



foto Pietro Bomio

Il permafrost in Ticino

Giorgio Valenti, Sezione forestale cantonale

Premessa

Il degrado o la fusione del permafrost (gelo permanente) in Svizzera, dovuti al riscaldamento del clima, sono stati identificati come una delle cause di aumento del potenziale di pericolo di frane per le zone densamente popolate delle Alpi.

Numerose sono dunque le ricerche in corso su questo fenomeno del quale, a differenza dei ghiacciai, che si misurano da più di 150 anni, si hanno scarse conoscenze anche perché è molto raro poter riconoscere il fenomeno direttamente da osservazioni di superficie. In Svizzera, i cantoni Grigioni e Vallese sono stati fra i primi ad attivare studi sul permafrost, mentre solo nel 2002 il Ticino ha commissionato una prima stesura di una carta dell'estensione del permafrost all'*Academia Engiadina* di Samedan.

Storia del permafrost

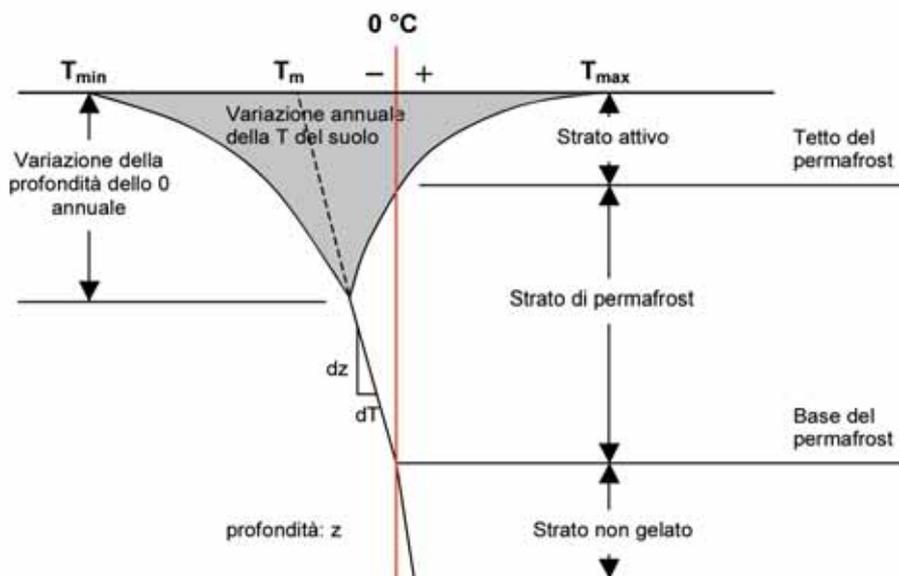
I primi dati e le prime pubblicazioni sul permafrost apparvero all'inizio del 1700; è in que-

sto periodo che si diede una prima spiegazione scientifica al fenomeno, definito essenzialmente come uno scambio di calore tra suolo e ambiente esterno. Durante il XVIII secolo e la prima metà del XIX, spedizioni importanti furono compiute nell'emisfero Nord per studiare il fenomeno ed è in questo periodo che fu effettuato un sondaggio di quasi 120 m per ricavare informazioni sulla sua possibile profondità. La rivoluzione industriale portò di nuovo diversi scienziati nei paesi del Nord a studiare il permafrost e nel 1895 apparve una prima opera sulla geocriologia legata all'ingegneria, mentre è del 1927 un testo che raccoglie tutte le conoscenze di allora su questa materia. Da quel momento il numero di pubblicazioni sul tema è cresciuto sostanzialmente e numerosi

