



CRYOKARST

DEPOSITI DI GHIACCIO E NEVE IN GROTTA

PROTOCOLLO DI RILEVAMENTO

manuale da campagna

versione 1.1 - 11/04/2023

CONVENZIONE QUADRO TRA LA REGIONE AUTONOMA
FRIULI-VENEZIA GIULIA ED IL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
(DGR 202/2021)

ACCORDO ATTUATIVO DI COLLABORAZIONE TRA IL SERVIZIO GEOLOGICO E L'ISTITUTO
DI SCIENZE POLARI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE PER LO SVILUPPO
DI TECNICHE DI RILEVAMENTO IN AMBIENTI GLACIALI IPOGEI ED IMPLEMENTAZIONE
DEL CATASTO SPELEOLOGICO REGIONALE

Il progetto CryoKarst nasce dall'esigenza di raccogliere quante più informazioni possibili sulla criosfera sotterranea della Regione Friuli Venezia Giulia. I dati raccolti serviranno alla pianificazione di successivi monitoraggi a medio/lungo termine per valutare gli impatti delle mutazioni climatiche sulla risorsa idrica sotterranea.

Questo documento ha lo scopo di fornire ai rilevatori le informazioni base utili a caratterizzare correttamente ed univocamente i depositi di ghiaccio ipogeo. L'acquisizione fotografica rimane un supporto fondamentale nella fase di interpretazione dei dati raccolti.

Oggetto: depositi di neve e ghiaccio perenni (presenti da più di due anni e composti da ghiaccio stratificato).

Periodo di rilevamento ideale: luglio-ottobre compresi.

Rilievo ghiaccio

- Interesse di questo studio è esclusivamente il ghiaccio perenne (> 2 anni).
- Utilizzare al posto del termine ghiaccio fossile il termine ghiaccio perenne.
- Si raccomanda di non prelevare nessun reperto. Sarà il gruppo di lavoro di CryoKarst eventualmente a prelevare i campioni.

GHIACCIO PERENNE	GHIACCIO EFFIMERO, STAGIONALE e INTERANNUALE
massivo	TRASPARENTE
QUASI SEMPRE STRATIFICATO	
BOLLE D'aria	RETICOLI ESAGONALI SULLA SUPERFICIE
impurità, spesso in livelli SUB-ORIZZONTALI	

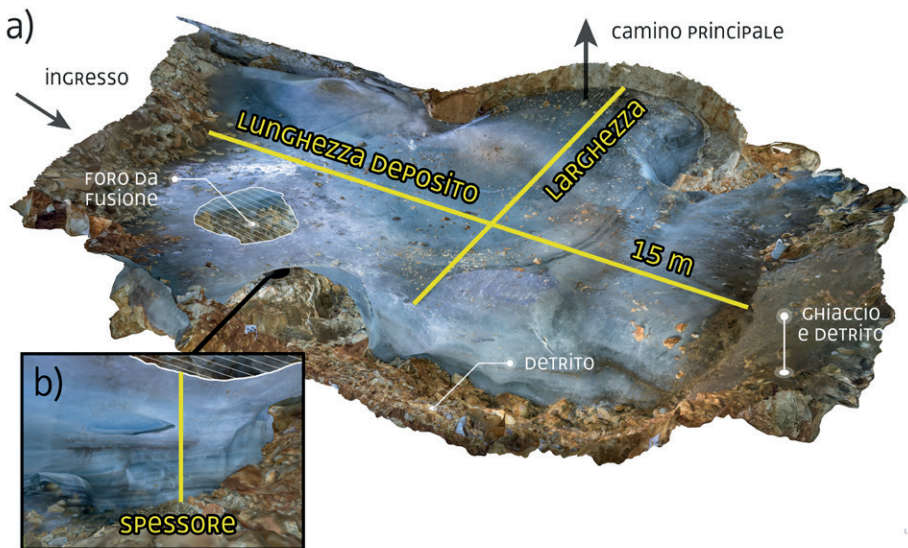


Figura 1: esempio di rilievo delle dimensioni di un deposito di ghiaccio in grotta.

