

CRYOKARST

DEPOSITI DI GHIACCIO E NEVE IN GROTTA
PROTOCOLLO DI RILEVAMENTO



CRYOKARST

DEPOSITI DI GHIACCIO E NEVE IN GROTTA PROTOCOLLO DI RILEVAMENTO

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

PROGETTO CRYOKARST FVG - *CRYOSPHERE in THE KARSTIC ENVIRONMENTS OF FRIULI VENEZIA GIULIA*



Il gruppo di lavoro coordinato dall'Istituto di Scienze Polari e dal Servizio Geologico è composto da:

Responsabili scientifici

Renato R. Colucci, Istituto di Scienze Polari del CNR e Società Meteorologica Alpino-Adriatica
Paolo Manca, Servizio geologico, RAFVG
Michele Potleca, Servizio geologico, RAFVG

Gruppo di lavoro

Costanza Del Gobbo, Istituto di Scienze Polari del CNR e Società Meteorologica Alpino-Adriatica
Andrea Securo, Università Cà Foscari, Venezia, Istituto di Scienze Polari del CNR e Società Meteorologica Alpino-Adriatica
Giulio Goi, Ente Parco Naturale delle Prealpi Giulie
Emanuele Forte, Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università di Trieste
Alessio Mereu, Divulgando s.r.l.

Indice

IL PROGETTO CRYOKARST	4
area di studio	5
finalità	6
Rilievo ghiaccio	7
Rilievo neve	13
calcite criogenica	15
aggiornamento catasto	17
Rilievi 3D del ghiaccio in grotta	23
accorgimenti e informazioni per l'acquisizione fotografica nei rilievi SfM	24
selezione grotte di ghiaccio di maggior interesse per CryoKarst	25

Versione 1.1 del 11/04/2023

Le fotografie presenti in questo manuale sono a cura di Renato R. Colucci e Andrea Securo

IL PROGETTO CRYOKARST

Le attività di ricerca sulla criosfera sotterranea nelle aree carsiche di alta quota del Friuli Venezia Giulia sono attualmente condotte nell'ambito del progetto CryoKarst (*Cryosphere in the Karstic environments of Friuli Venezia Giulia*) grazie ad un 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. L'Accordo è stipulato all'interno di una Convenzione Quadro tra la Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche (DGR 202/2021). La Società Meteorologica Alpino-Adriatica, l'Ente Parco Naturale delle Prealpi Giulie, il Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università di Trieste e Divulgando s.r.l. completano il gruppo di lavoro.

Le attività previste dal progetto CryoKarst sono: 1) revisione del Catasto speleologico regionale (CSR), con particolare riferimento agli ambienti sotterranei caratterizzati dalla presenza di depositi di neve, *firn* e ghiaccio permanenti, con l'obiettivo di implementare il CSR con un database degli ambienti glaciali sotterranei della Regione FVG; 2) stesura di un protocollo di rilevamento finalizzato al monitoraggio degli ambienti glaciali sotterranei anche ad uso degli speleologi/operatori dei gruppi grotte del FVG; 3) eventi formativi finalizzati all'esecuzione di rilievi in cavità interessate da ambienti glaciali sotterranei al fine di valutare forme e caratteristiche della criosfera sotterranea; 4) monitoraggio e studio delle interazioni clima-criosfera negli ambienti glaciali sotterranei del Monte Canin in chiave climatica, paleoclimatica, geomorfologica e di evoluzione del permafrost, anche con il supporto di rilievi glaciologici tradizionali per lo studio delle interazioni tra criosfera esterna e sotterranea; 5) sviluppo e sperimentazione di tecniche SfM-MVS per l'esecuzione di rilievi tridimensionali di dettaglio volti alla caratterizzazione degli ambienti glaciali sotterranei ed alla loro evoluzione temporale; 6) eventi formativi finalizzati al trasferimento delle conoscenze acquisite di cui al punto 5); 7) divulgazione e valorizzazione dei risultati progettuali nell'ambito del sito istituzionale del CSR.



Figura 1: deposito di ghiaccio perenne in grotta.

area di studio

Il progetto CryoKarst si focalizza sulle cavità che ospitano depositi di ghiaccio perenne (figure 1) nella regione Friuli Venezia Giulia. All'interno della Regione sono state individuate quattro aree caratterizzate da un'elevata densità di grotte con ghiaccio: il Canin, i Musi, il Resettum e Piancavallo (figura 2). Tra queste, la zona del Monte Canin svolge il ruolo di "area pilota", grazie alla presenza di sistemi carsici molto sviluppati e di numerosi depositi di ghiaccio sotterraneo.

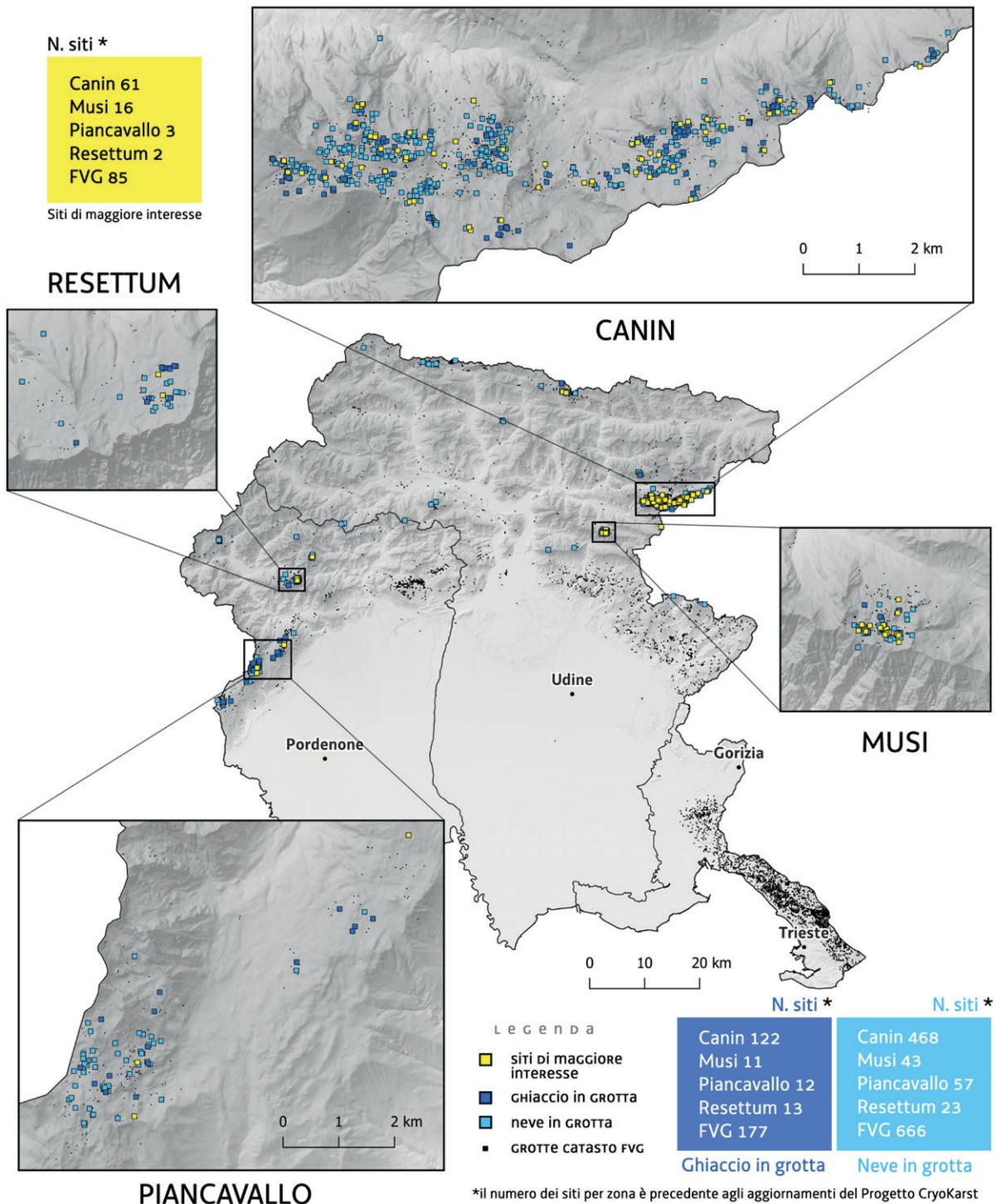


Figura 2: area di studio. L'immagine è stata realizzata con i dati del CSR.

