

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Università degli Studi di Napoli Federico II

Tesi di laurea triennale in
Ingegneria per l'ambiente e il territorio
**Valutazione della pericolosità e rischio da crollo delle cavità
artificiali di Casalnuovo di Napoli (NA)**

Relatore:
Prof. Paolo Budetta

Candidata:
Ilaria Cascella
N49/517

Anno accademico 2016/2017

Le cavità artificiali nel sottosuolo dell'area napoletana sono legate essenzialmente alla presenza del tufo vulcanico e alle sue peculiari caratteristiche fisico-meccaniche.

Ignimbrite Campana

Prodotto dell'eruzione catastrofica dell'Archiaverno risalente a circa 39.000 anni fa



Tufo Giallo Napoletano

Prodotto dell'eruzione esplosiva dei Campi Flegrei risalente a circa 15.000 anni fa



L'**intensa attività estrattiva** dell'Ignimbrite Campana e del Tufo Giallo Napoletano, oltre ad essere imputabile al fatto che essi sono ottimi materiali da costruzione, è stata favorita anche dall'estesa diffusione nel sottosuolo a profondità modeste, facilmente raggiungibili con mezzi manuali. Ciò ha favorito l'utilizzazione del materiale per scopi edilizi e lo sfruttamento dei vuoti di risulta per finalità diverse (scantinati, acquedotti e sistemi fognari, vani adibiti ad abitazioni e per finalità di culto, etc.)

Valori medi di alcune proprietà fisico-meccaniche dei tufi vulcanici campani

Ignimbrite Campana

Densità (KN/m ³)	Porosità (%)	Resistenza a compressione (MPa)	Permeabilità (m/s)
13	36 - 60	0,8 – 3,0	$1,5 \times 10^{-6}$

Tufo Giallo Napoletano

Densità (KN/m ³)	Porosità (%)	Resistenza a compressione (MPa)	Permeabilità (m/s)	Diffusività termica (cm ² /s)
10 – 14	40 - 63	0,5 - 12	$1,5 - 6,4 \times 10^{-7}$	$1,9 - 2,0 \times 10^2$

La disponibilità di questo materiale, di facile estrazione e lavorabilità, ha favorito la sua utilizzazione fin dai primi insediamenti greci. L'ampia disponibilità unitamente alle buone proprietà fisiche e meccaniche hanno fatto sì che gran parte delle costruzioni realizzate, siano costituite di tufo, sia con funzione strutturale che impiegato a “faccia vista” con fini architettonici. Non si devono infine sottovalutare le ottime proprietà di coibentazione termica ed acustica conferita alla roccia dall'elevata porosità e dall'abbondante presenza di minerali zeolitici nella matrice.

Cavità artificiale

La cavità artificiale è un manufatto ottenuto attraverso l'asportazione, dal suolo e dal sottosuolo, di terreno o di roccia per ricavare un ambiente sotterraneo destinato a una specifica funzione.

- Può autosostenersi oppure essere dotata di **strutture interne di contenimento, oppure portanti.**
- Può essere **rivestita parzialmente o completamente** (con materiali tipo cocchiopesto, argilla, malta, legno, muratura).
- Possono essere ricavate sia al di sotto del piano di campagna, e quindi sotto il piano di calpestio, sia perforando i fianchi di rilievi collinari. Nel primo caso avrà **l'accesso tramite pozzi** (occhi di monte), nel secondo caso **l'accesso sarà a raso.**



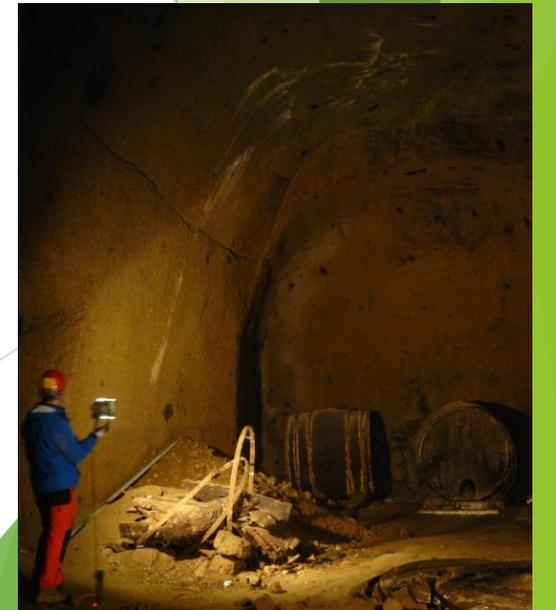
Distribuzione delle cavità artificiali della Provincia di Napoli



Fonte: «Progetto cavità»

