ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

ROMA TRE UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

SEMINARI DI PREPARAZIONE PER GLI ESAMI DI STATO PER LA PROFESSIONE DI GEOLOGO

Università Roma Tre – Dipartimento di Scienze, (Largo San L. Murialdo, Aula E)

30 Maggio 2019

ESEMPI di Relazioni Geologiche per la progettazione (NTC 2018)

Dott. Geol. EUGENIO DI LORETO

(SEGRETARIO SIGEA LAZIO)

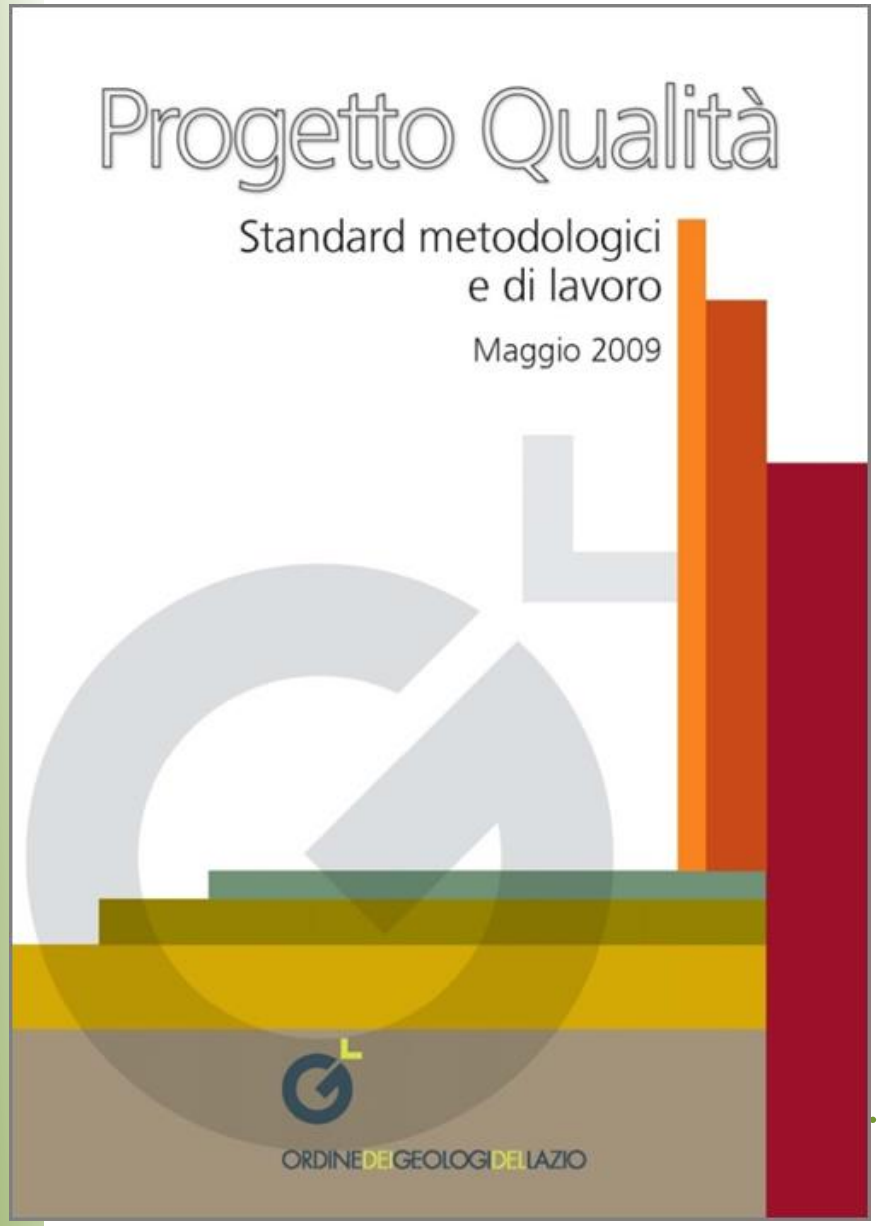
ESEMPI di RELAZIONE GEOLOGICA PER LA PROGETTAZIONE

Si ringraziano i Geologi R. Troncarelli e M. Orfei per aver messo a disposizione le Relazioni Geologiche