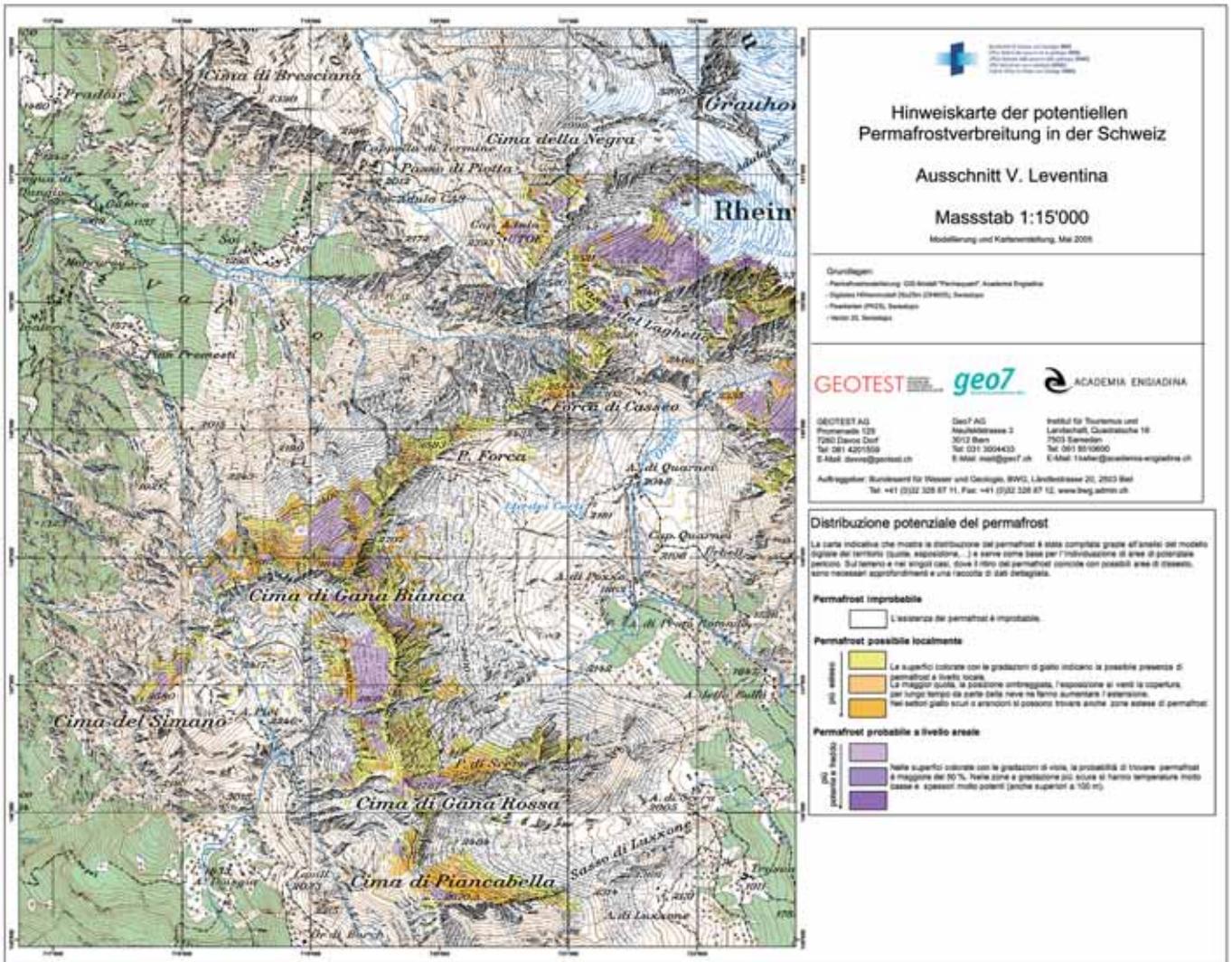
istituti e università si sono dedicati alla descrizione alla comprensione del fenomeno.

Definizione

Il "permafrost", conosciuto anche come "pergelisol" o suolo permanentemente ghiacciato, fu definito da Müller (1947) come **uno strato di suolo o altri depositi superficiali o roccia a una profondità variabile vicino alla superficie terrestre nei quali la temperatura è rimasta sotto 0 °C per lungo tempo (da 2 anni a decine di migliaia)**. Il permafrost è definito unicamente sulla base della temperatura e non dipende né dal tipo di terreno, né dal contenuto in acqua o in ghiaccio.



Schema dell'andamento della temperatura del suolo in presenza di Permafrost.



Esempio di carta sulla potenziale distribuzione del permafrost.

