



*Il Suolo su cui sorge il Condominio...Dalla sorpresa geologica alla
salvezza del patrimonio edilizio:
Nuove frontiere per la sicurezza in condominio*

ROMA , 05 Dicembre 2019

Camera dei Deputati —Sala del Refettorio Palazzo San Macuto, via del Seminario, 76

Il modello geologico: dalla conoscenza del sottosuolo alla mitigazione dei rischi



Domenico ANGELONE – Consiglio Nazionale dei Geologi

domenico.angelone@cngeologi.it



[@CNGangelone](https://twitter.com/CNGangelone)

LA CASA COSTRUITA SULLA ROCCIA...

«²⁴Perciò chiunque ascolta queste mie parole e le mette in pratica, sarà simile a un uomo saggio, che ha costruito la sua casa sulla roccia. ²⁵Cadde la pioggia, strariparono i fiumi, soffiarono i venti e si abatterono su quella casa, ma essa non cadde, perché era fondata sulla roccia. ²⁶Chiunque ascolta queste mie parole e non le mette in pratica, sarà simile a un uomo stolto, che ha costruito la sua casa sulla sabbia. ²⁷Cadde la pioggia, strariparono i fiumi, soffiarono i venti e si abatterono su quella casa, ed essa cadde e la sua rovina fu grande».

²⁸Quando Gesù ebbe terminato questi discorsi, le folle erano stupite del suo insegnamento: ²⁹egli infatti insegnava loro come uno che ha autorità, e non come i loro scribi. **Mt 7,24-29**

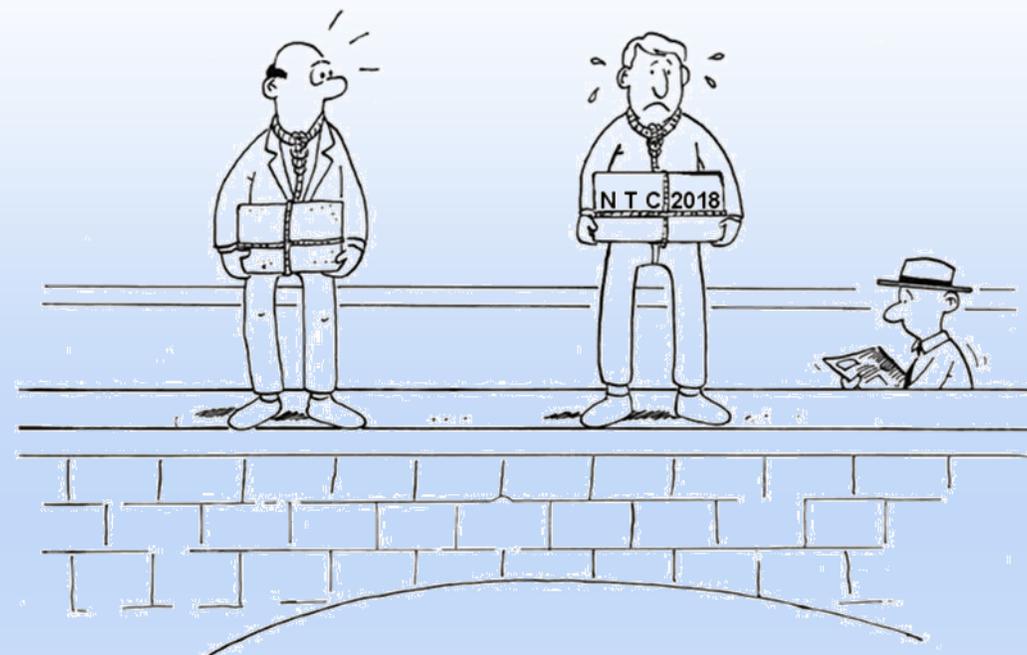


Modello geologico:

1. Modellazione geologica del sottosuolo
2. Scenari di rischio
3. Indagini dirette ed indirette
4. Analisi dei costi

NTC 2008 + REV 2018 + CIRCOLARE

- MODELLAZIONE GEOLOGICA
- MODELLAZIONE GEOTECNICA
- MODELLAZIONE SISMICA



I metodi ed i risultati delle indagini della prima devono essere esposti e commentati in una relazione geologica, mentre quelli della modellazione geotecnica e della modellazione sismica devono essere esposti e commentati in una apposita relazione geotecnica, basata su specifiche indagini

MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: LA NORMA

- MODELLAZIONE GEOLOGICA
- MODELLAZIONE GEOTECNICA
- MODELLAZIONE SISMICA

→ **OBBLIGO (NORMATIVO) DI ESPLORAZIONE
DEL SOTTOSUOLO**

- **MODELLAZIONE GEOLOGICA:** *Definizione delle tipologie di terreni presenti nel sottosuolo e dei relativi rapporti geometrici tra essi*
- **MODELLAZIONE GEOTECNICA:** *Definizione delle proprietà meccaniche dei terreni e della loro risposta alle sollecitazioni statiche (e dinamiche)*
- **MODELLAZIONE SISMICA:** *Definizione delle proprietà elastiche dei terreni e della loro risposta in condizioni dinamiche*

Definizione del modello geologico

STUDIO GEOLOGICO

- Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico esteso ad una zona significativamente più ampia rispetto a quella d'intervento.
- Compatibilità con il PAI

MODELLAZIONE GEOLOGICA

- Piano delle indagini in funzione degli obiettivi del progetto e del tipo dell'opera.
- Ubicazione e descrizione delle indagini effettuate
- Modello geologico di sintesi utile per la modellazione geotecnica
- Definizione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e della pericolosità geologica del territorio.

IN GENERALE...

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

D.M. del 17 gennaio 2018

CAPITOLO 6. PROGETTAZIONE GEOTECNICA**6.2. ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO**

Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi:

1. Caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
2. Scelta del tipo di opera o di intervento e programmazione delle indagini geotecniche
3. Caratterizzazione fisico- meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr.§3.2.2);
4. Definizione delle fasi e delle modalità costruttive;
5. Verifiche della sicurezza e delle prestazioni;
6. Programmazione delle attività di controllo e monitoraggio.

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

D.M. del 17 gennaio 2018

CAPITOLO 6.2.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.

In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.

Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

Metodi e risultati delle indagini devono essere esaurientemente esposti e commentati in una relazione geologica.

MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: LA NORMA

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

D.M. del 17 gennaio 2018

C6.2.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Lo studio geologico deve definire, con preciso riferimento al progetto, i lineamenti geomorfologici della zona nonché gli eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità; inoltre, deve illustrare i caratteri geostrutturali generali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità e fornire lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: LA NORMA

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI - D.M. del 17 gennaio 2018

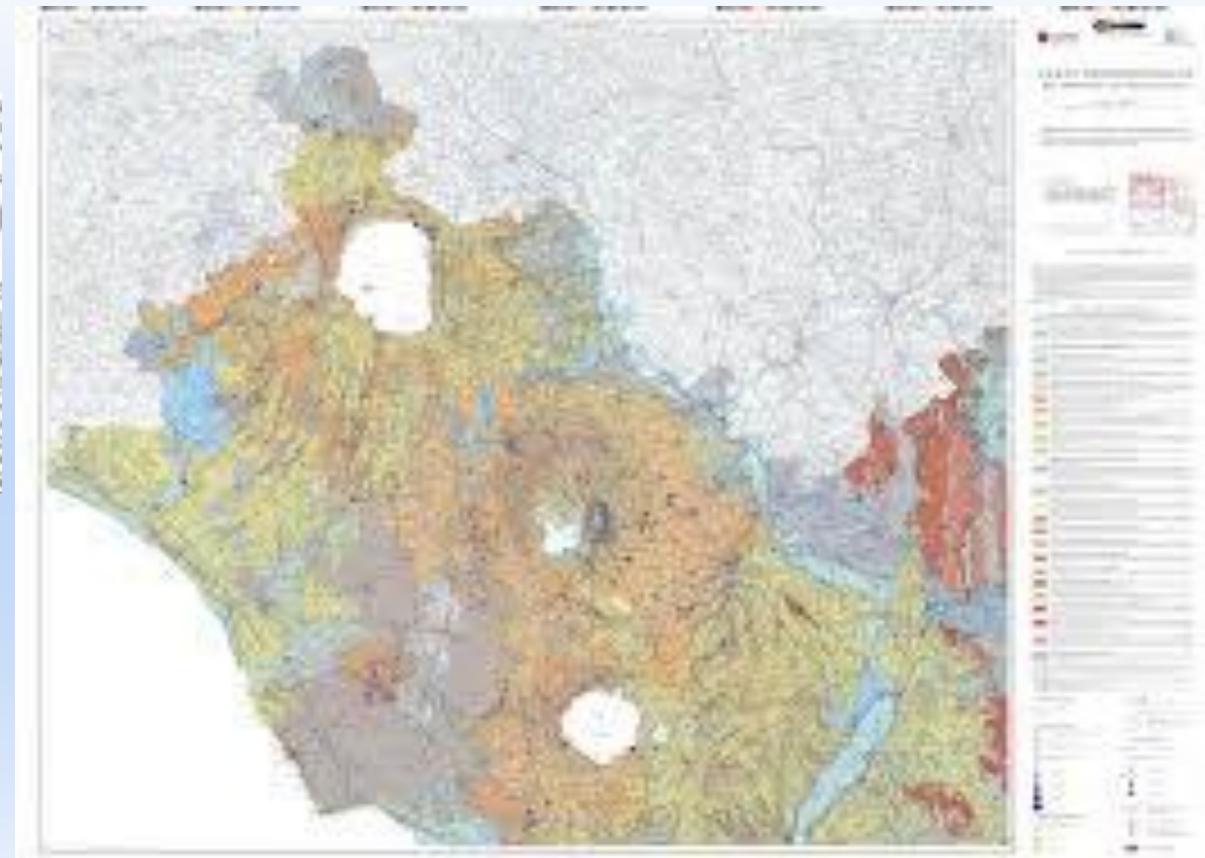
CAPITOLO 7. PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE**7.11.2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA AI FINI SISMICI**

Le indagini geotecniche devono essere predisposte dal progettista in presenza di un quadro geologico adeguatamente definito, che comprenda i principali caratteri tettonici e litologici, nonché l'eventuale preesistenza di fenomeni di instabilità del territorio. Le indagini devono comprendere l'accertamento degli elementi che, unitamente agli effetti topografici, influenzano la propagazione delle onde sismiche, quali le condizioni stratigrafiche e la presenza di un substrato rigido o di una formazione ad esso assimilabile.

