

ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

---

---

DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOLOGICHE,  
GEOLOGICHE E AMBIENTALI

Corso di Laurea in Scienze Geologiche

Relazione di Laurea

Caratterizzazione morfologica di rock glaciers in  
Val di Solda, Alto Adige

Candidato:  
Luca Bompieri

Relatore:  
Prof. Francesco Brardinoni  
Correlatore:  
Dott. Gabriel Pellegrinon

---

---

Sessione: Marzo 2021  
Anno Accademico 2020-21

# INDICE

1. Introduzione.....	3
2. Area di studio.....	5
2.1 Inquadramento geografico	5
2.2 Inquadramento geologico	6
2.3 Inquadramento climatico	8
3. Metodi.....	9
4. Risultati.....	15
5. Conclusioni.....	24
6. Bibliografia.....	26
7. Allegati.....	27
6.1 Allegato 1	27
6.2 Allegato 2	29

# 1. Introduzione

I rock glaciers sono corpi detritici che caratterizzano il dominio geomorfologico periglaciale nelle aree di alta montagna (Haeberli et al., 2006). Si sviluppano in condizioni climatiche definite da una temperatura media annua di  $-1^{\circ}\text{C}$  /  $-2^{\circ}\text{C}$  e da precipitazioni medie annue inferiori a 2.500 mm (Haeberli, 1985; Barsch, 1996). Sono considerati fra le principali evidenze morfologiche della presenza di permafrost alpino, sia attuale che antico, dove per permafrost si intende terreno in condizioni termiche pari o inferiori a  $0^{\circ}\text{C}$  per un periodo di almeno due anni.

I rock glaciers possono essere classificati in base al loro grado di attività in attivi, inattivi o relitti. Lo sviluppo di rock glaciers richiede un clima che garantisca le condizioni termiche appropriate per la presenza di permafrost discontinuo, un sufficiente apporto di sedimento derivante dalla degradazione di pareti rocciose (o morene) ed una pendenza locale in grado di innescare e mantenere la deformazione lenta (creep) di detrito misto a ghiaccio (Barsch, 1996; Harris et al., 2009). Le forme attive sono caratterizzate dal movimento della fronte, quelle inattive sono prive di movimento della fronte, anche se presumibilmente contengono ancora ghiaccio, sono spesso colonizzate dalla vegetazione e si possono trovare a quote inferiori (Scotti et al., 2013). Le forme relitte hanno una fronte meno ripida, un corpo appiattito, sono caratterizzate da alta presenza di vegetazione e da assenza di movimento (dunque di permafrost).

I rock glaciers (Figura 1), sono delimitati a valle da una ripida scarpata (la fronte), a monte dalla cosiddetta rooting zone, presentano forma lobata o linguoide, ma possono avere anche morfologie più complesse definite multilobo. Le forme lobate sono sviluppate principalmente in ampiezza e sono localizzate ai piedi di una falda o di un cono detritico, mentre quelle linguoidi sono sviluppate in lunghezza, tipicamente poste entro circhi glaciali relitti. Le scarpate frontali e laterali possono variare in altezza da 10 a 30 m o più e, nel caso delle forme attive, sono caratterizzate da pendenze molto acclivi ( $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ ), generalmente superiori all'angolo di riposo del materiale (Barsch, 1996).

Questi corpi detritici vengono distinti anche in base alla fronte (intatta, espansa o troncata) e in base alla loro alimentazione, ovvero alla componente del paesaggio che fornisce materiale (e.g., parete in roccia, morena, piana glaciale relitta). La superficie dei rock glaciers è costituita da blocchi che coprono strati sedimentari più fini (limo, con sabbia e ghiaia).

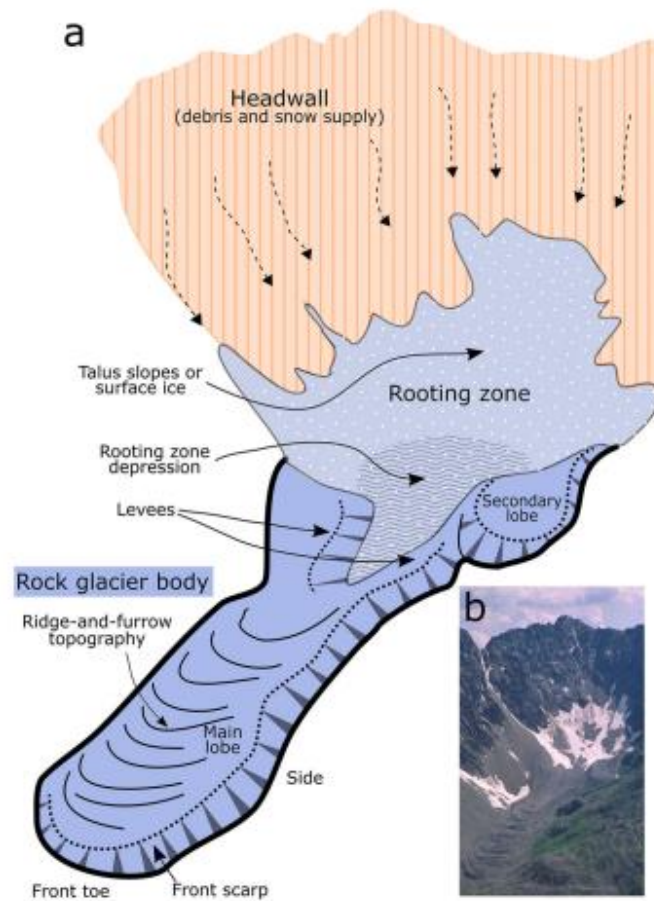


Figura 1: Anatomia di un rock glacier. In arancione è evidenziata la parete rocciosa che fornisce detrito e neve. L'area di alimentazione è caratterizzata dalla presenza di una zona di depressione della struttura. Infine, il corpo del rock glacier viene distinto dall'alto verso il basso e da sinistra a destra: argini, lobo secondario, topografia rughe e solchi, lobo principale, margini e scarpata frontale. (Fonte: Brardinoni et al 2019).

L'obiettivo di questa tesi è la verifica in campo di attributi relativi ad un cluster di rock glaciers in Val di Solda (Provincia Autonoma di Bolzano), partendo da una mappatura preesistente effettuata tramite tecniche di telerilevamento.

## 2. Area di studio

### 2.1 Inquadramento geografico

L'area di studio è situata in Val di Solda, nelle vicinanze del centro abitato di Solda (1800 m s.l.m.), comune di Stelvio (46°31' N, 10°35' E) nella parte sudoccidentale della Provincia di Bolzano (Bz), nelle vicinanze del confine con la Svizzera e la Lombardia (Figura 2).

L'area si estende nella parte settentrionale del gruppo montuoso dell'Ortles-Cevedale, nel settore centro orientale della Alpi Italiane. L'area è una delle più elevate e con maggiore numero di ghiacciai nelle Alpi centro-meridionali. La valle è circondata dalle vette dell'Ortles (3905 m s.l.m.), del Monte Zebrù (3735 m s.l.m.) e del Gran Zebrù (3857 m s.l.m.).

L'estensione della valle è di circa 76 km<sup>2</sup>. La quota varia fra 3905 m s.l.m alla sommità del ghiacciaio del monte Ortles e 1200 m s.l.m. al termine della Val di Solda, in corrispondenza della confluenza del Rio Solda col Rio Trafoi, affluente in destra idrografica del Fiume Adige. L'orientazione valliva principale è in direzione NNO-SSE, mentre per le valli secondarie (Val di Ranzo; Val di Zai e Val del Coston) è SO-NE.



Figura 2: Inquadramento dell'area di studio (Fonte: [Trentino-Alto Adige - Wikipedia](#)).

## 2.2 Inquadramento geologico

La Val di Solda si estende interamente nel dominio tettonico Austroalpino. Tale dominio è stato inizialmente interessato dall'orogenesi Caledoniana (420 Ma, Siluriano Sup.), successivamente dall'orogenesi ercinica (300 Ma, Carbonifero) e infine dall'orogenesi Alpina (121 Ma, Cretaceo Inf.). In questa ultima orogenesi il dominio Austroalpino rappresenta l'avampaese di Africa sovrascorso e metamorfosato dall'attuale dominio tettonico Sudalpino durante la subduzione con Europa e la relativa chiusura dell'oceano Ligure-Piemontese.

Nella Val di Solda (Figura 3) affiorano le seguenti unità strutturali del dominio tettonico Austroalpino medio (Martin et al, 2009), queste includono:

- Falda Ortles: sequenza metastratigrafica composta principalmente da dolomia principale dell'Austroalpino con scarse scaglie basali con miloniti e sedimenti del Permo-Triassico inferiore ("Verrucano"), del Ladinico (calcari e dolomie stratificati) e del Carnico (carniole, gessi argilliti).
- Falda Campo: composta da tre unità tettono-metamorfiche di medio e basso grado: la Scaglia dello Zebrù, l'Unità di Peio e l'Unità di Lasa:
  - 1) Scaglia dello Zebrù: giace in una struttura sinforme al tetto dell'Unità di Peio e s'insinua alla base della Falda dell'Ortles. E' costituita da filladi quarzifere con un metamorfismo variscico in facies a scisti verdi.
  - 2) Unità di Peio: costituita prevalentemente da rocce metamorfiche in facies anfibolitica di età Varisica, con sovrainposta alla Alpina in facies a scisti verdi.
  - 3) Unità di Lasa: elemento più profondo della Falda Campo, formata da alternanza di gneiss e micascisti, anfiboliti e marmi, con metamorfismo Varisico in facies anfibolitica.

Durante il Pleistocene l'area è stata coperta più volte dalla calotta glaciale Alpina. La trimline, corrispondente alla massima quota raggiunta dal ghiaccio, non è sempre ben riconoscibile, essa comunque si attesta a quote comprese tra i 2700 e i 3000 m s.l.m., indicando quindi che durante l'Ultima Massima Estensione dei ghiacciai (Last Glacial Maximum) l'intera area doveva essere caratterizzata da numerosi nunatak emergenti da una coltre di ghiaccio pressoché continua (Bini et al, 2009).

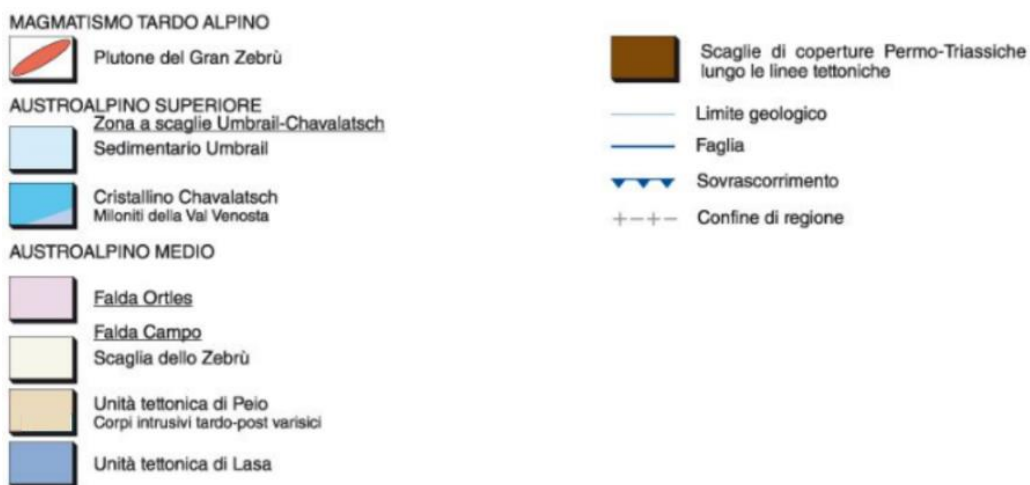
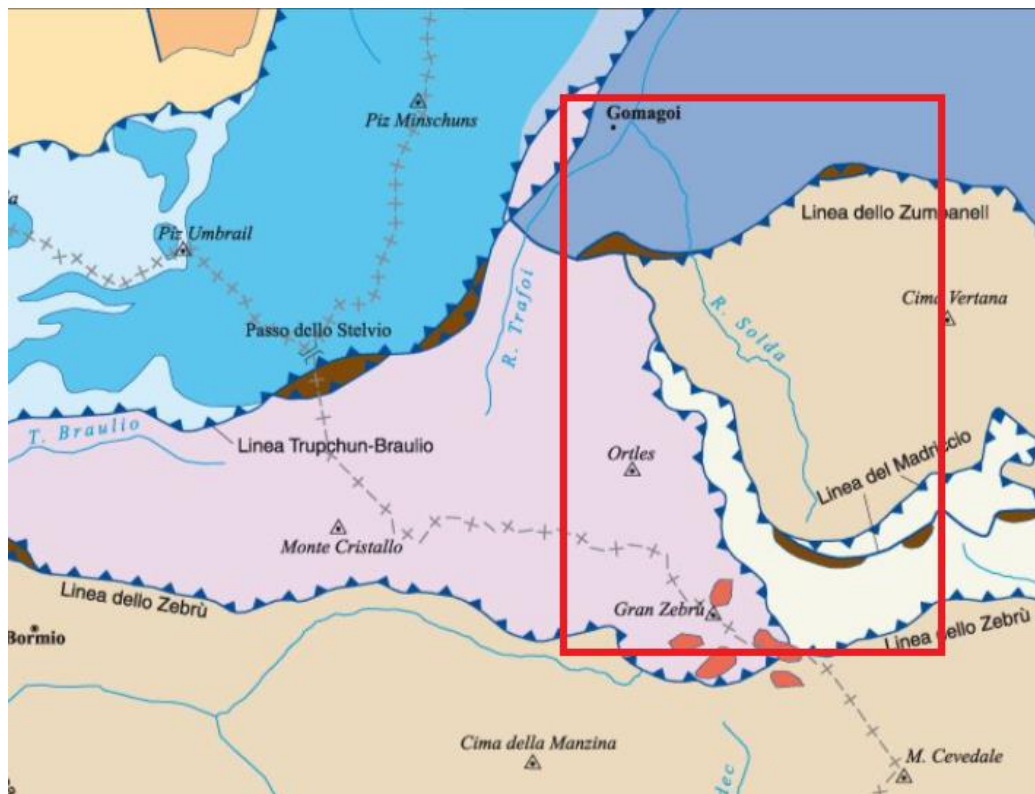


Figura 3: Schema strutturale a scala 1: 200.000, Foglio n.024 “Bormio”. Il rettangolo rosso identifica l’area di studio. (Fonte: Montrasio et al. 2004; [www.ispraambiente.it/](http://www.ispraambiente.it/)).

