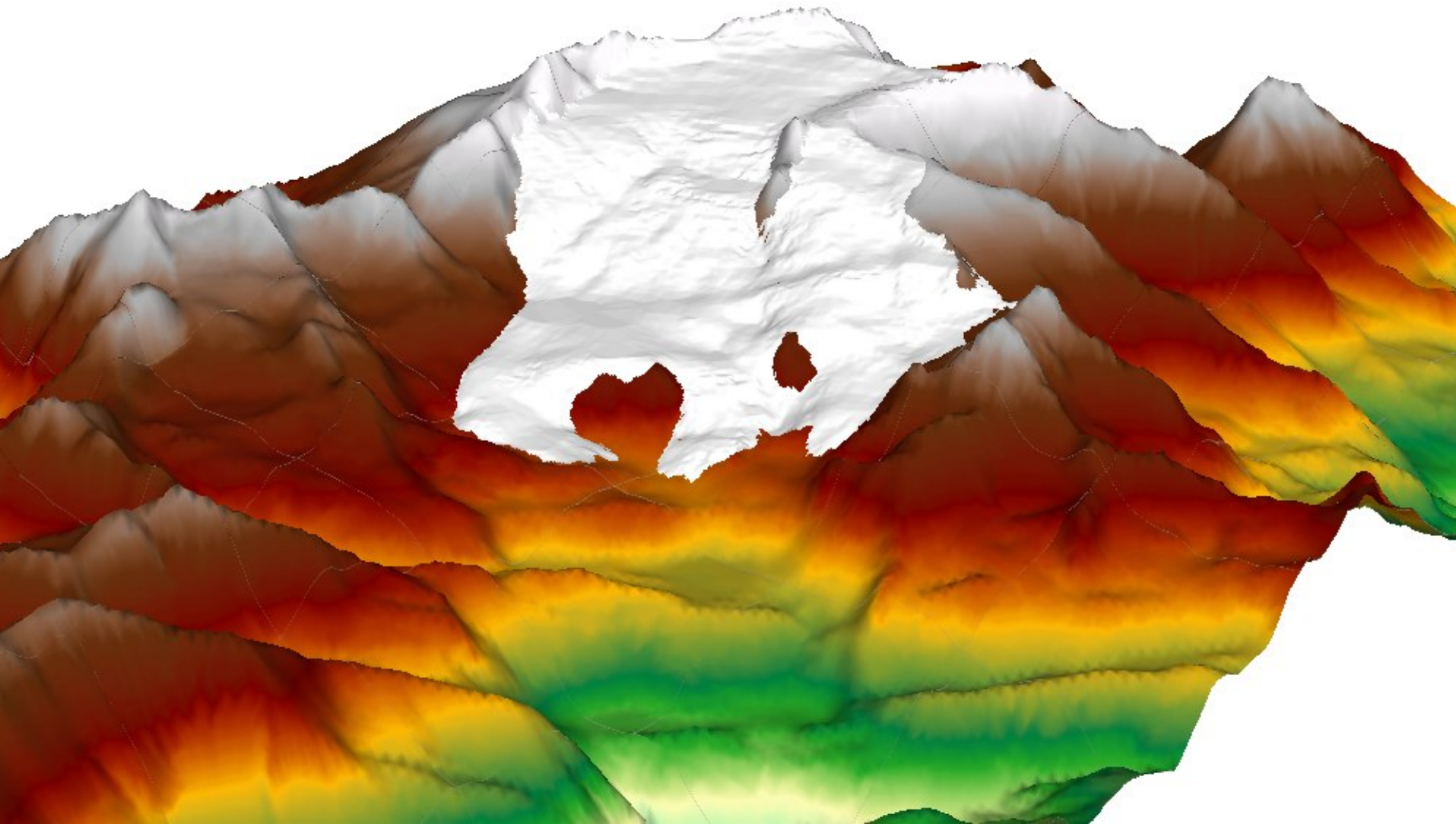
Elevation interval: 2600 – 2700	-21.7 m
Elevation interval: 2700 – 2800	-16.0 m
Elevation interval: 2800 – 2900	-11.8 m
Elevation interval: 2900 – 3000	-9.7 m
Elevation interval: 3000 – 3100	-2.7 m
Elevation interval: 3100 – 3200	-2.8 m
Elevation interval: 3200 – 3300	---