Distribuzione

Attualmente la distribuzione del permafrost interessa fra un quarto e un quinto della superficie terrestre, per un volume totale di ghiaccio contenuto di ca. 500.000 km³: più del 90% è situato nelle regioni artiche e antartiche, mentre solo il 6-7% (Stearns, 1966) si situa a elevate altitudini in regioni a clima temperato. Di questo, l'80,4% si ritrova in Asia, il 19,4% in America e solo il rimanente 0,2% sulle montagne europee. A seconda dei modelli climatici utilizzati, ci si aspetta una sua riduzione del 25 fino al 45% entro la fine del secolo, assumendo un riscaldamento globale di 2 °C. La sua fusione interesserà soprattutto le aree dove il permafrost è discontinuo e il suo spessore poco

potente: come conseguenza si avrà il suo ritiro verso quote più elevate e verso le alte latitudini nell'emisfero settentrionale.

In Svizzera il permafrost può essere presente a partire dalla quota di 2.300 m slm in forma sporadica (e questo in funzione dell'esposizione del versante), mentre sopra i 3.000-3.500 il permafrost è continuo.

Secondo i modelli più recenti (Keller, 1998; Vonder Mühl, 1999), tra il 5 e il 6% della superficie svizzera (e quindi ca. 1.000 km²) è interessata dal fenomeno del gelo permanente: questo valore è significativamente più alto se confrontato con la superficie ricoperta dai ghiacciai che nel 1973 era del 3%.

I cantoni con maggiori superfici interessate da gelo permanente sono chiaramente il Vallese, il Grigioni e il canton Berna.

Il permafrost nelle Alpi

L'assetto geomorfologico delle Alpi, caratterizzato da ripidi versanti spesso costituiti di roccia con differenti qualità geomeccaniche ricoperta generalmente da terreni con genesi diverse, e il clima contraddistinto da una media annuale più elevata della temperatura dell'aria, rendono il permafrost alpino diverso da quello artico. Si osservano in particolare forme guidate dalla gravità come i processi di soliflusso del terreno (saturazione dello strato attivo o *active layer*) o i famosi "ghiacciai rocciosi", chiamati *rockglaciers*, che sono considerati come i migliori indicatori di permafrost e sono formati da potenti accumuli di roccia e ghiaccio di forma lobata che scivolano lentamente verso valle come colate di lava.

Il ghiaccio trovato nell'ambito degli scavi per la costruzione di dighe o di impianti nelle Alpi fu spesso attribuito a rimanenze di gelo dell'inverno precedente e il problema permafrost non fu sempre riconosciuto.

A partire dagli anni '70 ebbero inizio le prime indagini con sistemi geofisici e geoelettrici, che sfruttano le diverse caratteristiche tra suolo gelato e non gelato. In questo periodo fu sviluppato il metodo BTS (*Bottom Temperature of Snowpack*; Haeberli, 1973) che misura la temperatura del suolo

ricoperto dalla coltre nevosa. Il principio di questo metodo si basa sul potere isolante della neve che permette, se presente in quantità sufficiente (almeno 80 cm), che il suolo generi, grazie al calore geotermico e senza influssi esterni, la sua temperatura. Se durante l'inverno la temperatura del suolo è inferiore a -3°C si ha la probabile presenza di permafrost, mentre nelle aree non toccate dal fenomeno la temperatura si situa tra -2°C e 0°C . Le misure BTS sono effettuate generalmente in marzo-aprile grazie

all'utilizzo di una stanga (tipo sonda valanga), munita in punta di un termometro che viene infilata nella neve fino al suolo.

Questo metodo consente di avere numerose misure con relativa facilità, ma il loro carattere è momentaneo e quindi si ricorre spesso alla posa di termometri (*datalogger* UTL) che registrano praticamente tutto l'inverno (generalmente ogni 6 ore) le temperature presenti alla base della coltre nevosa (BOT: *BodenOberflächenTemperatur*).

foto GiorgioValenti



Ghiacciaio roccioso (*rockglacier*) al Passo Crozolina, sul versante Nord-Ovest del Pizzo Campo Tencia.

foto Giovanni Kappenberger



Soliflusso dovuto allo scorrimento dello strato attivo (*active layer*).

foto Giovanni Kappenberger



BTS (*Bottom Temperature of Snowpack*): misura della temperatura del suolo ricoperto dal manto nevoso.

foto GiorgioValenti



Datalogger UTL posato sul terreno per tutta la durata dell'inverno. Misura la temperatura del suolo ogni 6 ore. Misure BOT (*BodenOberflächenTemperatur*).

Perché il Ticino si occupa di permafrost?