La descrizione dettagliata delle unità litologiche dell’area di studio è riportata nell’Allegato 1.



## 2.3 Inquadramento climatico

L'area di studio è caratterizzata da un clima Alpino, con inverni rigidi e secchi ed estati fresche e umide. La precipitazione media annua (1990-2016) presso la stazione di riferimento di Gioveretto (Figura 4) è pari a 755.7mm. Le precipitazioni sono concentrate in estate-autunno, con massimi corrispondenti al transito di fronti depressionari Atlantici nei mesi di Ottobre e Novembre (Figura 5).

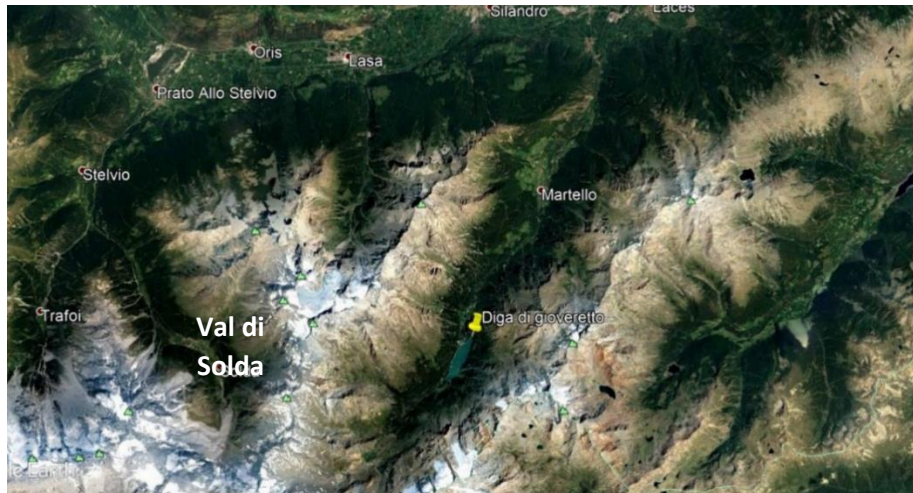


Figura 4: Localizzazione della stazione meteorologica di Gioveretto (segnaposto giallo), rispetto alla Val di Solda (Fonte: [Google Earth](https://www.google.com/earth/)).

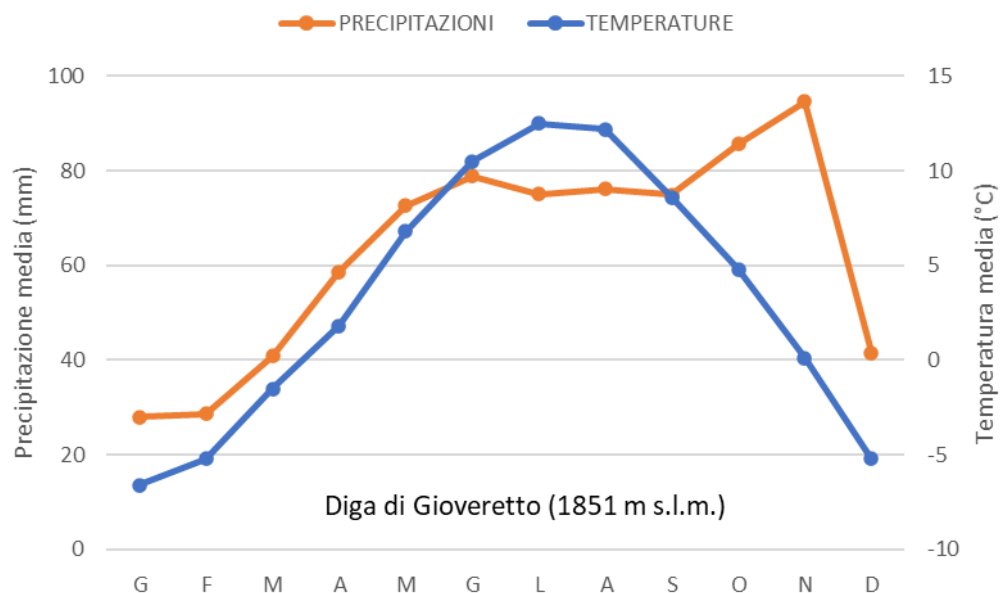


Figura 5: Climogramma del periodo 1990-2016 relativo alla stazione meteorologica di Gioveretto (altitudine: 1851 m s.l.m.; latitudine: 632345 N; longitudine: 5152056 E (Fonte: [Provincia Autonoma di Bolzano](https://www.provinciaautonoma.bz.it/))).



### 3. Materiali e Metodi

Lo studio dei rock glacier dell'area di Solda si è svolto inizialmente da remoto, con l'ausilio del programma Qgis. Sono state acquisite le ortofoto del 2006 e del 2008 dal sito web della Provincia Autonoma di Bolzano, il DTM (modello digitale del terreno) e il rilievo ombreggiato (hillshade). Sono stati quindi caricati i poligoni relativi al catasto esistente provinciale dei rock glaciers. Ciò ha permesso di esaminare gli attributi di ciascuna unità da validare in campo. Infine, attraverso l'utilizzo della tabella degli attributi delle strutture fornita in precedenza è stato possibile svolgere una semplice analisi statistica sulla quota minima dei rock glacier, sulle loro attività e sulla loro esposizione.

Per lo studio in campagna si è deciso di considerare gli attributi presenti in Scheda 1, ovvero, quelli che potessero fornire indicazioni sulla struttura e la geometria dei rock glaciers.

<b>ID ROCK GLACIER</b>						
------------------------	--	--	--	--	--	--

GRADO ATTIVITA'			INCLINAZIONE MEDIA	VEGETAZIONE	
Attivo (1)	Inattivo (2)	Relitto (3)		Assente (0)	Presente (1)

CONNESSIONE AL FRONTE					
FRPS	RGBS	FRRG	FSOM	EFDF	URGF

\*FRPS: l'unità raggiunge canale permanente e funge da sponda destra o sinistra.

\*RGBS: la fronte blocca un corso d'acqua, anche se scorre al di sotto di essa

\*FRRG: la struttura entra in contatto con un altro rock glacier

\*FSOM: la fronte va a sbattere contro una morena o un'altra morfologia.

\*EFDF: la fronte è erosa in quanto funge da sorgente di innesco di colate detritiche.

\*URGF: la fronte del rimane sul versante in condizioni non confinate.

ASSETTO FRONTE		
TRFR (troncata)	EXFR (espansa)	LRF (conservata)

ALIMENTAZIONE (UPCN):						
1	2	3	4	5	6	7
Talus	Detriti	Corpo frana	Ghiacciaio	G. Forefield	Poly	Rock Glacier

DESCRIZIONE SCAVO

Scheda 1: Esempio struttura scheda usata in campagna per caratterizzazione rock glacier.

La Scheda 1 mostra le variabili su cui si è basata la scelta dei rock glacier da studiare sul campo. Essi vengono distinti principalmente in tre categorie: attivi, inattivi e relitti. Per la costruzione della tabella si è fatto riferimento a Seppi et al. (2005). Gli attributi presi in esame includono: l'assetto della fronte, la connessione ad essa, l'alimentazione del rock glacier, la vegetazione, l'inclinazione media e infine, il grado di attività, vedi Tabella 2.

La fronte di un rock glacier viene classificata in base alla forma. Un fronte può essere: troncato (TFR), espanso lateralmente (EXFR), o intatto (LRF) e in base al grado di connessione con il reticolo idrografico. Per quest'ultimo sono state distinte le seguenti categorie:

- FRPS: la fronte del rock glacier raggiunge un canale permanente, fungendo da sponda destra o sponda sinistra (e.g., fotografia 1-2524, Allegato 2).
- RGBS: la fronte blocca un corso d'acqua, anche, se quest'ultimo scorre al di sotto del rock glacier (e.g., fotografia 1-2498, Allegato 2).
- FRRG: la fronte del rock glacier entra in contatto con un altro rock glacier (e.g., fotografia 2-2499, Allegato 2).
- FSOM: la fronte del rock glacier è in contatto con una morena o un'altra morfologia (e.g., fotografia 2-2545, Allegato 2).
- EFDF: la fronte risulta essere erosa, in quanto funge da innesco per colate detritiche.
- URGF: la fronte del rock rimane sul versante in condizioni non confinate (e.g., fotografia 2-2523, Allegato 2).

L'alimentazione del corpo detritico specifica quale struttura e/o processo fornisce materiale detritico. L'alimentazione (UPCN) viene distinta nelle seguenti categorie:

1. Talus: rock glacier alimentato da falde detritiche, sviluppatosi successivamente a crolli da parete rocciosa (e.g., fotografia 1-2500, Allegato 2).
2. Detriti: alimentazione da deposito di frana o se il rock glacier risulta essere sovrapposto al corpo di frana.
3. Corpo di frana: su parte del rock glacier risulta essere sovrapposto il corpo di frana.
4. Ghiacciaio: rock glacier e ghiacciaio a contatto diretto.
5. Glacier Forefield: il rock glacier non risulta essere a contatto con il ghiacciaio, ma con l'area antistante ad esso.
6. Poly: il rock glacier risulta essere alimentato da più di una struttura, ad esempio: rock glacier e talus (e.g., fotografia 1-2524, Allegato 2).
7. Rock Glacier: un altro rock glacier risulta essere alimentante dell'unità studiata (e.g., fotografia 2-2529, Allegato 2).

Il grado di copertura vegetale (VEG) di un rock glacier è inversamente proporzionale al suo grado di attività. Viene identificata con: 0 se assente, 1 se presente.

Un'altra variabile legata al grado di attività di un rock glacier è la pendenza della fronte: strutture attive presentano angoli di riposo compresi tra 30° e 40° (Barsch, 1996).

Tabella 2: Attributi dei rock glacier di studio relativi al catasto provinciale.

AREA	ID	GRADO DI ATTIVITA'	VEG.	CONNESSIONE DELLA FRONTE	ASSETTO FRONTE	ALIMENTAZIONE	PENDENZA
HTG	2498	1	0	FSOM - FRRG	-	5	14.94°
HTG	2499	2	0	FRRG	LFR	1	26.21°
HTG	2500	3	1	URGF	EXFR	1	25.03
ZAI	2516	3	1	FSOM	EXFR	6	24.51°
ZAI	2522	3	1	URGF	EXFR	1	25.34°
ZAI	2523	3	1	URGF	LFR	1	19.26°
ZAI	2524	3	1	RGBS	EXFR	6	15.95°
ZAI	2529	1	1	URGF - FRRG	EXFR	6	34.02°
ZAI	2545	1	0	FRPS – FSOM – FRRG - RGBS	LFR	1	17.63°

Gli attributi fanno riferimento alle forme del catasto provinciale analizzate attraverso telerilevamento (Tabella 2). La prima colonna identifica l'area in cui le unità sono collocate. A Sud-Est del centro abitato di Solda è presente l'area di studio di Hintergrat (HTG), mentre a Ovest Nord-Ovest sono localizzate le Valli di Zai (ZAI).

La variabile per cui ci si può aspettare un maggior discostamento rispetto ai valori di campo sarà probabilmente la pendenza, la quale potrebbe risultare essere meno accurata se calcolata attraverso telerilevamento, rispetto allo studio in campagna.

Per lo studio delle forme in oggetto sono state utilizzate ortofoto del 2008 (Figura 6), DTM (Modello Digitale del Terreno) LiDAR a 2,5 m, nonché rilievi ombreggiati (hillshade; Figura 7) e carte topografiche (Figura 8) da esso derivate. Tale materiale è stato utilizzato per scopi di ricerca su gentile concessione della Provincia Autonoma di Bolzano.

