

# Interreg

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale  
ITALIA SVIZZERA - ITALIE SUISSE - ITALIEN SCHWEIZ



B-ICE

**Progetto B-ICE. “Bernina Terra Glacialis. Studio e valorizzazione di un patrimonio naturale e culturale di particolare pregio in una regione alpina aperta, con Approcci innovativi rivolti al futuro” (Id. 631431).**

## **STUDIO E RICERCA SUL CAMBIAMENTO CLIMATICO IN VAL MALENCO: STUDIO GHIACCIAIO DEL FELLARIA-PALÙ**

### **Motivazione**

I ghiacciai rappresentano un carattere distintivo dell'alta montagna. Importanti indicatori climatici, rappresentano il miglior esempio di sentinelle del clima. Sotto l'aspetto idrologico fungono da riserva idrica strategica, permettono di regolare il deflusso fluviale nei mesi estivi mentre dal punto di vista turistico rappresentano un valore aggiunto di primaria importanza per le comunità alpine. I cambiamenti climatici stanno pesantemente intaccando i ghiacciai dell'intero pianeta compresi quelli delle Alpi italiane. Non fanno eccezione i ghiacciai del massiccio del Bernina che dalla fine della piccola età glaciale (metà dell'800) hanno già più che dimezzato la loro superficie in risposta al continuo aumento delle temperature. Quantificare la risorsa glaciale attualmente presente e monitorare le variazioni volumetriche rappresenta la base necessaria per sviluppare scenari futuri e per poter quindi definire delle azioni di adattamento ad un ambiente di alta montagna in rapido e drammatico mutamento.

Il progetto si concentra sul sistema glaciale Fellaria-Palü, il maggiore ghiacciaio del massiccio che copre una superficie complessiva di 14 km<sup>2</sup> a cavallo fra Valmalenco e Valposchiavo. Un unico grande bacino di alimentazione (Altipiano di Fellaria) posto ad una quota relativamente elevata (> 3400 m s.l.m.), alimenta tre lingue indipendenti che confluiscono in Val Lanterna alimentando il torrente Cormor ed in Val Poschiavo dove alimentano il torrente Poschiavino. Oltre a rappresentare una riserva idrica di primaria importanza dal punto di vista idroelettrico, il ghiacciaio di Fellaria-Palü ha una notevole valenza turistica locale grazie alla presenza di itinerari educativi dedicati (vedi Sentiero Glaciologico Luigi Marson al Fellaria). Nonostante le dimensioni e l'importanza strategica di questo complesso glaciale, a causa della sua frammentazione politica (ma non geografica), il ghiacciaio non è mai stato oggetto di studi specifici utili a quantificare la risorsa idrica stoccata al suo interno e per definirne le caratteristiche dinamiche.

-



Kanton Graubünden  
Chantun Grischun  
Cantone dei Grigioni

AREA LOGO PARTNER  
ORGANIZZATORE



VAL  
MALENCO



Fig. 1. Il Complesso glaciale Fellaria-Palü visto da Cima Fontana

### **Obiettivi generali:**

- a) Definizione dell'altimetria aggiornata del ghiacciaio indispensabili per futuri studi riguardo la quantificazione delle variazioni volumetriche del ghiacciaio passate e future
- b) Quantificazione del volume complessivo del ghiacciaio e della risorsa idrica stoccata
- c) Analisi della dinamica glaciale e valorizzazione didattico-divulgativa della risorsa ghiacciaio
- d) Formazione di figure specializzate al monitoraggio dell'ambiente glaciale

### **Azioni:**

- Acquisizione di un modello digitale del terreno (Digital Terrain Model) ad alta risoluzione del ghiacciaio Fellaria-Palü e delle aree immediatamente circostanti. La disponibilità di una DTM aggiornato ad alta risoluzione è un supporto necessario all'indagine radar (vedi punto b), e indispensabile per quantificare le variazioni volumetriche passate e future. DTM ad alta risoluzione vengono acquisiti grazie alla tecnologia laser da aereo (volo LIDAR). Si renderà necessaria una campagna di posizionamento di punti di controllo a terra (Ground Control Point) per georeferenziare il DTM. Su questi punti verranno misurate le coordinate XYZ con tecnica GPS differenziale con precisione millimetrica. (Obiettivi a e b)
- Quantificazione del volume complessivo del ghiacciaio per mezzo di tecniche geofisiche. In particolare lo spessore del ghiacciaio verrà misurato con una serie di indagini radar sia da terra che da elicottero lungo transetti predefiniti. Il rilevamento radar da elicottero si rende necessario a causa dell'impercorribilità di alcune porzioni del ghiacciaio per la presenza di ampie aree crepacciate. Analisi geostatistiche permetteranno quindi di interpolare i dati relativi ai singoli transetti per poter passare da una analisi 2D (spessore) ad una analisi 3D (volumetrica). (Obiettivo b)
- Acquisizione ed installazione di punti di ripresa fotografica (time-lapse camera) per monitorare 365 giorni l'anno le dinamiche di accumulo/ablazione, le variazioni di