campo	Descrizione
Descrizione ghiaccio	<ul style="list-style-type: none"> • FORMA: <ul style="list-style-type: none"> • LAGO GHIACCIATO, • COMPLESSA TRIDIMENSIONALE, • PRESENZA DI VUOTI/CAVITÀ NEL GHIACCIO... • CARATTERISTICHE DEL/DEI DEPOSITO/I: <ul style="list-style-type: none"> • GHIACCIO STRATIFICATO, • massiccio, • TRASPARENTE/OPACO • PRESENZA DI BOLLE D'ARIA ALL'INTERNO • PRESENZA DI STALACMITI E/O STALATTITI • PRESENZA DI CASCADE DI GHIACCIO, • PRESENZA DI DETRITO (ARGILLA, SABBIA, CLASTI, CALCITE CRIOGENICA...) • MATERIALE ORGANICO (FOGLIE, INSETTI, RAMI, ECC...) AL SUO INTERNO... • POSIZIONE DEL/DEI DEPOSITO/I: <ul style="list-style-type: none"> • ingresso e/o ambienti interni. <p>INDICARE O STIMARE, OVE POSSIBILE, SE SI TRATTA DI GHIACCIO STAGIONALE O PERENNE.</p> <p>INDICARE EVENTUALI PRESENZE DI BRINE E/O FIORITURE GHIACCiate SULLE PARETI ROCCIOSE.</p>
dimensioni deposito ghiaccio	<p>stimare o, se possibile, misurare LUNGHEZZA e LARGHEZZA DEL/DEI DEPOSITO/I e DESCRIVERNE LA FORMA.</p> <p>INDICARE SE IL/I DEPOSITO/I È/SONO IN CONTATTO CON LE PARETI ROCCIOSE DELLA GROTTA.</p>
spessore stimato ghiaccio	<p>stimare o, se possibile, misurare LO SPESSORE DEL/DEI DEPOSITO/I DI GHIACCIO, AD ESEMPIO IN PRESENZA DI PARETI VERTICALI DI GHIACCIO AFFIORANTE LADDOVE LA STRATIFICAZIONE DEL GHIACCIO FACCIA INTUIRE L'ORIZZONTALITÀ DEL DEPOSITO.</p>



Figura 2: esempio di deposito di *ghiaccio perenne* caratterizzati da: presenza di bolle (a), stratificazioni (a, b, c, d), copertura detritica (d), fori da fusione generati dalla circolazione dell'aria (e), crolli ricongelati (f).



Figura 3: esempi di depositi di *ghiaccio effimero, stagionale e interannuale*: stalagmiti e stalattiti (a, b, c), detrito ricoperto di ghiaccio (d), strutture esagonali su pareti (e), tendine (f, g).



Figura 4: inclusioni organiche all'interno di un deposito di ghiaccio: macro resti legnosi (a.1, b, c); stratificazioni con micro resti (a.2, a.3, a.4); inclusioni non organiche (a.5).



Figura 5: altri aspetti e dettagli della criosfera sotterranea: brine su parete rocciosa (a); brine su parete di *ghiaccio perenne* (b); particolare con bolle d'aria (c, d), deposito di ghiaccio in contatto (e.1) e non più in contatto (e.2) con la parete rocciosa; eccentriche (f).

Rilievo neve

campo	Descrizione
Descrizione neve	<p>DESCRIVERE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La consistenza e Le caratteristiche della neve: <ul style="list-style-type: none"> • asciutta, • umida, • bagnata • La localizzazione dei depositi <ul style="list-style-type: none"> • ingresso • fondo... • La presenza di detrito: <ul style="list-style-type: none"> • argilla, • sabbia, • clasti... • La presenza di materiale organico <ul style="list-style-type: none"> • foglie, • insetti, • rami... • L'eventuale colorazione superficiale della neve • L'eventuale coesistenza con il ghiaccio • indicare il verosimile modo di accumulo della neve: <ul style="list-style-type: none"> • nevicate, • accumulo da vento, • valanghe.
dimensioni deposito neve	stimare o, se possibile, misurare lunghezza e larghezza del/dei deposito/i e descriverne la forma.
spessore stimato neve	stimare o, se possibile, misurare lo spessore del/dei deposito/i di neve.