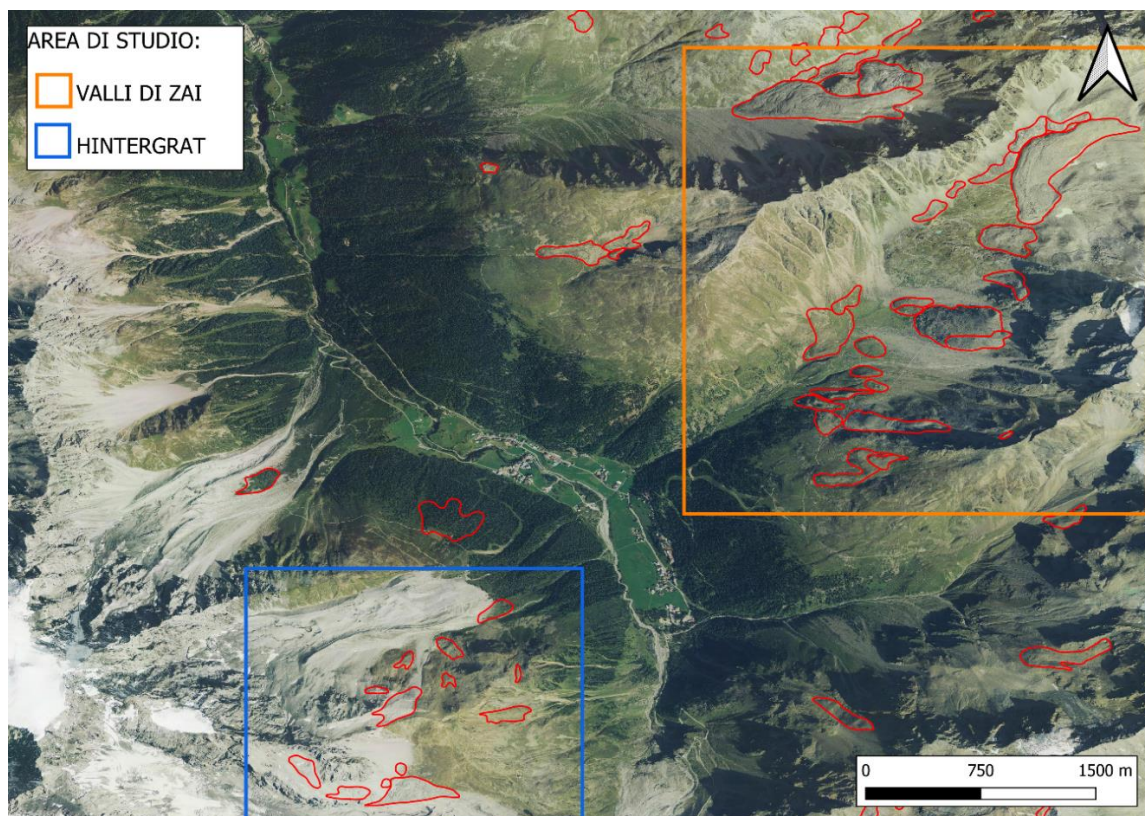


Figura 6: Ortofoto (2008) della Val di Solda. Evidenziate le aree di studio: Hintergrat e Valli di Zai. In rosso sono rappresentati i rock glaciers. (Fonte: <http://geoservices.retecivica.bz.it>).

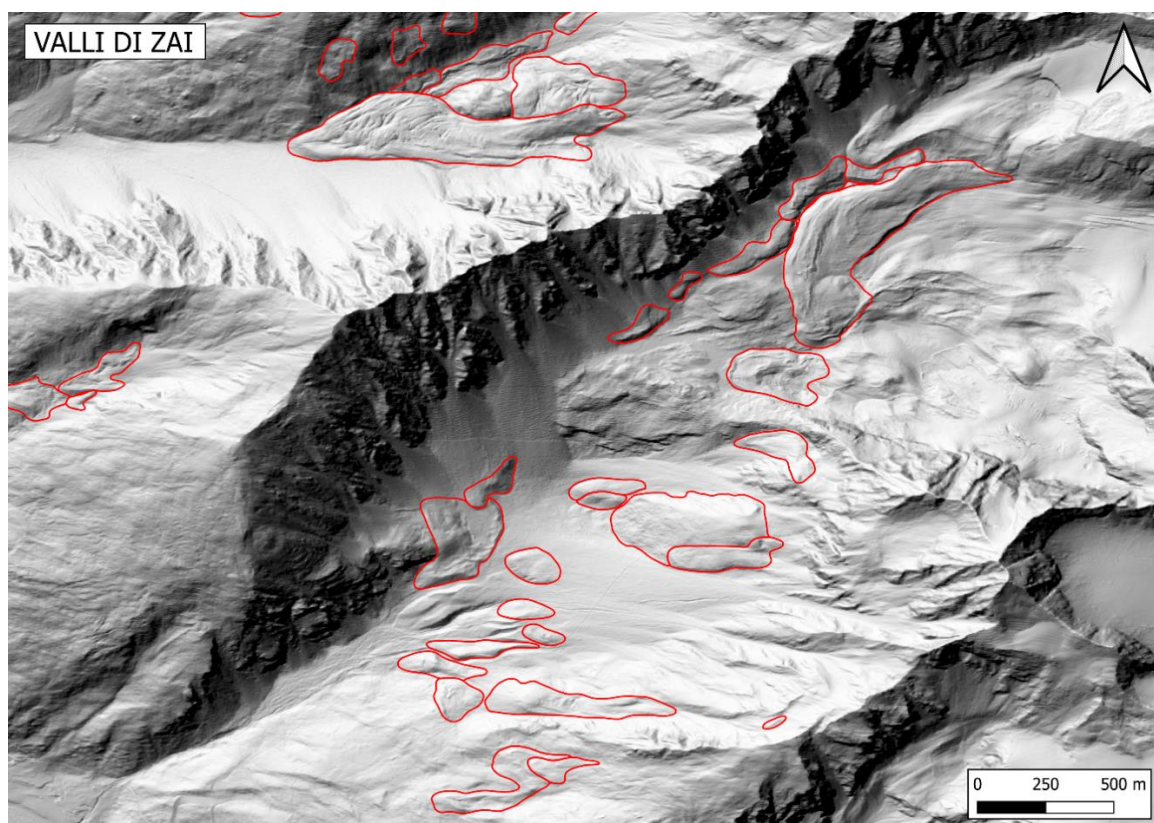


Figura 7: Rilievo ombreggiato (hildshade) dell'area delle Valli di Zai. In rosso sono rappresentati i rock glacier presenti nella zona. (Fonte: <http://geoservices.retecivica.bz.it>).



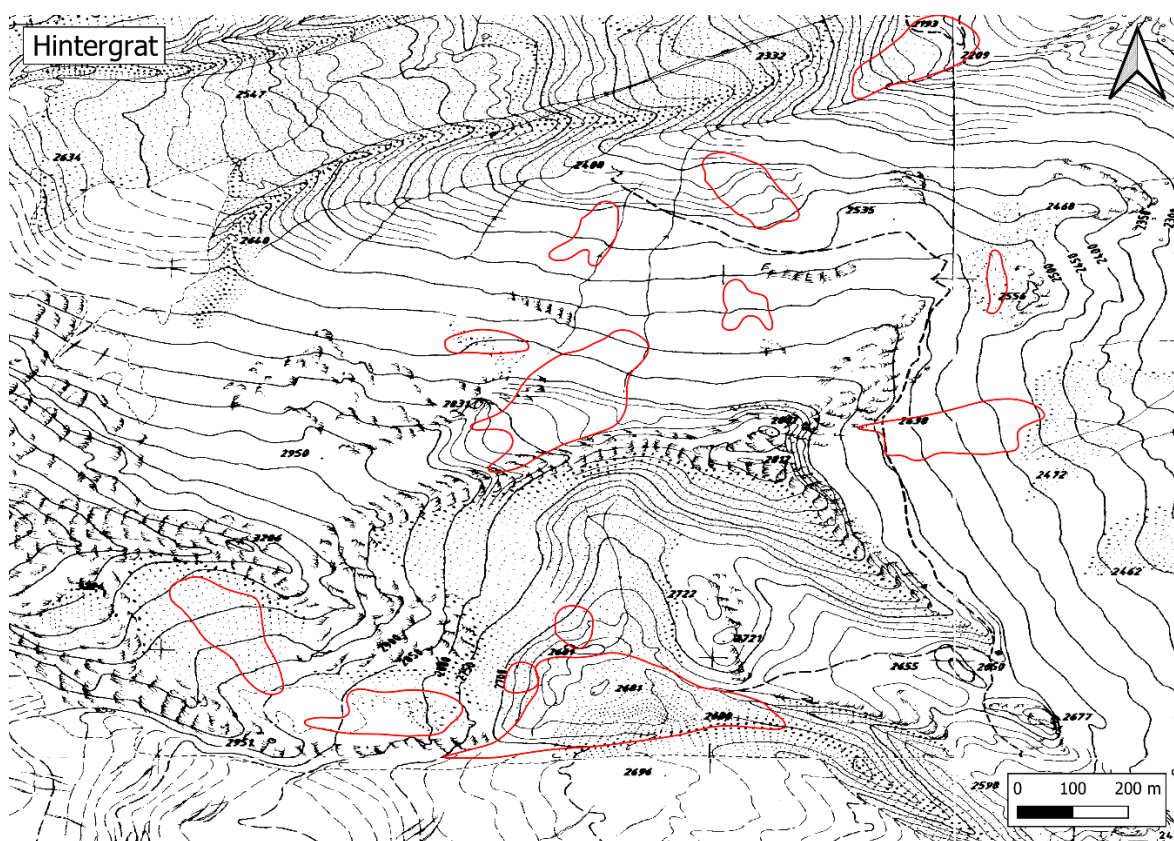


Figura 8: Carta topografica di Hintergrat. I poligoni rossi sono i rock glacier presenti nell'area mostrata. Passo delle isoipse 50m. (Fonte: <http://geoservices.retecivica.bz.it>).

Le indagini di campagna si sono svolte attraverso un'analisi descrittiva dell'area, in modo da verificare gli attributi relativi al tipo di alimentazione sedimentaria, al grado di copertura vegetale, alla connessione della fronte con il reticolo idrografico e dell'assetto della fronte rispetto ai dati forniti precedentemente.

Con l'utilizzo di una bussola, dotata di inclinometro, è stato possibile misurare l'inclinazione media della fronte del rock glacier, mentre, con l'ausilio di martello e badile, sono state svolte le indagini dirette che hanno avuto lo scopo di analizzare il materiale che compone la struttura, verificando quindi la litologia dei clasti principali e la loro dimensione attraverso uno scavo di 1 m<sup>2</sup> (e.g., Figura 9).

Per identificare il valore di quota della fronte di un rock glacier, attraverso telerilevamento, viene utilizzato per facilità, il dato riferito alla quota minima del rock glacier, dove risulta essere posta la fronte. I dati massimi e minimi nell'intera area di Solda e dei rock glacier unicamente studiati in sito, sono rappresentati in Tabella 4.

Il valore della quota minima raggiunta dai rock glaciers può essere utilizzato per stimare la quota del limite inferiore del permafrost discontinuo di una regione (Barsch, 1996). La presenza di rock glaciers relitti, a quote più basse rispetto ai valori di elevazione dei rock glaciers intatti, è una conseguenza delle variazioni climatiche.



Figura 9: Scavo di 1 m per 1 m relativo al rock glacier 2498 situato nell'area di Hintergrat.  
Lunghezza asta graduata: 100 cm.

Ad esempio, l'affioramento in Figura 10 risulta essere massivo e di spessore plurimetrico. Risulta essere a supporto di clasti (clast supported) con interstizi generalmente vuoti (open work). Il materiale non è cementato e non si osserva alcuna presenza di alterazione. I detriti risultano avere litologia variabile, con presenza di breccia cementata, micascisto, marmo, basalto, gneiss e dolomia.

## 4. Risultati

In sito sono state analizzate 9 strutture, su un totale di 67 unità presenti in Val di Solda. Dunque, il campione di rock glacier scelti equivale al 13% del totale. Le forme detritiche sono state selezionate in base alla loro collocazione e al loro grado di accessibilità.

Ciò che si può già evincere dalla Tabella 3 è la maggior presenza di unità relitte nell'area delle Valli di Zai rispetto a Hintergrat. La classificazione morfologica del grado di attività dei rock glaciers studiati in sito è rappresentata in Figura 11, dove si nota che la maggior parte delle strutture sono inattive, corrispondenti ad un numero pari di 6, circa il 66%; mentre 3 di queste unità sono attive, il 34% del totale.