Finalità

Il progetto CryoKarst nasce dall'esigenza di raccogliere quante più informazioni possibili sulla criosfera sotterranea della Regione Friuli Venezia Giulia. I dati raccolti potranno servire alla pianificazione di successivi monitoraggi a medio/lungo termine per valutare gli impatti delle mutazioni climatiche sulla risorsa idrica sotterranea. Considerato l'elevato numero di grotte con depositi di ghiaccio attualmente presenti sul territorio regionale, si rende necessario seguire un approccio che coinvolga più soggetti per garantire la massima copertura possibile. In quest'ottica le competenze dei gruppi speleologici regionali risultano fondamentali per implementare ed aggiornare le informazioni su alcune grotte attualmente presenti nella banca dati regionale, già preventivamente selezionate e ritenute di maggiore interesse dal gruppo di lavoro.

Questo documento, così come le attività formative pianificate nell'ambito del progetto CryoKarst, ha lo scopo di fornire ai rilevatori le informazioni base utili a caratterizzare correttamente ed univocamente i depositi di ghiaccio ipogeo. Tale attività congiunta renderà possibile ottimizzare i tempi di aggiornamento del CSR, da poco implementato per includere specificatamente campi relativi alla presenza di ghiaccio sotterraneo, oltre che fornire dati estremamente importanti per tutte le attività scientifiche connesse.

In questo documento sono presentate le linee guida per il rilevamento dei depositi di ghiaccio in grotta. L'acquisizione fotografica rimane un supporto fondamentale nella fase di interpretazione dei dati raccolti. L'ultima parte di questo documento descrive le modalità di acquisizione di un rilievo 3D a partire da semplici fotografie. Con questi dati, tramite la combinazione delle eventuali immagini acquisite dai rilevatori abbinate ai rilievi di dettaglio, sarà possibile estendere l'analisi alla quantificazione della variazione volumi.

Il periodo migliore per le attività di rilevamento si estende mediamente da luglio ad ottobre compresi, con gli eventuali depositi di neve e ghiaccio al minimo stagionale. L'interesse primario è rivolto ai depositi di neve e ghiaccio perenni (presenti da più di due anni e composti da ghiaccio stratificato) e non al ghiaccio stagionale.



Figura 3: deposito di ghiaccio perenne in grotta.

RILIEVO GHIACCIO

A seconda della sua persistenza nel tempo, il ghiaccio di grotta è definito effimero (giorni/settimane), stagionale (inverno), interannuale (1 anno; figura 6) e perenne (> 2 anni; figure 1, 3, 4, 5). **Interesse di questo studio è esclusivamente il ghiaccio perenne.** Il termine *ghiaccio fossile*, molto usato in ambito speleologico, è in realtà assente in letteratura scientifica. Si raccomanda quindi di utilizzare al posto del termine *ghiaccio fossile*, il termine *ghiaccio perenne*.

Il *ghiaccio perenne* può formarsi con quattro modalità principali: 1) congelamento di acqua di percolazione; 2) metamorfismo da neve; 3) accumulo e sedimentazione; 4) sublimazione. Il suo aspetto visivo risulta massivo, quasi sempre stratificato (figure 4, 5.a, b, c, d) e con presenza di bolle d'aria (figure 5.a, 9.c, d) e impurità di vario genere (figura 8), spesso concentrate in livelli sub-orizzontali.

Il *ghiaccio effimero*, *stagionale* e *interannuale* differiscono invece dal *ghiaccio perenne*, in particolare risultando più trasparenti o caratterizzati da evidenti reticoli esagonali sulla superficie (figura 6.e). Un esempio di queste tre categorie è rappresentato dalle stalattiti e stalagmiti di ghiaccio (figura 6.a, b, c) che si possono formare durante l'inverno anche agli ingressi delle grotte del Carso triestino, oppure da lastre irregolari di ghiaccio con poco spessore in grado di ricoprire limitate porzioni di detrito (figura 6.d). Queste evidenze possono comunque essere indicate nelle note.

Tutte le modalità di rilevamento per la caratterizzazione del ghiaccio perenne sono elencate in tabella 1. Ogniqualevolta si richiami il termine ghiaccio si fa riferimento al *ghiaccio perenne* così come descritto in questa sezione.

Risulta sempre molto importante segnalare la presenza di micro- o macro-inclusioni (figura 8) nel deposito di ghiaccio (inclusioni argillose o simili, foglie, rami, tronchi, insetti, ecc.).



Figura 4: esempio di deposito di *ghiaccio perenne* in grotta con evidente stratificazione.



Figura 5: esempi di depositi 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 6: 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).

CAMPO	DESCRIZIONE
Descrizione ghiaccio	Descrivere la forma (lago ghiacciato, forma complessa tridimensionale, presenza di vuoti/cavità nel ghiaccio) e le caratteristiche del/dei deposito/i, separatamente se più di uno: ghiaccio stratificato, massiccio, trasparente, opaco, presenza di bolle d'aria all'interno, presenza di stalagmiti e/o stalattiti e/o cascate di ghiaccio, presenza di detrito (argilla, sabbia, clasti, calcite criogenica, ecc..) e/o materiale organico (foglie, insetti, rami, ecc..) al suo interno. Indicare la localizzazione del/dei deposito/i (ingresso e/o ambienti interni). Indicare o stimare, ove possibile, se si tratta di ghiaccio stagionale o pluriennale. Indicare eventuali presenze di brine e/o fioriture ghiacciate sulle pareti rocciose.
Dimensioni deposito ghiaccio	Stimare o, se possibile, misurare lunghezza e larghezza del/dei deposito/i (figura 7) e descriverne la forma. Indicare se il/i deposito/i è/sono in contatto con le pareti rocciose della grotta.
Spessore stimato ghiaccio	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.

Tabella 1: Elementi da annotare per i rilievi di depositi di ghiaccio.