Ghiaccio e neve possono presentare un aspetto piuttosto simile.

- Ghiaccio perenne: stratificato, con bolle d'aria ed inclusioni, elevata densità e colorazione dal trasparente, al grigio, a tonalità dell'azzurro;
- depositi di neve: colorazione più biancastra e densità minore.



Figura 6: coesistenza di ghiaccio e neve (b, c, e); imponente deposito di neve con scallops da circolazione d'aria (a, d); lago sopraglaciale da fusione nivale (f), fioritura algale verde su deposito nivale (g).

calcite criogenica

- La calcite criogenica è il prodotto della precipitazione del carbonato di calcio durante il congelamento di pozze d'acqua al di sopra di un deposito di ghiaccio in ambiente di grotta.
- Può essere osservata sia al di sopra delle superfici ghiacciate, sia in sottili strati all'interno del ghiaccio, così come in grotte attualmente prive di ghiaccio.

calcite criogenica
ASPETTO VARIABILE
CONGLOMERATI DI CRISTALLI DI VARIE DIMENSIONI
COLORAZIONI BIANCASTRE, GIALLASTRE O TENDENTI AL MARRONE
CRISTALLI SINGOLI DI DIMENSIONI CENTIMETRICHE (RARO)

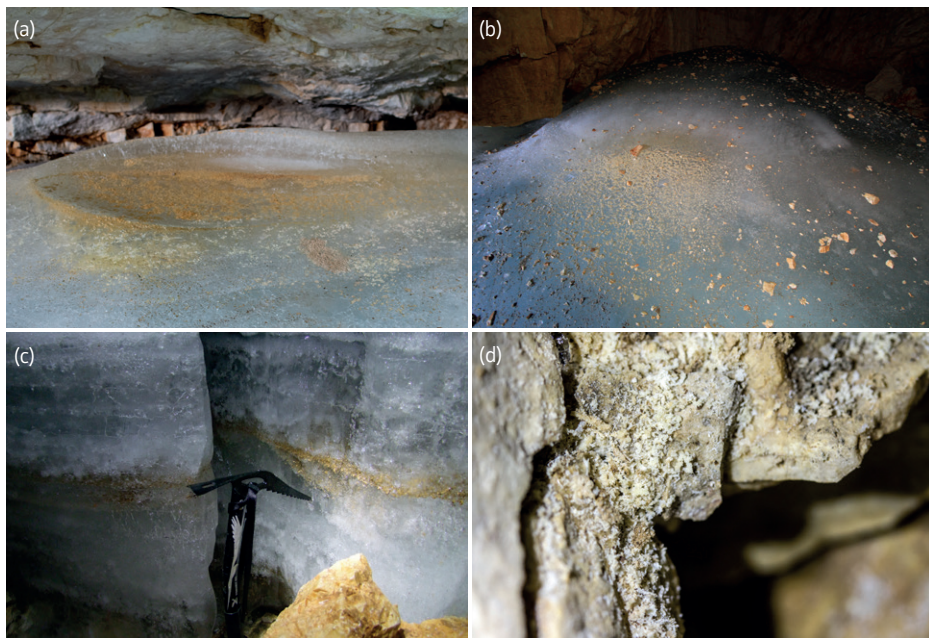


Figura 7: cristalli di calcite criogenica al di sopra di un deposito di ghiaccio perenne (a, b); in-situ, ancora all'interno del deposito di ghiaccio (c); deposta a terra in seguito alla fusione del ghiaccio (d).

Si raccomanda di segnalare la presenza della calcite criogenica, ma di non prelevare nessun reperto.



Figura 8: recenti ritrovamenti di cristalli di calcite criogenica: dendritici di probabile neo-formazione (a, b, d, e), in macro-cristalli (c), in agglomerati cementati (f).

esempio di inserimento dati Ghiaccio/neve e Rilievo

Presentiamo qui di seguito un esempio di compilazione di una grotta con depositi di ghiaccio e neve, con il relativo rilievo.

