

# **Integrazione di dati ottici e InSAR per l'individuazione di rock glacier in un'area pilota della Valtellina**

Daniele Pisanu<sup>1</sup>, Corrado Alberto Sigfrido Camera<sup>1</sup>, Roberto Sergio Azzoni<sup>1</sup>

1) Dipartimento di Scienze della Terra "Ardito Desio", Università degli Studi di Milano, Milan, Italy

## **ABSTRACT**

L'individuazione e la mappatura dei rock glacier in ambiente alpino rivestono un ruolo fondamentale per lo studio delle dinamiche del permafrost e dei processi ad esso associati. L'obiettivo di questo lavoro è sviluppare un workflow che permetta l'individuazione di rock glacier su aree estese (circa 10–100 km<sup>2</sup>), distinguendoli da altre unità geomorfologiche attraverso l'integrazione di dati interferometrici e ottici.

In questo contesto, le tecniche InSAR multitemporali permettono di misurare spostamenti superficiali dell'ordine dei millimetri, risultando efficaci per il monitoraggio di forme a lento movimento come i rock glacier. I dati ottici, invece, consentono la distinzione di superfici detritiche nude da altre coperture presenti.

Il metodo è stato preliminarmente testato su un'area di 3,7 km<sup>2</sup> in località Alpe Visogno, nel comune di Mello (SO), all'interno di una valle laterale del versante retico della Valtellina. L'area ospita un rock glacier atipico per esposizione (sud) e quota (circa 2100 m s.l.m.), caratteristiche che lo rendono interessante per lo studio delle dinamiche del permafrost in ambiente alpino.

L'analisi interferometrica è stata condotta su dati Sentinel-1 in orbita ascendente tra il 10 maggio e il 24 dicembre 2024, coincidente con la stagione priva di copertura nevosa. La correzione dell'Atmospheric Phase Screen (APS) è stata effettuata tramite il servizio GACOS, scelto sulla base del confronto tra i residui prodotti da diverse metodologie di correzione. Per la componente ottica è stata utilizzata un'immagine Sentinel-2 acquisita in data 8 agosto 2024, selezionata per garantire condizioni prive di neve fino a 2670 m s.l.m. e per minimizzare gli effetti di nuvole e ombre. Su questa base è stato definito un indice spettrale specifico (Debris Index) derivato da bande SWIR, NIR e RED. Applicando una soglia pari al 75° percentile dell'indice, sono stati individuati i poligoni corrispondenti ai depositi detritici. L'integrazione tra dati ottici e interferometrici è stata supportata da analisi statistiche, tra cui boxplot e tecniche di clustering (k-means e metodo gerarchico di Ward).

L'analisi ha permesso di distinguere due gruppi principali: un cluster con maggiore velocità (media 24 mm/anno) attribuibile ai rock glacier e un cluster con minore velocità (media 11 mm/anno) riconducibile a depositi detritici non attivi. I risultati, in termini di localizzazione dei depositi e interpretazione geomorfologica, sono coerenti con le osservazioni di campo e da ortofoto e confermano l'efficacia del workflow nel discriminare i rock glacier da altri accumuli.

Lo studio è stato realizzato nell'ambito del progetto Interreg VI-A Italia–Svizzera AMALPI MORE.