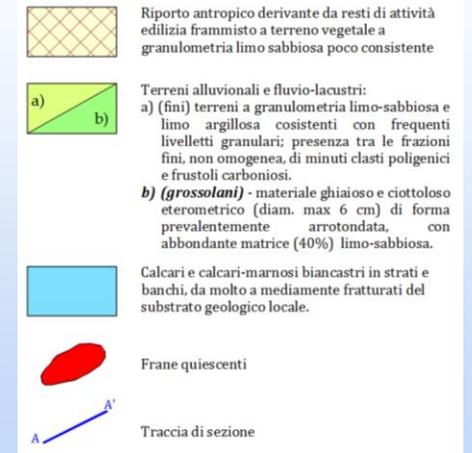
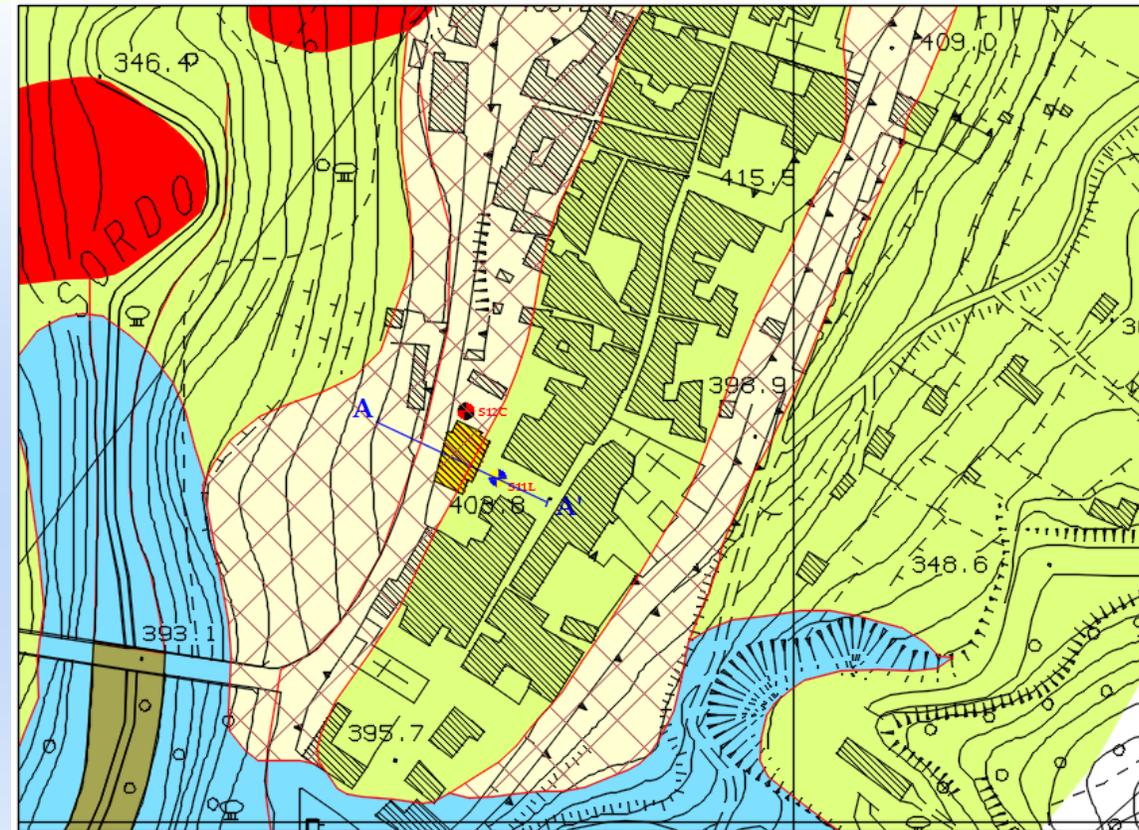
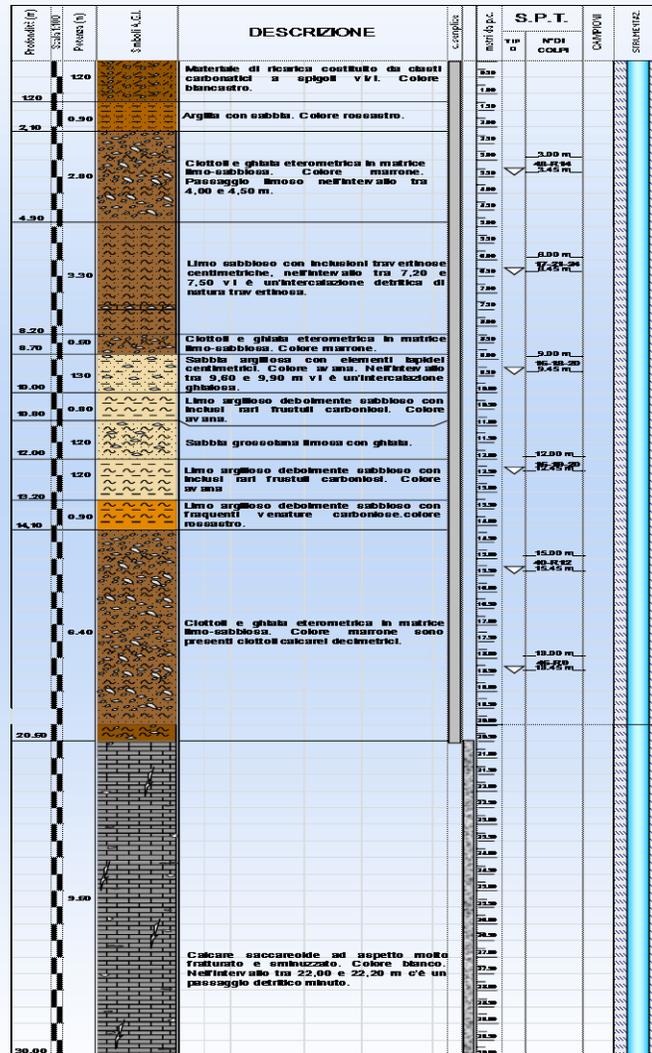
La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e la scelta dei più appropriati mezzi e procedure d'indagine devono essere effettuate tenendo conto della tipologia del sistema geotecnico e del metodo di analisi adottato nelle verifiche.

Nel caso di opere per le quali si preveda l'impiego di metodi d'analisi avanzata, è opportuna anche l'esecuzione di prove cicliche e dinamiche di laboratorio, quando sia tecnicamente possibile il prelievo di campioni indisturbati. In ogni caso, la caratterizzazione geotecnica dei terreni deve consentire almeno la classificazione del sottosuolo secondo i criteri esposti nel § 3.2.2.

Nella caratterizzazione geotecnica è necessario valutare la dipendenza della rigidezza e dello smorzamento dal livello deformativo.

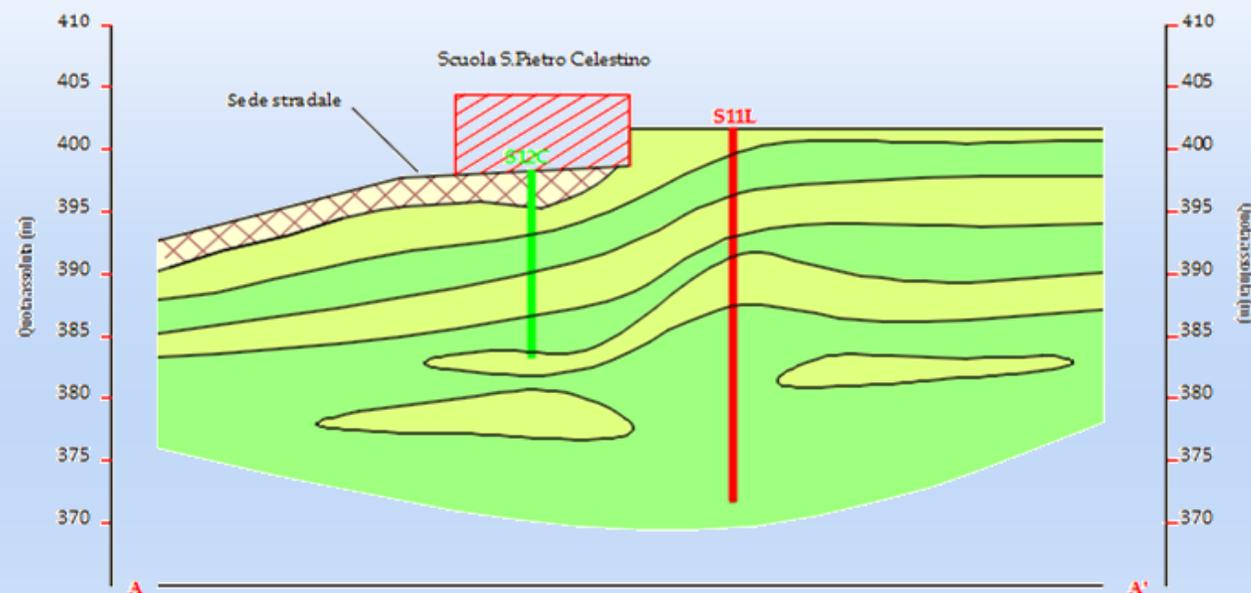
MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: ESEMPIO