ORDINEDEIGEOLOGIDELLAZIO

Relazione geologica di progetto e standard di lavoro

ROMA TRE UNIVERSITÀ DEGLI STUDI



STANDARD N.	TIPOLOGIA OPERA
1	Opere di sistemazione e completamento di fabbricati esistenti: adeguamento igienico - funzionale, sopraelevazione, strutture di recinzione di aree di pertinenza, etc.
2	Costruzione di un edificio di modesto impegno costruttivo
3	Costruzione di un edificio di notevole impegno costruttivo e/o di edificio sensibile
4	Progettazione stradale
5	Progettazione di reti di distribuzione (fognarie, idriche, metanodotti, etc.)
6	Interventi di stabilizzazione di aree in frana e/o di consolidamento di versanti
7	Studi ed indagini geologiche preordinate alla redazione di uno strumento urbanistico attuativo
8	Studio geologico riguardante la localizzazione e la realizzazione di una discarica per R.S.U.
9	Studio geologico riguardante la bonifica di una discarica per R.S.U.
10	Studio idrogeologico per lo sfruttamento idropotabile degli acquiferi
11	Studio idrogeologico per la delimitazione delle Aree di Salvaguardia di Risorse Idropotabili
12	Studio geologico nell'ambito di un progetto per attività estrattiva o per l'ampliamento di un sito già adibito ad attività estrattiva
13	Studio componente suolo-sottosuolo e ambiente idrico in procedure SIA, VIA, VAS e Valutazioni di Incidenza
14	Studio idrologico ed idrogeologico per realizzazione laghetti collinari
15	Studi in area urbana
16	Individuazione cavità sotterranee di origine antropica
17	Studi geologici nell'ambito della progettazione di aree cimiteriali
18	Studi geologici per concessioni di derivazione di acqua pubblica (sotterranea)
19	Studi geologici per concessioni di derivazione di acqua pubblica (superficiale)
20	Studi idrogeologici per la realizzazione di impianti di smaltimento reflui domestici

Contenuti minimi della Relazione geologica di progetto (Allegato C della D.G.R. n° 375 05.07.2016)

1) Premessa, descrizione e livello di vulnerabilità dell'opera;
2) Ubicazione e contesto territoriale del sito d'intervento;
3) Quadro normativo;
4) Pianificazione e vincolistica a scala comunale; Stralcio Piano di Bacino (PAI); Stralcio Studio di Microzonazione Sismica;
5) Inquadramento Geologico e Idrogeologico;
6) Geomorfologia (Categoria dell'amplificazione topografica);
7) Contesto geologico locale (da indagini dirette);
8) Sismicità, Risposta Sismica Locale;
9) Programma delle indagini (da allegare i risultati e le tabelle);
10) Analisi della pericolosità geologica e sismica sito-specifica;
11) Conclusioni con sintesi del modello geologico (sezione geologica e sismica), definizione dell'azione sismica di progetto, valutazioni sulla fattibilità dell'opera e prescrizioni:

Bibliografia utilizzata

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

Programma delle Indagini

ROMA TRE UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

- Obiettivi e limiti dell'indagine svolta;
- Ubicazione delle singole indagini (coordinate geogr.e stralcio di carta CTR);
- Descrizione delle Indagini in sito (ditta esecutrice, data, foto, tipo, profondità raggiunta, tabelle, commenti);
- Indagini in laboratorio (tutte le prove eseguite con relative tabelle).
- **ALLEGATI:** STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI; TABULATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE; ANALISI DI LABORATORIO CERTIFICATE; SEZIONI GEOLITOLOGICHE; DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.

Per le eventuali indagini esistenti si deve specificare la distanza di queste dall'opera in progetto, la data della loro esecuzione, motivando l'utilità ai fini della ricostruzione del modello geologico del sito di intervento.

In generale, una Relazione geologica senza indagini **non è progettuale**.

Consigli utili per compilare la relazione geologica

Il testo deve essere chiaro ed efficace, comprensibile anche ai non addetti che leggono la Relazione. Vanno usati i verbi nella forma attiva e affermativa, legando le parole e le frasi in modo breve. Molte pagine possono confondere chi legge, non servono, si perde di vista l'obiettivo e si rischia di non fornire informazioni importanti della Relazione geologica.