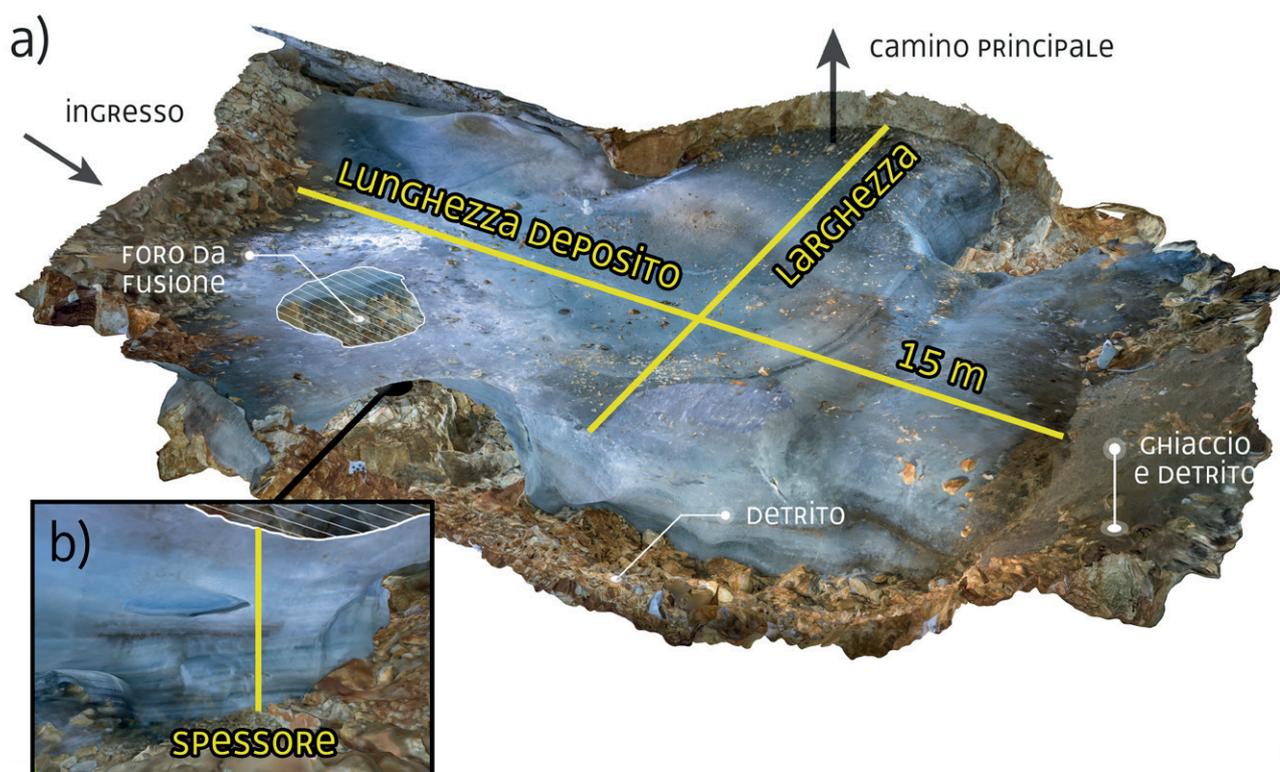


Figura 7: esempio di rilievo delle dimensioni di un deposito di ghiaccio in grotta.



Figura 8: 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).

Si raccomanda di segnalare la presenza di inclusioni organiche, ma di non prelevare nessun reperto. Sarà il gruppo di lavoro di CryoKarst eventualmente a prelevare i campioni.

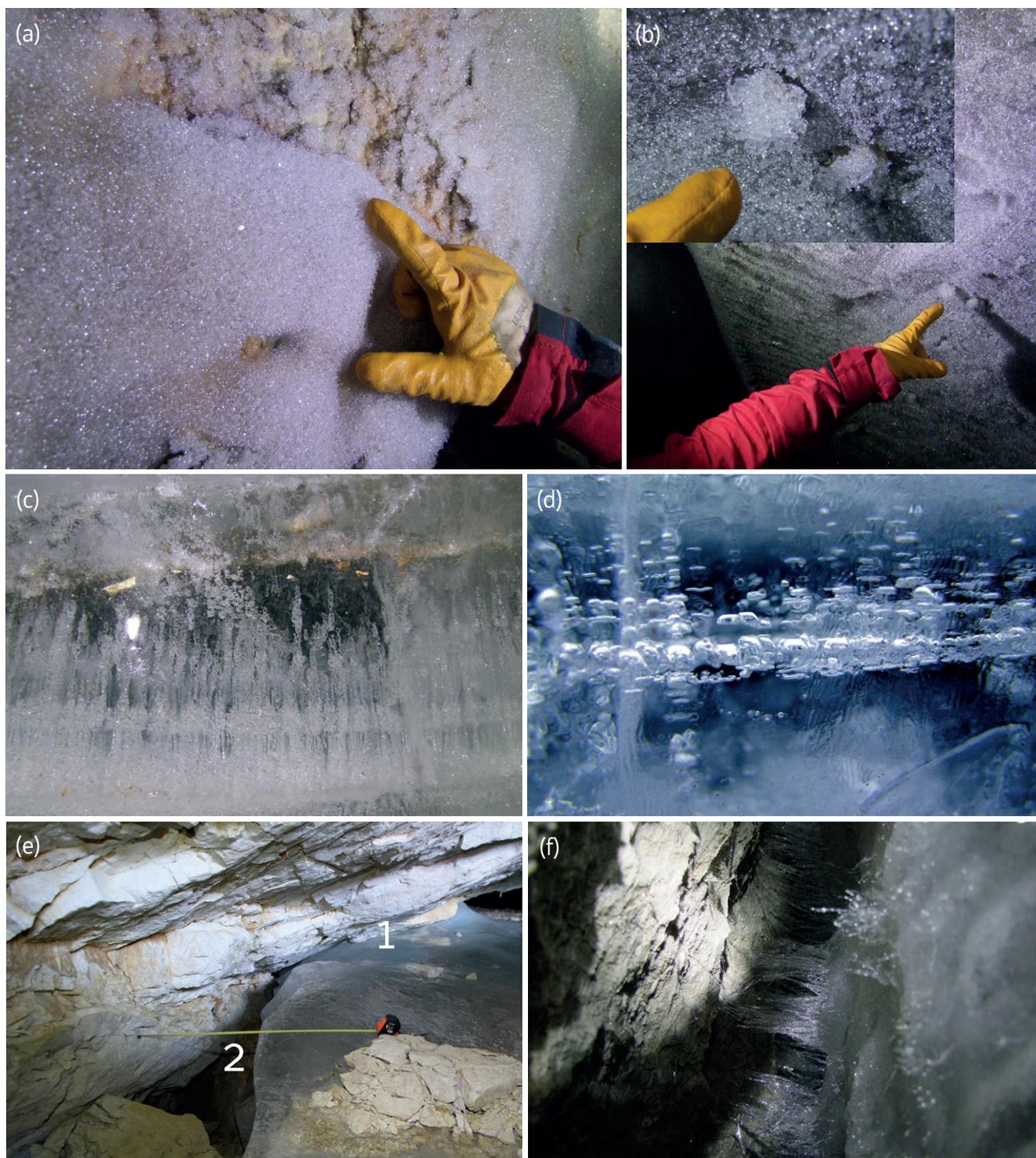


Figura 9: altri aspetti e dettagli della criosfera sotterranea: brine su parete rocciosa (a); brine su parete di *ghiaccio perenne* (b); particolare con bolle d'aria (c, d), deposito di ghiaccio in contatto (e.1) e non più in contatto (e.2) con la parete rocciosa; eccentriche (f).

Rilievo neve

La neve che troviamo in grotta (figure 10, 11) può avere diverse consistenze e caratteristiche a seconda delle modalità di deposizione e del metamorfismo che l'ha interessata. Le modalità di accumulo sono tipicamente quella diretta (nevicata), l'accumulo da valanga, il trasporto eolico. È importante indicare la/le possibili modalità prevalente/i di accumulo, così come l'eventuale coesistenza con il ghiaccio, se visibile. Tutte le modalità di rilevamento per la caratterizzazione della neve sono elencate in tabella 2.

Risulta sempre molto importante segnalare la presenza di micro- o macro-inclusioni nel deposito di neve (inclusioni argillose o simili, foglie, rami, tronchi, insetti, ecc.), ovvero la presenza ed il colore di eventuali depositi superficiali (figura 11.e).

CAMPO	DESCRIZIONE
Descrizione neve	Descriverne la consistenza e le caratteristiche (neve asciutta, umida, bagnata), la localizzazione dei depositi (ingresso, fondo, altro), la presenza di detrito (argilla, sabbia, clasti, ecc..) e/o materiale organico (foglie, insetti, rami, ecc..), eventuale colorazione superficiale della neve (rosso, verde, altro) così come l'eventuale coesistenza con ghiaccio, se visibile. Indicare il verosimile modo di accumulo della neve: nevicata, 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.

Tabella 2: Elementi da annotare per il rilievi di depositi di neve.



Figura 10: deposito di neve (a); coesistenza di ghiaccio e neve (b).