Tabella 3: Distinzione del grado di tutti i rock glacier identificati in studi precedenti e di quelli studiati

<b>AREA DI STUDIO</b>	<b>GRADO DI ATTIVITA'</b>		
	<b>ATTIVO</b>	<b>INATTIVO</b>	<b>RELITTO</b>
<b>Rock glacier in Val di Solda</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>27</b>
<b>Valli di Zai</b>	11	11	20
<b>Hintergrat</b>	12	6	7
<b>*percentuale per grado di attività</b>	34%	26%	40%
<b>Rock glacier analizzati in sito</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
<b>Valli di Zai</b>	2	0	4
<b>Hintergrat</b>	1	1	1



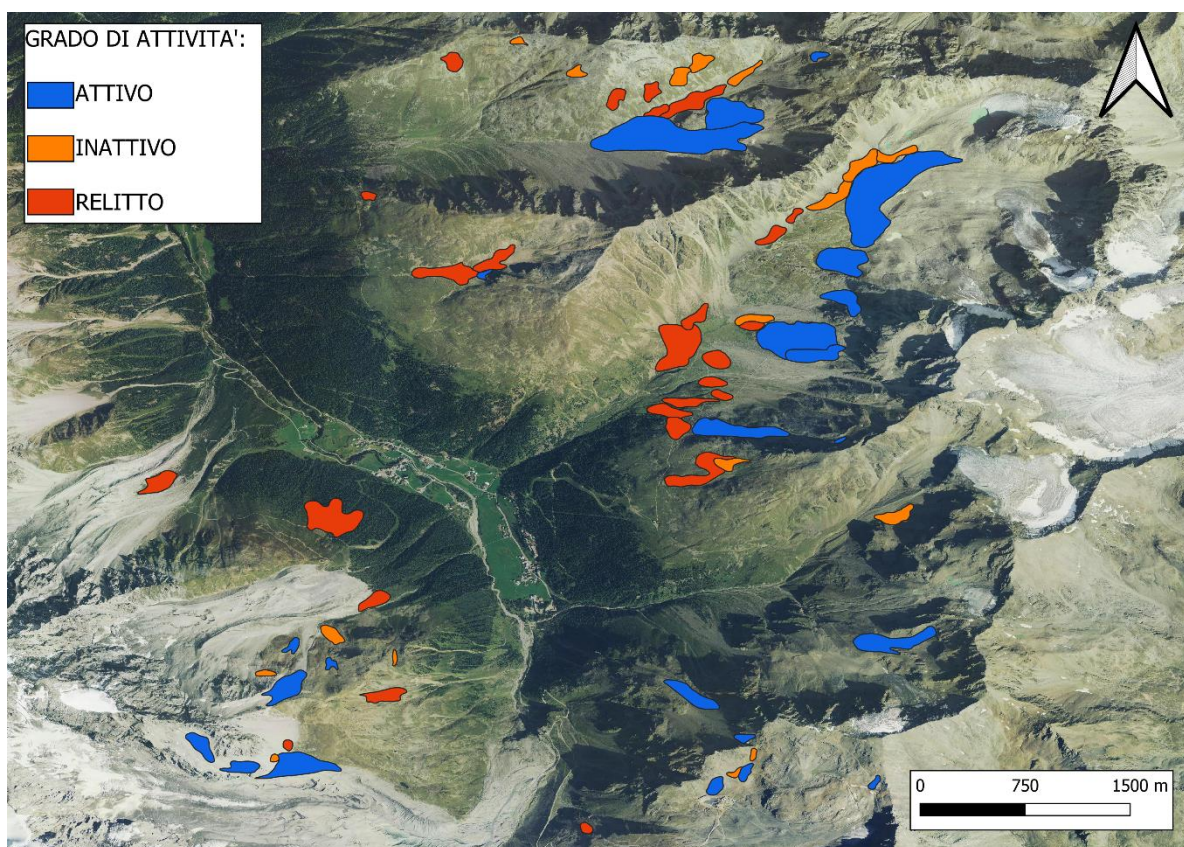


Figura 10: ortofoto (2008) della Val di Solda. Scala 1:20.000. Vengono rappresentati con tre colorazioni diverse i tre gradi di attività dei rock glacier presenti in Val di Solda, distinti in: azzurro-attivo, arancio-inattivo, rosso-relitto (Fonte: <http://geoservices.retecivica.bz.it>).

In ortofoto (Figura 10) si può notare come i rock glacier attivi siano disposti in maniera più eterogenea nell'area di studio, a differenza delle unità relitte, le quali risultano essere prevalentemente localizzate nell'area delle Valli di Zai, a Nord Nord-Ovest del Centri abitato di Solda.

I rock glacier attivi (poligoni azzurri) risultano essere posti a quote maggiori rispetto ai poligoni rossi e arancioni, unità inattive e relitte. La quota media delle fronti dei rock glaciers intatti studiati in sito è posta a 2714 m s.l.m., mentre la quota media dei relitti è a 2425 m s.l.m.: la differenza di altitudine è di quasi 300 m (Figura 11).

Il fatto che i rock glaciers intatti (attivi e inattivi) si trovino a quote più elevate rispetto ai relitti testimonia come le condizioni climatiche attuali siano più calde rispetto a quelle passate. In condizioni climatiche diverse da quelle attuali il limite inferiore del permafrost discontinuo si trovava a quote meno elevate rispetto al presente. Il regime termico del suolo, e quindi il permafrost, è direttamente

collegato alle condizioni climatiche sia globali che locali e gli ambienti con permafrost sono tra quelli in cui gli effetti del riscaldamento globale si manifestano probabilmente in modo più intenso.

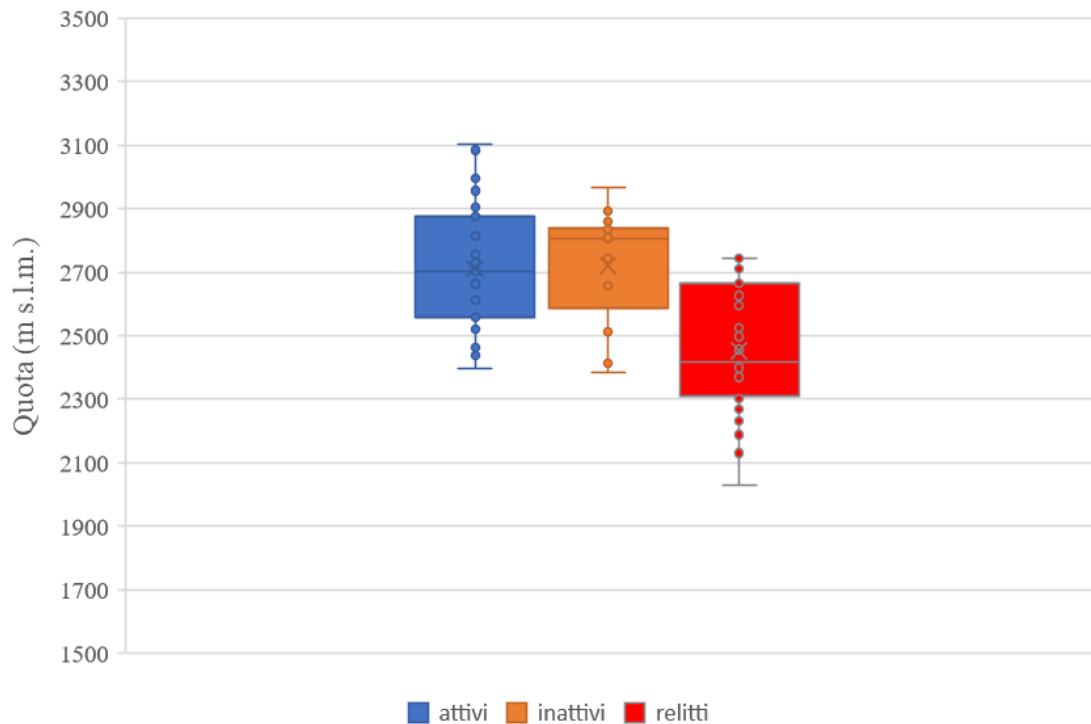


Figura 11: Intervalli di variabilità della quota delle fronti dei rock glaciers attivi, inattivi e relitti. Gli estremi dei due box plot rappresentano i valori minimi e massimi della distribuzione e la riga nera che taglia la “scatola” indica la mediana. Le due barre verticali superiori e inferiori rappresentano il più grande e il più piccolo dei valori osservati. I valori minimi delle unità relitte e inattive risultano circa alla stessa quota. Valori massimi per i rock glacier attivi (3.101 m s.l.m.) e minimi per i relitti (2.029 m s.l.m.).

Tabella 4: Quote massime e minime, riferite ai rock glacier dell’area di Solda e delle unità analizzate in campo, valori riferiti alle unità intatte (Figura 13).

	<b>Quota massima</b>	<b>Quota minima</b>
	<b>(m s.l.m.)</b>	<b>(m s.l.m.)</b>
<b>Area di Solda</b>	3101	2383
<b>Unità studiate in campo</b>	2674	2464

L’istogramma in Figura 12 riporta il numero dei rock glaciers per classe di esposizione. Per ogni classe di esposizione l’istogramma presenta due colonne: la prima colonna rappresenta il numero di unità intatte e la seconda colonna raffigura il numero dei rock glaciers relitti.

I corpi detritici relitti sono maggiormente esposti a Sud, Sud-Est, Sud-Ovest e Ovest; mentre i rock glaciers intatti hanno in prevalenza esposizione verso Ovest. Dai dati ottenuti da studi precedenti non risultano esserci rock glaciers attivi esposti a Sud-Ovest. Il grafico, inoltre, mette in luce, come ci sia un ampio discostamento tra il numero di rock glaciers esposti a Sud, Sud-Ovest, Ovest e quelli esposti a Nord, Nord-Est, Est.

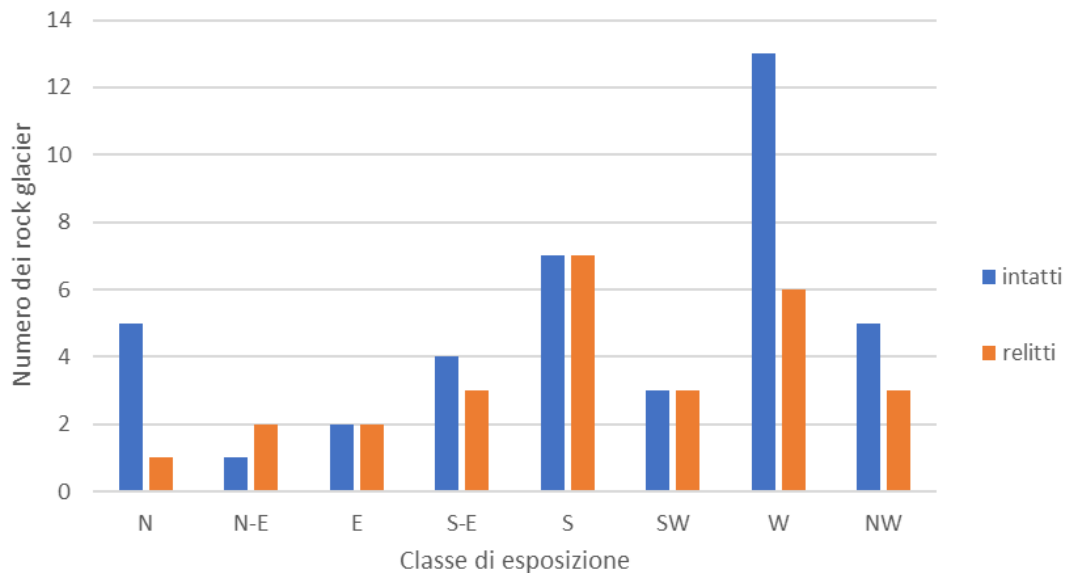


Figura 12 Istogramma che rappresenta il numero di rock glacier per classe di esposizione.

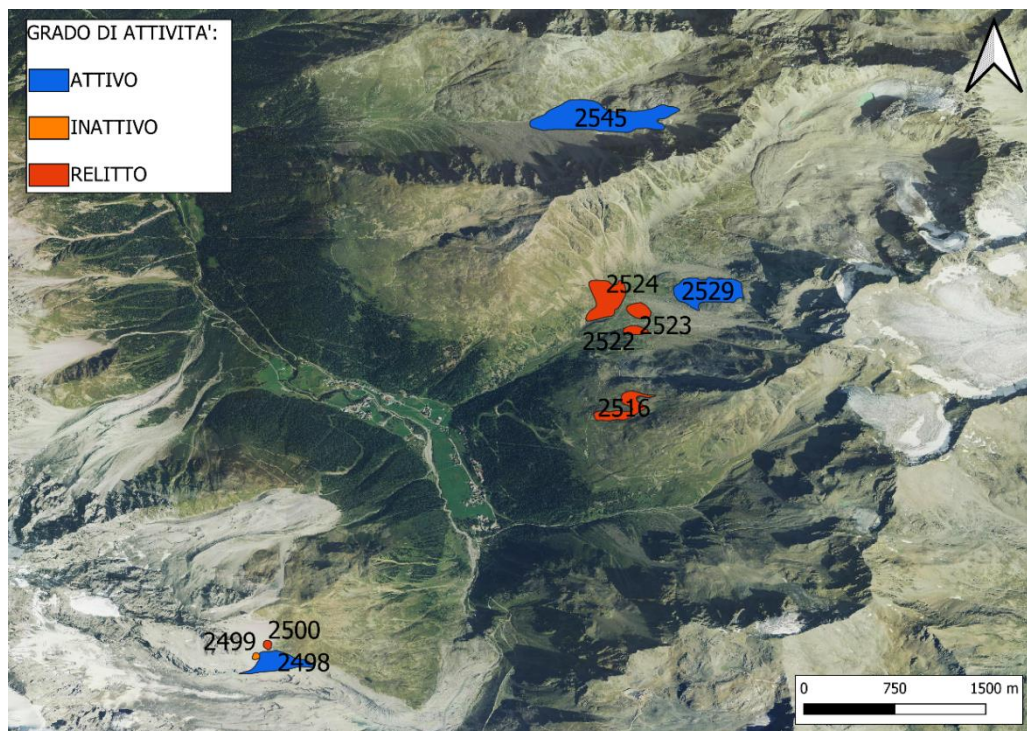


Figura 13: Ortofoto (2008) della Val di Solda. Scala 1:20.000. Vengono rappresentati con tre colorazioni diverse i tre gradi di attività dei rock glacier studiati in campagna, distinti in: azzurro-attivo, arancio-inattivo, rosso-relitto (Fonte: <http://geoservices.retecivica.bz.it>).