L'inquadramento geologico regionale deve analizzare solo quella parte di territorio che condiziona il progetto, (*va evitato di raccontare l'origine della Tetide o altre divagazioni sulla geologia dell'Appennino*). Va fatto riferimento alla informazioni geologiche reperibili in letteratura, allegando uno Stralcio della cartografia geologica in scala 1:100.000;

Dopo un breve inquadramento geologico, si passa alla descrizione litologica delle formazioni presenti nell'area di intervento, desunte dal rilevamento geologico di dettaglio, allegando la relativa Carta geologica, a scala di progetto. Si passa alla descrizione e alla definizione geometrica dei terreni di copertura (attenzione a distinguerli dalla copertura sismica).

Vanno illustrare le caratteristiche della rocce del substrato e la loro Profondità (per la profondità ci si limita al volume significativo).

Valutazione Rischi geologici

RISCHI GEOLOGICI	Assente/Presente
Frana ed erosioni	
Alluvione	
Sink hole	
Cavità sotterranee	
Cedimenti differenziali del terreno	
Faglie Attive e Capaci	
Microzona in Prospettiva Sismica Omogenea (MOPS)	
Presenza di Gas nocivi nel sottosuolo	
Fenomeni di amplificazione topografica (Valle sepolta; Cresta; Versante; Scarpata)	
Effetti sismo stratigrafici (inversione di velocità; forti contrasti di impedenza;)	
Scarso drenagiio delle acque meteoriche	

Caso A: Edificio per annesso agricolo, in classe d'uso II

sito nel Comune di Montalto di Castro (VT) Zona Sismica 3B
Livello di Vulnerabilità BASSO (DGR 375/16)

LIVELLO DI VULNERABILITA' DELL'OPERA

	zona sismica 1	zona sismica 2a	zona sismica 2b	zona sismica 3a	zona sismica 3b
ASSEVERAZIONI	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A SORTEGGIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso II; classe d'uso III, escluse le strutture per l'istruzione - DGRL n. 489/2012)	ALTO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso III - strutture per l'istruzione; classe d'uso IV e opere pubbliche)	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Caso B: Edificio per abitazione, in classe d'uso II

ubicato nel Comune di Montefiascone (VT) Zona Sismica 2B
Livello di Vulnerabilità MEDIO (DGR 375/16)

LIVELLO DI VULNERABILITA' DELL'OPERA

	zona sismica 1	zona sismica 2a	zona sismica 2b	zona sismica 3a	zona sismica 3b
ASSEVERAZIONI	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A SORTEGGIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso II; classe d'uso III, escluse le strutture per l'istruzione - DGRL n. 489/2012)	ALTO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso III - strutture per l'istruzione; classe d'uso IV e opere pubbliche)	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Caso C: terminal crocieristico, in classe d'uso III (con affollamenti significativi)

ubicato nel Comune di Civitavecchia (RM) Zona Sismica 3B
Livello di Vulnerabilità BASSO (DGR 375/16)

LIVELLO DI VULNERABILITA' DELL'OPERA

	zona sismica 1	zona sismica 2a	zona sismica 2b	zona sismica 3a	zona sismica 3b
ASSEVERAZIONI	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A SORTEGGIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso II; classe d'uso III, escluse le strutture per l'istruzione - DGRL n. 489/2012)	ALTO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso III - strutture per l'istruzione; classe d'uso IV e opere pubbliche)	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Caso A: Edificio per annesso agricolo in classe d'uso II

INDAGINI ESEGUITE

- ✓ n. 2 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH (superpesanti) al sedime dell'opera, tali da permettere la caratterizzazione geotecnica dei depositi presenti;
- n. 1 stesa sismica di tipo MASW, al fine di determinare il parametro sismico Vs_{eq} da fornire allo strutturista;
- n. 1 misura di microtremori sismici;

Indagini minime previste, dall'allegato C della DGR 375/16, per il Livello di vulnerabilità BASSO

SU TERRENI:

Dovranno eseguirsi:

- Almeno **1 prova penetrometrica di tipo statico** (CPT, CPTE, CPTU) o dinamico (DPH, DPSH) per una profondità almeno pari al volume significativo, **oppure prove di laboratorio** per la definizione delle caratteristiche fisiche e meccaniche;
- Almeno **1 prova geofisica indiretta** (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30}.

SU ROCCIA COMPATTA AFFIORANTE O CON SUBSTRATO ROCCIOSO ENTRO I PRIMI 3 MT DI PROFONDITÀ:

Dovranno eseguirsi:

- Almeno **1 prova geofisica indiretta** (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30}.