La combinazione di temperature appena sotto 0°C, l'alto contenuto di ghiaccio e i versanti molto acclivi, rendono il permafrost montano particolarmente vulnerabile. In Ticino, come d'altra parte nel resto delle Alpi, le misure finora effettuate indicano che le temperature dello strato di terreno gelato non sono molto basse e sono situate, tranne rare eccezioni, attorno a -3°C: il previsto riscaldamento del permafrost alpino di 1-2°C è dunque sufficiente a fondere intere porzioni di versante ponendole a rischio di collasso. Se a questo fenomeno aggiungiamo il ritiro dei ghiacciai, che lascia esposte alle precipitazioni nuove aree detritiche a equilibrio precario, si può facilmente immaginare la quantità di materiale che può essere convogliato nei corsi d'acqua durante periodi di forti precipitazioni. Già un'analisi degli eventi di trasporto solido (sotto forma di flussi detritici) avvenuto lungo le aste torrentizie nell'estate del 1987, evidenziava che ca. il 50% si era innescato in zone di possibile permafrost o lasciate libere dal ghiacciaio. Alcuni di questi flussi detritici si erano verificati in Valle Bedretto, teatro tra l'altro di un flusso generatosi alla testata del Ri di Ruinò sopra Fontana, proprio a causa di queste condizioni durante le precipitazioni del 30 luglio 2005.

Indagini svolte

Come già accennato, nel 2002 il Dipartimento del Territorio (Sezione forestale) ha incaricato l'*Accademia Engiadina* di allestire una carta, basata unicamente su un modello ("Permakart"), relativa all'estensione del gelo permanente nel cantone Ticino; questo per riempire una lacuna sulle conoscenze del fenomeno nel cantone (che non disponeva di nessun dato) e per verificare se un suo ritiro in certe zone potesse essere alla base di dissesti geologici in grado di minacciare zone abitative, strade, infrastrutture turistiche o opere importanti di prevenzione. Accanto a questa prima carta in sca-

foto Giorgio Valentini



Flusso detritico in Valle Bedretto (Fontana), innescatosi in zona di ritiro del permafrost (30 luglio 2005).

la 1:50.000, sono state effettuate, sempre dalla Sezione Forestale, alcune campagne BTS (oltre 250 misure) mirate alle zone di potenziale rischio e con lo scopo di tarare il modello matematico grazie a misure dirette di terreno. Nell'inverno 2004/2005 sono stati posati 4 *datalogger* UTL in Val Cavagnoli (Val Bedretto) e 4 in Val Soi (Valle di Blenio) per avere una misura continua delle temperature del suolo durante l'in-

verno (novembre-maggio).

Un primo risultato è scaturito dalle indagini svolte in Val Soi dove è stato possibile stabilire con una buona approssimazione, grazie alle misure BTS e a quelle BOT, il limite inferiore del permafrost che coincide con i primi segni di cedimento del materiale detritico. Dal 2004 al 2005 sembra che il limite del permafrost si sia elevato di ca. 20 m.