Figura 11: coesistenza di ghiaccio e neve (a, c); imponente deposito di neve con scallops da circolazione d'aria (b); lago sopraglaciaie da fusione nivale (d), fioritura algale verde su deposito nivale (e)

In determinate circostanze ghiaccio e neve possono presentare un aspetto piuttosto simile, fatto che complica il loro riconoscimento.

In linea generale i depositi di ghiaccio perenne sono stratificati, con bolle d'aria ed inclusioni al loro interno ed hanno elevata densità e una colorazione variabile che può essere trasparente, grigia o con tonalità azzurre; mentre i depositi di neve sono caratterizzati da una colorazione più biancastra e da una densità minore.

calcite criogenica

La calcite criogenica (figure 12 e 13) 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. E' proprio il processo di congelamento che porta alla segregazione del soluto e alla successiva precipitazione del carbonato che, per questo motivo, è detto "criogenico".

L'aspetto della calcite criogenica è variabile, ma spesso è caratterizzato da conglomerati di cristalli di varie dimensioni dalle colorazioni biancastre, giallastre o tendenti al marrone. Raramente si possono osservare cristalli singoli di dimensioni centimetriche. La precipitazione del soluto può avvenire con modalità differenti che determinano la forma e la dimensione dei cristalli.

Trattandosi di fatto di uno speleotema, così come lo sono stalattiti e stalagmiti, i cristalli di calcite criogenica rappresentano una importante fonte di informazioni paleoclimatiche.

Si chiede di prestare quindi molta attenzione ad eventuali depositi con caratteristiche simili a quelle evidenziate nelle immagini seguenti, segnalandone la loro presenza.

La calcite criogenica può essere osservata sia al di sopra delle superfici ghiacciate (figura 12.a, b), sia in sottili strati all'interno del ghiaccio (figura 12.c), così come in grotte attualmente prive di ghiaccio (figura d).

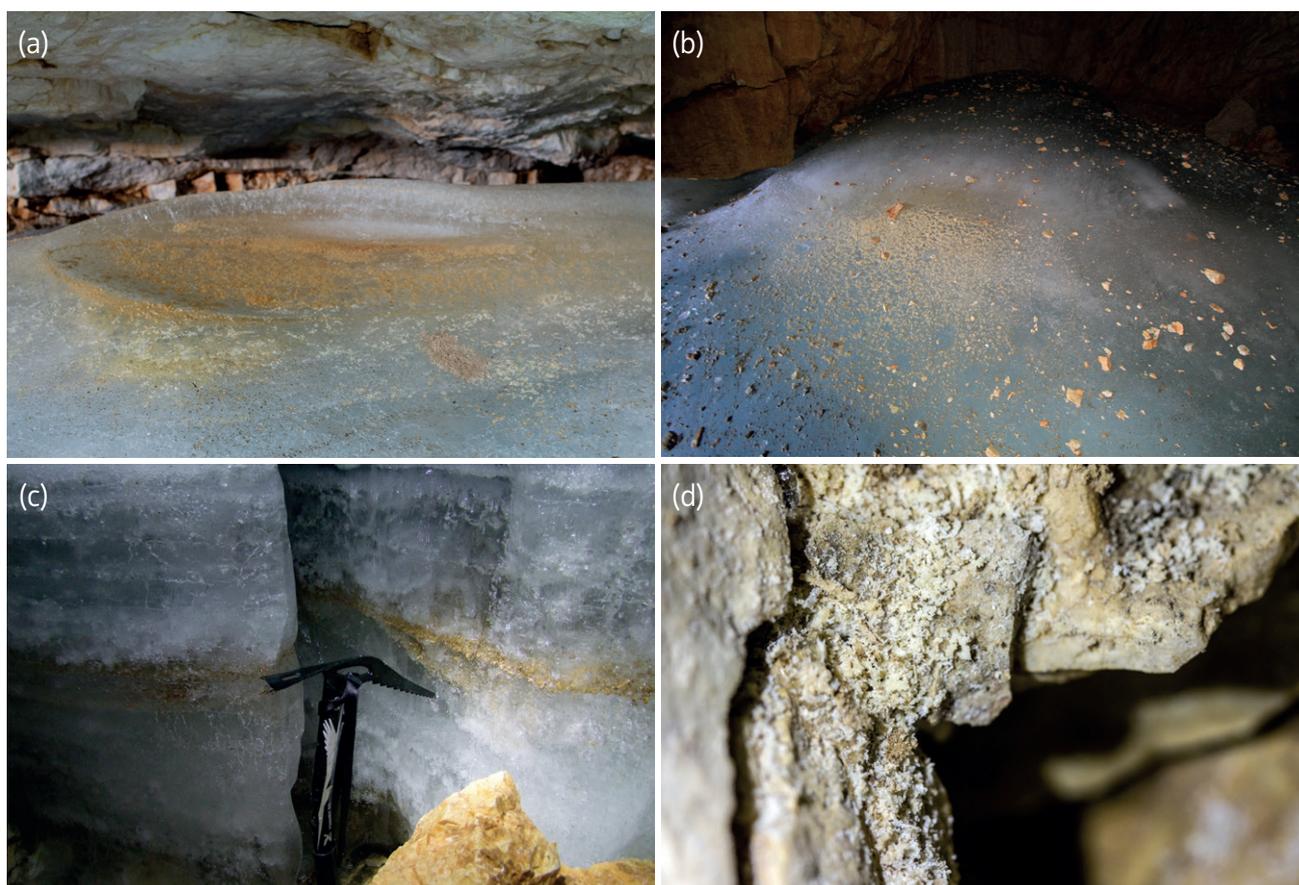


Figura 12: cristalli di calcite criogenica al di sopra di un deposito di *ghiaccio perenne* (a, b); in-situ, ancora all'interno del deposito di ghiaccio (c); deposta a terra in seguito alla fusione del ghiaccio (d).



Figura 13: recenti ritrovamenti di cristalli di calcite criogenica: dendritici di probabile neo-formazione (a, b, d, e), in macro-cristalli (c), in agglomerati cementati (f).

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

aggiornamento catasto

1

La acquisizione delle informazioni raccolte dai Gruppi speleologici avviene per mezzo del Catasto Speleologico Regionale (CSR) a cui si accede tramite il seguente link, previa registrazione al sito del Catasto stesso:



accesso CSR

2

Una volta effettuato l'accesso al sito, si seleziona la sezione "Segnala/Aggiorna cavità" e si sceglie "Aggiorna cavità."