Caso B: Edificio per abitazione, in classe d'uso II

INDAGINI ESEGUITE

- ✓ n. 2 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH (superpesanti) al sedime dell'opera, tali da permettere la caratterizzazione geotecnica dei depositi presenti;
- n. 1 stesa sismica di tipo MASW, al fine di determinare il parametro sismico Vs_{eq} da fornire allo strutturista;
- n.1 misura di microtremori sismici;

Indagini minime previste, dall'allegato C della DGR 375/16, per il Livello di vulnerabilità MEDIO

SU TERRENI:
Dovranno eseguirsi:

- Almeno **1 sondaggio geognostico** con prove SPT in foro **oppure** almeno **2 prove penetrometriche** di tipo statico (CPT, CPTE, CPTU) o dinamico (DPH, DPSH) per una profondità almeno pari al volume significativo;
- **Prove di laboratorio** per la definizione delle caratteristiche fisiche e meccaniche;
- Almeno **2 prove geofisiche indirette** (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30};
- **Verifiche di stabilità** ante e post operam dei versanti, laddove necessario.

SU ROCCIA COMPATTA AFFIORANTE O CON SUBSTRATO ROCCIOSO ENTRO I PRIMI 3 MT DI PROFONDITÀ:
Dovranno eseguirsi:

- Almeno **1 prova geofisica indiretta** (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30};
- **Verifiche di stabilità** ante e post operam dei versanti, laddove necessario.

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

Caso C: terminal crocieristico, in classe d'uso III

ROMA TRE UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

INDAGINI ESEGUITE

n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti entrambi fino alla profondità di 40 metri dal p.c., con esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro (SPT) e prelievo di campioni di terreno;
n° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti fino a profondità comprese tra i 15 ed i 20 metri dall'attuale p.c., con esecuzione di prove in foro (SPT);
n° 1 prova penetrometrica dinamica di tipo superpesante (DPSH) per la caratterizzazione geotecnica dei terreni al sedime dell'opera da realizzare;
n° 2 indagini geofisiche dirette Down-Hole;
n° 2 indagini di sismica attiva MASW;
n° 2 indagini di sismica passiva a stazione singola HVSR;
Prove di laboratorio su campioni di terreno

Indagini minime previste, dall'allegato C della DGR 375/16, per il Livello di vulnerabilità BASSO

SU TERRENI:

Dovranno eseguirsi:

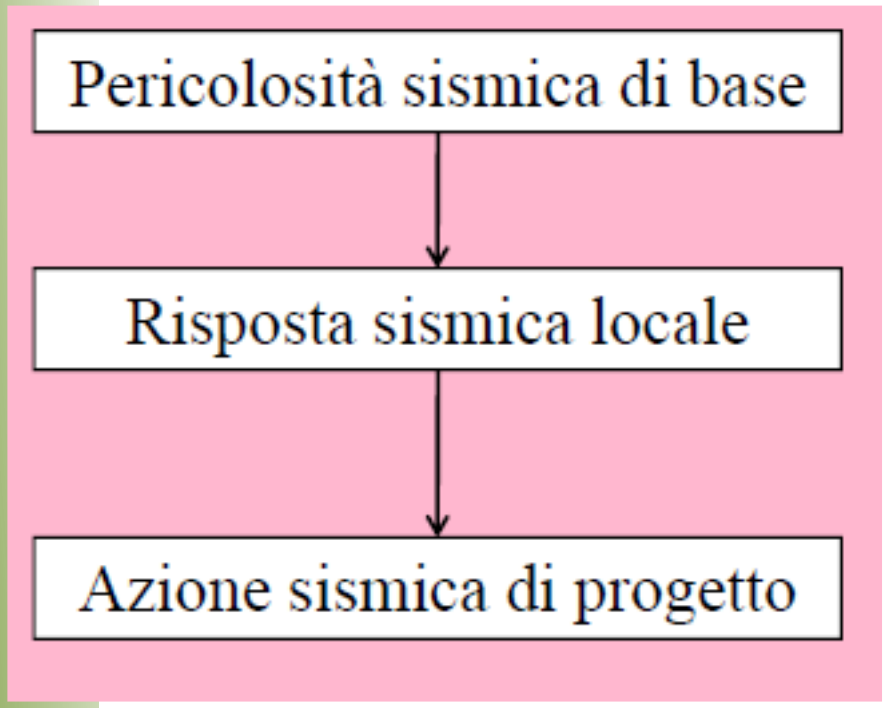
- Almeno **1 prova penetrometrica di tipo statico** (CPT, CPTE, CPTU) o dinamico (DPH, DPSH) per una profondità almeno pari al volume significativo, **oppure prove di laboratorio** per la definizione delle caratteristiche fisiche e meccaniche;
- Almeno **1 prova geofisica indiretta** (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30}.