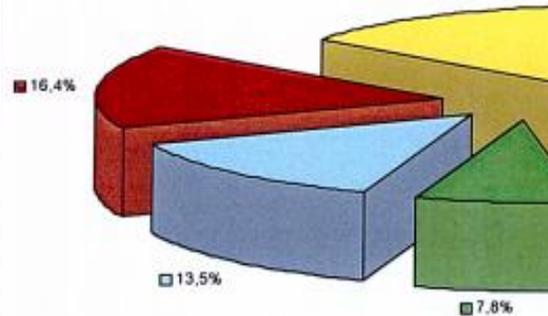
Tipologie di cavità

1. Cave per la coltivazione e l'estrazione di materiale da costruzione;
2. Cisterne per la raccolta di acque piovane;
3. Acquedotti costituiti da cisterne, cunicoli e pozzi di adduzione;
4. Ipogei greci, cripte romane, luoghi di culto, catacombe, ecc.;
5. Cantine, depositi e locali sotterranei (molto utilizzati sino agli anni '50 del secolo scorso)
6. Ricoveri antiaerei.

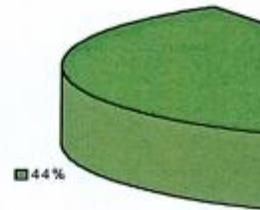


Censimento delle cavità sotterranee dei Comuni della Provincia di Napoli: «PROGETTO CAVITA'»

