

DEGRADAZIONE DEL PERMAFROST

Fattori climatici

Aumento della temperatura dell'aria e variazione dei regimi pluviometrici, con particolare riferimento alla diminuzione dello spessore e della permanenza al suolo della copertura nevosa (fusione accelerata nella stagione primaverile).

Altri fattori

Interferenza antropica: i) a livello globale, immissione di gas ad effetto serra in atmosfera; ii) a livello locale, realizzazione di opere ed interventi che interferiscono direttamente o indirettamente con il permafrost, causando un bilancio termico positivo del terreno/roccia.

Caratterizzazione impatto



La degradazione del permafrost è una conseguenza diretta dell'aumento della temperatura dell'aria e del relativo aumento della temperatura del suolo. A livello regionale il permafrost è influenzato essenzialmente dal clima; tuttavia la morfologia, la presenza di detrito o il tipo e la fratturazione delle rocce e la quantità/persistenza di neve al suolo giocano un ruolo fondamentale sulle caratteristiche locali del permafrost e sulla sua risposta alle forzanti climatiche.



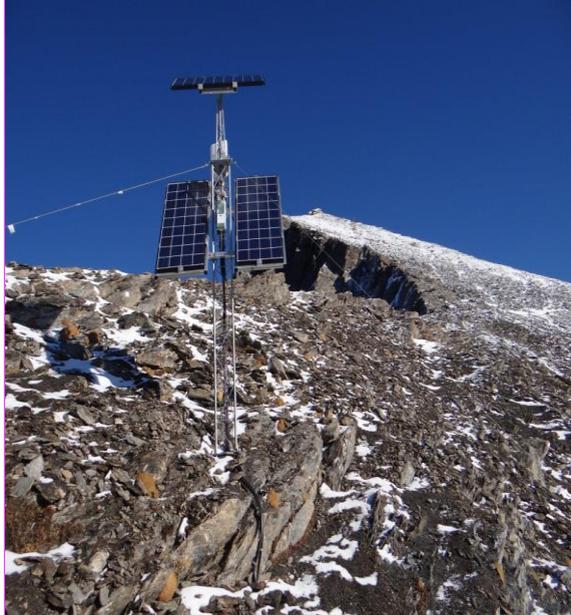
Il permafrost alpino presenta generalmente temperature prossime a 0°C (tra -3° e 0°C) ed è pertanto molto sensibile anche a piccole variazioni di temperatura nei geomateriali (terre, detriti, rocce) che possono determinare importanti cambiamenti nelle loro proprietà geomeccaniche, soprattutto se contengono ghiaccio. Per questo motivo la degradazione del permafrost è considerato un fattore predisponente all'instabilità dei versanti.

Relazione causa-effetto



La degradazione del permafrost è principalmente determinata dal progressivo approfondimento dello strato attivo, ovvero la profondità a cui arriva il fronte di scongelamento estivo. Di conseguenza aumentano i volumi di substrato sottoposti a stress termici e di sovrappressione idrica determinati dai ripetuti fenomeni di gelo e rigelo. La presenza locale di importanti quantità di acqua e ghiaccio possono amplificare questi effetti.

Foto: Luca Paro (ARPA Piemonte)



Scenario futuro



Le simulazioni per le Alpi Europee indicano un riscaldamento generalizzato del permafrost e un aumento dello spessore dello strato attivo fino alla fine del secolo. Lo studio delle dinamiche di degradazione del permafrost è particolarmente importante nelle Alpi dove vi è un'elevata esposizione delle persone e delle infrastrutture ai rischi legati ai movimenti di versante.

Infatti, a differenza di ciò che avviene negli ambienti artici, sulle Alpi il permafrost interessa aree con pendenze anche elevate per cui le variazioni delle caratteristiche dei geo-materiali, soprattutto contenenti ghiaccio, possono portare a deformazioni ed instabilità di versante di dimensioni importanti.

Un ulteriore aspetto che si sta recentemente approfondendo è la relazione tra la degradazione del permafrost e le risorse idriche in alta quota. Alcuni studi dimostrano che la fusione del ghiaccio contenuto nel permafrost altera in quota l'idrochimica di sorgenti, torrenti e piccoli laghi con conseguente perdita di qualità della risorsa a discapito degli utilizzi sia antropici sia zootecnici.



Numeri e messaggi chiave

Il permafrost nei versanti poco acclivi e nei plateau di alta quota delle Alpi occidentali si sta degradando in media ad un tasso di circa 0.15°C ogni 10 anni.

Descrizione

Analisi della variazione di temperatura del permafrost ad una specifica profondità.

Scopo

Quantificare l'eventuale tendenza alla degradazione.

Frequenza rilevazione dati

Frequenza da oraria a giornaliera in base alla profondità di misura

Unità di misura

Gradi Celsius (°C)

Periodicità di aggiornamento

Annuale

Copertura temporale

Dati disponibili a partire dal 2008 (Valle d'Aosta) e dal 2011 (Piemonte)

Copertura spaziale

Regionale (1 stazione per il Piemonte ed 1 stazione per la Valle d'Aosta)

Riferimenti/obiettivi fissati dalla normativa

Nessun riferimento/obiettivo fissato dalla normativa.

Metodologia di elaborazione

L'indicatore deriva dall'analisi della temperatura del permafrost a 35 m di profondità, che rappresenta la quota sufficiente per integrare un segnale di lungo termine poco influenzato dalle variazioni stagionali, rilevata tramite catene termometriche installate all'interno di fori di sondaggio opportunamente realizzati e strumentati. I due siti considerati sono: Colle Sommeiller (quota 2990 m, TO) in Piemonte e il Colle Cime Bianche (quota 3100 m, AO) in Valle d'Aosta.