flusso glaciale stagionali e la stabilità sia del ghiacciaio che dei versanti circostanti. Il prodotto finale è rappresentato da immagini disponibili online aggiornate in tempo reale e filmati opportunamente elaborati con la tecnica del time-lapse. Questa tipologia di filmati, oltre a mettere in luce aspetti prettamente scientifici, hanno una funzione educativa-divulgativo di eccezionale impatto. Inoltre, la disponibilità di immagini in tempo reale visionabili da remoto permette un'azione di monitoraggio costante oltre che del ghiacciaio, anche delle aree circostanti fondamentale per identificare eventuale fenomeni di dissesto geologico delle pareti rocciose recentemente venute alla luce a causa del ritiro glaciale. (Obiettivo c)

- Istituzione di un corso per la formazione di tecnici specializzati in monitoraggio in ambiente glaciale organizzato fra Valmalenco e Valposchiavo. (Obiettivo d)

## **RELAZIONE SUGLI OBIETTIVI RAGGIUNTI AL 30 AGOSTO 2019**

*Obiettivi preventivati nel cronoprogramma: predisposizione fasi dell'indagine e progettazione dei rilievi*

### **Obiettivi raggiunti**

- 1) Predisposizione delle fasi di indagine e progettazione dei rilievi sul ghiacciaio
- 2) Definizione delle specifiche tecniche richieste per i rilievi Ground Penetrating Radar e LIDAR
- 3) Installazione fotocamere time-lapse sul ghiacciaio di Fellaria-Palü lingua orientale (obiettivo originariamente previsto da completare entro il 30 ottobre 2019)

### **Obiettivo 1 - Predisposizione delle fasi di indagine e progettazione dei rilievi**

Lo studio del Ghiacciaio Fellaria-Palü è sviluppato come segue:

- Installazione e controllo-manutenzione fotocamere time-lapse in diversi punti del ghiacciaio (zona fronte orientale e zona Bivacco Pansera – Altipiano di Fellaria), individuazione punti strategici con sopralluoghi.
- Acquisizione di un modello digitale del terreno (Digital Terrain Model - LIDAR) ad alta risoluzione del ghiacciaio Fellaria-Palü e delle aree immediatamente circostanti. La disponibilità di una DTM aggiornato ad alta risoluzione è un supporto necessario all'indagine radar (vedi punto successivo)
- Quantificazione del volume complessivo del ghiacciaio per mezzo di tecniche geofisiche. In particolare lo spessore del ghiacciaio verrà misurato con una serie di indagini Ground Penetrating Radar sia da terra che da elicottero lungo transetti predefiniti.

Cronoprogramma generale delle attività (\* dipendente dalle condizioni meteorologiche – da concordare con SGL)

<b>Obiettivo</b>	<b>Attività</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Periodo</b>	<b>Scadenza</b>	<b>Esecutore</b>	<b>Completata</b>
1	Predisposizione fasi dell'indagine e progettazione dei rilievi	Scientifica	Lug-Ago 2019	30.08.2019	SGL	X
2	Definizione delle specifiche tecniche richieste per i rilievi Ground Penetrating Radar (GPR) e LIDAR	Scientifica	Lug-Ago 2019	30.08.2019	SGL	X
3	Installazione prime 2 fotocamere time-lapse sul ghiacciaio di Fellaria orientale	Scientifica/ Divulgativa	Giu-Lug 2019	30.10.2019	SGL	X
4	Effettuazione del rilievo LIDAR per restituzione topografia superficiale dell'area di studio	Scientifica	Ago-Ott 2019*	31.10.2019*	<i>da definire</i>	
5	Effettuazione del primo rilievo Ground Penetrating Radar (GPR)	Scientifica	Ott 2019*	31.10.2019*	<i>da definire</i>	
6	Elaborazione dati del rilievo LIDAR e consegna del materiale ad SGL ed al committente	Scientifica	Ott-Dic 2019*	31.12.2019*	<i>da definire</i>	
7	Elaborazione dati del primo rilievo GPR e consegna della relazione ad SGL ed al committente	Scientifica	Ott-Dic 2019*	31.12.2019*	<i>da definire</i>	