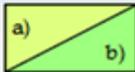
MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: ESEMPIO



MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: ESEMPIO

SEZIONE LITOTECNICA

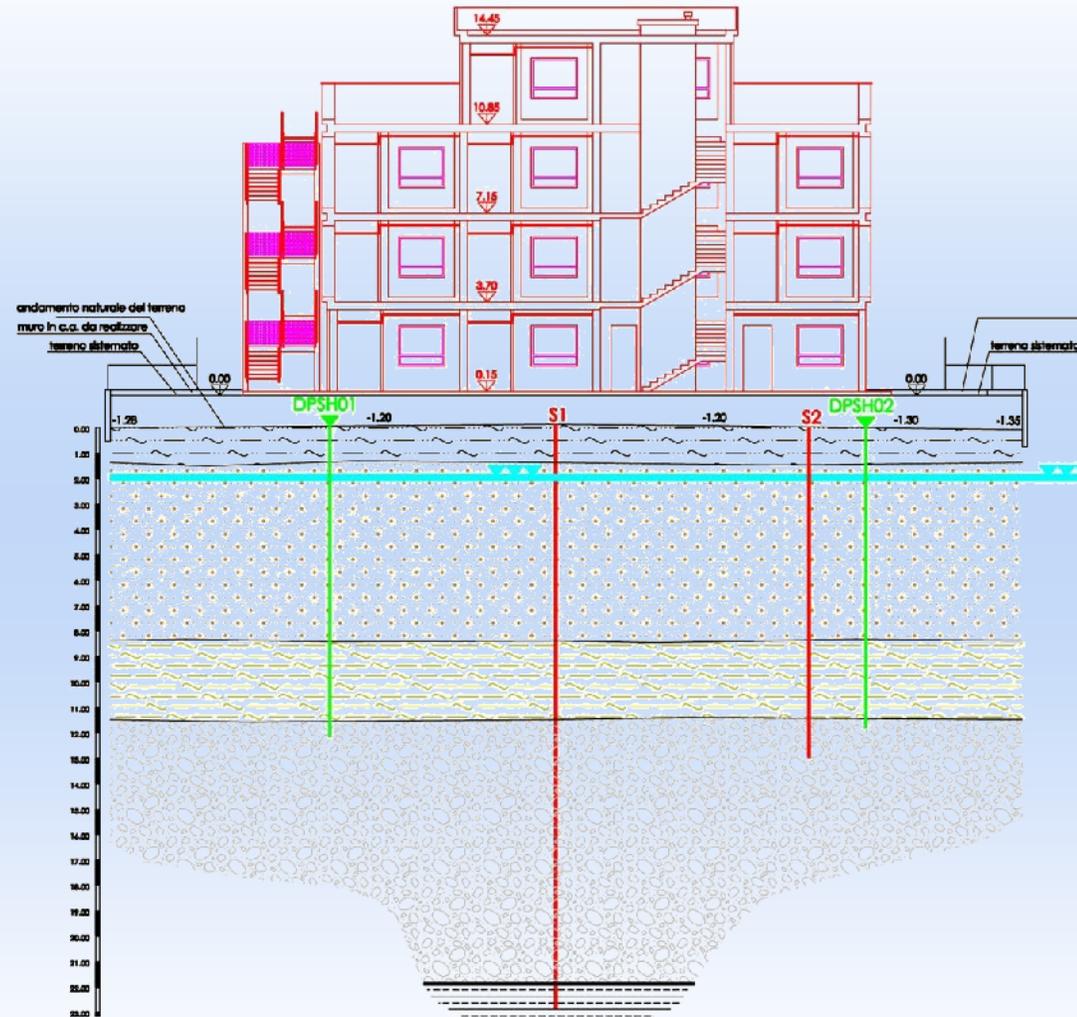


-  Riporto antropico derivante da resti di attività edilizia frammisto a terreno vegetale a granulometria limo sabbiosa poco consistente
-  Sondaggio geognostico S11L intersecato dalla sezione
-  Sondaggio geognostico S12C proiettato sulla sezione
-  Terreni alluvionali e fluvio-lacustri:

a) (fini) terreni a granulometria limo-sabbiosa e limo argillosa consistenti con frequenti livelletti granulari; presenza tra le frazioni fini, non omogenea, di minuti clasti poligenici e frustoli carboniosi.

b) (grossolani) - materiale ghiaioso e ciottoloso eterometrico (diam. max 6 cm) di forma prevalentemente arrotondata, con abbondante matrice (40%) limo-sabbiosa.

MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: ESEMPIO



MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: DEFINIZIONE**STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE****NTC 2008 § 7.11.3.4**

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
3. profondità medio stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$;
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Quando le condizioni 1 e 2 non risultano soddisfatte, le indagini devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: DEFINIZIONE

3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Per definire l'azione sismica di progetto si valuta l'effetto della risposta sismica locale (RSL) mediante specifiche analisi (C7.11.3.1). In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III) e sulle condizioni topografiche.

MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: DEFINIZIONE**3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE****CATEGORIE DI SOTTOSUOLO****Tab. 3.2.II –** *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: DEFINIZIONE

In sintesi...