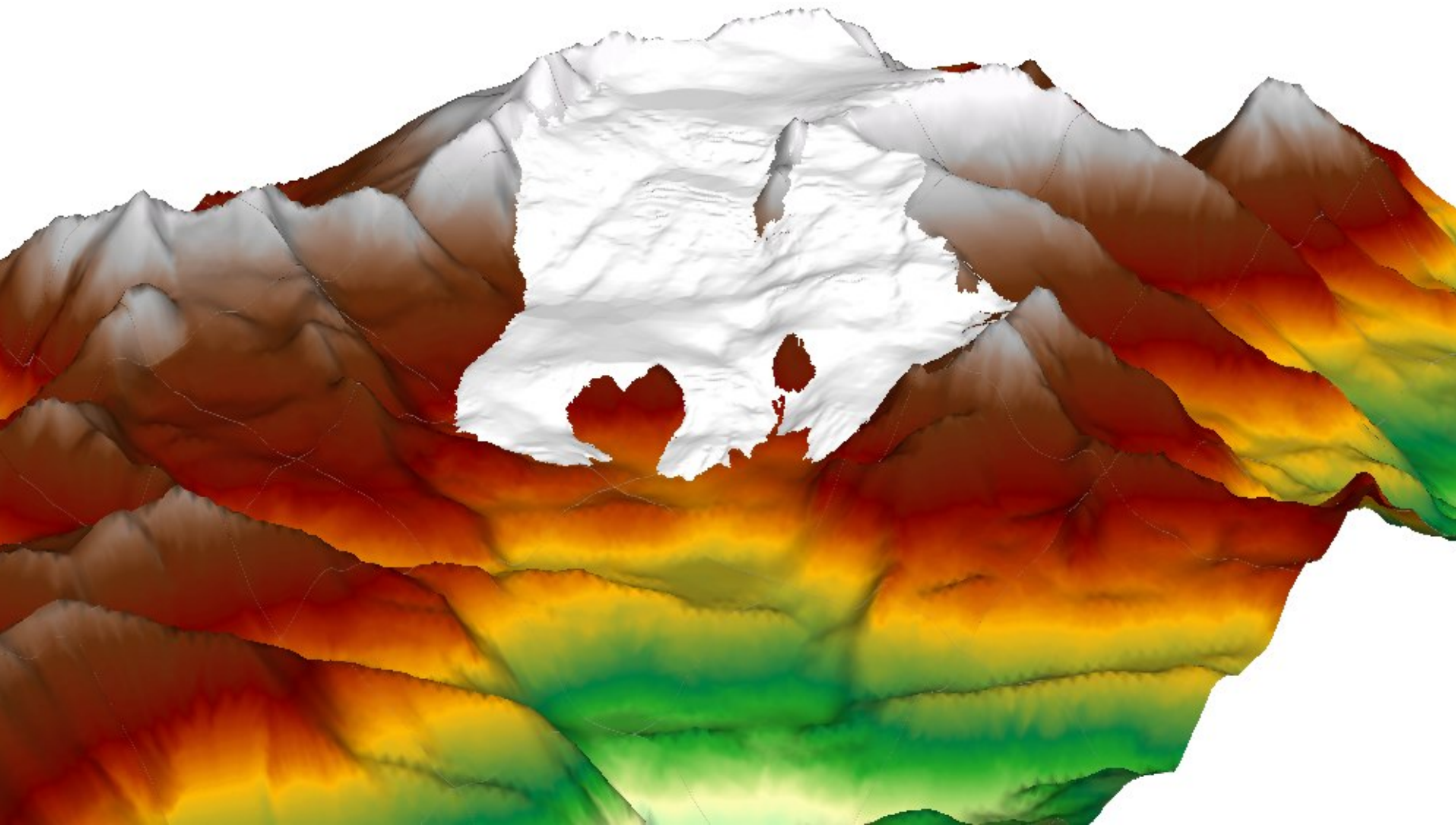
Piccola Età Glaciale



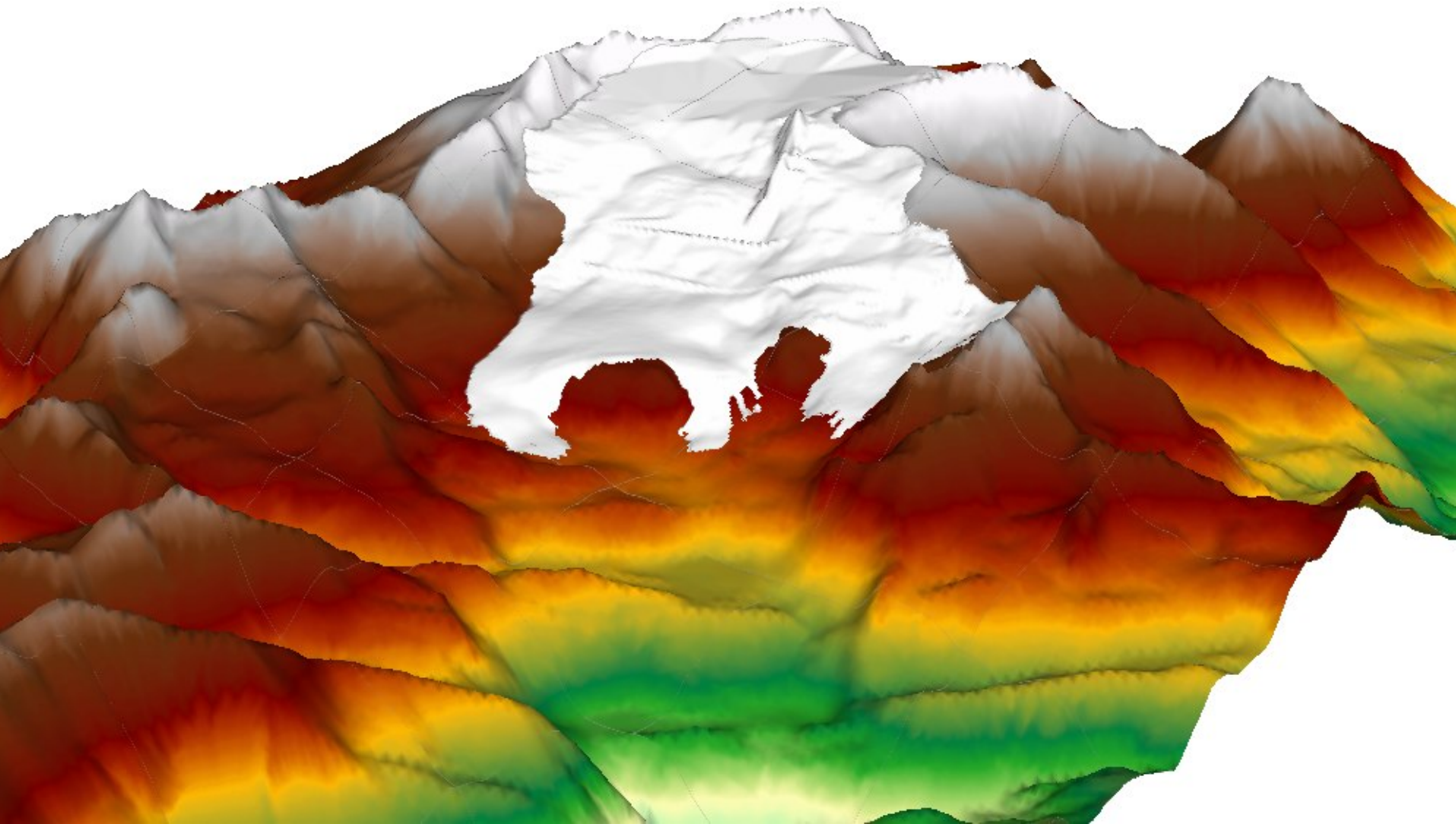
1975



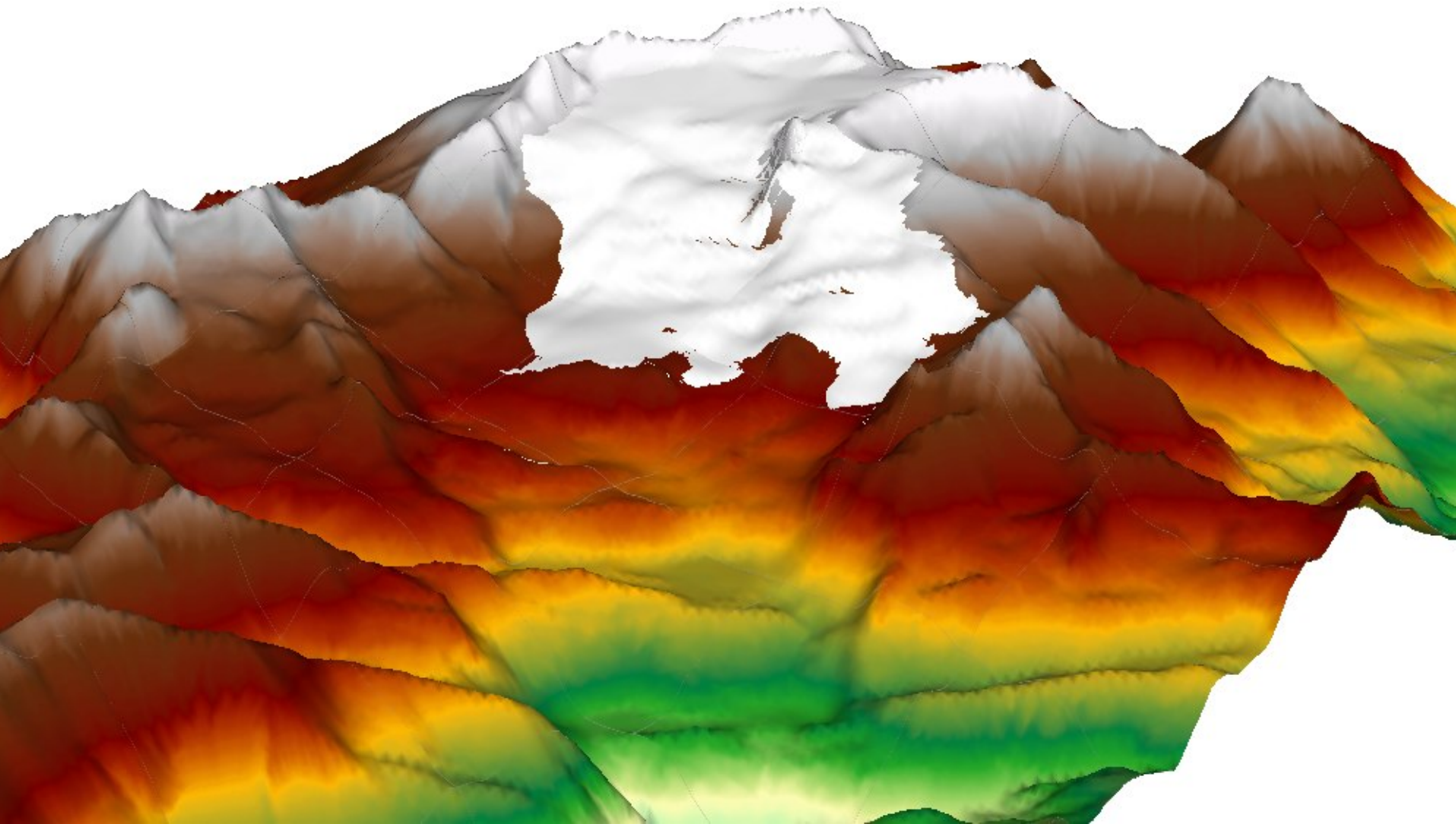
1991



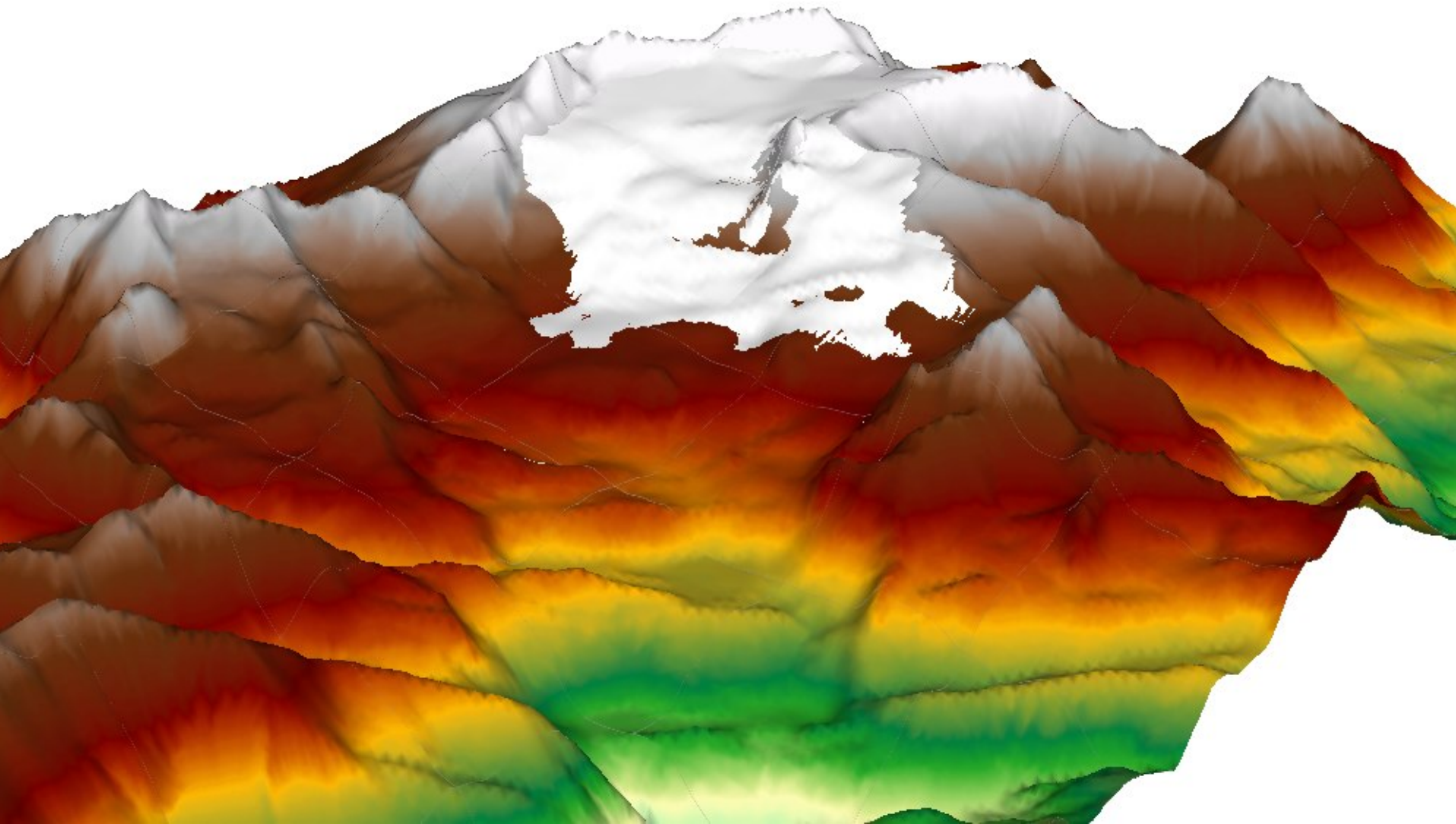
2003



2018



2033



Conclusioni

Dall'analisi dei dati presentati si è stimato un regresso frontale dalla PEG di 2 km, con un innalzamento della quota minima della fronte di 390m (2150m – 2540m), una riduzione della superficie di circa il 30% ed una riduzione di volume di oltre il 60%.

Una stima dei dati relativi al bilancio di massa medio con metodo geodetico nell'intervallo 1991-2006 indica valori di perdita media di circa 10000 mm W.E., (70 Mld l) pari a circa 680 mm/anno, negli ultimi 15 anni (per la porzione di ghiacciaio coperta da rilievo).

Considerando un volume di 222 Milioni di m³ (204 Mld di litri) nel 1991, tale perdita corrisponde al 33% della quantità d'acqua stoccata nel ghiacciaio.

La ricostruzione del letto glaciale permette di ottenere informazioni sulle sue caratteristiche morfologiche (es. linee di deflusso principali), di effettuare valutazioni sulla risorsa idrica residua ed infine, a fronte di ipotesi sul quadro climatico, di formulare previsioni sull'evoluzione del corpo glaciale nella sua attuale fase di regresso.

Grazie dell'attenzione!