8	Partecipazione al seminario di presentazione del progetto	Divulgativa	( <i>da concordare</i> )	30.05.2020	SGL	
9	Installazione terza fotocamera time-lapse (Bivacco Pansera - Altipiano di Fellaria)	Scientifica/ Divulgativa	Giu-Ott 2020	30.10.2020	SGL	
10	Effettuazione del secondo rilievo Ground Penetrating Radar (GPR)	Scientifica	Lug – Ott 2020	31.10.2020	<i>da definire</i>	
11	Elaborazione dati del primo rilievo GPR e consegna della relazione ad SGL ed al committente	Scientifica	Ott-Dic 2020	31.12.2020	<i>da definire</i>	
12	Elaborazione dei filmati time-lapse relativi alle estati 2019 e 2020	Scientifica/ Divulgativa	Ott 2020- Mag 2021	30.05.2021	SGL	
13	Organizzazione e svolgimento del corso di formazione per operatori glaciologici	Formativa	Giu-Ott 2021	30.10.2021	SGL	
14	Elaborazione e consegna della relazione scientifica finale e del materiale video 2019-2020-2021 (time-lapse)	Scientifica/ Divulgativa	Giu-Ott 2021	30.10.2021	SGL	
15	Partecipazione alla presentazione pubblica finale	Divulgativa	( <i>da concordare</i> )	30.10.2021	SGL	

## **Obiettivo 2 - Definizione delle specifiche tecniche richieste per i rilievi Ground Penetrating Radar e LIDAR**

- 1) Rilievo Ground Penetrating Radar (GPR) per ottenere lo spessore di ghiaccio nella zona di progetto.

Attività e specifiche di rilievo:

Rilievo GPR da terra e da elicottero finalizzato alla stima degli spessori di ghiaccio per tutta l'area considerata e alla creazione di un modello del bedrock. La superficie da coprire è di circa 15 km<sup>2</sup>. I risultati dovranno essere georeferenziati nel sistema WGS84-UTM32. Il rilievo GPR dovrà essere effettuato sia da elicottero, per coprire le aree non camminabili, sia da terra per ottenere una validazione di quanto misurato da elicottero. Il rilievo dovrà fornire i dati per la realizzazione di un modello completo del fondo glaciale (bedrock) con una risoluzione spaziale di 20 m. Si richiede la realizzazione di circa 50 km di transetti da elicottero e circa 10 km di transetti da terra. La strumentazione utilizzata dovrà garantire la possibilità di misura dello spessore del ghiacciaio in ogni suo punto; si stima uno spessore massimo di ghiaccio compreso tra i 150 e 200 m. Qualsiasi variazione o modifica dovrà eventualmente essere concordata con la Stazione Appaltante ed il Servizio Glaciologico Lombardo, in qualità di supervisore scientifico del progetto.

Cronoprogramma di massima:

Primo rilievo GPR: Ottobre 2019 (dipendentemente dalle condizioni meteorologiche)

Elaborazione dati primo rilievo: Ottobre-Dicembre 2019

Secondo rilievo GPR: Luglio-Ottobre 2020

Elaborazione dati complessivi: Ottobre-Dicembre 2020

Costi:

Attività	Incarico	Dettaglio attività	Costo (euro)
Rilievo Ground Penetrating Radar (GPR)	<i>da definire</i>	Costi relativi a rilievo radar da terra e da elicottero con supporto GPS (attrezzature, elicottero, guide apine ed 3/4 operatori a supporto del rilievo)	27.000+IVA 22%
		Elaborazione dati Radar e GPS	9.000+IVA 22%
		Interpretazione dei dati radar e GPS e rappresentazione grafica	3.900+IVA 22%
Totale incarico GPR		IVA esclusa	39.900
		IVA 22%	8.778
		Totale IVA inclusa	48.678

2) Rilievo LIDAR per restituzione topografia superficiale dell'area di studio

Attività e specifiche di rilievo:

Rilievo Lidar da Aereo/Elicottero per la restituzione della superficie topografica dell'area di rilievo (DSM con risoluzione 1m e ortofoto con risoluzione di 20cm).