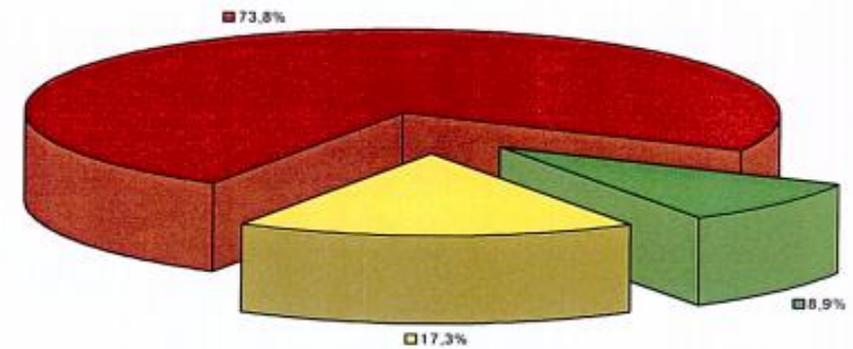
Stato delle Cavità



Accessibilità delle Cavità

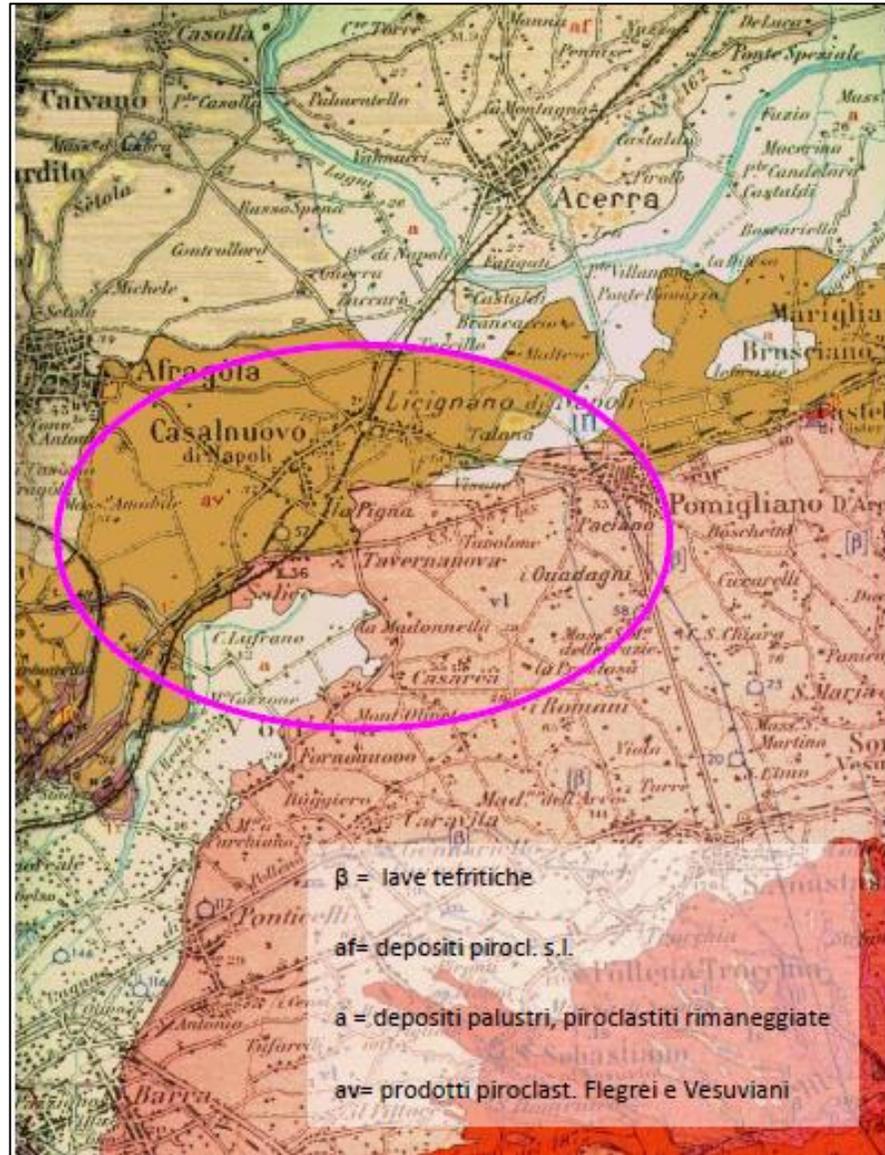


Cavità e Soprasuolo



- Edificato
- Non Edificato
- Sconosciuto

Inquadramento geologico e geomorfologico del territorio di Casalnuovo



I terreni affioranti, di natura essenzialmente vulcanica, sono molto recenti risalendo a circa 30-35.000 anni fa. In estrema sintesi essi sono costituiti da:

- ❖ prodotti piroclastici del complesso vulcanico del Somma - Vesuvio, di spessore variabile, fra cui cineriti grigie e lave tefritiche di base;
- ❖ prodotti piroclastici, a consistenza variabile, ascrivibili alle fasi eruttive del vulcanesimo flegreo, distinti in diversi orizzonti e facies corrispondenti ai vari periodi dell'attività esplosiva.

La costituzione del sottosuolo

La parte più superficiale del sottosuolo casalnuovese è caratterizzata da depositi sciolti che variano dalle *cineriti* alle *sabbie*, fino ai *lapilli* e le *pomici*. Questa zona ha subito anche una trasformazione del piroclastico in un vero e proprio *humus*, terreno di tipo agrario prevalentemente argilloso.

Nella parte più bassa della successione sedimentaria, le piroclastiti di varia granulometria, disomogenee, si presentano con aspetto e consistenza litoide per aver subito una fase di *diagenesi postdeposizionale*. Questi materiali sono i tufi, che si distinguono in:

- *Tufo giallo napoletano* (facies più giovane)
- *Tufo grigio campano* (Ignimbrite Campana, facies più antica)

È principalmente l'Ignimbrite Campana che si rinviene nel sottosuolo di Casalnuovo.

L'assetto litostratigrafico prevalente del territorio è caratterizzato dall'alternanza di orizzonti piroclastici intervallati spesso da *paleosuoli pedogenizzati*.