SU ROCCIA COMPATTA AFFIORANTE O CON SUBSTRATO ROCCIOSO ENTRO I PRIMI 3 MT DI PROFONDITÀ:

Dovranno eseguirsi:

- Almeno **1 prova geofisica indiretta** (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30}.

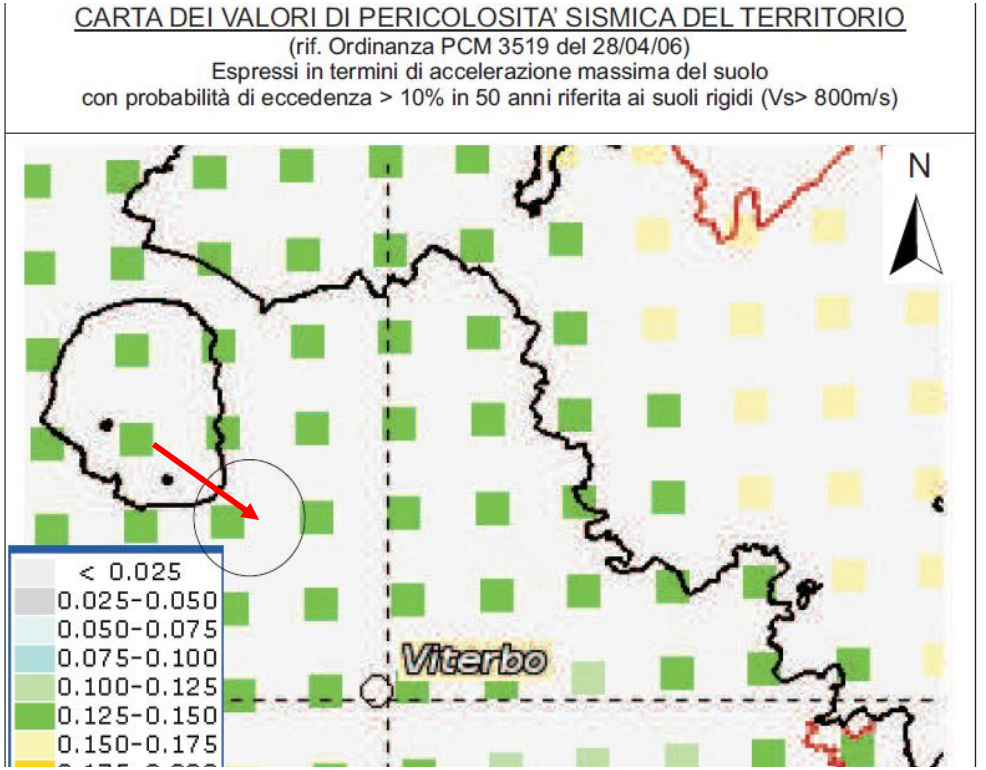
Analisi di pericolosità sismica di base



Al fine della definizione delle **azioni sismiche di progetto**, di cui al § 3.2 delle NTC18, occorre partire dalla "**pericolosità sismica di base**".
La stima di quest'ultima, espressa in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale (categoria "A" e T1 delle NTC18), pertanto in condizioni ideali, viene eseguita mediante un approccio "sito dipendente"; ovvero la stima dei parametri spettrali, necessari per la definizione dell'azione sismica sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, è calcolata direttamente per il sito in esame.

Fase 1 Individuazione della Pericolosità del sito

Si procede a calcolare le coordinate geografiche della zona in esame, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento utilizzato per la carta di pericolosità dell'INGV, fornita dai dati pubblicati sul sito http://esse1.mi.ingv.it



Latitudine:	ϕ_{ED50}	42.522947
Longitudine:	λ_{ED50}	12.016677

Definizione delle azioni sismiche

Le azioni sismiche sulle costruzioni, per i vari stati limite relativi all'approccio prestazionale, si ricavano attraverso la seguente formula:

$\mathbf{V_R = V_N \times C_U}$ (V_R è il periodo di riferimento; V_N la Vita Nominale di progetto e C_u il Coefficiente d'uso)