Il rilievo Lidar dovrà essere eseguito secondo le seguenti specifiche:

Densità dei punti : 2 punti/m<sup>2</sup>

Accuratezza verticale del dato : +/- 15 cm

Prodotti di consegna finali:

DSM e DTM con cella pari a 1 metro

Ortofoto con cella pari a 20 cm

Metadati e dati originali del rilievo.

Cronoprogramma di massima:

Il rilievo dovrà essere eseguito, compatibilmente con le condizioni meteo, nel periodo 15 Agosto-30 Settembre 2019 (preferibilmente) oppure nel periodo 15 Agosto-30 Settembre 2020, in modo da restituire la superficie alla fine dell'anno glaciologico, con la minore copertura nevosa. Subordinatamente il rilievo potrà essere effettuato anche nei mesi di Ottobre 2019 o Ottobre 2020 previa analisi delle condizioni nivologiche concordata con il Servizio Glaciologico Lombardo.

Costi:

Attività	Incarico	Dettaglio attività	Costo (euro)
Rilievo LIDAR	<i>da definire</i>	Costi relativi a rilievo Lidar da Aereo/Elicottero per la restituzione della superficie topografica dell'area di rilievo comprensivo di elaborazione dati (acquisto di prodotto digitale DSM e Ortofoto ad alta risoluzione)	14.300+IVA 22%
Totale incarico LIDAR		IVA esclusa	14.300
		IVA 22%	3.146
		Totale IVA inclusa	17.446

### **Obiettivo 3 - Installazione fotocamere time-lapse sul ghiacciaio di Fellaria-Palü lingua orientale**

In data 16 giugno 2019 è stata effettuata a cura di SGL l'installazione di 2 fotocamere nella zona del Lago del Ghiacciaio e nella zona della seraccata che riprendono la lingua orientale del ghiacciaio di Fellaria.

Le fotocamere con ottica grandangolare saranno funzionali al monitoraggio ravvicinato delle dinamiche di flusso-fusione della zona frontale.

Tab. 1. Dati generali dei punti di ripresa

Nome	Modello	Coordinate (WGS84 - UTM)	Quota (m s.l.m.)	Campionamento (minuti)	Installazione
Fellaria 1 Lago	ENALPS tikee	574210-5132847	2556	15	16.06.2019
Fellaria 2 Seraccata	ENALPS tikee	574484-5132884	2659	15	16.06.2019