Definizione del modello geologico e geotecnico

Caratterizzazione del modello sismico

**INDIVIDUAZIONE SCENARI DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
E PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**



MITIGAZIONE

MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: DEFINIZIONE

PER DEFINIRE I MODELLI GEOLOGICI, GEOTECNICO E SISMICO
SONO NECESSARIE INDAGINI DIRETTE E/O INDIRETTE

CAROTAGGI

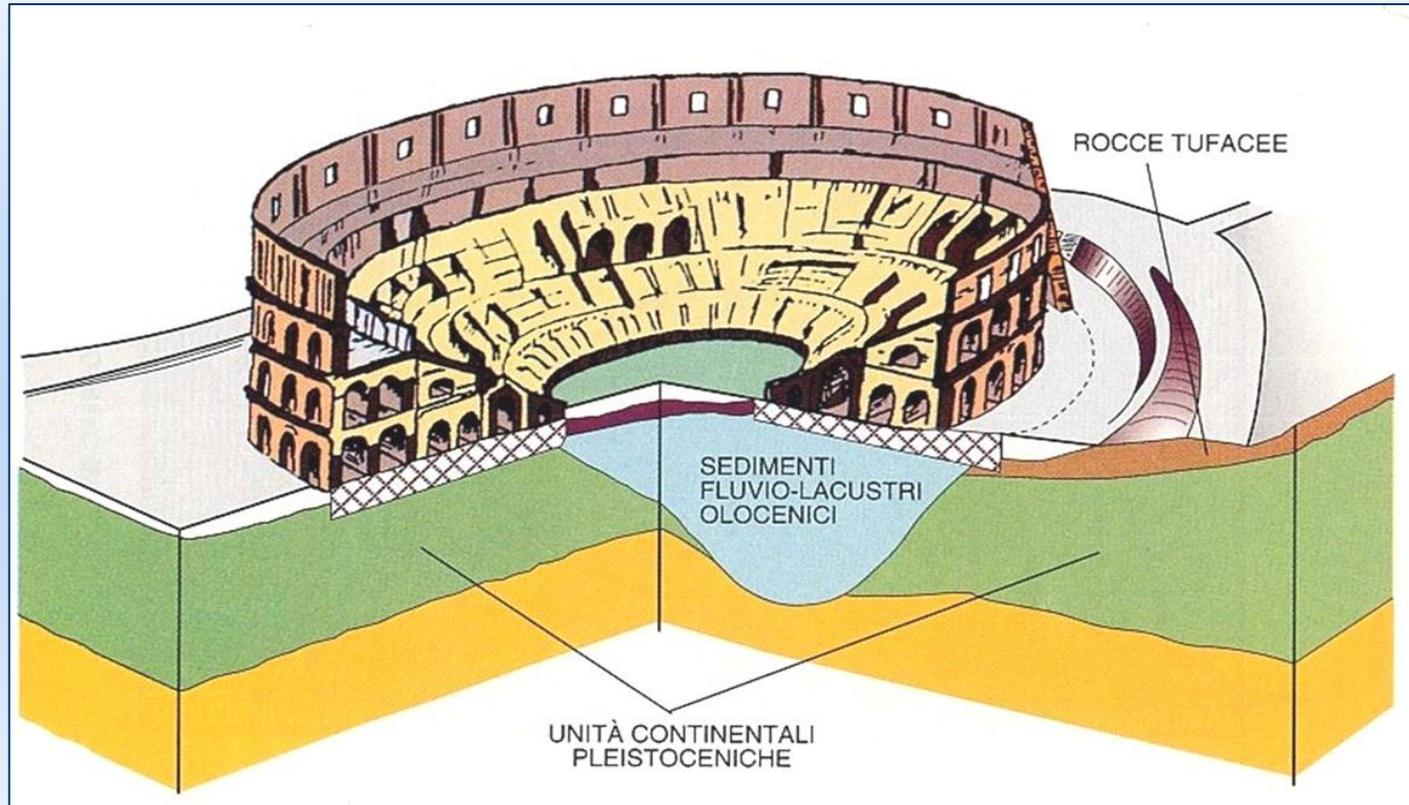
- prelievo di campioni (per analisi di laboratorio)
- Prove penetrometriche in sito
- Piezometrico
- Prova sismica in foro
- Prova dilatometrica o pressiometrica

PROVE IN SITO

- Prove penetrometriche dinamiche e/o statiche
- Prove di carico su piastra

INDAGINI GEOFISICHE



SCENARI DI RISCHIO: Cedimenti differenziali

Il Colosseo è costruito per metà su conglomerati e sabbia, e per metà sui depositi limo argillosi non consolidati del Fosso Labicano.

Il Colosseo fu realizzato bonificando un'area paludosa di un affluente del Tevere (il Fosso Labicano) costituita da terreni in prevalenza sabbiosi e in parte da terreni compressibili, cedevoli: i sedimenti fluvio-lacustri olocenici.

A causa di questa differenza di qualità del terreno di fondazione, l'Anfiteatro subì dissesti statici dovuti al cedimento differenziale del terreno di fondazione.

Esiste anche una motivazione legata agli effetti indotti dal sisma (RSL)

SCENARI DI RISCHIO: Cedimenti differenziali



*I **cedimenti differenziali** sono spostamenti non uniformi che avvengono nelle strutture e che si evidenziano successivamente al completamento della struttura stessa.*

Nella maggior parte dei casi si possono prevedere e prendere precauzioni per evitarne le conseguenze, ossia danni o pericoli per la stabilità strutturale.