Tab. 2.4.II – *Valori del coefficiente d'uso* C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

VITA NOMINALE V_N	VALORI DI V_R			
	CLASSE D'USO			
	I	II	III	IV
≤ 10	35	35	35	35
≥ 50	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
≥ 100	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

CASO B, edificio per abitazione

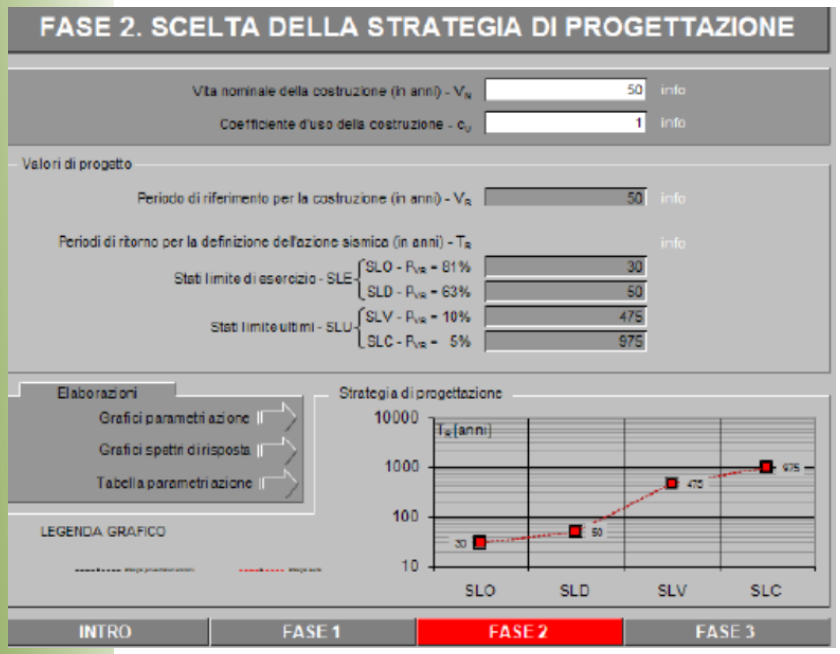
Coordinate del sito: Lat 42.522947 e Long 12.016677;

Vita nominale V_N: 50 anni; Classe d'uso: II (*affollamenti normali..*);

Coefficiente di uso C_u = 1,0;

Vita di riferimento $V_R = V_N \times C_u$ = 50 anni.

Definizione delle azioni sismiche



Ai quattro stati limite, Stato limite di immediata operatività (SLO), Stato limite di danno (SLD), Stato limite di salvaguardia della Vita (SLV) e Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC) sono stati attribuiti (v. Tabella 3.2.1 delle NTC18) i valori della probabilità di superamento P_{Vr} nel periodo di riferimento, pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, cui corrispondono periodi di ritorno di anni 30, 50, 475, 975.

Tabella con i diversi parametri

Stato limite	T_r (anni)	a_g (m/s^2)	F_o	T^*_c (s)
SLO	30	0.049	2.475	0.252
SLD	50	0.060	2.511	0.262
SLV	475	0.141	2.498	0.286
SLC	975	0.176	2.528	0.291

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

Metodo semplificato e Analisi Numerica (RSL)

