



Speleotemi?

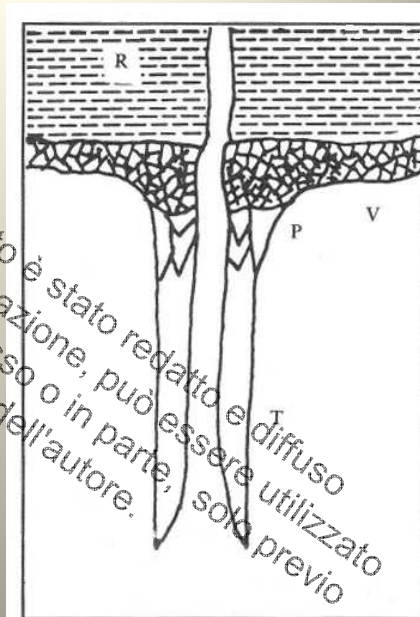
- Ma parla come mangi!
- Ah, bene ... allora parliamo di spaghetti, termine forse più chiaro e più caro a quegli eno-gastro intenditori che mi risultano essere gli speleologi ... che tra una mangiata e l'altra si divertono anche a visitare e studiare le grotte

Gli spaghetti

- Sono delle stalattite formate da un tubo naturale di concrezione di calcite, all'interno della quale circola l'acqua di infiltrazione (fistolosa)
- Diametro esterno costante, tra i 5 e i 10 mm
- Hanno un canale centrale continuo del diametro da 2 a 6 mm
- Possono essere lunghi fino a 6 m

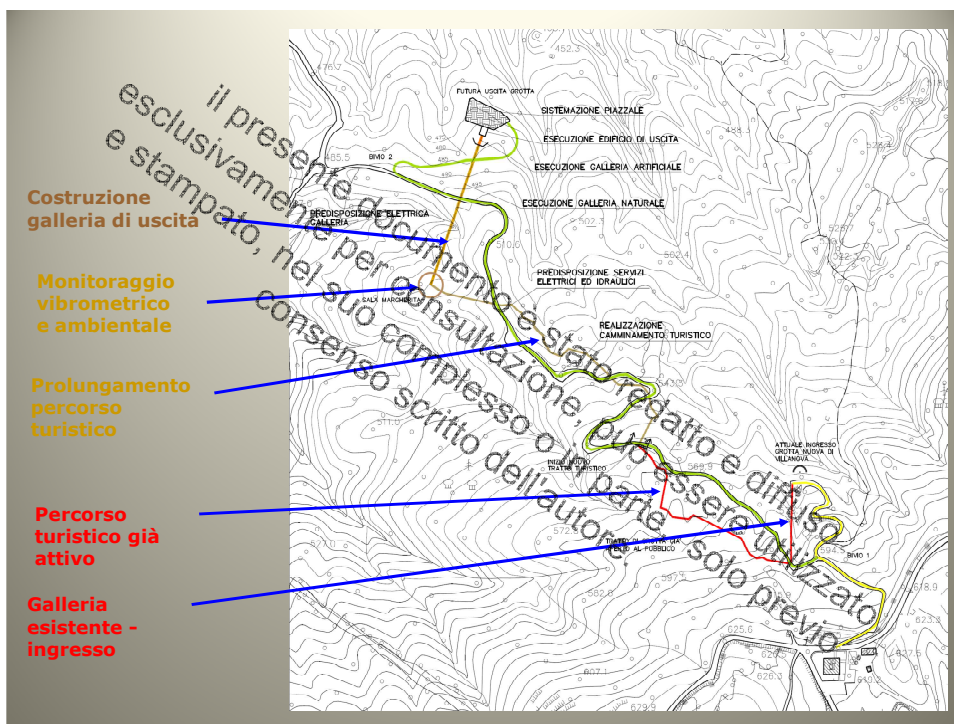


- R = roccia
- V = velo di calcite che ricopre la parete
- P = collare policristallino (formato da più cristalli incollati e diversamente orientati) alla base della concrezione
- T = tubo monocristallino (formato da un'unica struttura cristallina continua di calcite – carbonato di calcio neutro, CaCO_3 – o, raramente, di aragonite)