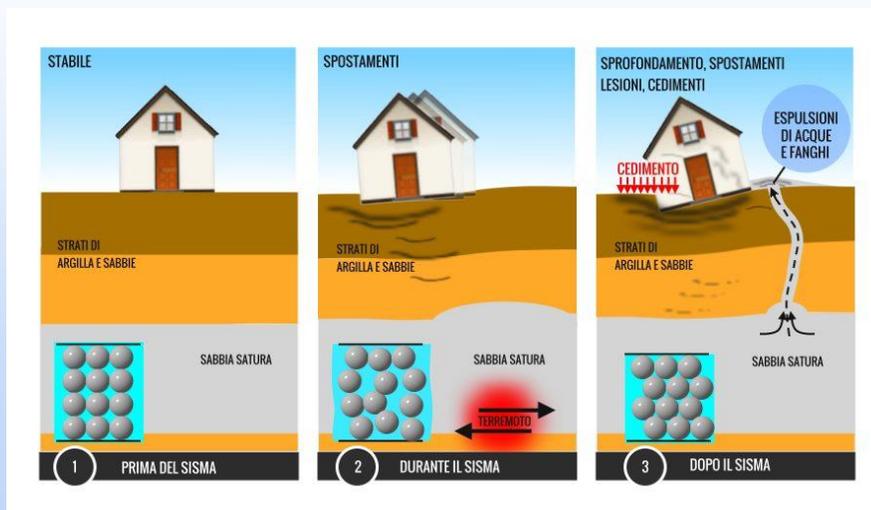
SCENARI DI RISCHIO: LIQUEFAZIONE

WIKIPEDIA
L'enciclopedia libera

la **liquefazione delle sabbie** è il comportamento dei terreni sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido

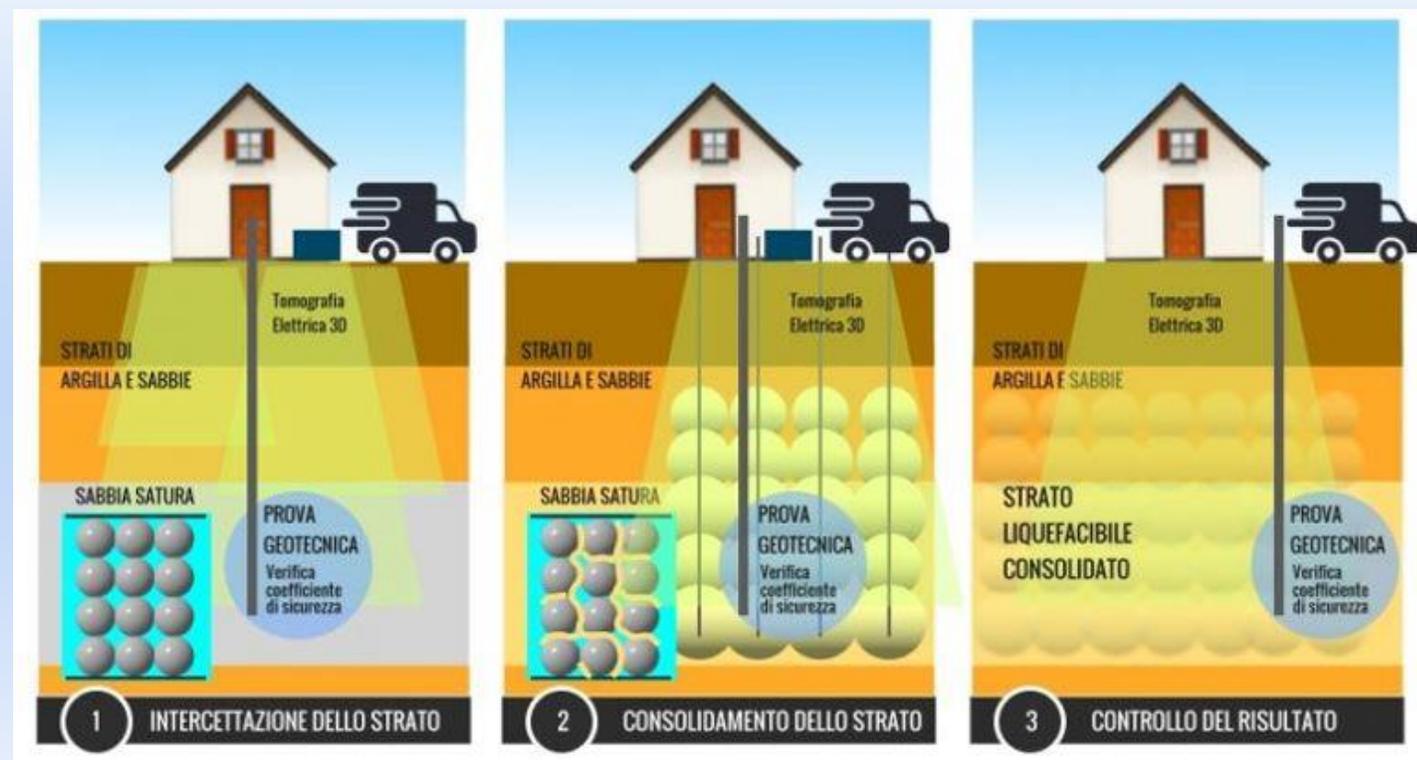


SCENARI DI RISCHIO: LIQUEFAZIONE



SCENARI DI RISCHIO: LIQUEFAZIONE

SCENARI DI RISCHIO: LIQUEFAZIONE E POSSIBILI SOLUZIONI



SCENARI DI RISCHIO: CAVITA' (SINKHOLES)

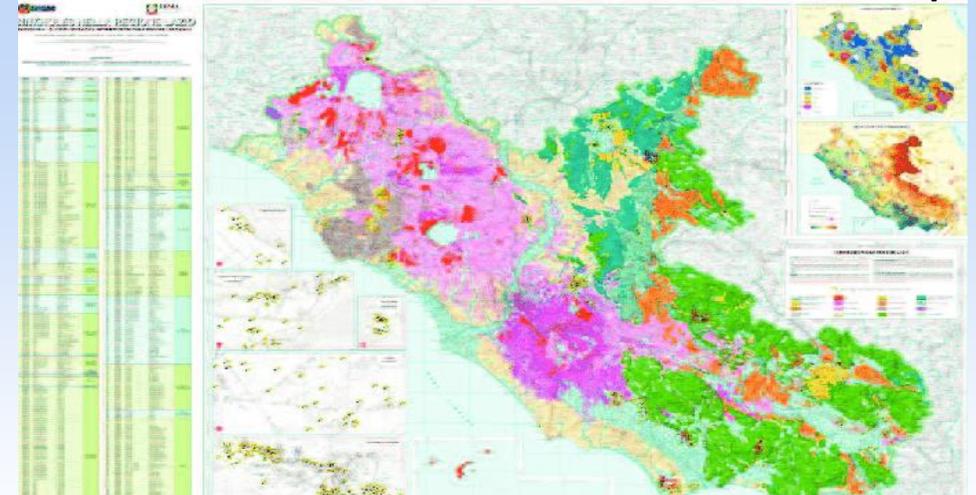


WIKIPEDIA
L'enciclopedia libera

Un **sinkhole** (...) è una depressione o un buco nel terreno causato da una qualche forma di collasso dello strato superficiale. La maggior parte sono causati da processi carsici: la dissoluzione chimica delle rocce carbonatiche.