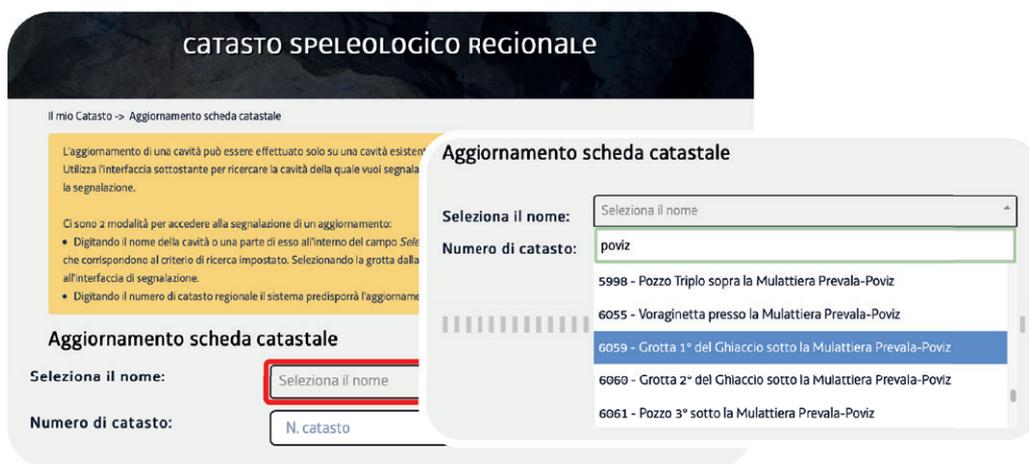


aggiorna cavità

3

selezione cavità

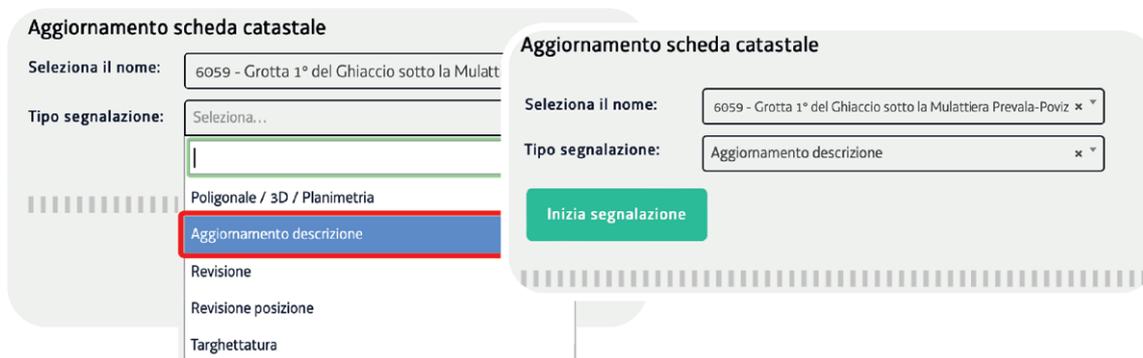
Si procede selezionando la cavità rilevata. La ricerca può essere fatta in base al nome della grotta, come nell'esempio in figura, o al numero di catasto.



4

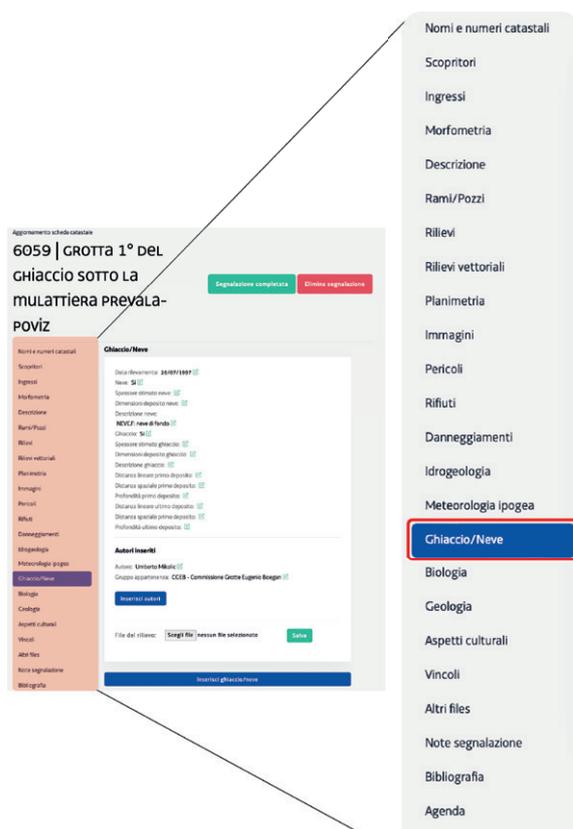
segnalazione

Successivamente si sceglie "Aggiornamento descrizione" dal menù a tendina che appare selezionando "Tipo di segnalazione". A quel punto il pulsante "Inizia segnalazione" si attiverà diventando verde.



5

scheda catastale



Per aggiornare i dati sulle grotte di ghiaccio selezionare il campo "Ghiaccio/Neve" nella lista dei campi che compongono la scheda catastale.

A questo punto, se la grotta presenta già il campo ghiaccio/neve compilato, si procederà aggiornando tale campo [paragrafo 6.1]; in caso contrario, si potranno inserire le informazioni su ghiaccio e neve ex novo [paragrafo 6.2].

6.1

Per aggiornare una voce si può agire direttamente sui singoli campi [6.1]

Ghiaccio/neve

Ghiaccio/Neve

Neve:

Spessore stimato neve:

Dimensioni deposito neve:

Descrizione neve:

Ghiaccio: →

Spessore stimato ghiaccio:

Dimensioni deposito ghiaccio:

Descrizione ghiaccio:

GHIACC.F: ghiaccio di fondo

Distanza lineare primo deposito:

Distanza spaziale primo deposito:

Profondità primo deposito:

Distanza lineare ultimo deposito:

Distanza spaziale primo deposito:

Profondità ultimo deposito:

Aggiorna il dato

Seleziona...

Seleziona...

Si

No

Chiudi Aggiorna

6.2

In alternativa, per inserire nuove informazioni si può selezionare "Inserisci ghiaccio/neve" e da lì compilare i campi desiderati.

Ghiaccio/neve

Inserisci ghiaccio/neve

Inserisci ghiaccio/neve

Data rilevamento

Neve

Ghiaccio

Primo deposito

Distanza lineare (m)	Distanza spaziale (m)	Profondità (m)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Ultimo deposito

Distanza lineare (m)	Distanza spaziale (m)	Profondità (m)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

File del rilievo *

Scegli file nessun file selezionato

Inserisci

7.1

Procedendo dal punto 6.2, selezionando "Ghiaccio" --> "Sì", compaiono automaticamente i campi da completare relativi al Ghiaccio.

Ghiaccio

Seleziona...

Si

No



Ghiaccio

Si

Spessore stimato ghiaccio (m)

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

Dimensioni deposito ghiaccio

stimare o, se possibile, misurare lunghezza e larghezza del/dei deposito/i e descriverne la forma. Indicare se il/i deposito/i è/sono in contatto con le pareti rocciose della grotta

Descrizione ghiaccio

Descrizione ghiaccio

descrivere la forma (lago ghiacciato, forma complessa tridimensionale, presenza di vuoti/cavità nel ghiaccio) e le caratteristiche del/dei deposito/i, separatamente se più di uno: ghiaccio stratificato, massiccio, trasparente, opaco, presenza di bolle d'aria all'interno, presenza di stalagmiti e/o stalattiti e/o cascate di ghiaccio, presenza di detrito (argilla, sabbia, clasti, calcite criogenica, ecc...) e/o materiale organico (foglie, insetti, rami, ecc...) al suo interno. Indicare la localizzazione del/dei deposito/i (ingresso e/o ambienti interni). Indicare o stimare, ove possibile, se si tratta di ghiaccio stagionale o pluriennale. Indicare eventuali presenze di brine e/o fioriture ghiacciate sulle pareti rocciose.

7.2

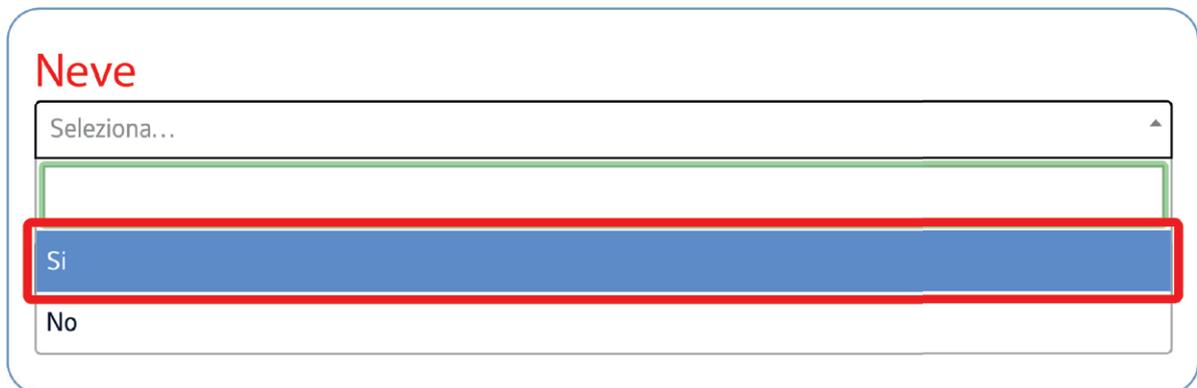
Procedendo dal punto 6.2, selezionando "Neve" --> "Sì", compaiono automaticamente i campi da completare relativi alla Neve.