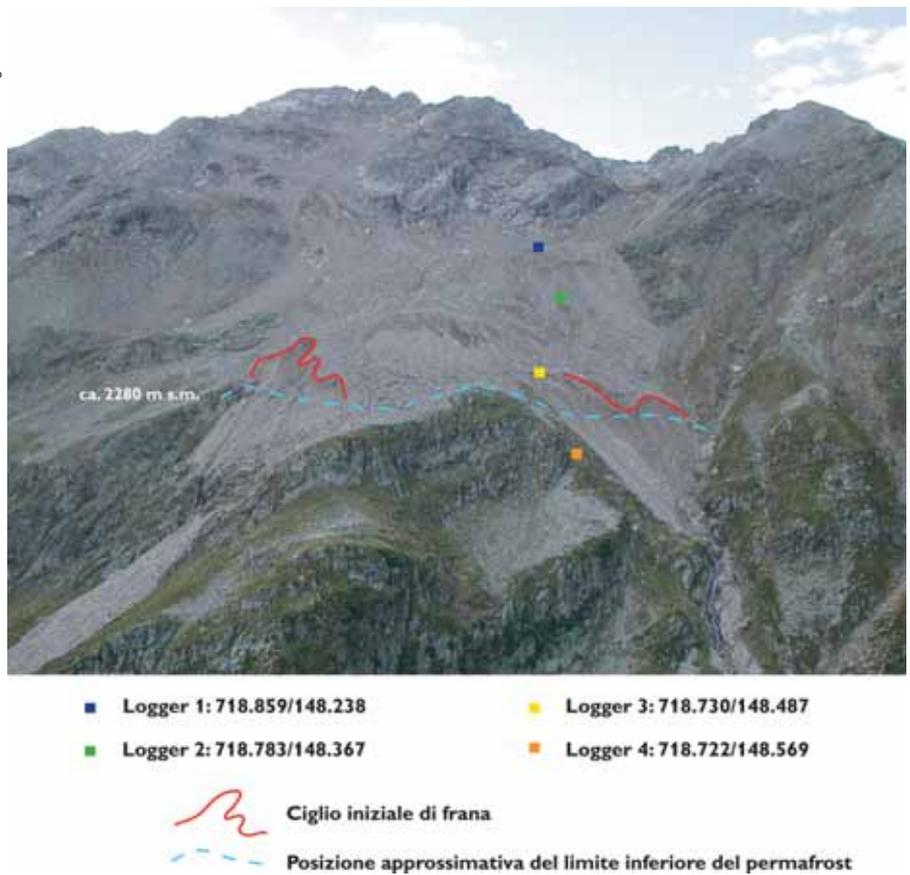
I ghiacciai e ... Luigi Lavizzari, i vitelli, il Generoso, il 229 d.C.

- Il noto naturalista ticinese Luigi Lavizzari nel suo libro "Escursioni nel Cantone Ticino" descrive una salita al pizzo Lucendro il 10 agosto 1856 attraverso l'omonimo ghiacciaio. Dal suo racconto s'intuisce quanto dovevano essere estesi i ghiacciai a quel tempo. Il Lavizzari tentò anche di visitare il Ghiacciaio del Basodino, che chiamava di Caverigno, ma ne fu impedito dal brutto tempo.
- Il Tamier Pass (2.772 m slm) in Val d'Antabbia era utilizzato per trasferire i vitelli in Val Formazza, bisognava attraversare il Ghiacciaio d'Antabbia, molto più esteso che oggi, utilizzando delle speciali zappe dette "genovesi" per scavare i gradini per i vitelli.
- La vetta del Monte Generoso è rimasta libera dai ghiacci durante l'ultima glaciazione. Una conseguenza di questa situazione è la presenza, sul versante Nord sotto la quota 1.615 m sml, in una zona molto impervia, di un popolamento di larici ad alto fusto (*larix decidua*), il più a meridione della Svizzera.
- Nel 1939 venne ritrovata sul Passo Cristallina (2.569 m sml) una moneta di bronzo romana risalente al 229 dopo Cristo.

Gabriele Corti

Conclusioni

Al momento il Ticino si è dotato di una prima carta, basata su un modello, della presenza del permafrost; parallelamente si sta tarando sul terreno questa carta con misure puntuali BTS e BOT e cercando di individuare quali possono essere i potenziali versanti che, in seguito alla mancanza di questo collante, potrebbero destabilizzarsi e diventare potenziali fonti di pericolo. Inoltre, le misure attuali potranno essere confrontate ad altre effettuate in futuro e avere così un quadro più preciso, anche per il nostro cantone, del ritiro del gelo permanente, indicatore, come i ghiacciai, dei mutamenti climatici. ■



A Permafrost Valle di Blenio: Val Soi Temperatura del suolo: novembre '04 - maggio '05

Bibliografia

Mueller S.W. (1947), Permafrost or permanently frozen ground and related engineering problems. Ann Arbor, Mich., J.W. Edwards, 231 p.

Stearns S.R. (1966), Permafrost (perennially frozen ground). US Army Cold Regions Research. And Engineering Laboratory, I-A2, 72 p.

Keller F. et al. (1998), Permafrost map of Switzerland. In Proceedings of the 6th International Conference on Permafrost, Yellowknife, Canada. 557-562.

Vonder Muehl D. (1999), Permafrost - Verbreitung und ausgewählte Aspekte. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 3.9.

Haeberli W. (1973), Die Basis-Temperatur der winterlichen Schneedecke als möglicher Indikator für die Verbreitung von Permafrost in den Alpen. Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Vol 9, 221-227.