A partire dalla serie delle temperature medie mensili misurate: (i) si rimuovono le variazioni stagionali (*lag-1 autocorrelation*), (ii) si calcola il trend (*Sen's slope estimator*) e (iii) si testa il suo livello di significatività (*Mann-Kendall*).

Criteri di selezione

Rilevanza - utilità

Portata nazionale/applicabile a temi ambientali a livello regionale di significato nazionale

- Descrive il trend in atto e l'evolversi della situazione ambientale
- Semplice e facile da interpretare
- Sensibile ai cambiamenti nell'ambiente/ collegato alle attività antropiche

Fornisce un quadro rappresentativo di condizioni ambientali, pressioni sull'ambiente, risposte della società, obiettivi normativi

- Fornisce una base per confronti a livello internazionale

Ha una soglia o un valore di riferimento con il quale poterlo confrontare, in modo che si possa valutare la sua significatività

Misurabilità

Documentato e di qualità nota

Aggiornato a intervalli regolari secondo fonti e procedure affidabili (tempestività e puntualità)

Facilmente disponibile o reso disponibile a fronte di un ragionevole rapporto costi/benefici

Buona copertura spaziale

- Copertura temporale > 10 anni

Solidità scientifica

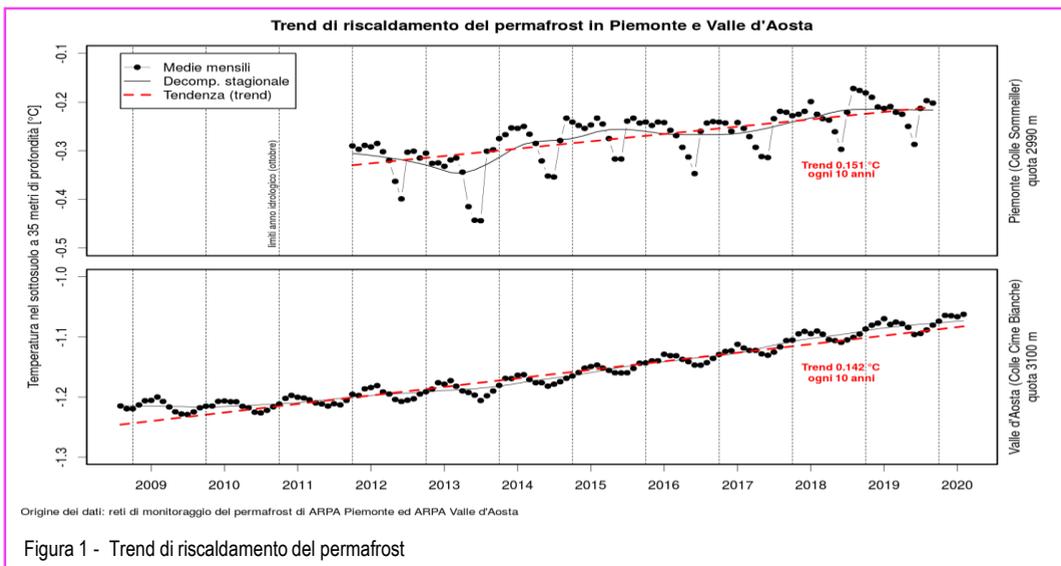
- Basato su standard nazionali/internazionali
- Ben fondato in termini tecnici e scientifici

Possiede elementi che consentono di correlarlo a modelli economici, previsioni e sistemi di informazione

- Prevede metodi di misura e raccolta dati attendibili e affidabili

- Comparabile nel tempo

Comparabile nello spazio



Fonte e accessibilità

I dati, di dominio pubblico, provengono dalle reti di monitoraggio del permafrost delle regioni Piemonte e Valle d'Aosta.

<https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/geologia-e-dissesto/permafrost/monitoraggio-permafrost>

<https://www.arpa.vda.it/it/relazione-stato-ambiente/ambiente-naturale/criosfera-e-biosfera/1317-il-permafrost-ambceb004>

Qualità dell'informazione

Alta, grazie all'utilizzo di fonti affidabili e di una metodologia consolidata e standardizzata.

Limitazioni e possibili azioni

L'indicatore è rappresentativo solo per contesti morfologici simili a quelli dei siti di monitoraggio utilizzati, ovvero versanti poco acclivi o plateau posti a quote intorno ai 3000 metri.

Non è rappresentativo per versanti ripidi e rocciosi o versanti ricoperti da spesse coperture detritiche.

Riferimenti bibliografici

1. International Permafrost Association. (2008). Manual for Monitoring and Reporting Permafrost Measurements. https://ipa.arcticportal.org/images/stories/tsp_manual.pdf
2. <https://gcos.wmo.int/en/essential-climate-variables/permafrost>
3. Beniston et al. (2018). The European mountain cryosphere: a review of its current state, trends, and future challenges. *Cryosphere*, 12(2), 759-794.

Commento al trend



La tendenza al riscaldamento del permafrost è evidente nei due siti analizzati (in Piemonte e Valle d'Aosta) ed in media è di $+0.147^{\circ}\text{C}$ ogni 10 anni. I valori nei due siti sono molto simili tra loro ed entrambi statisticamente significativi e sono in linea con quanto osservato in altri siti della regione alpina.

Poiché la temperatura del permafrost nel sito piemontese è di circa -0.3°C mentre in quello valdostano è di circa -1.2°C , in base al trend attuale è molto probabile che, alla profondità di 35 m, il permafrost si degradi completamente entro il 2040 nel primo sito, mentre è probabile che si conservi almeno fino alla fine del secolo nel secondo sito.

Referenti:

Luca Paro – ARPA Piemonte
l.paro@arpa.piemonte.it

Umberto Morra di Cella – ARPA Valle d'Aosta
u.morradicella@arpa.vda.it