Tabella 5: Litologie riscontrate in campagna durante lo scavo.

LITOLOGIA	NUMERO ROCK GLACIER	AREA
<b>Gneiss</b>	9	Entrambe
<b>Micascisti</b>	9	Entrambe
<b>Marmo</b>	4	Entrambe
<b>Basalto</b>	3	Hintergrat
<b>Breccia</b>	3	Hintergrat
<b>Dolomia</b>	3	Hintergrat

Dagli scavi effettuati lungo il margine laterale delle unità, risulta che la maggior parte dei rock glaciers (Tabella 5) si trovi nelle unità litologiche di Gneiss e Micascisti. Tra i rock glaciers censiti solo un rock glacier nelle Valli di Zai ha presentato del marmo all'interno del detrito (unità 2524, relitta), mentre nell'area di studio di Hintergrat, si è constatata una maggiore eterogeneità di sedimento all'interno delle strutture. In particolare, le tre unità studiate (i.e., 2498, 2499 e 2500) contengono tutte le litologie elencate in Tabella 5. Soprattutto nel rock glacier 2498 (attivo) risulta esserci un sedimento più eterogeneo rispetto alle altre due strutture nell'area, vedi Figura 9.

Tabella 6: Attributi relativi ai rock glacier riportati della Tabella 2, aggiornati in seguito alle verifiche in campagna (indicati in grassetto).

AREA	ID	GRADO DI ATTIVITA'	VEG.	CONNESSIONE DELLA FRONTE	ASSETTO FRONTE	ALIMENTAZIONE	PENDENZA
<b>HTG</b>	2498	1	0	<b>FSOM - FRRG - RGBS</b>	<b>EXFR</b>	5	<b>28°</b>
<b>HTG</b>	2499	2	0	FRRG	LFR	1	<b>39°</b>
<b>HTG</b>	2500	3	1	<b>URGF-RGBS</b>	EXFR	1	<b>28°</b>
<b>ZAI</b>	2516	3	1	<b>URGF</b>	EXFR	6	<b>30°</b>
<b>ZAI</b>	2522	3	1	URGF	EXFR	1	<b>28°</b>
<b>ZAI</b>	2523	3	1	URGF	LFR	1	<b>34°</b>
<b>ZAI</b>	2524	3	1	<b>FRPS</b>	EXFR	6	<b>30°</b>
<b>ZAI</b>	2529	1	1	URGF – FRPS - FSOM	EXFR	6	<b>29°</b>
<b>ZAI</b>	2545	1	0	FSOM – RGBS - FRRG	LFR	6	<b>35°</b>



La Tabella 6 riporta gli attributi verificati in sito. Come si può notare, rispetto alla Tabella 2, vi è una variazione completa di tutta l'ultima colonna, quella relativa alla pendenza. Rispetto ad una media relativa dei dati presenti nella Tabella 2 (media pendenza: 22,54°), dagli attuali dati si ottiene uno scarto del 25%, con una pendenza media pari a 30,11°.

Oltre alla pendenza, l'attributo che ha visto una variazione maggiore successivamente all'analisi in campo, è risultato essere la connessione della fronte con il reticolo idrografico. L'esempio che si prende in analisi è il caso dell'unità 2545 (attiva). Questo rock glacier risulta essere collocato nella valle parallela a quella in cui sono presenti la maggior parte delle strutture presenti nell'area delle Valli di Zai.

Dai dati presenti nella Tabella 2, in campagna si sarebbero dovuti riscontrare quattro attributi relativi alla connessione della fronte: FRPS (sponda destra o sinistra di un canale), FRRG (fronte a contatto con un altro rock glacier), FSOM (fronte connesso a una morena) e RGBS (il fronte funge da blocco permanente, attributo da considerare se il flusso filtra al di sotto della struttura e continua il suo corso verso valle).



Figura 14: Rock glacier 2545, fotografia in direzione Nord-Ovest – Sud-Est. Presenta il contatto tra la fronte e una morena (presente nell'estrema destra della foto), uomo di altezza media (circa 180 cm) come scala all'affioramento.

In campagna è stato possibile verificare gli ultimi 3 attributi descritti, mentre nel caso di FRPS, non è stata possibile una descrizione, data la mancanza di acqua superficiale nell'area circostante il rock glacier. Solo ad una quota minore è stato possibile individuare un corso d'acqua fuoriuscire dal terreno, inoltre una volta giunti alla base della fronte del rock glacier si è percepito il rumore di deflusso idrico sotterraneo.

La fronte è risultata essere espansa in modo anomalo, dato anche il contatto con il rock glacier 2544 e la morena, posti Nord Nord-Est rispetto l'unità 2545. L'affioramento risulta essere massivo al tetto e lungo i margini si ha la presenza di blocchi a spigoli vivi, di dimensioni anche pluri-metriche. La litologia dell'area risulta essere composta prevalentemente da Gneiss. Successivamente allo scavo, a scala più piccola, la litologia viene confermata, mentre i clasti, invece, si presentano di diametro nettamente minore e con angoli maggiormente arrotondati (e.g., fotografia 3-2545, Allegato 2).



Figura 15: Fotografia del rock glacier 2545 scatta in campagna in direzione N-S. Risulta essere in parte non confinato.





Figura 16: parti frontali di tre rock glacier, unità 2498 (violetto), 2499 (verde) e 2500 (azzurro).

Per i rock glacier 2498 (attivo) e 2500 (relitto) (Figura 16), in seguito all'attività di campagna è stato aggiornato un attributo riguardo alla connessione della fronte (RGSB).

Le tre strutture mostrate in Figura 18, si differenziano tra di loro principalmente per il grado di attività, difatti rappresentano i tre gradi possibili nei rock glacier: attivo, inattivo o relitto. La connessione della fronte dell'unità 2498, valutata da remoto, è caratterizzata dal contatto con due morfologie: una uguale ma di grado diverso, ovvero l'unità 2499 (FRRG), e una morena (FSOM), rappresentata in parte nel riquadro in basso a sinistra della Figura 18. La struttura inattiva 2500 dovrebbe mostrare unicamente una fronte non confinata lungo il versante (URGF).

Come si può notare dalla fotografia, rivolta verso Sud (Figura 16), le due fronti dei rock glacier 2498 e 2500 risultano non essere a contatto tra loro, perché separate da un torrente in cui scorre acqua di probabile origine glaciale. Di conseguenza, si è deciso di aggiungere alle 2 unità un ulteriore attributo, RGSB, ad indicare il blocco di un flusso d'acqua sotterranea.

Un ulteriore attributo verificato in campo è risultato essere l'assetto della fronte. A questo proposito, l'unico valore che risulta esser stato aggiornato successivamente all'analisi in campagna è quello dell'unità precedentemente citata, 2498 (Tabella 3).

L'attributo, nei dati forniti precedentemente all'analisi in campo, non risultava presente, dallo studio in campagna la fronte risulta essere espansa, EXFR, con una pendenza pari a 28° (Tabella 3).

Attributi che non hanno presentato alcuna variazione una volta effettuata l'analisi in campagna sono risultati essere:



- Grado di attività dei rock glacier: lo studio in campagna non ha dato risultanti contrastanti.
- Il grado di copertura vegetale: anche in questo caso l'analisi in sito non ha dato esito discrepante rispetto alle valutazioni effettuate tramite telerilevamento.
- Alimentazione: risultata essere coerente con i dati relativi agli studi precedenti.

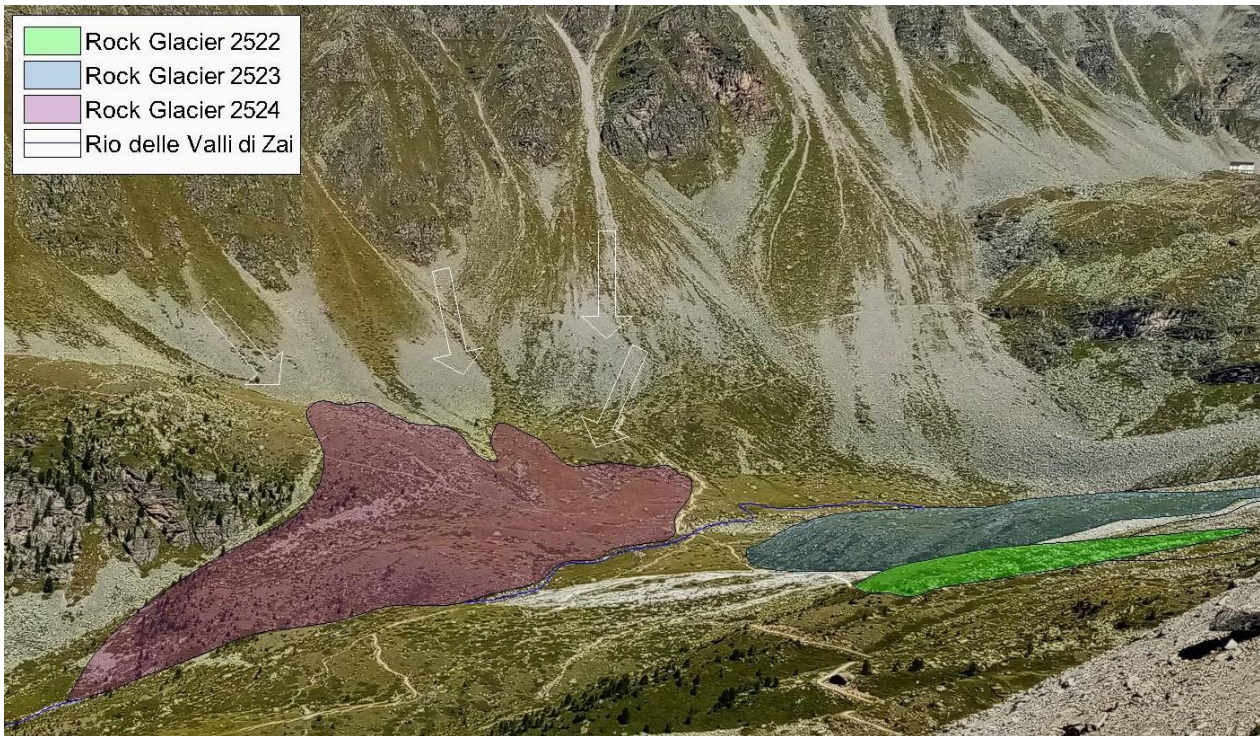


Figura 17: Visuale sull'area centrale delle Valli di Zai, in figura rappresentati tre rock glacier: unità 2522, 2523, 2524 e la rispettiva alimentazione, da talus (frecche bianche).

La Figura 17 raffigura l'alimentazione del rock glacier 2524. Essa risulta essere multipla (6), ovvero coesistono due o più sorgenti di alimentazioni per un singolo rock glacier: per questa struttura si ha la presenza di Talus (1), falde detritiche alimentate a loro volta da crolli di pareti rocciose, e di rock glacier (7).

La caratterizzazione dettagliata di tutti rock glacier studiati in sito è riportata in Allegato 2.

## 5. Riassunto e Conclusioni

Questo lavoro di tesi si è posto come obiettivo principale di caratterizzare, dal punto di vista geomorfologico, i rock glacier presenti in Val di Solda, Bolzano, Trentino-Alto Adige, tramite ortofoto e modelli DEM (Modello di Elevazione Digitale) e l'ausilio di QGIS.

I dati relativi alle caratteristiche geomorfologiche e non dei rock glacier sono stati forniti da studi precedenti. Difatti, il lavoro si è conciliato nello studiare le strutture presenti nell'area, redarre le carte e verificare gli attributi in campagna.

Di 67 rock glacier, già studiati precedentemente, ne sono stati caratterizzati in sito 9, di cui 3 attivi, 1 inattivo e 5 relitti, in due zone distinte, a Nord-Est del centro abitato di Solda, Valli di Zai, mentre a Sud-Ovest, è presente l'area di studio di Hintergrat.

Delle 6 classi di attributi precedentemente citate, solo 2, una volta portata a terminare l'analisi in sito, hanno mostrato delle incongruenze rispetto ai dati degli studi precedenti. La pendenza è risultata essere discrepante, per tutti i rock glacier analizzati, rispetto a quella misurata in sito. La differenza in percentuale, tra la media delle percentuali calcolate attraverso telerilevamento e quella delle pendenze misurate in campagna, risulta essere pari al 25%. Le due medie mostrano una differenza di 8°.

La connessione della fronte ha mostrato delle incongruenze tra lo studio effettuato da remoto e le verifiche di terreno.

- l'unità 2516 (Valli di Zai) è risultata essere posta sul versante in condizioni non confinate (URGF), anziché essere a contatto con una morena o un'altra morfologia (FSOM);
- l'unità 2524 (Valli di Zai) avrebbe dovuto sbarrare un torrente o far sì che quest'ultimo permeasse al di sotto della struttura proseguendo verso valle (RGSB), mentre il rock glacier rappresenta per un tratto la sponda destra del Rio delle Valli di Zai (FRPS);
- l'unità 2545 (Valli di Zai) dal precedente studio risultava fungere da sponda di un torrente (FRPS), ma in campo tale corso d'acqua non è stato rinvenuto;
- alle unità 2498 – 2500 (Hintergrat), successivamente all'attività in campagna è stato aggiunto un attributo che vede le fronti dei due rock glacier sbarrare il corso di un torrente (RGSB), creando una pozza d'acqua che non permette il contatto tra le fronti.