Il problema

- A Villanova, per ampliare il percorso turistico già esistente all'interno delle grotte, stiamo costruendo una galleria che costituirà l'uscita di un percorso circolare



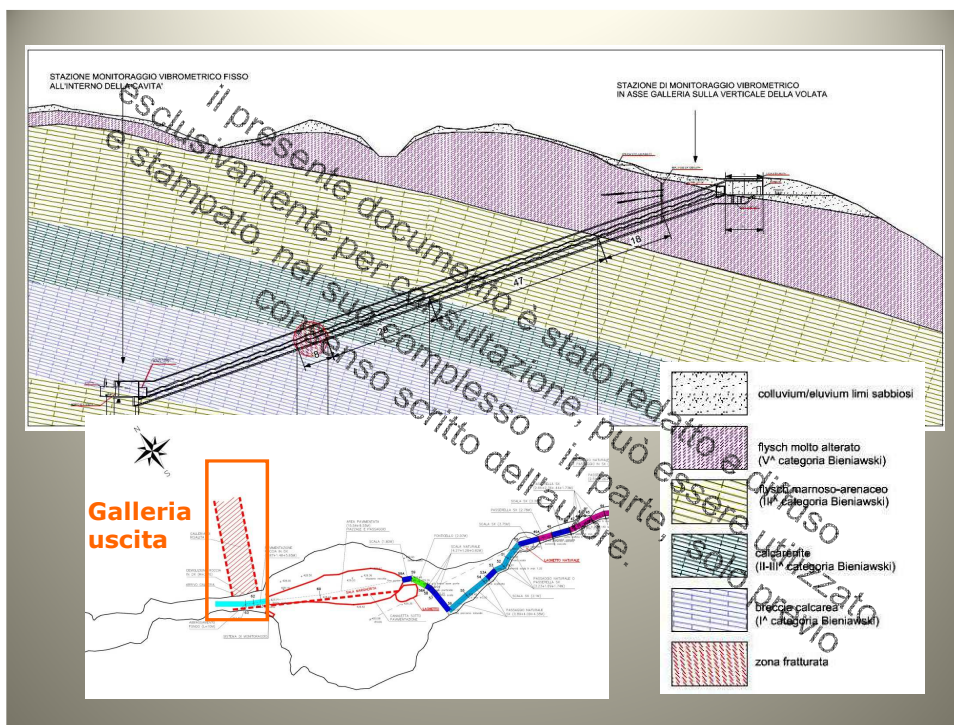
**Costruzione
galleria di uscita**

**Monitoraggio
vibrometrico
e ambientale**

**Prolungamento
percorso
turistico**

**Percorso
turistico già
attivo**

**Galleria
esistente -
ingresso**



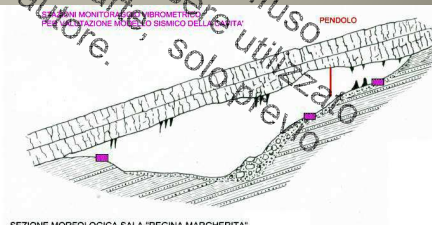
**Galleria
uscita**

- Per lo scavo della galleria è stato deciso, dopo lunga discussione, di utilizzare l'esplosivo, che produce delle onde meccaniche che si trasmettono nel terreno e che vanno a scuotere la grotta e tutto ciò che sta al suo interno
- Tra le costruzioni naturali della grotta, quelle che sono sembrate le più delicate e sensibili alle esplosioni sono proprio gli spaghetti
- In letteratura non abbiamo trovato nulla che ci desse delle indicazioni su quale livello di esplosioni e delle vibrazioni da esse indotte fosse potenzialmente dannoso per gli spaghetti