Carta dei sinkholes del Lazio - Latium sinkholes map



SCENARI DI RISCHIO: Frana



SCENARI DI RISCHIO: Frana



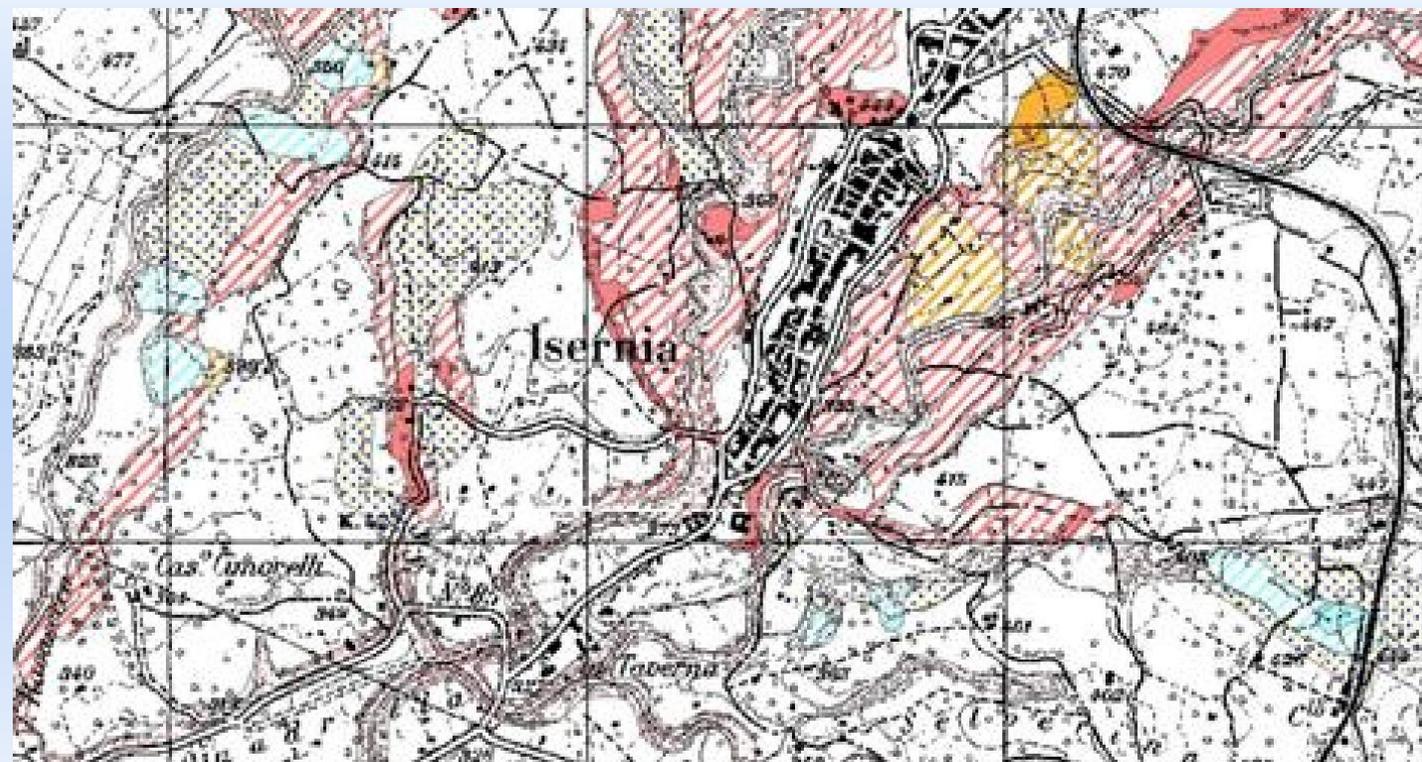
FARINDOLA (PE)



.Analisi dei dati storici e lettura del territorio

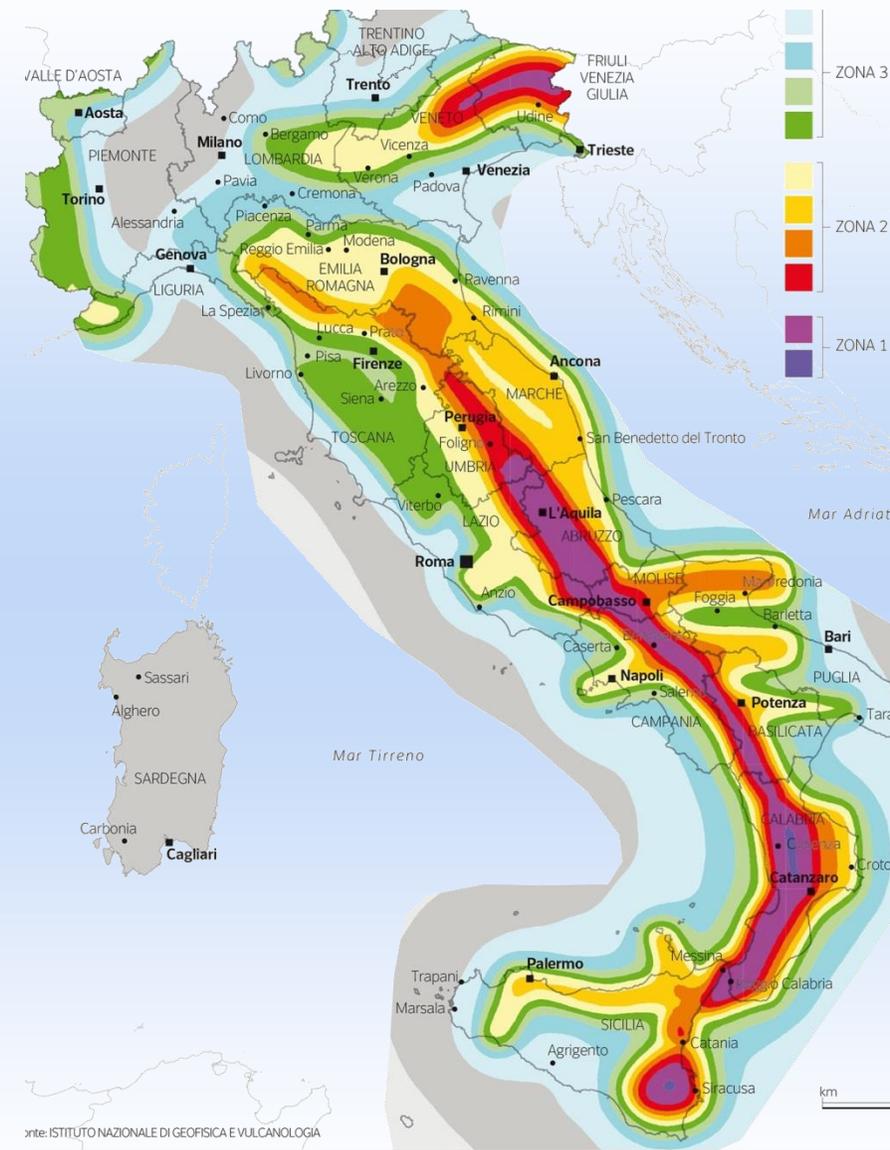
MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: DEFINIZIONE