La morfologia della fronte registra solo una modifica successivamente all'analisi in campo, quello relativo all'unità 2498, che risultata espansa in modo anomalo. Questo attributo non era stato definito da remoto. Gli attributi relativi al grado di attività delle unità, della vegetazione e dell'alimentazione hanno rispecchiato le valutazioni effettuate da remoto.

Questo studio, oltre a una caratterizzazione geomorfologica tramite analisi in campo, mette in relazione il grado di attività delle unità con le valutazioni effettuate da telerilevamento, quali: quota minima (fronte rock glacier) ed esposizione.

Per quanto concerne gli intervalli di variabilità della quota dei fronti dei rock glacier, si può notare come le unità relitte siano poste a quote minime di 2029 m s.l.m., mentre quelle attive e inattive, a 2397 m s.l.m. e 2.383 m s.l.m., con una differenza di altitudine pari a 300 m, circa.

Mentre, andando a identificare valore massimo generale (3101 m s.l.m.) e quello minimo (2029 m s.l.m.) si ha uno scarto di circa 1000 m. Questo dato permette di valutare in maniera preliminare la distribuzione del Permafrost, sia attuale che passato nella Val di Solda.

Infine, l'esposizione dei rock glaciers in Val di Solda evidenzia un forte condizionamento. Si osserva infatti, come la maggior parte delle strutture inattive sono rivolte verso Sud, Sud-Ovest, Ovest e Est.

## 7. Bibliografia

- Barsch, D. 1996. Rockglaciers. Indicators for the present and former geocology in high mountain environments. Springer, Berlin.
- Bini A., Buoncristiani J.F, Couterrand S., Ellwanger D., Graf H.R., Keller O., Kelly M., Schluchter C. Schoeneich P. 2009. Die Schweiz whrend des letzzeitlichen Maximums (LGM). Bund. Land, swisstopo, Wabern.
- Brardinoni F, Scotti R, Sailer R, Mair V. 2019. Sources of uncertainty and variability in rock glacier inventories. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44, 2450-2466.
- Haeberli, W., 1985. Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of Alpine rock glaciers. *Mitteilungen der Versuchsanstalt fur Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zurich*, 77, 5–142.
- Harris, C., Arenson, L., Christiansen, H., Etzelmuller, B., Frauenfelder, B., Gruber, S., Haeberli, W., Hauck, C., Hoelzle, M., Humlum, O., Isaksen, K., Kääh, A., KernLütschg, M., Lehning, M., Matsuoka, N., Murton, J., Noetzli, J., Phillips, M., Ross, N., Seppälä, M., Springmann, S., Vonder, Mühl D. 2009. Permafrost and climate in Europe: monitoring and modelling thermal, geomorphological and geotechnical responses. *Earth-Science Reviews* 92, 117–171.
- Martin S., Montresor L., Mair V., Pellegrini G.B., Avanzini M., Fellin G., Gambillara R., Tumiati S., Santuliana E., Monopoli B., Gaspari D., Sapigni M. Surian N. 2009. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 025 Rabbi Servizio Geologico d'Italia – ISPRA, Provincia Autonoma di Trento e Provincia Autonoma di Bolzano, 187pp.
- Seppi R., Carton A., Baroni C. 2005. Proposta nuova scheda per il censimento dei rock glaciers da fotografie aeree: applicazione sull'alta val d'ultimo (gruppo Otles-Cevedale) 329-338.
- Scotti, R., Brardinoni, F., Alberti, S., Frattini, P., Crosta, GB. 2013. A regional inventory of rock glaciers and protalus ramparts in the central Italian Alps. *Geomorphology*, 186, 136-149.

## 6. Allegati

### ALLEGATO 1

Le unità litologiche principali dell'area di studio, Val di Solda, sono:

- Ortogneiss (OOG): ortogneiss granitici, da foliati a milonitici, a grana grossa, con porfiroclasti feldspatici bianchi in matrice grigia.
- Micascisti a granati e staurolite (OMI): micascisti e paragneiss, localmente filladici, con granato e staurolite talora macroscopici, associati a intercalazioni quarzoso-feldspatiche.
- Paragneiss a bande (OMP): grana da media a fina, più o meno quarzitici. Subordinati micascisti a due miche, con muscovite prevalente.
- Anfiboliti (OAF): anfiboliti e gneiss anfibolitici, spesso a bande, caratterizzati da una foliazione millimetrica di letti anfibolici scuri e feldspati chiari.
- Sintema del Garda (SGD): sedimento massivo a supporto di matrice con blocchi sino a metrici. Depositi legati all'ultima massima espansione glaciale.

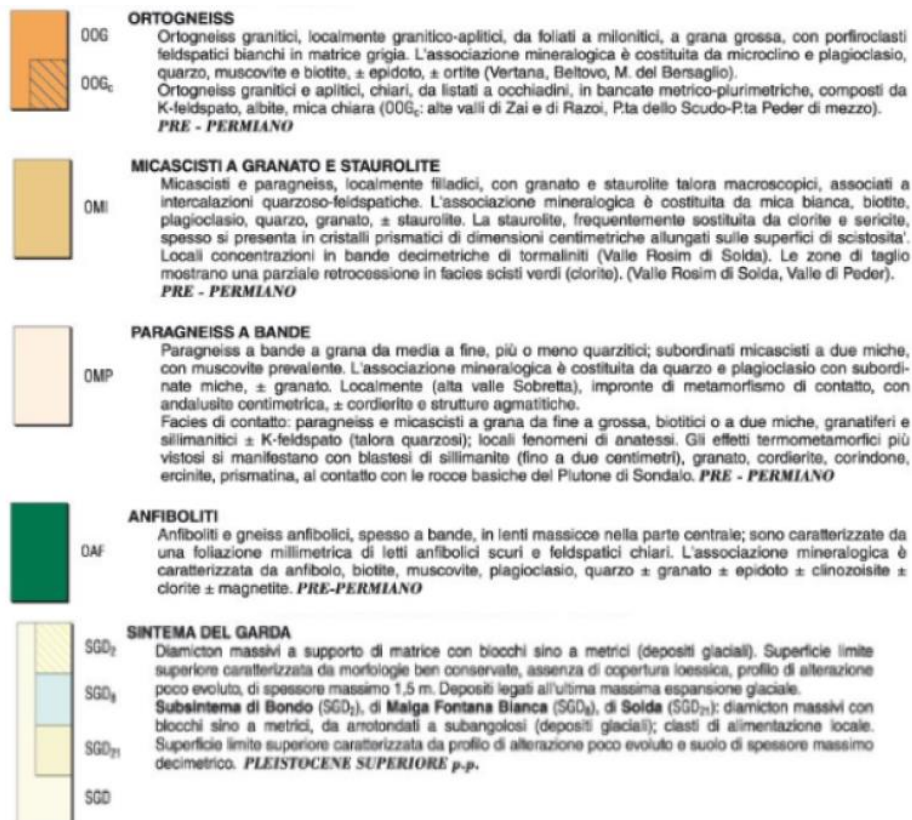


Figura 18: legenda della carta geologica raffigurata nella figura 19 (Fonte: Montrasio et al. 2004; [www.ispraambiente.it/](http://www.ispraambiente.it/)).



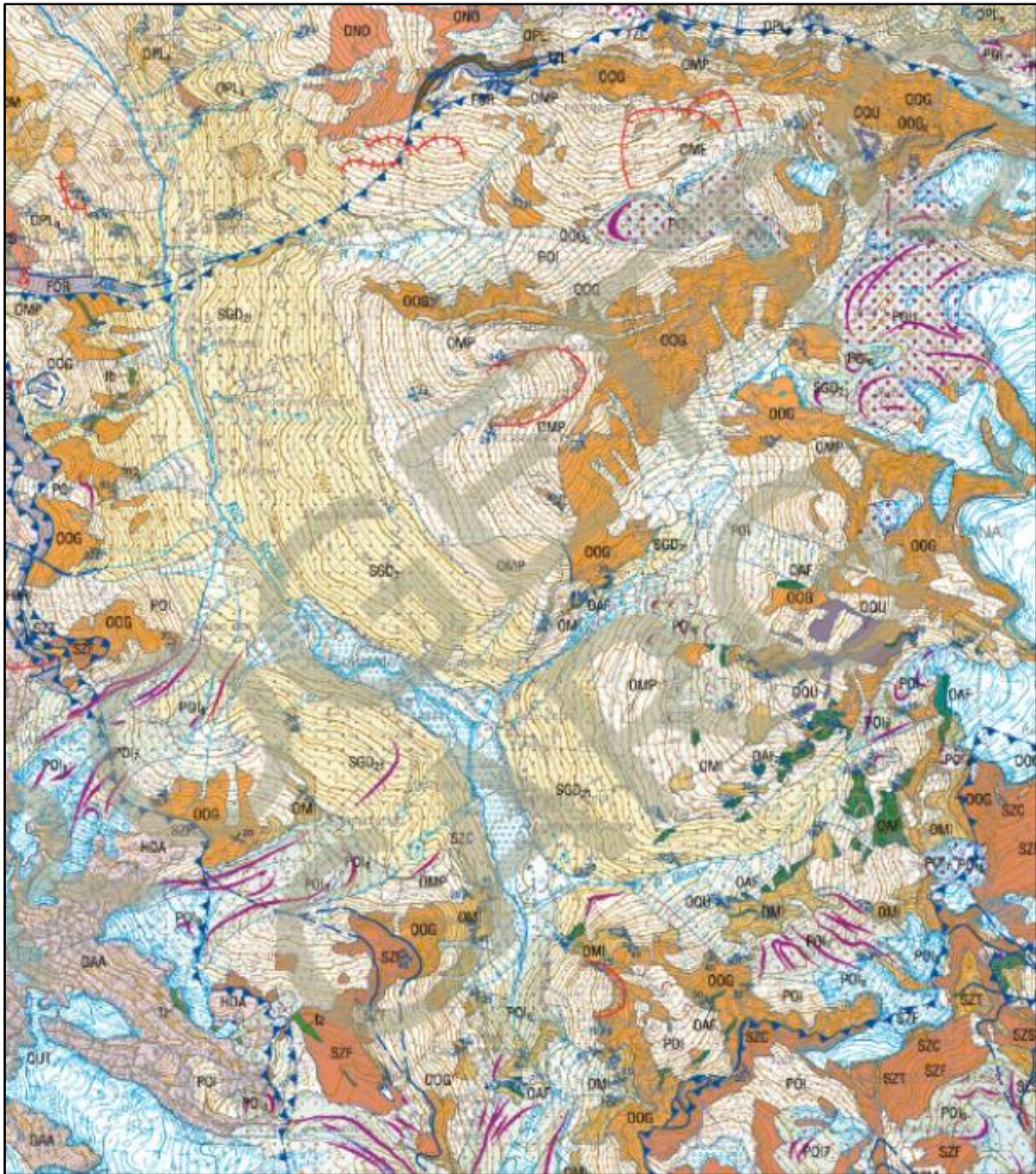
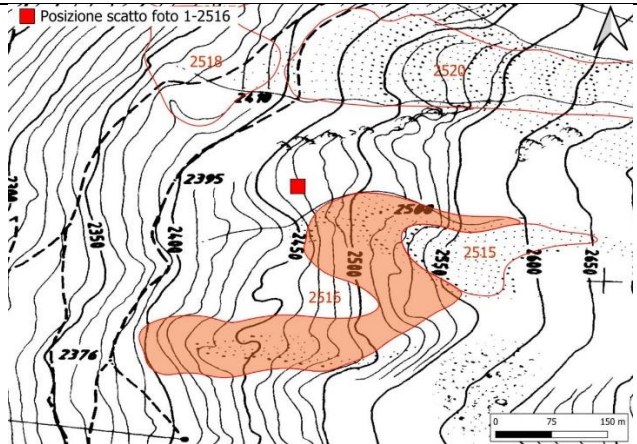





Figura 19: stralcio della carta geologica a scala 1: 50.000, Foglio n.024 “Bormio” (Fonte: Montrasio et al. 2004; [www.ispraambiente.it/](http://www.ispraambiente.it/)).