Aree comunali interessate da cavità

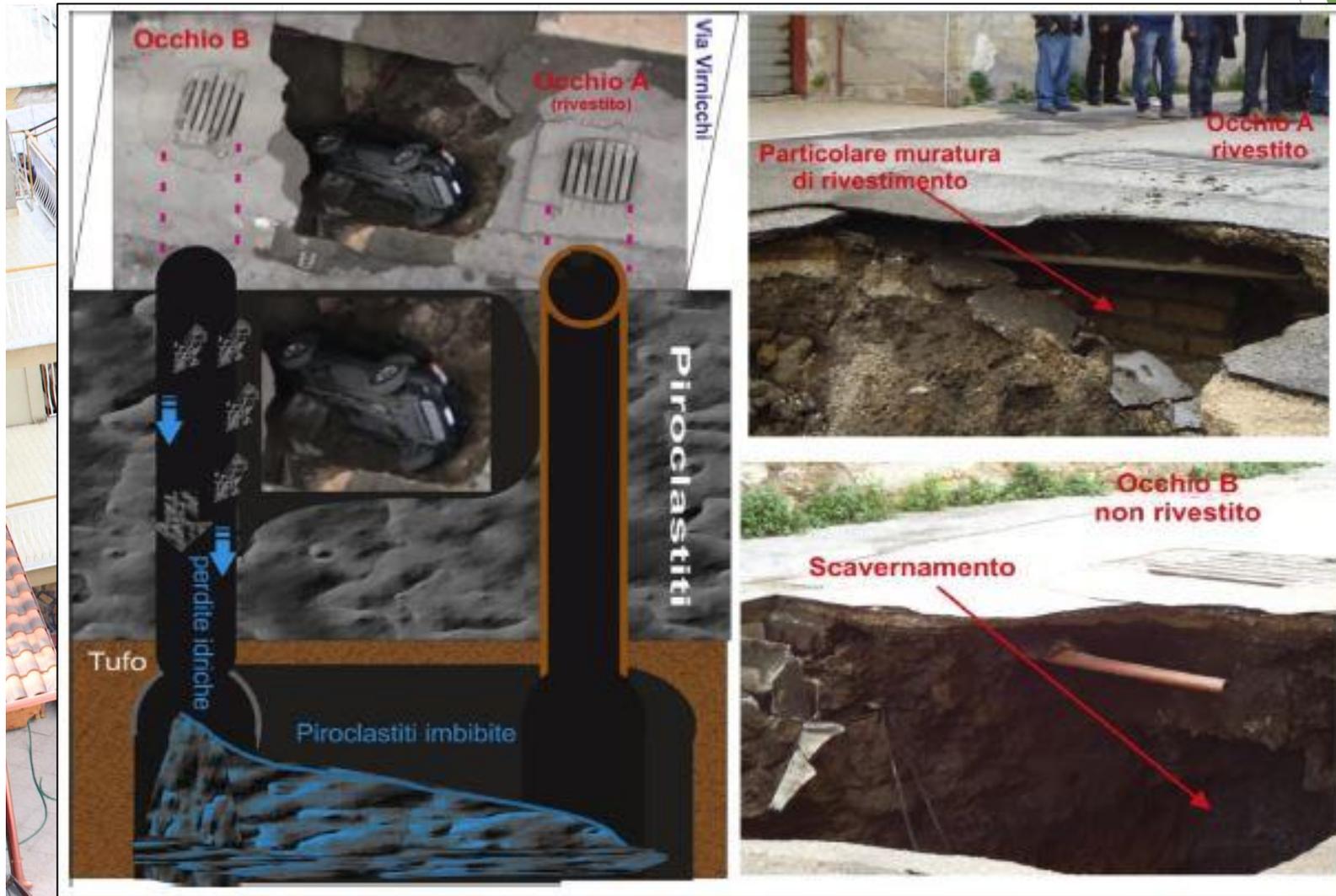


1 km²

Nel territorio casalnuovese sono presenti almeno un centinaio di cavità, che rappresentano un problema piuttosto grave, di cui si è presa consapevolezza soprattutto a causa dell'incontrollata crescita urbanistica dell'area.

<i>Comune</i>	Cavità censite	<i>Comune</i>	Cavità censite
Afragola	483	Casoria	90
Arzano	230	Crispano	21
Caivano	94	Frattamaggiore	247
Cardito	112	Frattaminore	176
Casalnuovo	127	Grumo Nevano	21
Casandrino	5	S. Antimo	60
Casavatore	117		

Casi recenti di crolli di cavità



Autista "tardi"

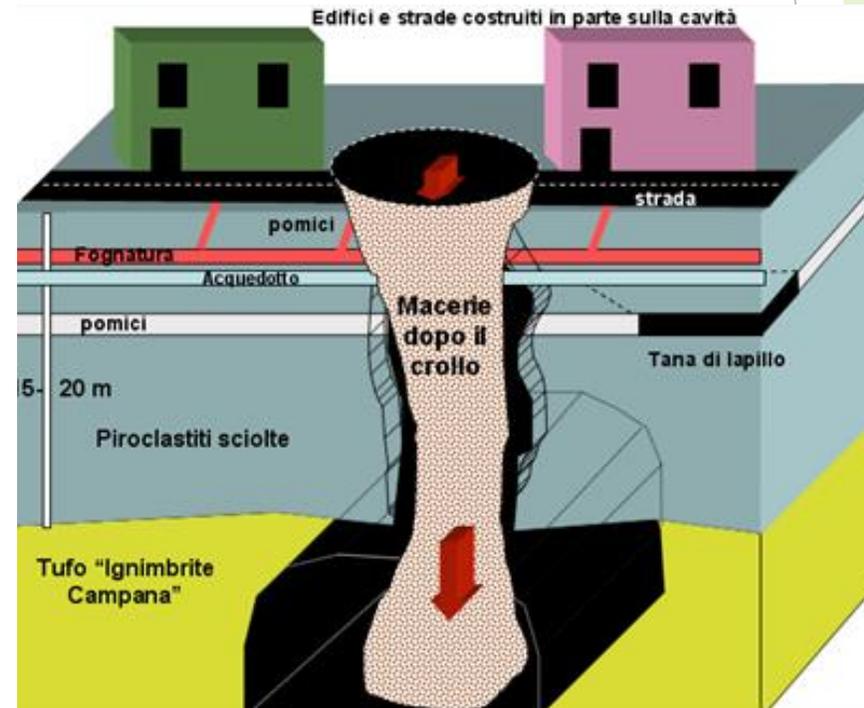
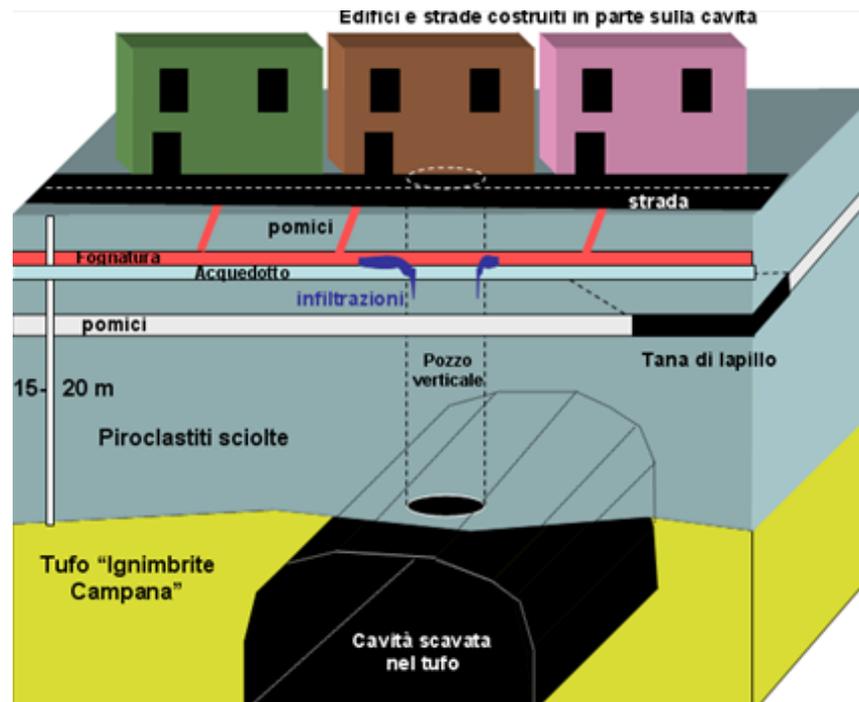
mezzo per la raccolta
che aveva provato a
. Forti infiltrazioni
ri

