

# **Geo-datasets ed eterogeneità delle fonti cartografiche originarie: il caso del S.I.T. delle cavità naturali nell'area della Riserva Naturale Integrale "Grotta di Santa Ninfa" (TP)**

Paolo Madonia<sup>(a)</sup>, Marco Bracci<sup>(b)</sup>, Marianna Cangemi<sup>(c)</sup>,  
Giulia Casamento<sup>(c)</sup>, Francesco Paolo Di Trapani<sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup> Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo,  
via U. La Malfa 153, 90146 Palermo, email: paolo.madonia@ingv.it

<sup>(b)</sup> Dipartimento DiSTeM, via Archirafi 20, 90123 Palermo, email: marcobracci@gmail.com

<sup>(c)</sup> Legambiente, Riserva Naturale 'Grotta di Santa Ninfa', Castello di Rampinzeri, 91029 Santa Ninfa (TP), email: santaninfa@legambienteriserve.it.

## **1. Introduzione ed inquadramento della problematica**

La Riserva Naturale Integrale "Grotta di Santa Ninfa", attualmente gestita da Legambiente e ricadente nei territori comunali di Santa Ninfa e Gibellina (TP), è stata istituita nel 1996 per la tutela e la valorizzazione di un'area di notevole interesse geologico e paesaggistico. Il territorio della riserva si articola all'interno di un vasto affioramento di rocce gessose, interessato da un'intensa fratturazione che ha dato luogo alla formazione di un elevato numero di cavità sotterranee. La riserva è dedicata alla protezione della maggiore cavità dell'area, denominata "La Grotta", che si articola secondo livelli di gallerie sovrapposte. Il più basso di questi è interessato da scorrimento idrico attivo ad opera di un torrente sotterraneo, alimentato per buona parte da una cavità idrica assorbente posta a monte della grotta (Inghiottitoio del Biviere), che drena verso il sottosuolo acque di deflusso superficiale. Questo corso idrico sotterraneo viene nuovamente a giorno attraverso una sorgente per affioramento della falda basale nel margine meridionale dell'affioramento gessoso, dove questo viene a contatto con il complesso impermeabile sottostante.

Sistemi idrogeologici come quello descritto presentano la particolarità di svilupparsi come concatenazione di segmenti di scorrimento idrico parte superficiale e parte sotterraneo. Ne consegue che la mancanza di continuità superficiale tra due segmenti non implica necessariamente che questi siano disconnessi idraulicamente, in quanto la loro connessione potrebbe essere garantita da un segmento sotterraneo di collegamento.

Risulta pertanto evidente come sia di estrema importanza ai fini delle attività gestionali la disponibilità di un *geodataset* contenente le informazioni spaziali e descrittive relative alle altre cavità ubicate nei territori limitrofi a quello della riserva: se ad esempio un inquinante fosse disperso in superficie in un segmento di reticolo idrografico apparentemente non connesso a quello della

riserva, tale connessione potrebbe invece essere garantita da un segmento sotterraneo, causando un inquinamento delle acque de "La Grotta".

Tenuto conto delle considerazioni di cui sopra si è ritenuto opportuno sviluppare un *geodataset* contenente le informazioni di sviluppo spaziale relative a tutte le cavità sotterranee note (e rilevate topograficamente) della zona. L'implementazione di tale *geodataset* presenta diverse difficoltà, in quanto esso descrive oggetti spaziali a topologia poligonale che si articolano al di sotto della superficie topografica rappresentabile cartograficamente (cavità naturali), avendo come unica interfaccia con questa un elemento a topologia puntuale (ingresso). Ciò implica l'adozione di tecniche di posizionamento e rilevamento topografico di questi diversi elementi molto differenti tra di loro.

Le cavità naturali sono ambienti di difficile accessibilità e percorribilità, spesso tortuosi ed angusti, completamente privi di luce tranne che nelle aree limitrofe agli ingressi e caratterizzati da umidità atmosferica elevata e spesso condensante.