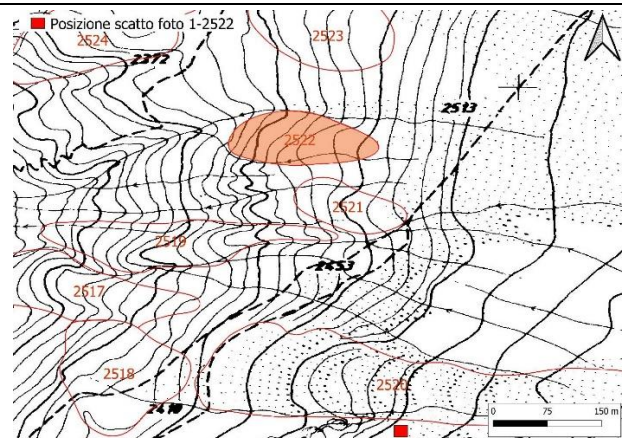


## ALLEGATO 2

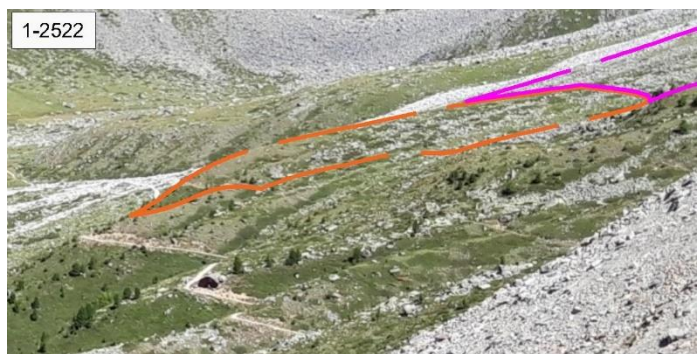
ID	2516	
AREA DI STUDIO	Valle di Zai	
PENDENZA	30°	
QUOTA FRONTE	2393 m s.l.m.	
ESPOSIZIONE	270 W	
GRADO ATTIVITA'	Relitto	
VEGETAZIONE	Presente	
CONNESSIONE FRONTE	URGF	
ASSETTO FRONTE	EXFR	
ALIMENTAZIONE	6	
SCALA CARTA TOP.	1:2.000	
<p>La foto (verso S-E) mostra il rock glacier (scontornato in nero) da lontano, mentre in rosso, parte del rock glacier che alimenta l'unità 2516. Il corpo detritico, da come si può notare dalla carta topografica, presenta una forma a "s".</p> <p>La stella rossa rappresenta il punto in cui si è svolto lo scavo.</p>		
<p>Fotografia sempre rivolta verso S-E, si evidenzia la fronte, scontornata in arancio, il dato in azzurro presenta l'inclinazione, da entrambe le foto si nota la presenza di vegetazione prativa. Ai piedi dei margini della fronte si notano blocchi di varie dimensioni, anche metriche, prevalentemente formati da gneiss. La fronte è posta sul versante in maniera non confinata.</p>		
<p>Scavo di 1m*1m, copertura prevalentemente terrigena di circa 40-45 cm.</p> <p>La granulometria dei clasti varia dai 2 ai 10cm, fino ad un massimo di 20cm.</p> <p>I clasti non presentano una geometria uniforme, il materiale è brecciato, si presenta a spigoli vivi.</p> <p>Materiali supportato principalmente da materiale fino misto terrigeno.</p>		



ID	2522
AREA DI STUDIO	Valle di Zai
PENDENZA	28°
QUOTA FRONTE	2370 m s.l.m.
ESPOSIZIONE	315 NW
GRADO ATTIVITA'	Relitto
VEGETAZIONE	Presente
CONNESSIONE FRONTE	EXFR
ASSETTO FRONTE	LFR
ALIMENTAZIONE	1
SCALA CARTA TOP.	1:2.000



La fotografia (verso N) mostra il rock glacier 2522 (in violetto) da lontano. In verde viene rappresentata l'alimentazione, in questo caso si ha la presenza di talus, ovvero falde detritiche, a loro volta alimentate da crolli di pareti rocciose. Già in lontananza si può notare la presenza di vegetazione.



L'unità 2522, nell'immagine, scontornata in nero, presenta un'inclinazione pari a 28°. La fronte risulta essere arborea, mentre al tetto vi è la presenza di vegetazione prativa. La fronte risulta essere in parte erosa, probabilmente per presenza antropica, in ogni caso si presenta non confinata lungo il versante. Persona di altezza media come scala di riferimento.

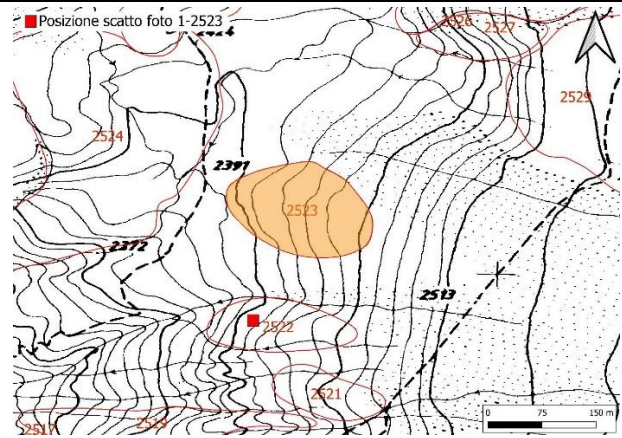


Scavo di 1m\*1m. Sedimento principalmente terrigeno, silt e ghiaia, si ha la presenza di clasti di varie dimensioni, da 2 a 15-20cm. Al tetto invece, facendo riferimento alla fotografia 2-2522, si ha la presenza di blocchi, leggermente arrotondati. La litologia dei clasti varia da gneiss a micascisti. Martello e metro come scala all'affioramento.





ID	2523
AREA DI STUDIO	Valle di Zai
PENDENZA	34°
QUOTA FRONTE	2391 m s.l.m.
ESPOSIZIONE	270 W
GRADO ATTIVITA'	Relitto
VEGETAZIONE	Presente
CONNESSIONE FRONTE	URGF
ASSETTO FRONTE	LFR
ALIMENTAZIONE	1
SCALA CARTA TOP.	1:2.000



La fotografia (verso N) mostra il rock glacier 2523 (in arancione) da lontano. Si può notare l'angolo di pendenza della fronte, pari a 34°. Ai margini il materiale risulta essere maggiormente eroso rispetto alla fronte. Con il cerchio rosso viene evidenziata la posizione esatta dello scavo.



L'immagine, rivolta a E N-E, rappresenta la fronte del rock glacier e l'alimentazione della medesima unità. Al tetto della fronte vi è la presenza di corpi di dimensioni metriche e clasti di varie dimensioni, la loro presenza è dovuta al talus, falda detritica, che alimenta il rock glacier. Ai piedi della fronte come scala all'affioramento una persona di statura media.

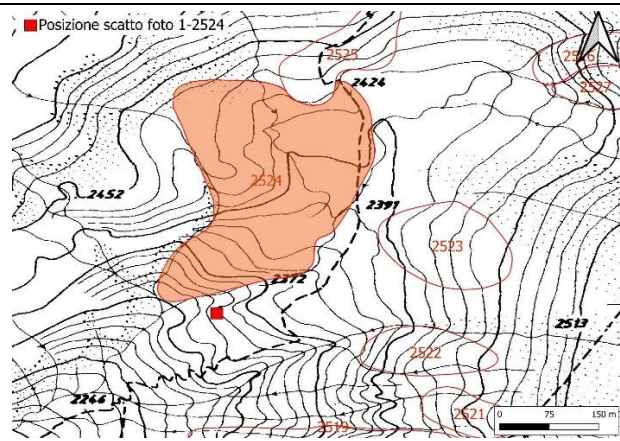


Scavo di 1m\*1m. Sedimento principalmente terrigeno, limo e argilla, meno presente la ghiaia rispetto alla struttura precedente. Clasti presenti di dimensioni variabili, da 2cm fino a 10cm. La litologia dei clasti rispecchia quelli visti precedentemente, principalmente presenza di gneiss e micascisti.





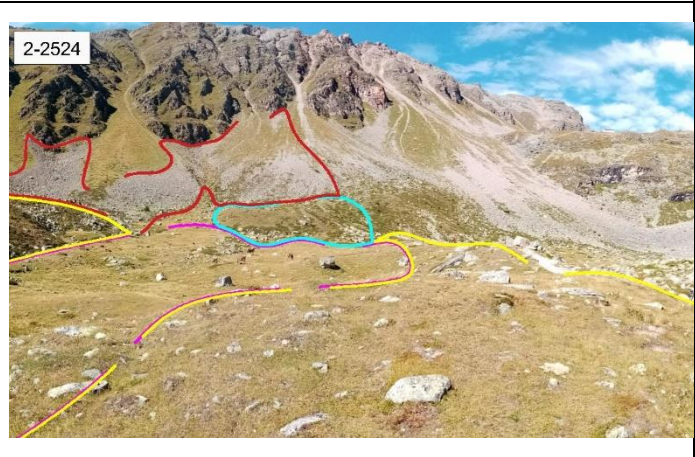
ID	2524
AREA DI STUDIO	Valle di Zai
PENDENZA	30°
QUOTA FRONTE	2302 m s.l.m.
ESPOSIZIONE	180 S
GRADO ATTIVITA'	Relitto
VEGETAZIONE	Presente
CONNESSIONE FRONTE	URGF, FRPS
ASSETTO FRONTE	EXFR
ALIMENTAZIONE	6
SCALA CARTA TOP.	1:2.000



La fotografia (verso W N-W) mostra la fronte del rock glacier 2524, la quale risulta essere vegetata in maniera non uniforme, a differenza delle unità precedenti, presenta lunga la fronte un'alta concentrazione di alberi di piccole dimensioni.  
La fronte rimane non confinata lungo il versante, inoltre funge da sponda destra al Rio delle Valli di Zai



L'immagine, rivolta a N, suddivide l'area del rock glacier in 3 parti distinte, due marginali (in arancione), una in violetta (centrale), si può notare come quest'ultima sembra che abbia subito subsidenza. Questa evoluzione del rock glacier è dettata dallo scioglimento di ghiaccio massivo centralmente e l'accumulo di sedimento nelle aree marginali. In verde chiaro, rock glacier, mentre in verde scuro talus, entrambi alimentano l'unità 2524.

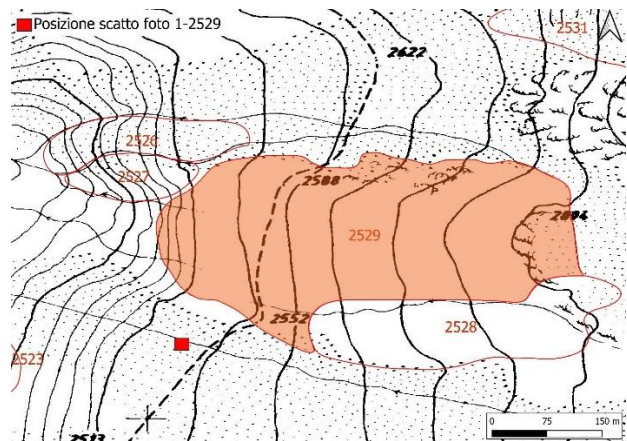


Scavo di 1m\*1m. Sedimento principalmente terrigeno, limo e argilla.  
Clasti presenti di dimensioni variabili, da 2cm fino a 10cm.  
La litologia dei clasti rispecchia quelli visti precedentemente, principalmente presenza di gneiss e micascisti, in questo caso si ha la presenza anche di alcuni clasti, diametro circa 10cm di marmo.





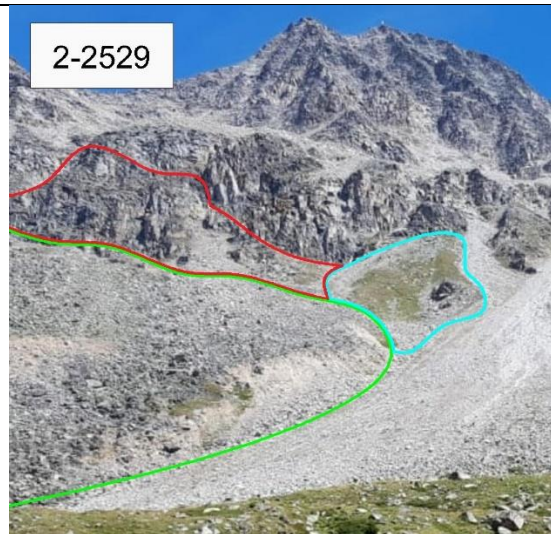
ID	2529
AREA DI STUDIO	Valle di Zai
PENDENZA	29°
QUOTA FRONTE	2464 m s.l.m.
ESPOSIZIONE	270 W
GRADO ATTIVITA'	Attivo
VEGETAZIONE	Assente
CONNESSIONE FRONTE	URGF, FRPS, FSOM
ASSETTO FRONTE	EXFR
ALIMENTAZIONE	6
SCALA CARTA TOP.	1:2.0000



La fotografia (verso N N-W) mostra la fronte del rock glacier 2529.  
L'inclinazione della fronte risulta essere di 29°, parallelamente ad essa vi è la presenza della falda detritica che alimenta l'unità 2523 e in parte anche questa.  
Il cerchio rosso indicato in figura rappresenta la posizione esatta dello scavo.



L'immagine, rivolta a E N-E. L'immagine mostra parte marginale della fronte del rock glacier in analisi. È possibile identificare le strutture e i fenomeni che alimentano l'unità 2529. L'alimentazione è data dalla presenza di un ulteriore rock glacier, in verde chiaro, e da crolli di parete rocciosa, che comportano lo sviluppo di falde detritiche.  
In generale il corpo detritico, non presenta vegetazione sulla propria superficie.

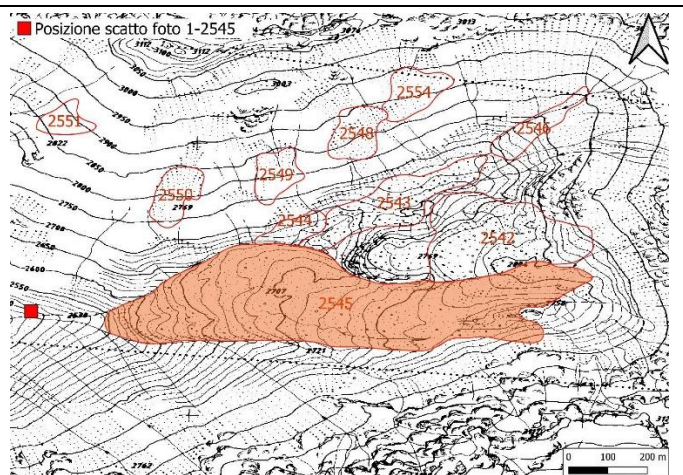


Scavo di 1m\*1m. Sedimento principalmente terrigeno, limo e argilla.  
I clasti hanno dimensioni variabili, da pochi cm fino a 20-30cm, come si può notare in figura. Il martello, circa 30 cm d'altezza, viene utilizzato come scala.  
Anche in questo caso si ha la presenza di clasti di varie composizioni, prevalentemente, gneiss e micascisti.