vo, nel napoletano.
ragine ha
impattatore di una
uomini, uno dei quali
asti feriti. La vittima si
iginario di
li a guidare il mezzo al
he. Pochi minuti dopo
questura di Napoli e

2011, 2012, 2014
Via Strettoia Rocchani

Le cause dei crolli

- Infiltrazioni di acque di diversa provenienza
- Fratture nelle volte
- Stillicidi



Le parti più vulnerabili delle cavità nel tufo sono rappresentate dai pozzi verticali che raramente sono stati rivestiti con mattoni di tufo fino in superficie per cui i sedimenti sciolti sono progressivamente interessati da modesti crolli che causano l'ampliamento del condotto verticale nel tratto compreso tra la superficie del suolo e la sommità del banco tufaceo.

Metodologie di indagine per la ricerca e la mappatura di cavità sotterranee nelle aree urbane

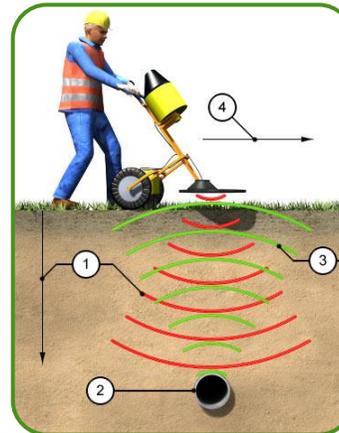
Indagini dirette

- Rilievi speleologici
- Prospezioni televisive in foro
- Sondaggi geognostici



Indagini indirette

- Metodi geofisici (metodo gravimetrico, geoelettrico, georadar, metodo sismico)