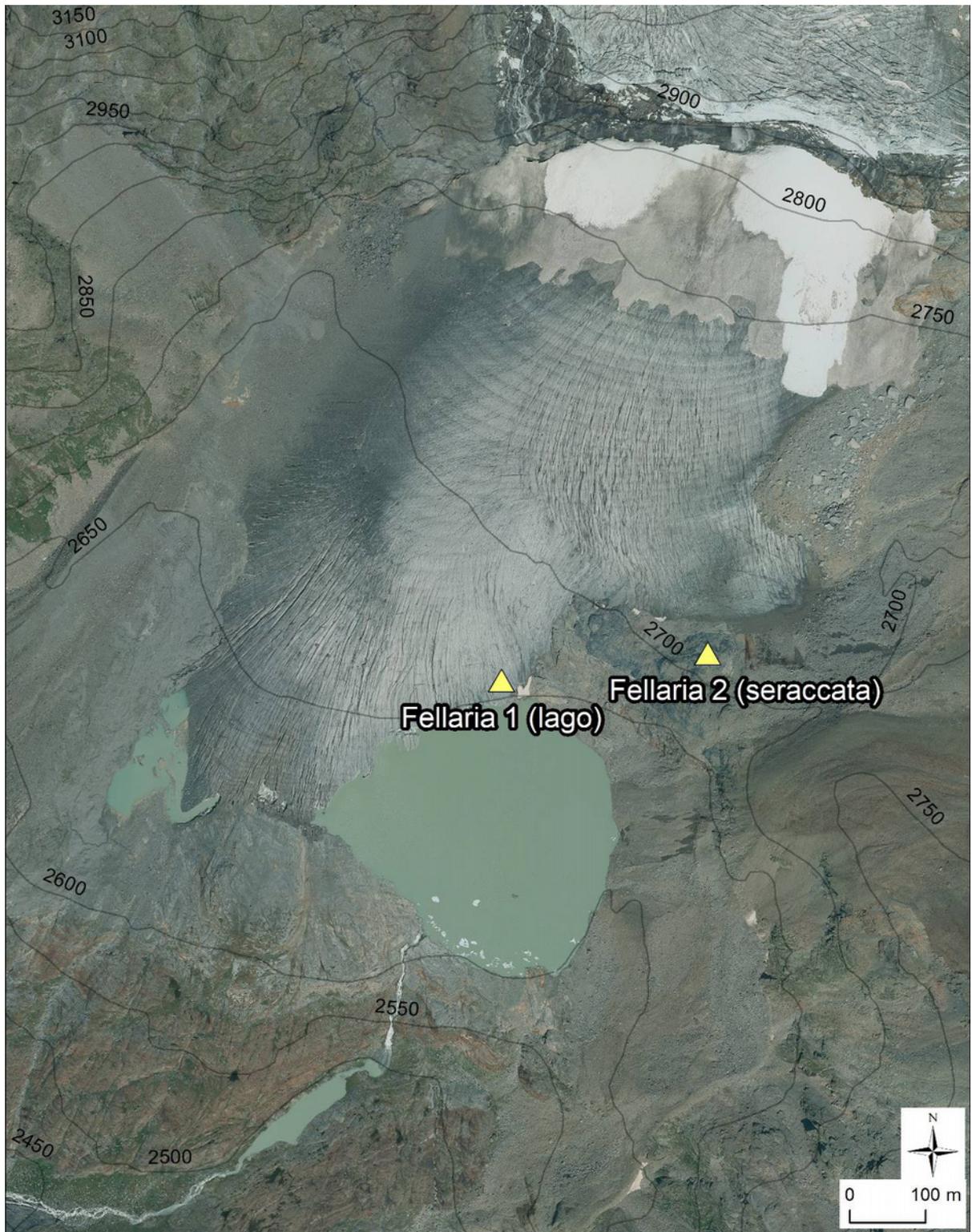


Fig. 1. Localizzazione delle fotocamere Fellaria 1 e 2 installate in data 16.06.2019 (base cartografica AGEA 2015)



Fig. 2. Installazione fotocamera (Fellaria 1 – lago)



Fig. 3. Fotocamera ENALPS tikee (Fellaria 1 – lago) installata



Fig. 4. Fotocamera ENALPS tikee (Fellaria 2 – seraccata) installata

## **Tabella riassuntiva dei costi relativi all'intero progetto**

<b>Attività</b>	<b>Incarico</b>	<b>Dettaglio attività</b>	<b>Costo (euro)</b>
Ricerca scientifica e divulgazione	SGL	Coordinamento e pianificazione scientifica, installazione e controllo fotocamere time-lapse	14.204
Formazione		Organizzazione e svolgimento del corso di formazione per operatori glaciologici	4.000
Totale incarico SGL			18.204
Rilievo Ground Penetrating Radar (GPR)	<i>da definire</i>	Costi relativi a rilievo radar da terra e da elicottero con supporto GPS (attrezzature, elicottero, guide apine ed 3/4 operatori a supporto del rilievo)	27.000+IVA 22%
		Elaborazione dati Radar e GPS	9.000+IVA 22%
		Interpretazione dei dati radar e GPS e rappresentazione grafica	3.900+IVA 22%
Totale incarico GPR		IVA esclusa	39.900
		IVA 22%	8.778
		Totale IVA inclusa	48.678
Rilievo LIDAR	<i>da definire</i>	Costi relativi a rilievo Lidar da Aereo/Elicottero per la restituzione della superficie topografica dell'area di rilievo comprensivo di elaborazione dati (acquisto di prodotto digitale DSM e Ortofoto ad alta risoluzione)	14.300+IVA 22%
Totale incarico LIDAR		IVA esclusa	14.300
		IVA 22%	3.146
		Totale IVA inclusa	17.446
<b>Totale incarico SGL+ rilievi GPR e LIDAR (IVA esclusa)</b>			<b>72.404</b>
<b>IVA 22% applicata a rilievo GPR e LIDAR</b>			<b>11.924</b>
<b>Totale IVA inclusa</b>			<b>84.328</b>

Morbegno (SO), 31.07.2019

Dott. Riccardo Scotti  
Responsabile scientifico SGL