8297 | GROTTA DEL VASTO

Segnalazione completataElimina segnalazione

Nomi e numeri catastali

Scopritori

Ingressi

Morfometria

Descrizione

Rami/Pozzi

Rilievi

Rilievi vettoriali

Planimetria

Immagini

Pericoli

Rifiuti

Danneggiamenti

Idrogeologia

Meteorologia ipogea

Ghiaccio/Neve

Biologia

Geologia

Aspetti culturali

Vincoli

Altri files

Note segnalazione

Bibliografia

Agenda

Nomi speleologi

Ghiaccio/Neve

Data rilevamento: 11/11/2022

Neve: Si

Spessore stimato neve: 0.2 m

Dimensioni deposito neve:

Descrizione neve:

Glacionevato (G1) all'ingresso della grotta con dimensioni 30 x 40 m circa, in parte ricoperto da circa 20 cm di neve.

Si individuano due ulteriori depositi di neve che ricoprono parzialmente i depositi di ghiaccio (G2, G3).

I depositi di neve presentano marcate variazioni annuali: fino a luglio-agosto la neve del glacionevato esterno raggiunge il deposito di ghiaccio G2, dove occasionalmente è stata osservata la presenza di un lago originato dalla fusione nivale.

Dal camino laterale per precipitazione diretta si forma un potente accumulo di neve al di sopra del deposito di ghiaccio G3, che puòappare completamente l'accesso alla sala laterale.

Ghiaccio: Si

Spessore stimato ghiaccio: 8 m

Dimensioni deposito ghiaccio:

Descrizione ghiaccio:

All'interno della grotta sono presenti 3 depositi di ghiaccio perenne:

- G2: deposito di ghiaccio perenne orizzontale (lago ghiacciato) di dimensioni 20 x 20 m. Il deposito è fortemente ricoperto da detrito e blocchi di grandi dimensioni. Alcuni crolli sono molto recenti e non erano presenti in precedenti visite (2018). Parte del detrito è inglobato nel ghiaccio.
- G3: deposito di ghiaccio perenne stratificato, con micro inclusioni e inclusioni clastiche, formatosi per compattazione della neve alla base di un camino aperto. Una porzione è fortemente ricoperta da detrito. Lo spessore è sicuramente maggiore di 6 m (misurati in prossimità di una parete rocciosa) e le dimensioni sono di 40 x 10 m circa.
- G4: deposito di ghiaccio perenne massivo con scallops che ostruisce completamente una possibile prosecuzione della grotta. Dimensioni stimate: 20 x 3 m.