Tecniche di rilievo topografico

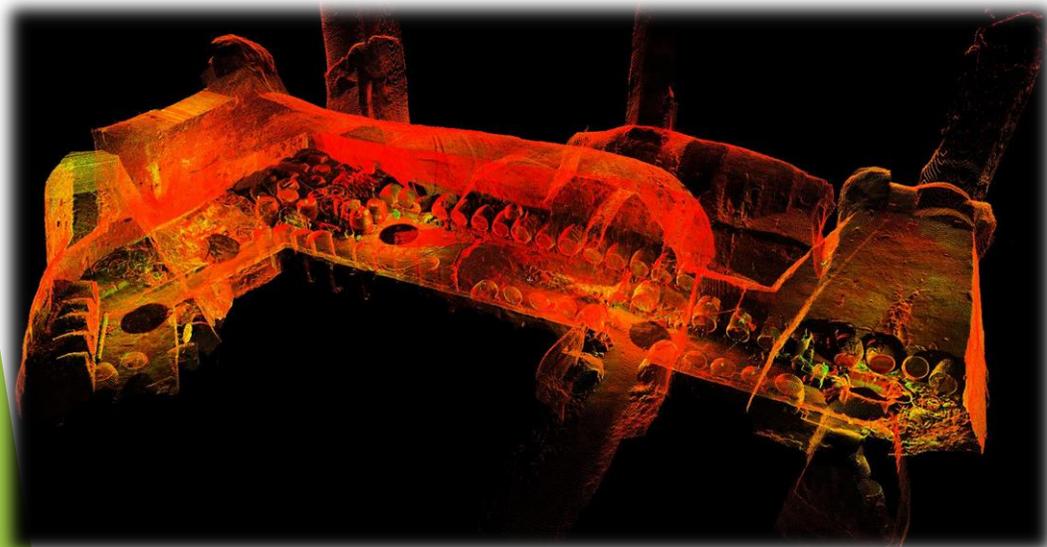


Speditivo speleologico

Celerimetrico



Laser scanning



Macrofotografia a luce radente e indagine televisiva in foro

Sondaggi geognostici

- ▶ A distruzione di nucleo

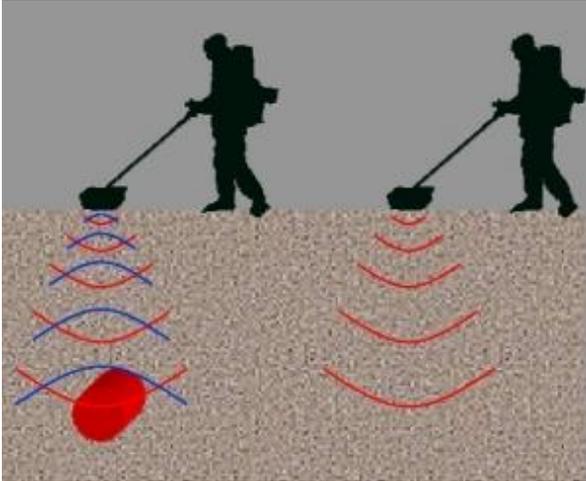