In conseguenza di ciò le tecniche di rilevamento topografico utilizzabili sono limitate alla poligonazione aperta, effettuata con metodologie di tipo speditivo (rollina metrica, bussola ed inclinometro tipo *Suunto* o similari) ad errore elevato e comunque non quantificabile (a meno che la cavità non abbia diversi ingressi che consentano l'effettuazione di poligoni chiuse), spesso effettuate da personale non professionale (speleologi) con conoscenze amatoriali delle tecniche topo-cartografiche.

Tali poligoni hanno come punto di origine l'ingresso delle cavità, il quale può essere inquadrato rispetto ad un sistema di riferimento cartografico utilizzando metodologie anche estremamente precise come quelle *GNSS*. Con l'abolizione del disturbo della *selective availability* del segnale GPS, avvenuto il 2 maggio 2000, questa metodologia di facile utilizzo ha consentito anche a personale non professionale di eseguire inquadramenti globali di punti con precisione compatibile con le esigenze di posizionamento cartografico a scale non maggiori di 1:10,000.

Per quanto concerne invece i posizionamenti degli ingressi delle cavità effettuati prima del 2000, questi venivano realizzati attraverso triangolazione da punti noti con misure angolari acquisite con bussole da campo, spesso senza indicazione della avvenuta correzione dell'errore di declinazione magnetica. Con questo tipo metodologia, nel caso in cui gli ingressi ricadessero in aree naturali prive di punti di riferimento evidenti, gli errori sulla loro posizione possono essere anche dell'ordine di 100-150 m.

Questo tipo di problematiche sono intervenute nella implementazione della struttura dati SIT relativa alle cavità naturali dell'area di Santa Ninfa, descritta nella presente comunicazione

## **2. Materiali e metodi**

Le planimetrie delle cavità naturali utilizzate per la creazione del relativo *geodataset* sono quelle riportate nella carta allegata al volume a stampa a cura

di Agnesi, Macaluso (1989), riportante i risultati delle indagini compiute nel 1986 dal Gruppo nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia del C.N.R., Sezione Carsismo e Speleologia Fisica.

Le coordinate UTM WGS84 degli ingressi delle cavità naturali ancora rintracciabili, dopo le complesse trasformazioni ambientali subite dalle aree limitrofe al territorio della riserva negli ultimi decenni, sono state misurate nell'ambito di un rilievo commissionato dall'ente gestore nel 2008. Gli ingressi raggiungibili in sicurezza sono stati misurati tramite GPS differenziale utilizzando una coppia di ricevitori singola frequenza Magellan Thales. Gli ingressi non raggiungibili se non attraverso tecniche di posizionamento tramite fune (cavità in parete) sono stati posizionati facendo stazione in punti sicuri posizionati tramite GPS, e successivamente misurando da questi una terna di coordinate polari tramite tecnica EDM, utilizzando uno strumento Laser Ace MDL 400, equipaggiato con un inclinometro accelerometrico ed una bussola elettronica di tipo *flux-gate*.

Per la georeferenziazione delle planimetrie su formato cartaceo è stato utilizzato l'algoritmo implementato sul software QGis, release 2.18, mentre le trasformazioni tra sistemi diversi di coordinate sono state effettuate utilizzando il software Traspunto 32.

### **3. Descrizione del processo di trattamento dei dati geospaziali**

Il processo di elaborazione dei dati geospaziali è stato articolato come segue:

- scansione degli originali cartacei e generazione di files TIFF contenenti le planimetrie delle cavità, ognuna associata alla relativa scala metrica ed alla direzione del nord magnetico;
- stampa delle planimetrie e tracciamento della retta parallela alla direzione del nord magnetico per il punto corrispondente all'ingresso della cavità. A partire da tale retta è stata materializzata la direzione del nord reticolare UTM ED50. Si è tenuto conto della declinazione magnetica solo per i rilievi delle cavità con sviluppo massimo lineare superiore ai 100 m. Per sviluppi inferiori l'errore derivante dalla mancata correzione risulta influente per posizionamenti a scala nominale 1:10,000, e comunque nettamente inferiori agli errori causati dalla bassa precisione del metodo di misura degli angoli azimutali adottato per il rilievo delle cavità;
- materializzazione di 4 punti di coordinate metriche note relative  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ , calcolate in base alla scala metrica associata alla planimetria, secondo una coppia di assi cartesiani costruita a partire dalla direzione del nord reticolare UTM ED50 tracciata sul rilievo (Fig.1);
- conversione dal sistema WGS84 al sistema ED50 delle coordinate UTM dell'ingresso della grotta, attribuzione delle coppie di coordinate UTM ED50 agli altri 3 punti materializzati, conversione di queste da ED50 a WGS84;
- scansione della planimetria su formato cartaceo con materializzazione dei 4 punti fiduciarci di coordinate note UTM WGS84 calcolate in base alla procedura