Distanza lineare primo deposito: 75 m

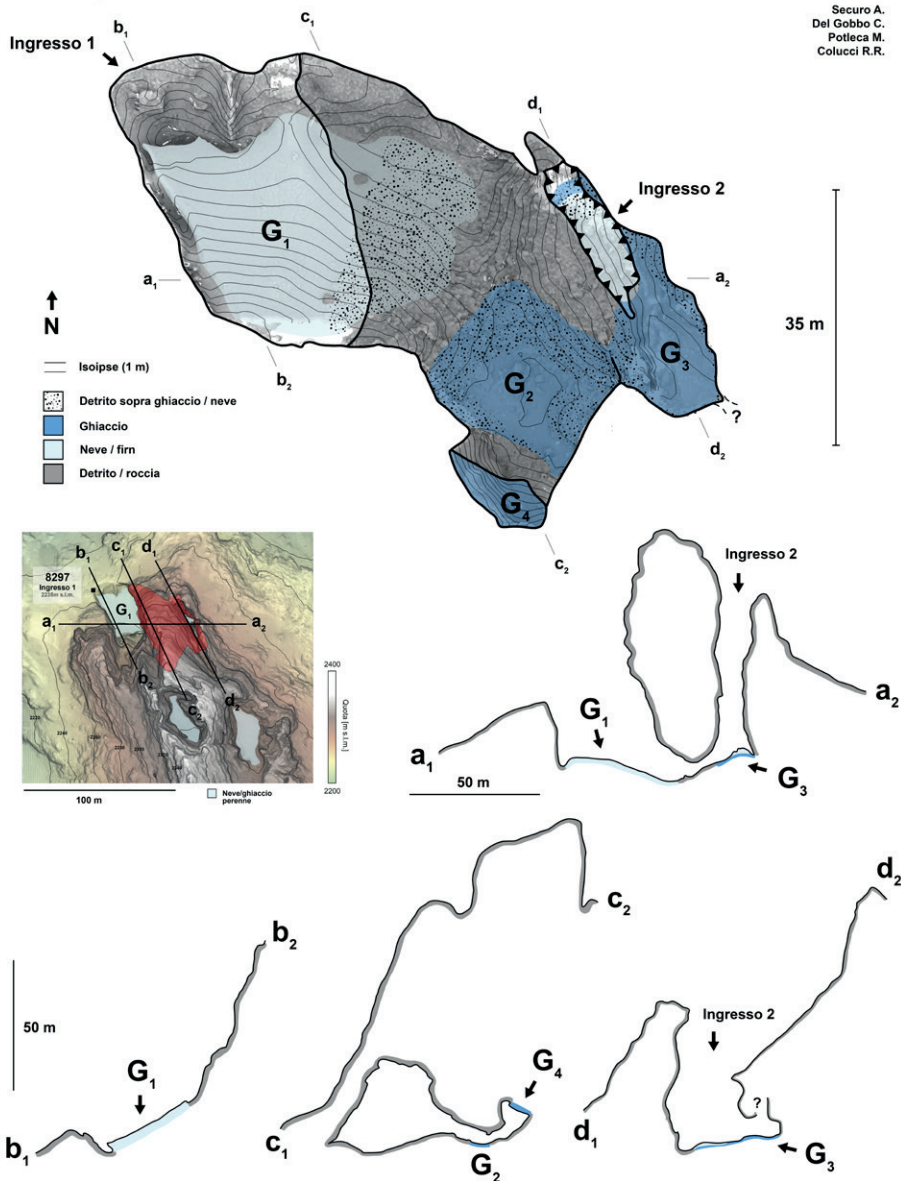
Distanza spaziale primo deposito: 75 m

Profondità primo deposito: 2 m

Distanza lineare ultimo deposito: 77 m

Distanza spaziale primo deposito: 82 m

Profondità ultimo deposito:



Per distinguere neve, ghiaccio e detrito è bene utilizzare colori o trame chiaramente differenti. Se una cavità ospita più depositi di ghiaccio/neve numerarli (es. G1, G2...) e indicare nel rilievo la posizione delle osservazioni effettuate (resti organici, calcite criogenica, ecc...)

accorgimenti per il rilievo dei depositi di ghiaccio e neve

Nell'ottica di raccogliere quante più informazioni sulla criosfera sotterranea della Regione è importante allegare ai rilievi del materiale fotografico che aiuti a capire le dimensioni del deposito e qualsiasi peculiarità osservata, utilizzando sempre un oggetto come scala di riferimento per le foto (es. persona vicino ai depositi di ghiaccio/neve, mano vicino a inclusioni nel ghiaccio).

Si ricorda inoltre di non raccogliere campioni di calcite criogenica o resti organici. Questi verranno eventualmente prelevati dal gruppo di lavoro di CryoKarst seguendo delle specifiche metodologie volte a non alterare i campioni.

Qualora le grotte presentino più depositi di ghiaccio e neve:

- risulta importante numerarli e descriverne la posizione e le dimensioni nel campo “Descrizione ghiaccio” o “Descrizione neve”;
- vista la presenza di un solo campo per le dimensioni e uno solo per lo spessore dei depositi si chiede di specificare nelle note a quale deposito ci si riferisce (suggeriamo di inserire qui il più grande/significativo).

Nell'indicare la posizione dei depositi rispetto all'ingresso, specificare a quale ingresso ci si riferisce nel caso di grotte con più ingressi.