- ▶ Per carotaggio continuo

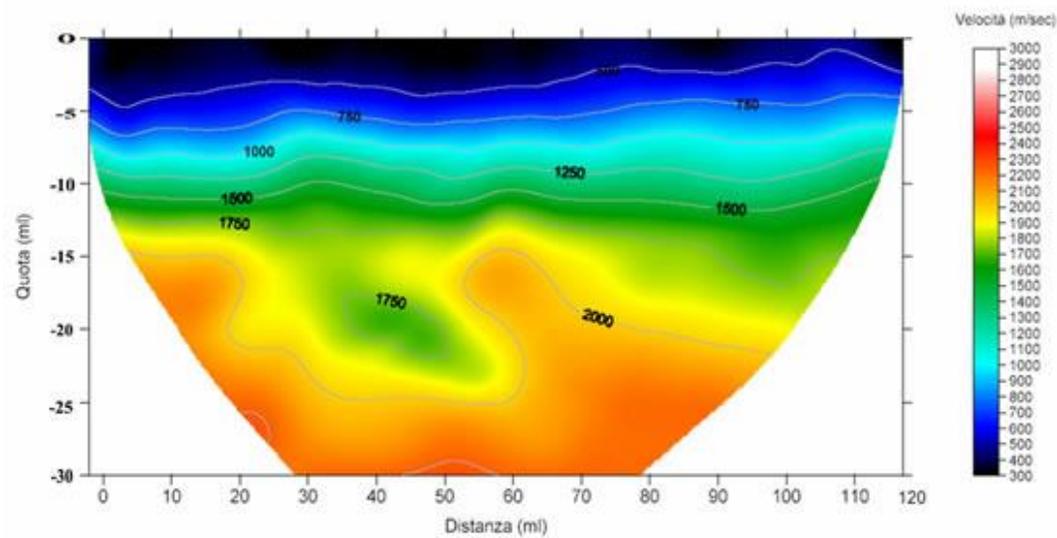


Tecniche di rilievo geofisico

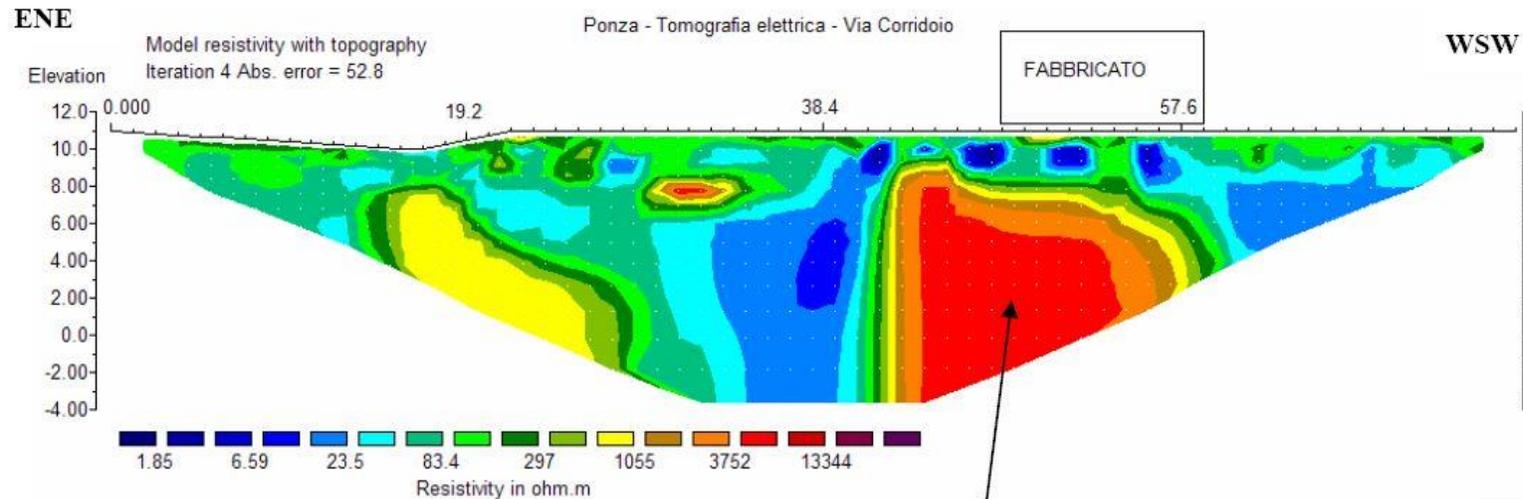
Georadar



Metodo sismico



Metodologia elettrica tomografica



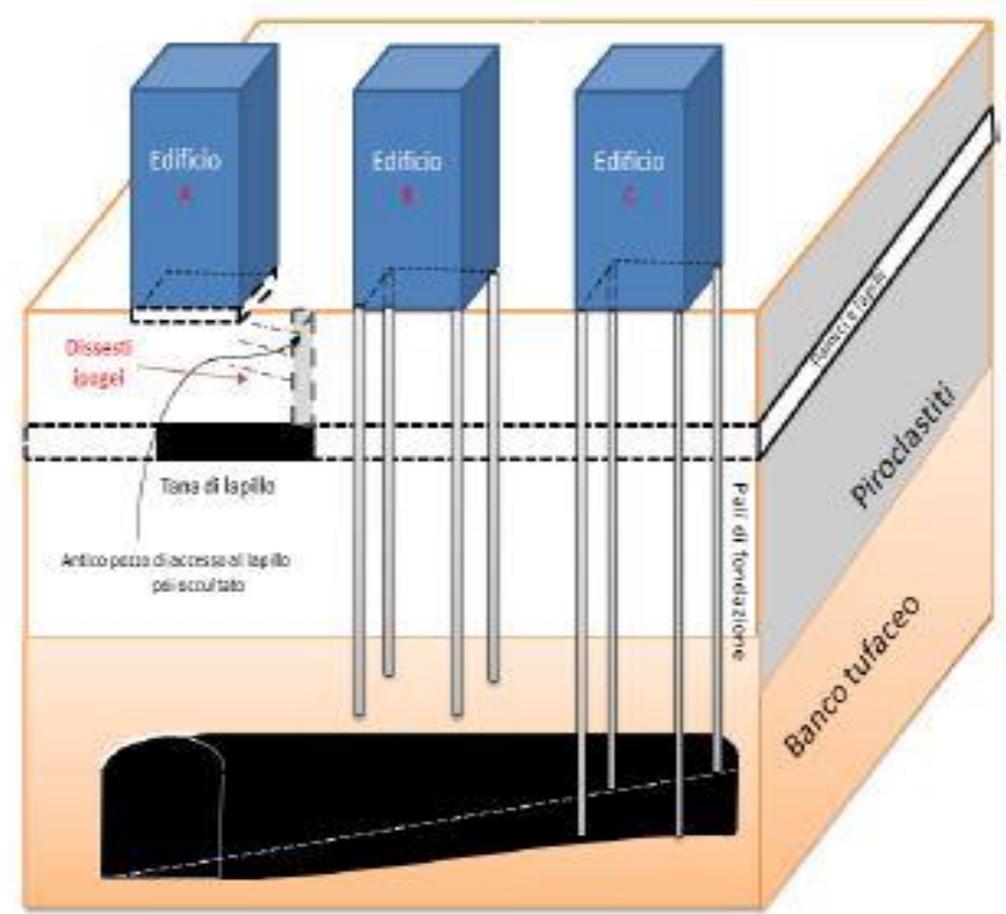
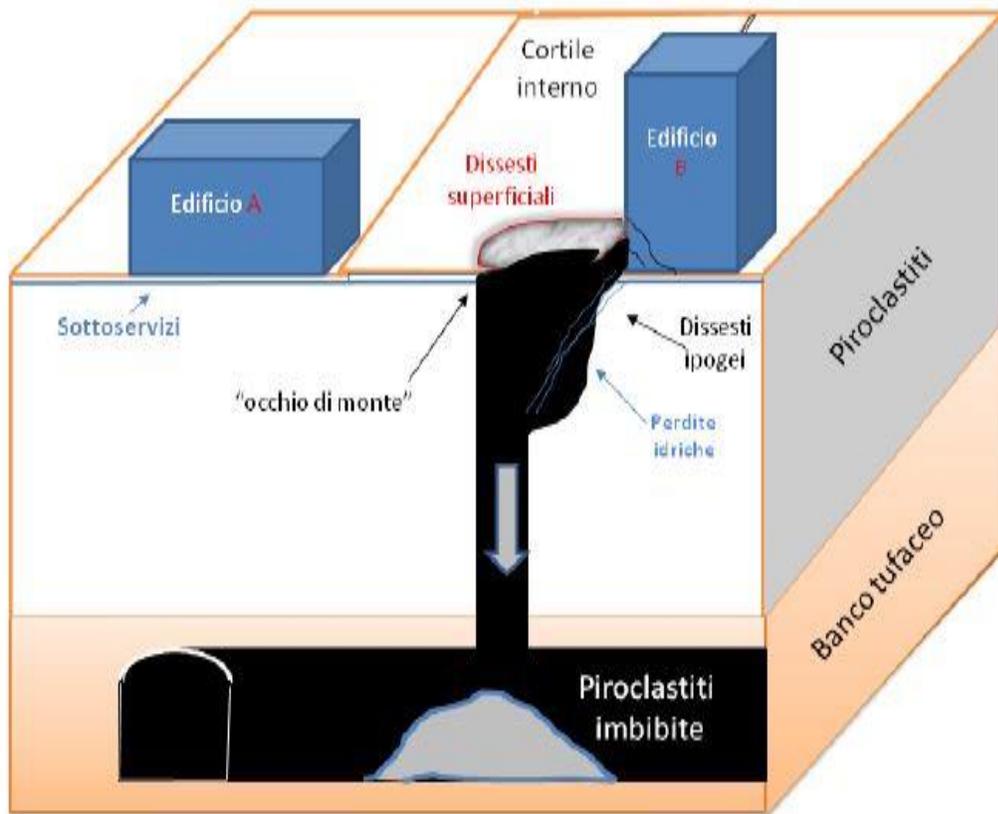
Pericolosità e rischio