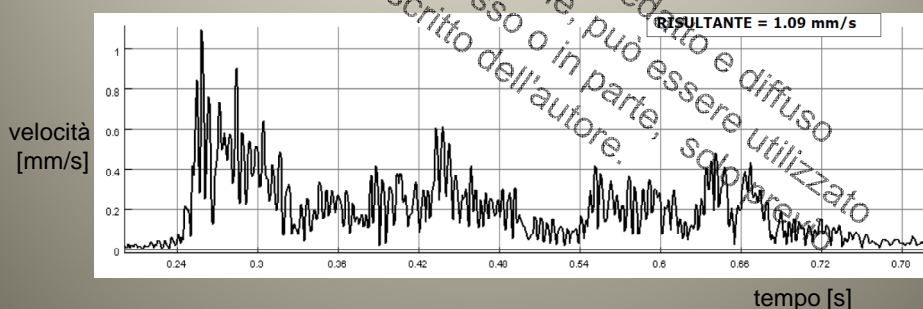
- E allora, "da bravi ingegneri e geologi", abbiamo deciso da un lato, di monitorare le vibrazioni che si trasmettono in grotta a causa delle esplosioni e, dall'altro, di modellare in modo teorico gli spaghetti per cercare di capire quali vibrazioni sono, almeno teoricamente, in grado di romperli.

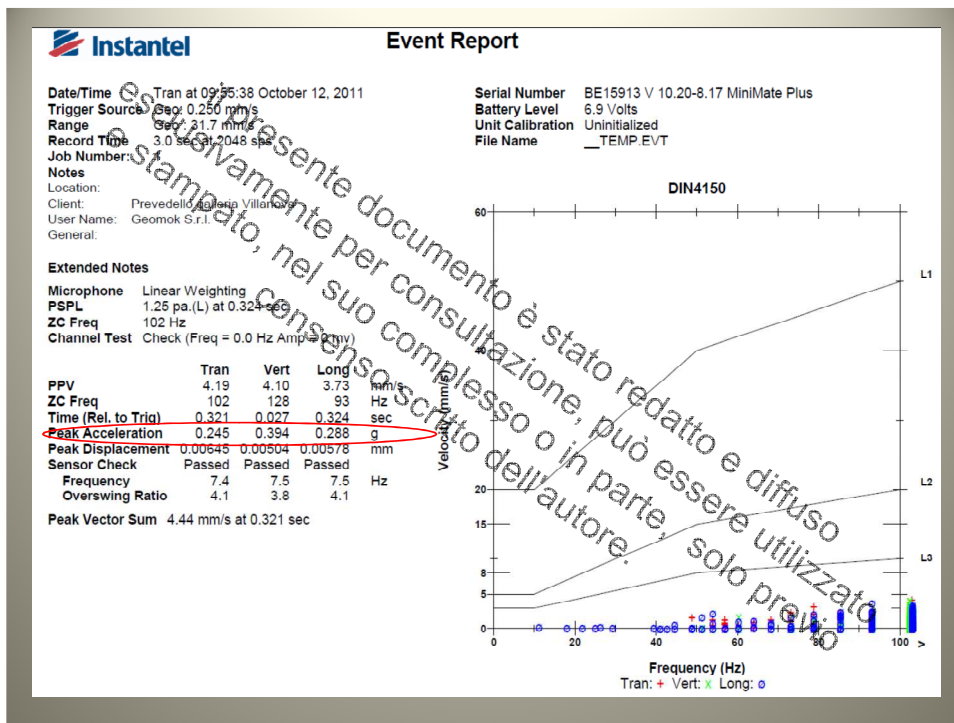
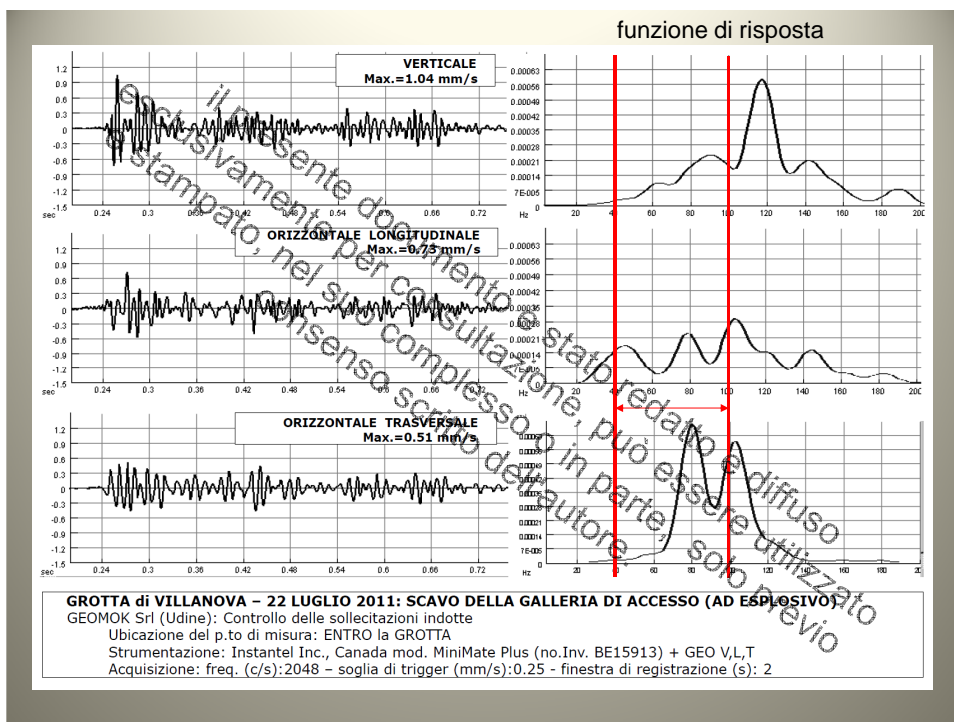
Il monitoraggio