Neve

Seleziona...

Si

No



Data rilevamento

Data rilevamento

Neve

Si

Spessore stimato neve (m)

stimare o, se possibile, misurare lo spessore del/dei deposito/i di neve

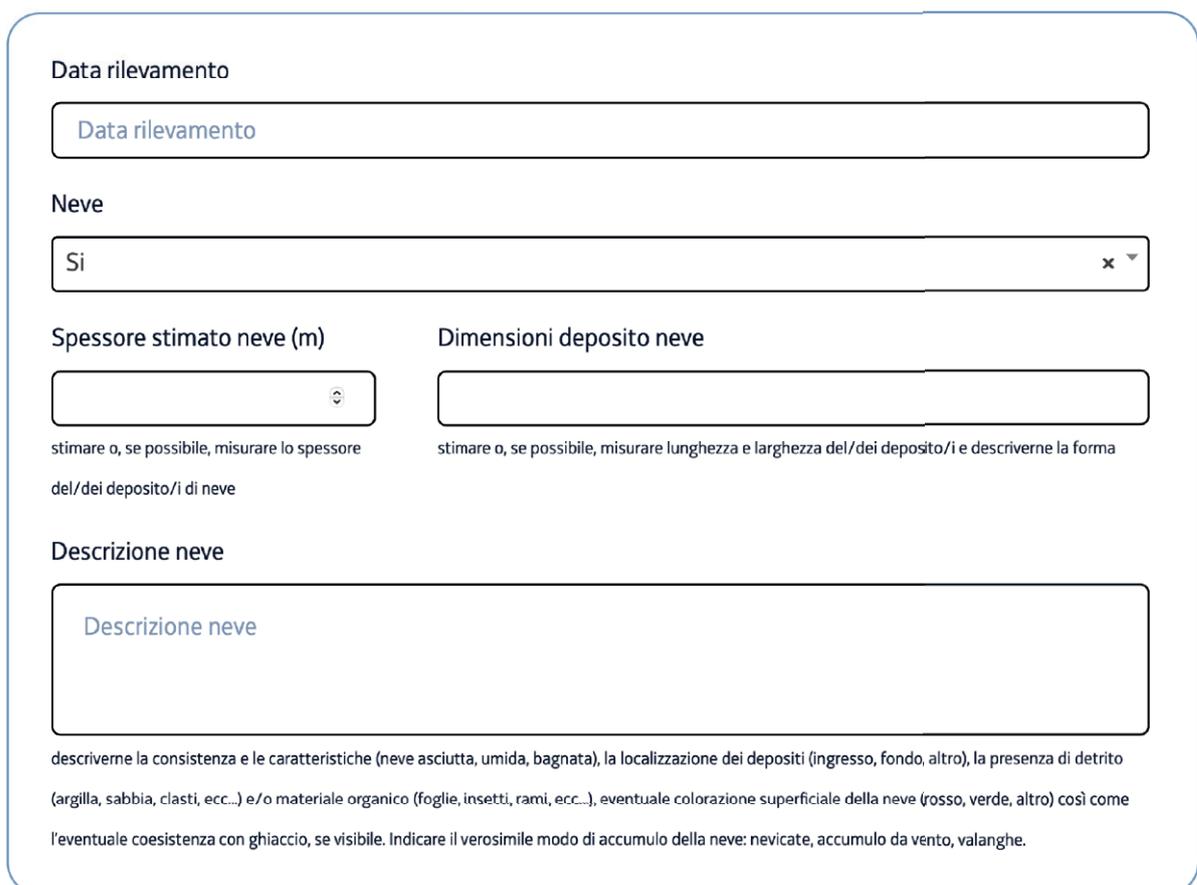
Dimensioni deposito neve

stimare o, se possibile, misurare lunghezza e larghezza del/dei deposito/i e descriverne la forma

Descrizione neve

Descrizione neve

descrivere la consistenza e le caratteristiche (neve asciutta, umida, bagnata), la localizzazione dei depositi (ingresso, fondo, altro), la presenza di detrito (argilla, sabbia, clasti, ecc...) e/o materiale organico (foglie, insetti, rami, ecc...), eventuale colorazione superficiale della neve (rosso, verde, altro) così come l'eventuale coesistenza con ghiaccio, se visibile. Indicare il verosimile modo di accumulo della neve: nevicate, accumulo da vento, valanghe.



8

Procedendo dal punto 7.1 e 7.2, si inseriscono le informazioni relative alla localizzazione dei depositi di ghiaccio e si carica il rilievo.

Localizzazione Depositi

Primo deposito

Distanza lineare (m)	Distanza spaziale (m)	Profondità (m)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Ultimo deposito

Distanza lineare (m)	Distanza spaziale (m)	Profondità (m)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

File del rilievo *

Scegli file nessun file selezionato

Inserisci

* Inserire solamente file jpeg o png di max 5MB.

9

Concluso l'inserimento dei dati si procede con l'invio della segnalazione, cliccando su "Segnalazione completata".

invio segnalazione

Aggiornamento scheda catastale

6059 | GROTTA 1° DEL
GHIACCIO SOTTO LA
MULATTIERA PREVALA-POVIZ

Segnalazione completata **Elimina segnalazione**

Invio segnalazione ×

Ho completato la compilazione dei dati e voglio inviare la segnalazione al catasto per la validazione dati e successiva pubblicazione

No **Si**

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 completata Elimina 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 può tappare 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: 10 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