di cui sopra, utilizzati quindi per la successiva georeferenziazione dell'immagine;

- creazione di uno shapefile popolato da elementi a topologia poligonale, rappresentanti le singole cavità e tracciati a partire dalle immagini raster georeferenziate sopra descritte

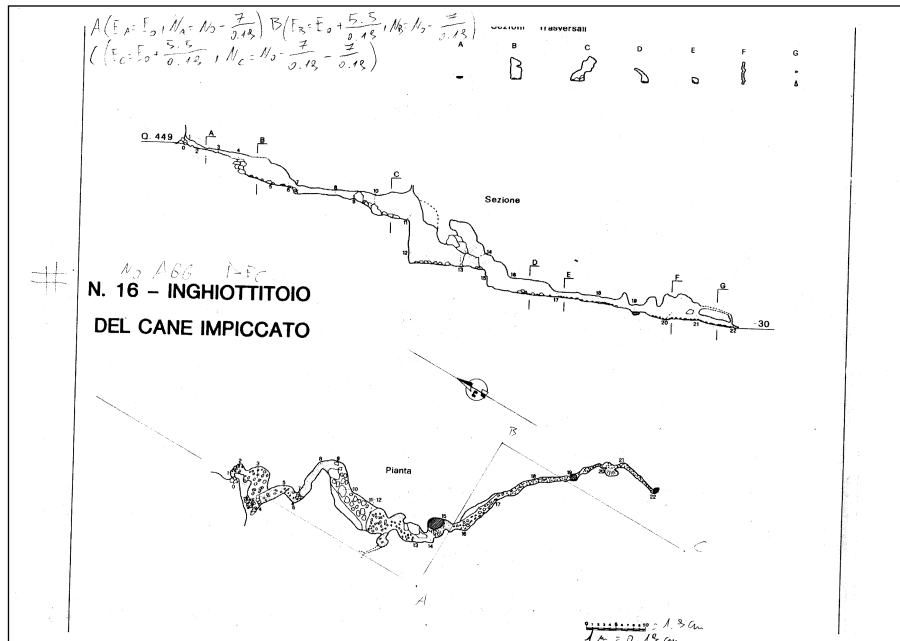


Figura 1 – Esempio di una carta di lavoro con il tracciamento del reticolo per il calcolo delle coordinate dei punti di riferimento passante per l'ingresso della cavità naturale

A titolo di esempio del prodotto finale si riporta in Fig.2 la proiezione in superficie della principale cavità dell'area (La Grotta), sovrapposta alla relativa Sezione della C.T.R. 1:10,000 della regione Siciliana.