$$R = P \cdot E \cdot V$$

Nel caso della valutazione della pericolosità conseguente al crollo di una cavità sotterranea non è possibile eseguire valutazioni sui tempi di ritorno e quindi valutazioni probabilistiche sul verificarsi dell'evento in un determinato tempo t .

Pertanto, nel caso di rischio connesso alla presenza di cavità ipogee si passa dal concetto di pericolosità a quello di “*suscettibilità*” dove non è presente alcun termine probabilistico.

La suscettibilità al crollo coincide con il rischio assoluto che in un'area in un determinato periodo di tempo si determini una voragine; pertanto nelle aree dove sono presenti cavità ipogee è possibile definire una maggiore o minore *propensione* al verificarsi di una voragine e/o subsidenza per il crollo di una cavità sottostante



Scenari di Rischio

Conclusioni

Lo studio ha permesso di evidenziare, nel territorio comunale di Casalnuovo di Napoli, la presenza di numerose cavità artificiali. Dette cavità si originarono per **l'estrazione del tufo** dal sottosuolo a fini edificatori. Questa pratica, in passato, era ampiamente utilizzata dal momento che la materia prima per la realizzazione di edifici si prelevava in prossimità delle aree da edificare, e quindi soprattutto nei centri storici.

Nel tempo, **l'abbandono di questa tecnica estrattiva del tufo** in aree di pianura e la crescita spesso incontrollata dei centri abitati (avvenuta in particolare nel corso del XX secolo), se da un lato ha comportato la perdita della memoria storica circa la presenza delle cavità nel sottosuolo e dell'ubicazione delle discenderie, dall'altro *ha aumentato il rischio legato alla presenza di edifici realizzati proprio sulle verticali o nelle vicinanze di dette cavità.*

Dal presente studio è emerso quindi che per ridurre il rischio di crolli con conseguente apertura di voragini, occorre **approfondire le indagini geognostiche ed i rilevamenti in sito** soprattutto in quei Comuni, come quello di Casalnuovo, dove ancora oggi le informazioni sulle cavità esistenti sono molto lacunose.

Infine un aspetto importante è rappresentato anche dalla **necessità di divulgare le informazioni ad un pubblico di non specialisti**. Infatti, conoscere come si sono formate le cavità e come si deve e si può convivere con esse, è un modo per rivalutare un'eredità del passato spesso dimenticata.