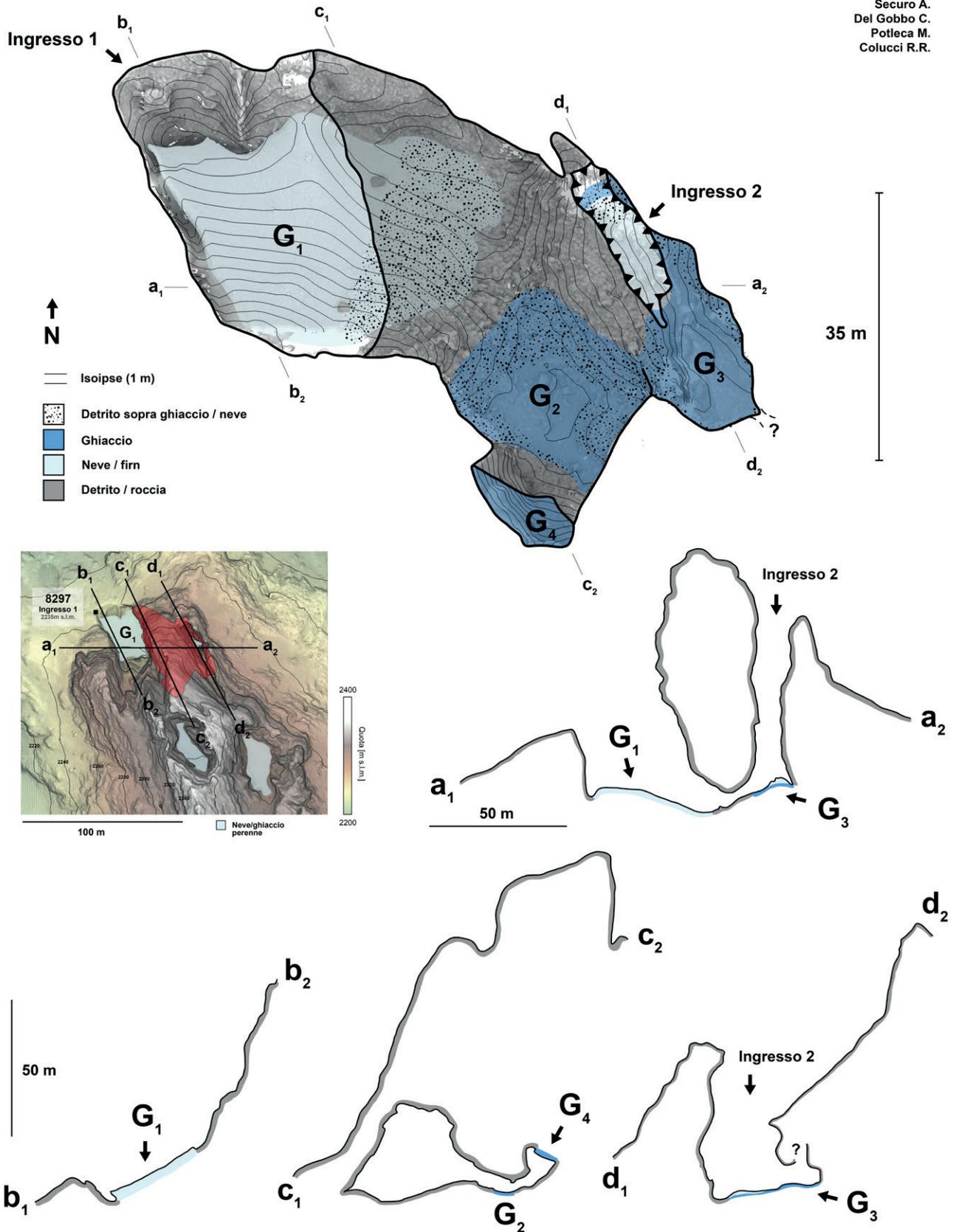
Distanza spaziale primo deposito: 82 m

Profondità ultimo deposito:

8297 | Grotta del Vasto

22 Novembre 2022

Securo A.
Del Gobbo C.
Potleca M.
Colucci R.R.



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.**

Il progetto CryoKarst, oltre a monitorare la criosfera sotterranea, mira anche ad aggiornare il CSR, quindi si chiede ai rilevatori di inserire le informazioni raccolte sull'apposito sito (<http://www.catastogrotte.fvg.it>) seguendo le modalità descritte da pagina 17 a pagina 22 di questo documento. Una volta completata la procedura, l'aggiornamento dovrà essere validato dal personale del Servizio Geologico, prima della pubblicazione ufficiale.

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 (figura 14.a, b). La facilità di acquisizione e l'utilizzo di attrezzatura relativamente economica e portatile (una semplice fotocamera e alcune luci/flash) rendono questo metodo ideale per ambienti particolarmente remoti.

La parte di *processing* (figura 14.c, d) che segue l'acquisizione è abbastanza onerosa, soprattutto in termini di potenza di calcolo, per cui i dati verranno processati dal gruppo di lavoro di Cryokarst (figura 15). Quando possibile è auspicabile l'acquisizione di una serie di fotografie con le modalità qui descritte, che permetterà la realizzazione delle ricostruzioni 3D.

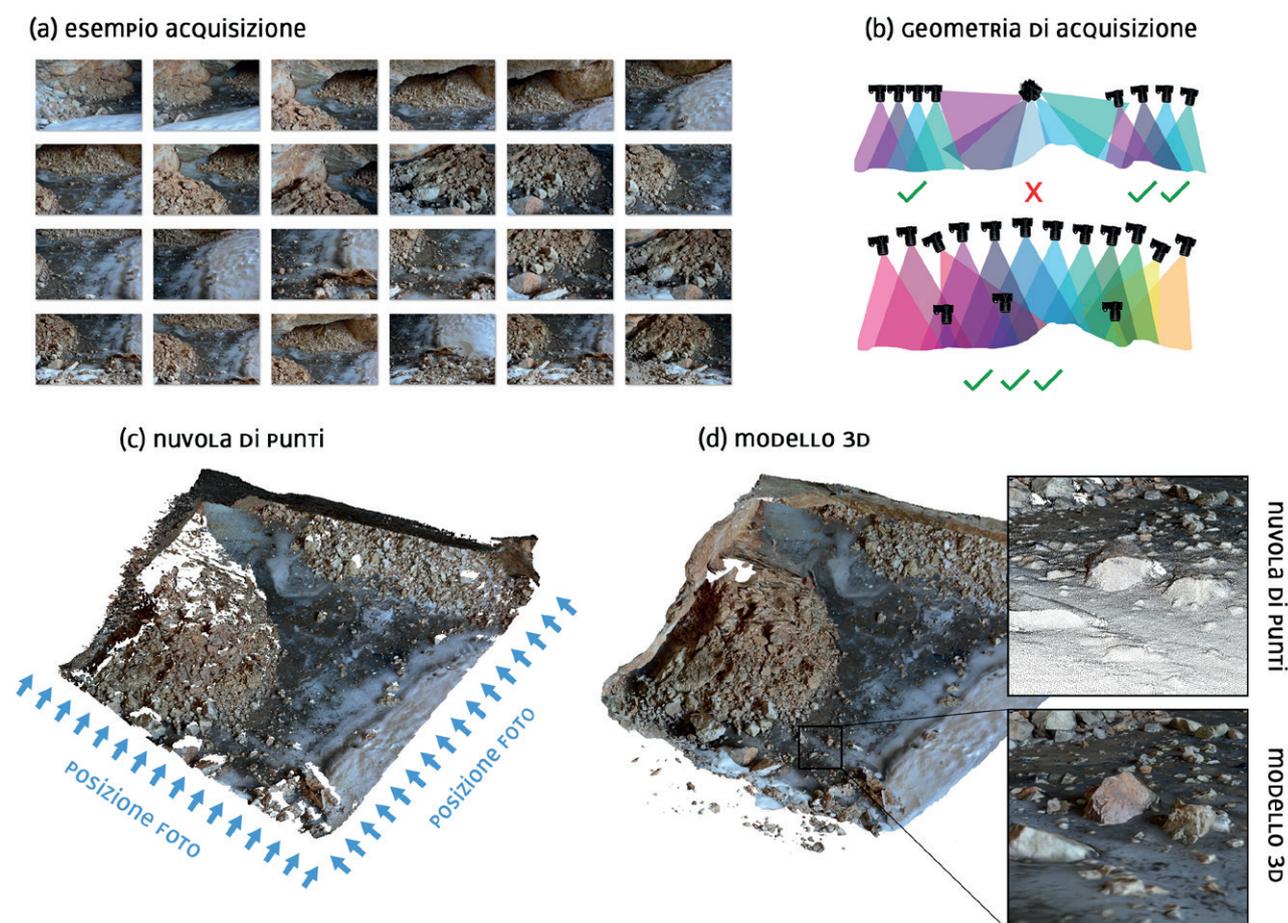


Figura 14: esempio di acquisizione Structure from Motion (SfM) (a), con la geometria di acquisizione ideale (b). La fase di processing è costituita dalla composizione della nuvola di punti dalle foto (c) e dalla ricostruzione di un modello 3D della cavità (d).