CARTE DEL PAI



SCENARI DI RISCHIO: Alluvione**CASTELDACCIA (PA)**

Carta del rischio per macro aree



SCENARI DI RISCHIO: Risposta Sismica Locale**EFFETTI LOCALI**

«Gli effetti di sito sono da intendersi come l'insieme delle modificazioni in:

ampiezza

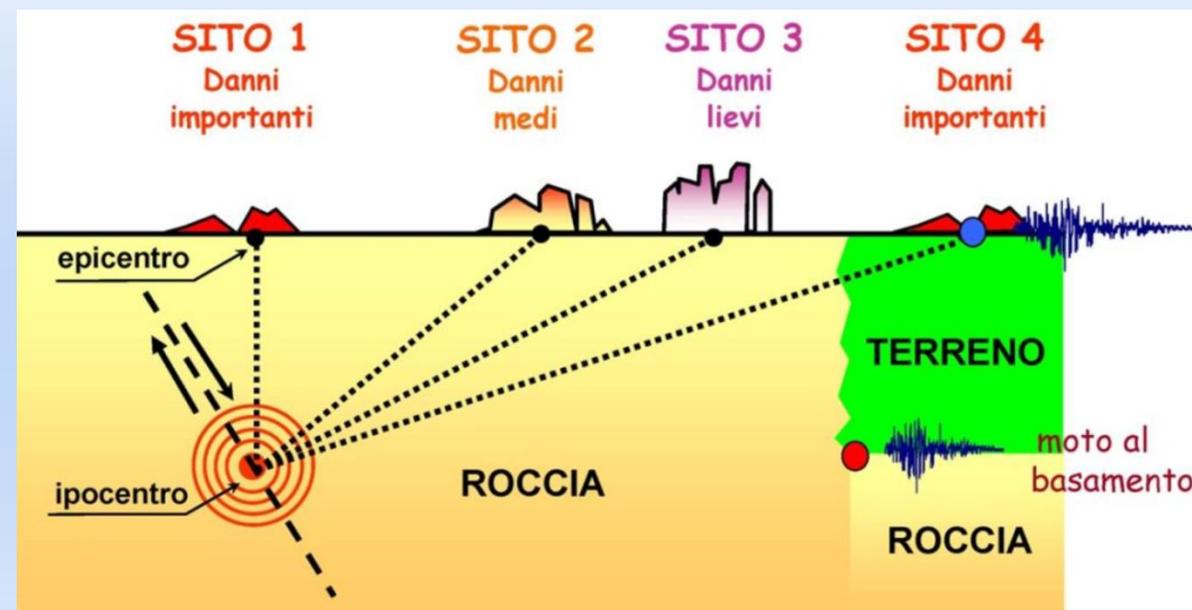
durata

contenuto in frequenza

che un moto sismico, relativo ad un basamento rigido ($V_s > 800$ m/s), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino a raggiungere il suolo».



NECESSITA' DEL MODELLO GEOLOGICO

SCENARI DI RISCHIO: Risposta Sismica Locale

MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: INDAGINI**CAROTAGGI**

- prelievo di campioni (per analisi di laboratorio)
- Prove penetrometriche in sito
- Piezometrico
- Prova sismica in foro
- Prova dilatometrica o pressiometrica

**RIENTRANO NELLE SPESE AMMISSIBILI
PER IL SISMA BONUS**

PROVE IN SITO

- Prove penetrometriche dinamiche e/o statiche
- Prove di carico su piastra

INDAGINI GEOFISICHE

- Rifrazione S – P
- Riflessione
- MASW
- Geoelettrica
- Georadar
- Microtremori

le prove geofisiche DEVONO SEMPRE essere tarate sui risultati geotecnici!!!

MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO: COSTI

CAROTAGGIO	al m/l	€ 40.00	÷	€ 60.00	+ spese varie
PROVE DI LABORATORIO	per prova	€ 500.00	÷	€ 1 000.00	
DPSH	cad	€ 200.00	÷	€ 400.00	
DOWN HOLE	al m/l	€ 20.00	÷	€ 40.00	
MASW	cad	€ 200.00	÷	€ 500.00	
RIFRAZIONE	cad	€ 300.00	÷	€ 600.00	

PREZZI DI MERCATO PER EDILIZIA PRIVATA PER LE PRINCIPALI E PIÙ FREQUENTI INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE

Si tratta di prezzi indicativi soggetti a variazioni a seconda delle profondità di indagine, dell'accessibilità dei luoghi, delle quantità e della tipologia (prove di laboratorio)



*Il Suolo su cui sorge il Condominio...Dalla sorpresa geologica alla
salvezza del patrimonio edilizio:
Nuove frontiere per la sicurezza in condominio*

ROMA , 05 Dicembre 2019

Camera dei Deputati —Sala del Refettorio Palazzo San Macuto, via del Seminario, 76

**Il modello geologico: dalla conoscenza
del sottosuolo alla mitigazione dei rischi**

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Domenico ANGELONE – Consiglio Nazionale dei Geologi

domenico.angelone@cngeologi.it



[@CNGangelone](https://twitter.com/CNGangelone)