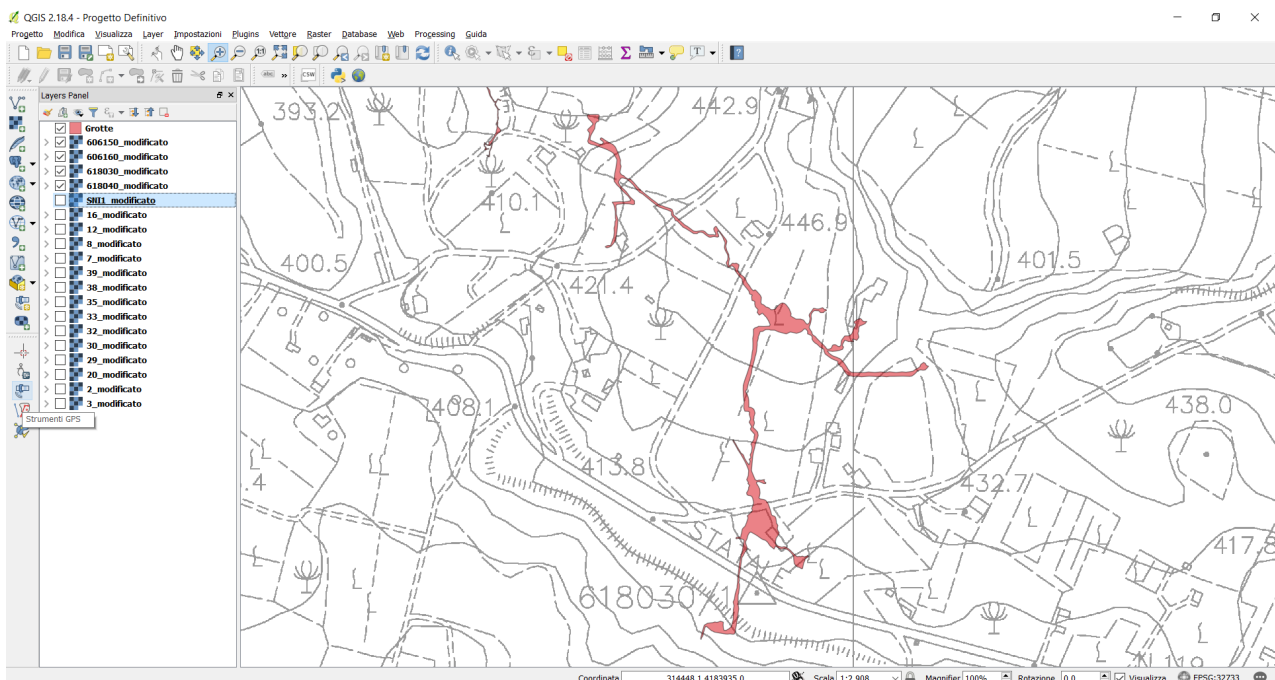


Figura 2 – Rappresentazione finale della grotta principale del complesso di Santa Ninfa

#### 4. Considerazioni conclusive

Le procedure descritte nella presente comunicazione hanno consentito di generare un *geodataset* contenente le informazioni spaziali relative alle cavità naturali ubicate nell'area della Riserva Naturale "Grotta di Santa Ninfa".

Il risultato finale è stato raggiunto integrando informazioni acquisite negli ultimi 30 anni e caratterizzate da livelli di precisione molto diversi tra di loro: da rilievi topografici speditivi realizzati con metodologie poco accurate, per i quali non è possibile stimare gli errori, a posizionamenti tramite GPS differenziale con precisione sub-metrica.

Tale *geodataset* risulta di notevole importanza innanzi tutto per le attività gestionali dell'area protetta, in quanto consente ad esempio di chiarire i rapporti idrogeologici tra le cavità esterne alla riserva e quelle presenti al suo interno, permettendo di effettuare stime sulla possibile diffusione di inquinanti in grado di minacciare la qualità delle acque, ovvero di valutare i potenziali effetti di sfruttamento delle falde acquifere negli immediati dintorni.

Queste informazioni trovano inoltre utilizzo in altre attività come ad esempio la gestione del rischio sismico. La riserva ricade infatti nel cuore dell'area interessata dalle localizzazioni epicentrali della sequenza sismica della Valle del Belice del 1968, e lo studio delle lineazioni tettoniche lungo le quali si sviluppano le cavità riveste un estremo interesse per la comprensione dello scenario geologico nell'ambito del quale ha luogo l'attività neo-tettonica di quest'area.