- Scopo: comprendere la vibrazione indotta in grotta in funzione della quantità di esplosivo utilizzata, della sequenza dei tempi di innesco e della durata totale dello scoppio.
- Sono state misurate le velocità di vibrazione delle particelle in grotta correlate alle frequenze mediante apparecchiature tipiche del rilievo vibrometrico (3D V.L.T. digitali, con campionamento di 2048 C/s) accoppiate alla struttura della grotta (bancone calcarenitico) all'interno della grotta (3 strumentazioni a pavimento per permettere una stima dell'attenuazione del segnale con la distanza)

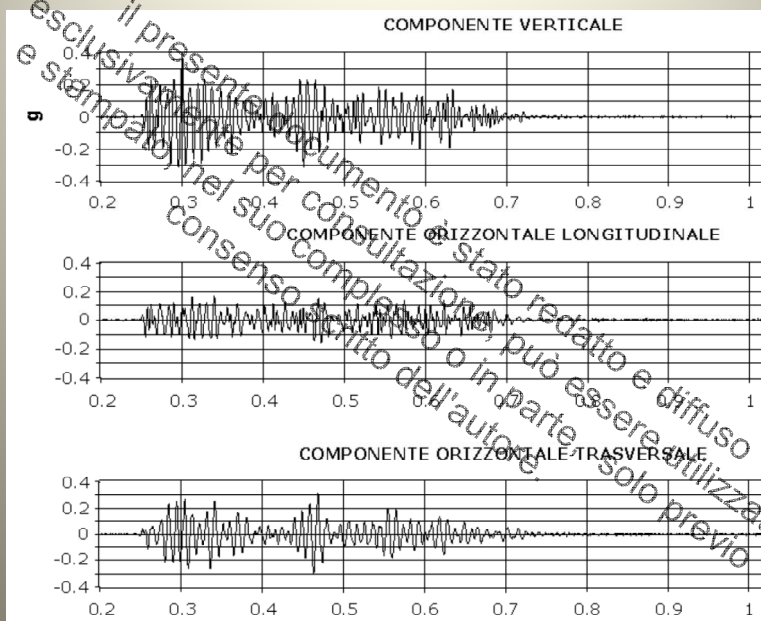


- Durante lo scoppio viene misurata la velocità e la relativa frequenza delle particelle di terreno, con una velocità minima di 0,25 mm/s (soglia strumentale) e una frequenza di campionamento tale da ottenere una risoluzione in frequenza nello spettro del segnale di 0,2 Hz (segnali filtrati con filtro passa-banda tra 8 e 200 Hz)
- Grazie alle misure iniziali si è compreso che il segnale significativo nel terreno aveva una durata di circa 0,500 s, con il massimo di velocità raggiunto nella fase iniziale e con una durata di circa 0,060 s





- in termini di accelerazione:

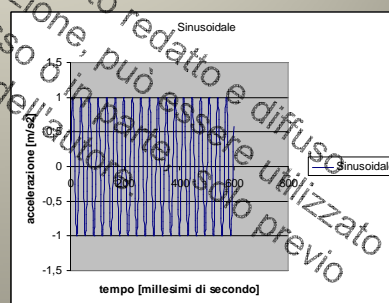
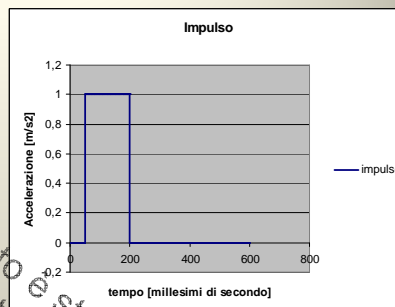


Il modello teorico

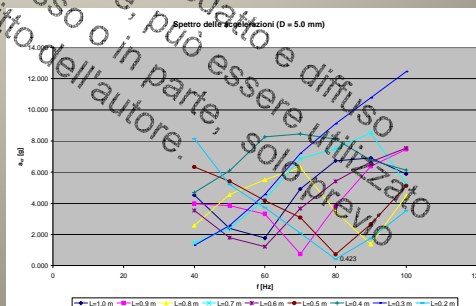
- Scopo: comprendere quale livello di accelerazione può mettere in crisi gli spaghetti provocando in essi un momento flettente pari a quello di rottura
- Modello fem: cilindretti verticali incastrati alla base lunghi da 10 a 100 cm del diametro esterno di 5 e 7,5 mm e spessore delle pareti di, rispettivamente, 0,75 e 1,00mm
- Smorzamento pari al 1%
- Parametri meccanici:
 - γ = 27 kN/m³
 - E = 40000 MPa
 - $\sigma_{\text{compressione}}$ = 50 MPa
 - σ_{trazione} = 7 MPa



- 2 tipi di forzanti:
- Impulsivo a gradino (8 forzanti a durata variabile da 1/1000 s a 600/1000 s e accelerazione pari a 1 m/s^2)
- Sinusoidale (7 forzanti a frequenza variabile da 40 a 100 Kz, della durata di circa 0,6s e accelerazione pari a 1 m/s^2)
- L'analisi è di tipo time-history lineare con sovrapposizione modale

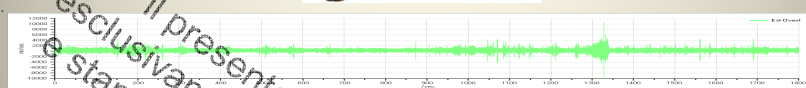
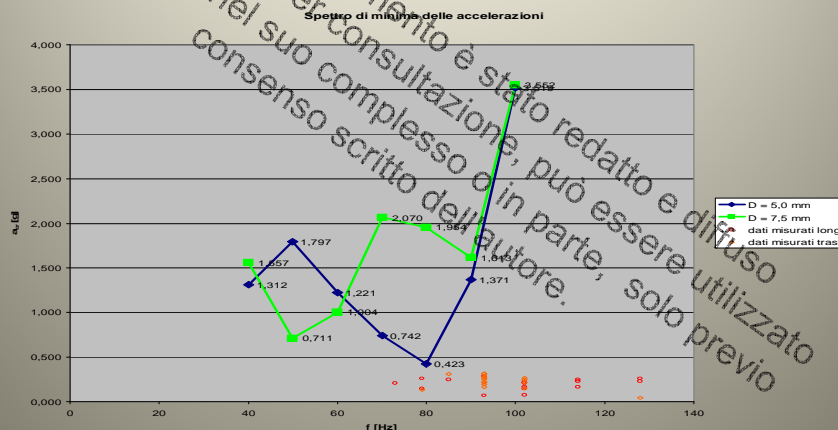


- Caso per caso e in funzione delle frequenze proprie del singolo elemento e delle sue caratteristiche geometriche e meccaniche, si è determinata l'accelerazione che porta alla rottura flessionale e la frequenza relativa
- Il taglio nell'elemento non è risultato dimensionante
- Sono stati estratti dei grafici che illustrano lo spettro delle accelerazioni che a seconda della lunghezza dell'asta e della frequenza mettono in crisi lo spaghetti.



Risultato operativo

- Abbiamo costruito dei diagrammi che, in funzione della frequenza, forniscono l'accelerazione minima orizzontale che provoca la rottura di un qualche elemento tra quelli studiati (involuppo di minimo dei grafici sopra presentati)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