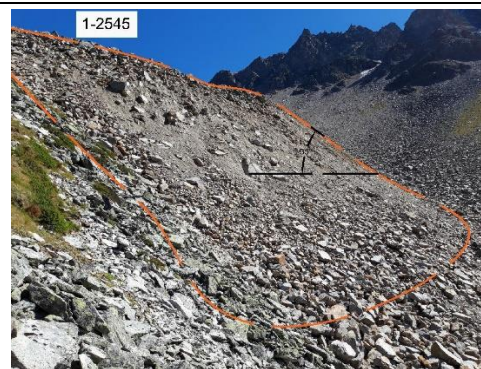




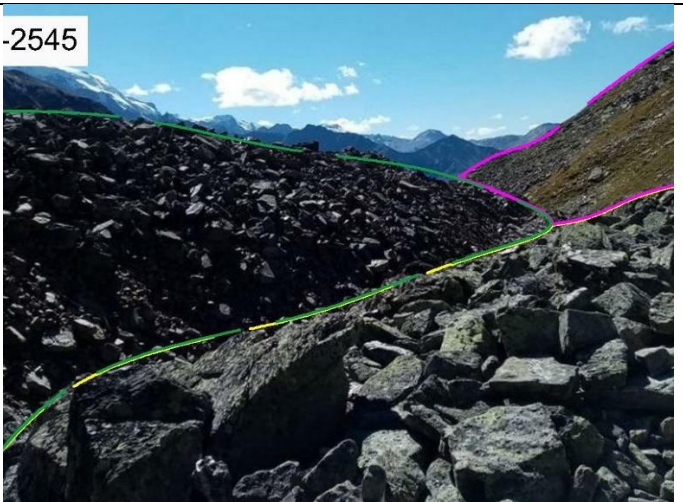
ID	2545
AREA DI STUDIO	Valle di Zai
PENDENZA	35°
QUOTA FRONTE	2544 m s.l.m.
ESPOSIZIONE	270 W
GRADO ATTIVITA'	Attivo
VEGETAZIONE	Assente
CONNESSIONE FRONTE	URGF, FSOM, RGBS, FRRG
ASSETTO FRONTE	LFR
ALIMENTAZIONE	6
SCALA CARTA TOP.	1:4.000



La fotografia (verso E) mostra la parte terminale della fronte del rock glacier 2545. L'angolo di pendenza alla fronte risulta essere pari a 35°. Si ha la presenza di materiale che varia da clasti di pochi cm di diametro a blocchi quasi metrici, principalmente nell'area basale della fronte.



L'immagine, rivolta a W S-W, mostra in verde scuro, una morena contro la quale parte della fronte del rock glacier va a collidere, mentre in basso a destra, in verde chiaro, viene evidenziato un'ulteriore rock glacier, unità 2544, la quale, la quale risulta essere connessa alla fronte del corpo detritico 2545. In viola si mette in evidenza parte dell'unità indagata, che presenta al tetto blocchi di dimensioni variabile dal decimetro al metro.

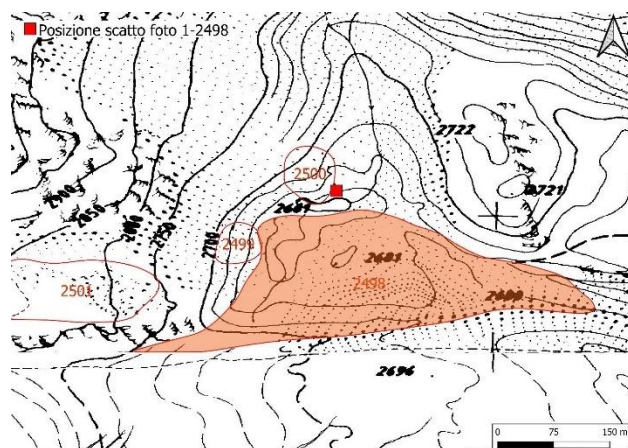


Scavo di 1m\*1m. Sedimento principalmente terrigeno, limo e argilla. I clasti hanno dimensioni variabili, da pochi cm fino a 50cm, come si può notare in figura. Il materiale rispetto a quello delle unità precedenti risulta essere molto più umido al tatto. La peculiarità dell'unità risulta essere la presenza di acqua, identificato grazie al rumore che viene prodotto mentre fluisce tra i granuli.





ID	2498
AREA DI STUDIO	Hintergrat
PENDENZA	28°
QUOTA FRONTE	2663 m s.l.m.
ESPOSIZIONE	0 N
GRADO ATTIVITA'	Attivo
VEGETAZIONE	Assente
CONNESSIONE FRONTE	FSOM, FRRG, RGSB
ASSETTO FRONTE	EXFR
ALIMENTAZIONE	5
SCALA CARTA TOP.	1:2.000



La fotografia (verso S) mostra la fronte del rock glacier 2498. L'angolo di pendenza alla fronte risulta essere pari a 28°. Principalmente i clasti presenti al tetto dell'unità studiata hanno dimensioni variabili dai 2 cm ai 10-15 cm per il diametro. Inoltre, si ha anche la presenza di blocchi metrici di roccia, probabilmente distaccatesi dalla parete rocciosa presente nell'area.



L'immagine, rivolta a S S-W, mostra in violetto il margine del rock glacier che arriva a contatto con una morena, in giallo. Mentre, nell'immagine precedente (1-2498), in verde chiaro vengono identificati due rock glacier, uno dei quali arriva a contatto diretto con l'unità 2498. Nella parte bassa destra della foto si può notare come le fronti dei due rock glacier siano separate da un bacino d'acqua, presumibilmente di origine glaciale.

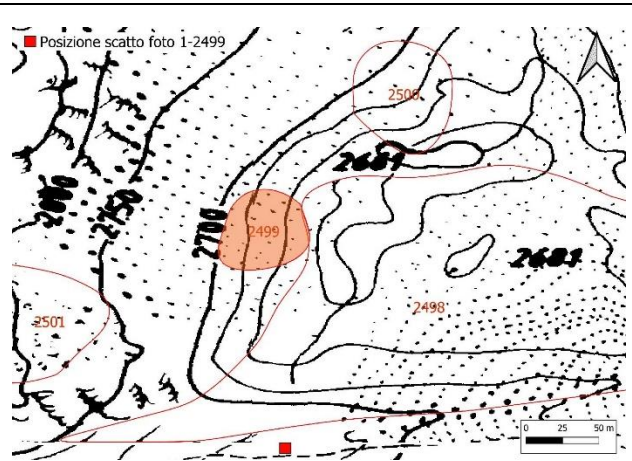


Scavo di 1m\*1m. Principalmente costituito da clasti di piccole dimensioni, come ghiaia, oltre ad esso, si ha anche la presenza di clasti di dimensione variabile, da pochi cm fino a 40-50 cm. Le litologie presenti sono più eterogenee rispetto a quelle della Valle di Zai, il rock glacier risulta essere formato da: breccia cementa, marmo, micascisto, basalto con olivina e plagioclasio, gneiss e dolomia.





ID	2499
AREA DI STUDIO	Hintergrat
PENDENZA	39°
QUOTA FRONTE	2674 m s.l.m.
ESPOSIZIONE	90 E
GRADO ATTIVITA'	Non attivo
VEGETAZIONE	Assente
CONNESSIONE FRONTE	FRRG
ASSETTO FRONTE	Non troncata
ALIMENTAZIONE	LFR
SCALA CARTA TOP.	1:1.000

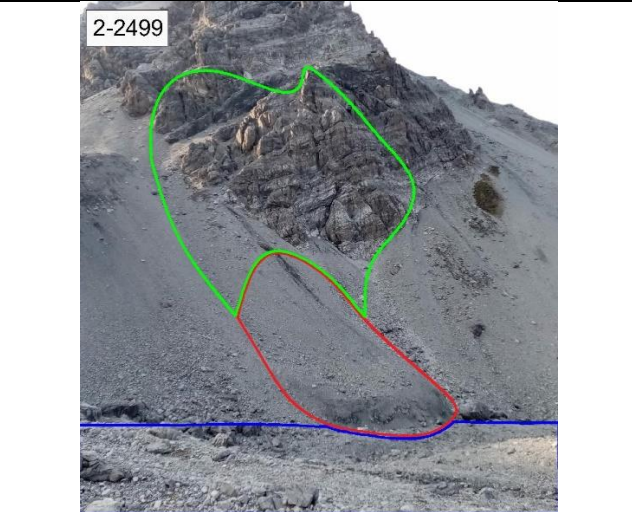


La fotografia (verso N) mostra la fronte del rock glacier 2499. L'angolo di pendenza alla fronte risulta essere pari a 39°.

La fronte nel tratto terminale risulta essere leggermente erosa. La superficie verde, sia in questa immagine che nella successiva, rappresenta l'unità 2498 a contatto con l'area rappresentata in viola, ovvero il rock glacier 2499.



L'immagine, rivolta a W N-W, rispetto alla precedente figura mostra l'alimentazione del rock glacier, per talus, ovvero falde detritiche derivanti dal distacco di materiale dalla parete rocciosa sovrastante. Inoltre viene rappresentata l'unità 2499 nella sua completezza. Il materiale presente lungo il tetto del rock glacier varia la granulometria da fine a grossolana. Ai piedi della fronte presenza di blocchi metrici.



Scavo di 1m\*1m. deposito principalmente clast supported, risulta essere umido al tatto, scarsa presenza di sabbia.

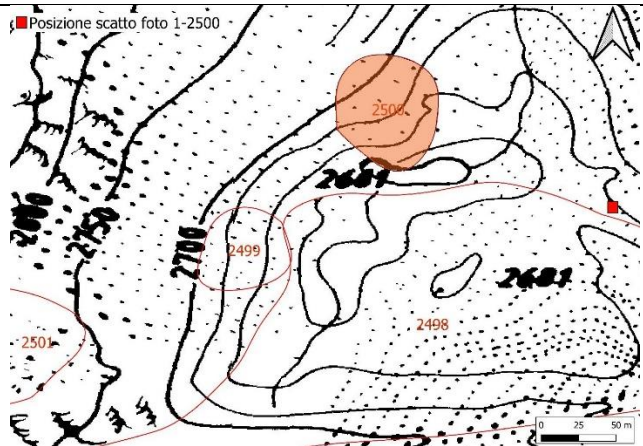
I clasti si presentano di dimensioni variabili da 1cm a 5cm. Meno presenti clasti con diametro maggiore dei 10 cm.

Il rock glacier risulta essere peculiare per l'assenza totale di copertura. La litologia risulta essere la stessa dell'unità 2500.

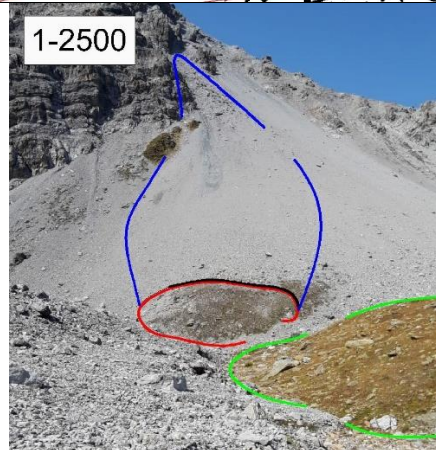




ID	2500
AREA DI STUDIO	Hintergrat
PENDENZA	28°
QUOTA FRONTE	2666 m s.l.m.
ESPOSIZIONE	135 SE
GRADO ATTIVITA'	relitto
VEGETAZIONE	Assente
CONNESSIONE FRONTE	URGF
ASSETTO FRONTE	EXFR
ALIMENTAZIONE	1
SCALA CARTA TOP.	1:1.000



La fotografia (verso W N-W) mostra la fronte del rock glacier 2500. L'angolo di pendenza alla fronte risulta essere pari a 28°. L'area viola indica l'area dell'unità 2500, in verde scuro viene rappresentata l'alimentazione da talus. Il rock glacier risulta essere parzialmente vegetato.



L'immagine, rivolta a W N-W, mostra nuovamente il rock glacier (in viola), mentre in giallo viene rappresentato un deposito morenico, con una pendenza pari a 36°, anche questo corpo risulta non essere più attivo. Al tetto del rock glacier si ha la presenza di materiale di dimensioni variabili da pochi cm fino a 45 cm di diametro.



Scavo di 1m\*1m. Copertura di circa 40 cm. Materiale prevalentemente composto da sabbia fine e silt e clasti con diametro maggiore a 4 cm. I clasti presentano la stessa litologia dei due casi precedenti, risultano essere maggiormente alterati e con forma più angolare, alterazione di colore ocra presente solo nella parte superficiale. Risulta esserci un intenso odore di zolfo.