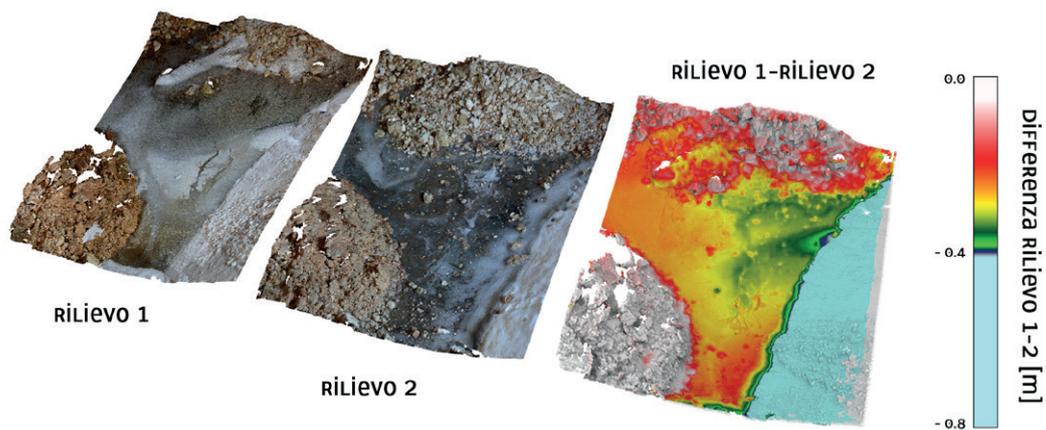


Figura 15: Confronto tra nuvole di punti: differenze in volume e in millimetri di acqua equivalente calcolate a partire da due rilievi.

accorgimenti e informazioni per L'acquisizione FOTOGRAFICA nei rilievi SfM

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 14.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.

selezione GROTTA DI GHIACCIO

DI MAGGIOR INTERESSE PER CRYOKARST

N.	Nome	Quota Ingresso m.s.l.m.	Anno Rilievo
855	GROTTA DELLE TRINE	1632	1965
1360	POZZO 3° PRESSO IL RIFUGIO GILBERTI	1830	1964
1628	INGHIOTTITOIO DI CADIN DOSAIP	1754	1986
1703	ABISSO A N DI CAMPO	1588	1967
1728	VORAGINE ALLA BASE DEL MONTE CANIN	2200	1968
1772	ABISSO SPERANZA	1555	2003
1789	GROTTA DEL GHIACCIO	2005	1968
1984	POZZO DELLA SPERANZA	1994	1970
1977	BUSO DEL FREDDO	1833	1970
2096	GROTTA DEL GHIACCIO	1870	2002
2091	GROTTA DELLA NEVE	1800	1970
2096	GROTTA DEL GHIACCIO	1870	2002
2166	POZZO DEL MONTE MUSI	1520	1992
2505	POZZO 5° A S DEL MONTE SART	2029	1974
2554	VORAGINE 5° SUL MONTE CIMONE	2250	1975
2766	CAVERNA A W DI CIMA INESE	1720	1987
2801	GROTTA A NNE DELLA FORCHIA DI TERRA ROSSA	1984	1975
3317	GROTTA A NE DEL PIC DI GRUBIA	1966	1976
3361	GROTTA A S-SE DI SELLA NEVEA	1680	1978
3466	POZZO 2° SOPRA PIAN DELLE LOPE	1700	1980
3476	ABISSO 1° DEL PICUT	1835	1980
3605	GROTTA A N-NW DEL PIC DI CARNIZZA	2012	1982
3615	GROTTA A SE DI QUOTA 2009	1985	1982
3645	GROTTA AD E DELLA QUOTA 2036	2006	1991
3862	GROTTA A N DEL PIC DI CARNIZZA	1990	1982
3863	ABISSO 3° DEL MONTE POVIZ	1817	1982
4029	POZZO 2° A N DELLA FORCHIA DI TERRA ROSSA	2035	1983
4063	GROTTA SOPRA IL LIVINAL CIALDERIE	1650	1981
4066	GROTTA PRESSO IL CAMPO DEGLI ALPINI	1721	2011
4334	GROTTA PRESSO SELLA ROBON	1780	1985
4415	GROTTA O DEL MONTE RESETTUM	1611	1987
4450	BUSO DEL GIAS	1515	1987
4553	GROTTA 1/88 DEL MONTE RESETTUM	1750	1988
4553	GROTTA 1/88 DEL MONTE RESETTUM	1750	1988
4569	COMPLESSO 0104-0112	1960	1998

N.	Nome	Quota Ingresso m.s.l.m.	Anno Rilievo
4572	abisso FREEZER	1437	1992
4817	BUSE DA NEIF	1870	1990
4864	BUCO GHIACCIATO SUL MONTE ROBON	1918	1987
4872	CAVERNA DEL GHIACCIO A S DEL MONTE POVIZ	1888	1987
4879	POZZO 3° AD E DEL PICCO DI MEZZODÌ	1832	1996
5047	GROTTA 1° A N DEL COL SCLAF	1925	1990
5132	POZZO 6° SOPRA IL LIVINAL LUNG	1814	1991
5279	CAVERNA A 8	1660	1993
5282	ABISSO DEL GHIACCIO	1615	1993
5299	GROTTA DELLA FRANA	1600	1993
5300	GROTTA DEL CANALONE	1575	1993
5422	ABISSO DEL LANCIO	1829	1995
5431	POZZO IAZERA	1910	1994
5432	POZZO AD E DEL COL SCLAF	1930	1994
5442	POZZO 94R3 SUL MONTE ROBON	1911	1994
5449	GROTTA SOTTO LA FERITOIA	1900	1994
5457	GROTTA DEL FORTE EXCALIBUR	1660	1993
5554	ABISSO DEL PESCE	1920	2017
5641	GROTTA X 31	1650	1995
5653	VORAGINE DEL RODODENDRO	1650	1995
5654	GROTTA FANTASMA	1650	1995
5743	R795	1890	1995
5838	GROTTA DEL FRIGO	1846	1996
5840	POZZO DOPPIO	1819	1996
5904	POZZO CRS 1 96	1920	1996
5943	GROTTA PUNTA SPIN	1550	2000
6031	GROTTA X 14	1735	1996
6034	POZZO G 10	1650	1996
6053	GROTTA SBB 16	1670	1996
6059	GROTTA 1° DEL GHIACCIO SOTTO LA MULATTIERA PREVALA-POVIZ	1903	1997
6060	GROTTA 2° DEL GHIACCIO SOTTO LA MULATTIERA PREVALA-POVIZ	1960	1997
6160	TEMPIO DEL GHIACCIO	1870	1998
6185	GROTTA A NW DI SELLA GRUBIA	1929	1998
6250	GROTTA DEL CANDELABRO	1840	1997
6306	GROTTA DELLE COLONNE DI GHIACCIO A S DEL SART	1952	1998
6375	GROTTA DELLA NEVICATA	1625	1999
6556	ABISSO NOTTE DEI CRISTALLI	1805	2001
6652	BUCO DELLE FOGLIE	1808	2004
6703	GROTTA 01/02	1950	2002
6749	POZZO RS 13	2086	2002
6832	VORAGINE 2° PRESSO IL TEMPIO DEL GHIACCIO	1865	2002

N.	Nome	Quota Ingresso m.s.l.m.	Anno Rilievo
7030	GROTTA DEL TONNO	1805	2005
7165	abISSO PUZZA DI FAGLIA	1830	2004
7363	POZZO SUPERNATURAL	1787	2002
7364	POZZO WALKING ON ICE	1990	2003
7536	VORAGINE AD E DI CIMA MOGENZA PICCOLA	1634	2011
7644	GROTTA G.C.1	2177	2008
7646	abISSO URSIC 2	2235	2006
7780	DOBRA P	1835	2002
7794	CAVERNA DEL GHIACCIO A SSW DEL MONTE POVIZ	1817	2012
8076	GROTTA SOTTO LE BABE	1711	2017
8119	abISSO GRATTACHECCA	1739	2021

CRYOKARST

CONTATTI

da usare esclusivamente per le finalità di questo progetto
(invio del materiale fotografico, segnalazioni specifiche):

e-mail: cryokarst@gmail.com

Questo documento e il manuale da campagna
sono scaricabili all'indirizzo :

<https://catastogrotte.regione.fvg.it/pagina/105/download>



Il link è accessibile dalla homepage del CSR, cliccando sulla voce "Strumenti"
nel menù principale e quindi su "Download Dati".

Per facilitare l'organizzazione dei vari gruppi speleologici ed evitare che più gruppi rilevino la stessa grotta
vi chiediamo di utilizzare l'**agenda della grotta** che si trova nella sezione "Strumenti" del menù principale
del sito internet del CSR, inserendo poi come scopo "rilievo CryoKarst".

Link e QR code dell' agenda della grotta:

<https://catastogrotte.regione.fvg.it/agenda>