Nel prossimo capitolo presentiamo una tecnica di rilievo più avanzata, la Structure from Motion, che garantisce un'elevata precisione del dato acquisito e la creazione di modelli tridimensionali delle cavità e dei depositi di ghiaccio e neve. Da parte nostra, questo vuole essere uno spunto per coloro che, appassionati di rilevamento e fotografia, vogliono dare un ulteriore contributo al progetto. **Il rilievo tradizionale, realizzato con la creazione della poligonale e corredato da note e fotografie, rimane lo strumento base per raccolta delle informazioni ai fini di questo progetto.**

Rilievi 3D del Ghiaccio in Grotta

La Structure from Motion (SfM) è una metodologia di rilievo topografico ad alta risoluzione che permette di ricavare informazioni 3D da serie di foto in 2D scattate da diverse posizioni mediante una fotocamera e alcune luci/flash.

(a) esempio acquisizione



(b) geometria di acquisizione

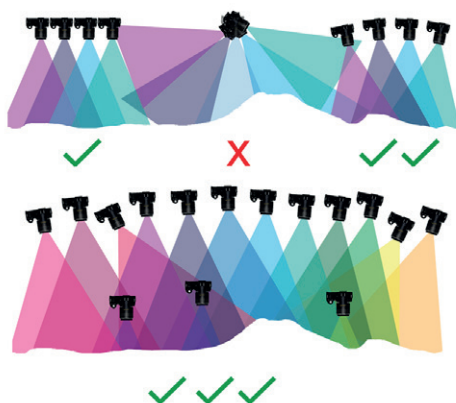


Figura 9: esempio acquisizione SfM (a); geometrie di acquisizione SfM (b).

L'acquisizione fotografica per la SfM richiede alcuni accorgimenti particolari dovuti all'ambiente ipogeo, che sono elencati di seguito.

1

OTTICHE E ACCORGIMENTI FOTOGRAFICI

È necessario scattare le foto con una fotocamera che permetta di utilizzare impostazioni manuali, in modo da mantenere costante diaframma e tempi di acquisizione. Scattare le foto con il diaframma più chiuso possibile in modo da avere un'elevata profondità di campo, ISO più bassi possibili, per evitare il rumore digitale, e tempi sufficientemente rapidi in modo da evitare il micro-mosso (non è necessario un cavalletto). A livello di ottiche si possono utilizzare grandangoli fino a 24 mm, sebbene le focali 35 e 50 mm siano le migliori in termini di resa e deformazione. Occorre scattare tutte le foto alla stessa focale e tutte in formato orizzontale.

2

SOVRAPPOSIZIONE DELLE FOTO

È fondamentale che ogni fotogramma abbia una sovrapposizione superiore al 60 % con tutti i fotogrammi vicini, questo perché la SfM lavora accoppiando punti dalle immagini. Avere alte percentuali di sovrapposizione permette agli algoritmi di trovare più punti in comune fra le foto, e quindi ottenere una ricostruzione migliore.

3

NUMERO DI FOTO

Il numero di foto è indicativo. Non è possibile stimare un numero di foto sufficiente per ciascuna cavità. In genere è buona norma cercare di includere con un'elevata sovrapposizione tutta l'area coinvolta dal deposito di ghiaccio. Siamo consapevoli che in alcune grotte ciò non sarà possibile.

4

GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE

Sebbene in alcune cavità sarà difficile, il consiglio è quello di scattare le foto muovendosi in linea retta, evitando il più possibile di stazionare in un punto. Le foto non vanno scattate ruotando sul posto, come se si stesse facendo una panoramica (vedi Figura 9.b).

5

ILLUMINAZIONE

L'illuminazione dovrebbe essere la più diffusa possibile. Si consiglia l'utilizzo di una o più luci continue e sufficientemente potenti. In caso di illuminazione con flash occorre acquisire tutti i fotogrammi in formato Raw, formato grezzo privo di compressione, in modo da poter recuperare luci e ombre al meglio prima di processare le foto.