A testimonianza di quanto sopra si riportano nelle successive Figure 3 e 4 un esempio di una cavità il cui sviluppo è totalmente condizionato dalla presenza di discontinuità tettoniche (Fig.3) ed il diagramma polare illustrante la distribuzione percentuale di tutte le gallerie lungo le quali si sviluppano le grotte oggetto del presente studio. Risulta evidente l'esistenza di un allineamento preferenziale NE-SW, e del suo coniugato NW-SE, corrispondenti all'andamento delle principali discontinuità tettoniche dell'area.

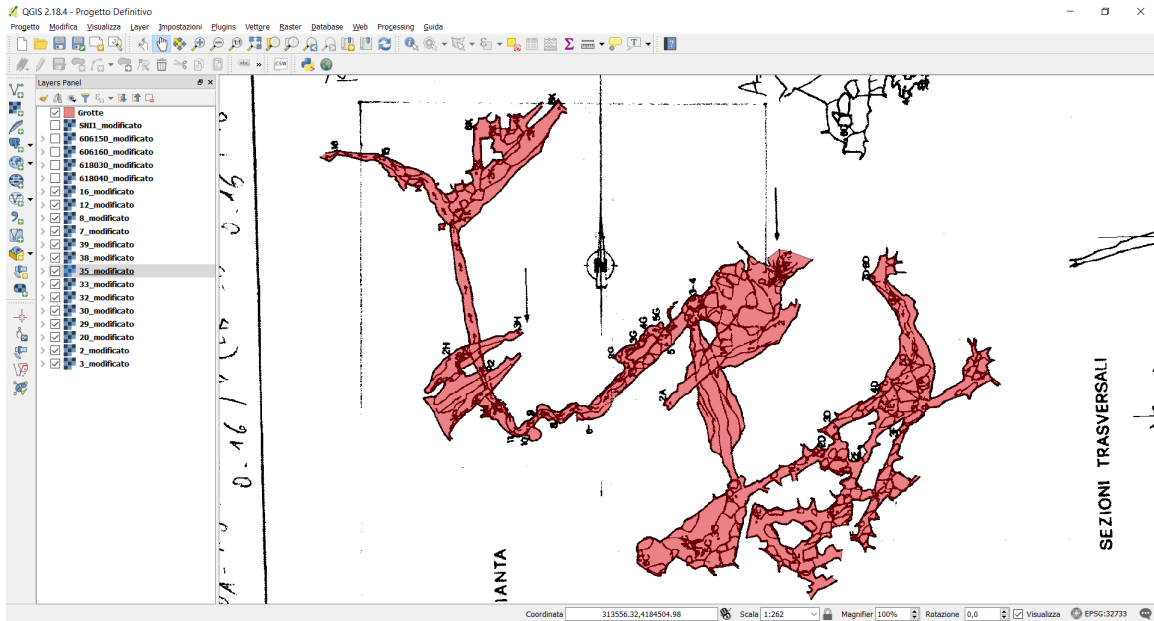


Figura 3 – Esempio di una grotta il cui sviluppo è marcatamente condizionato da un reticolo di lineazioni tettoniche

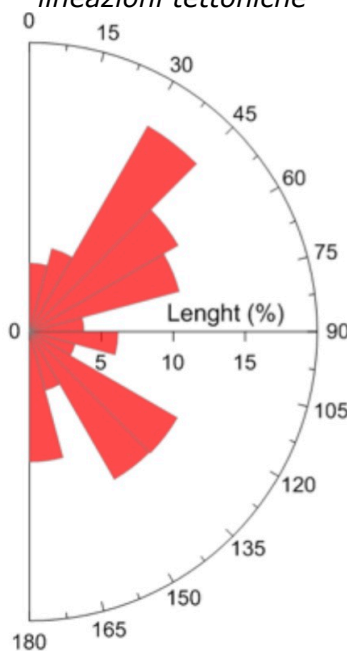


Figura 4 – Diagramma polare illustrante la distribuzione angolare delle gallerie lungo le quali si sviluppano le cavità naturali dell'area di Santa Ninfa.

### Riferimenti bibliografici

Agnesi V., Macaluso T. (1989), *I Gessi di Santa Ninfa (Trapani) – Studio multidisciplinare di un'area carsica*, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, 3, Serie II, Palermo.