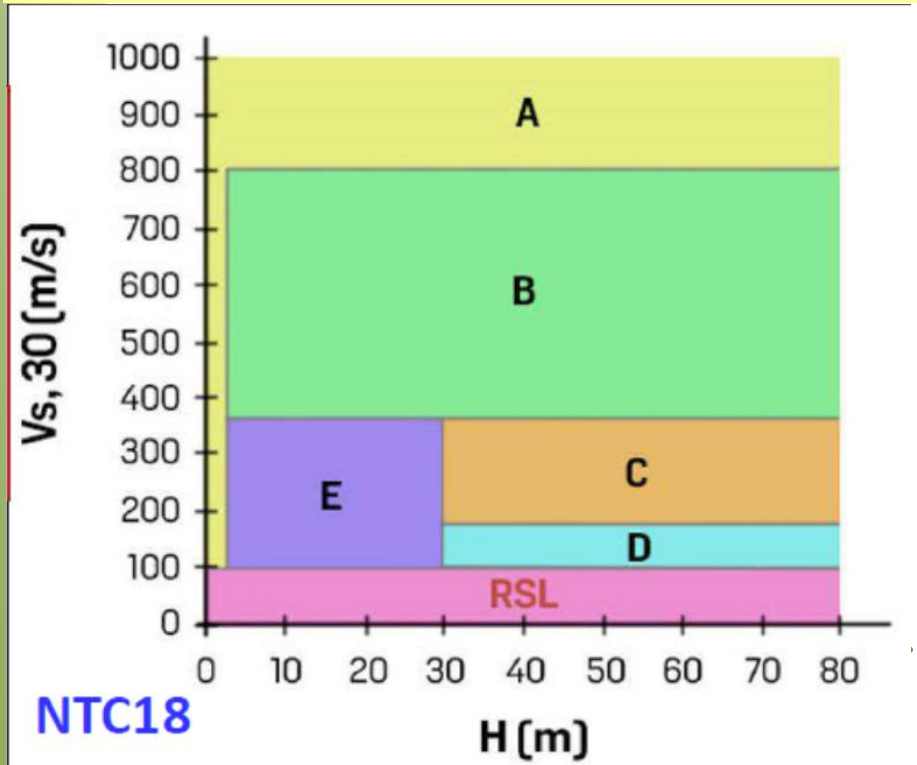
ROMA TRE UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, per tener conto delle modifiche prodotte dalle locali condizioni stratigrafiche (S) del sottosuolo e dalla configurazione topografica (T) del sito in esame. Entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido ed orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, determinano la **Risposta Sismica Locale (RSL)**, così come definita al § 7.11.3.1 delle NTC18. Gli effetti della RSL possono essere valutati con il **metodo semplificat**o se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro di risposta elastico di una determinata Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC 2018), oppure tramite specifiche **Analisi numeriche,** con l'utilizzo di alcuni software con codici di calcolo, quando l'azione è descritta mediante accelerogrammi ricostruiti.

Metodo semplificato (scelta non prioritaria delle NTC 2018)

Il Metodo semplificato si usa normalmente per le strutture ordinarie (classe d'uso II), con la individuazione della Vseq dalle indagini geofisiche, ma a condizione che si riscontri un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche dei terreni con la profondità.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

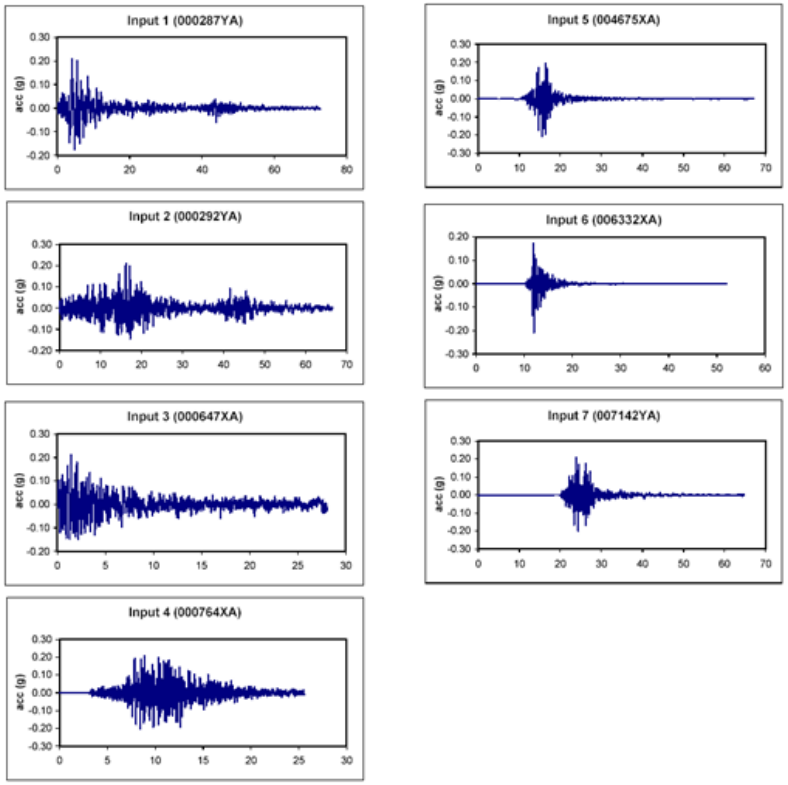


Si procede a individuare la Categoria di sottosuolo che presenta uno specifico spettro di Normativa, utile alla progettazione.

Analisi Numerica (RSL)

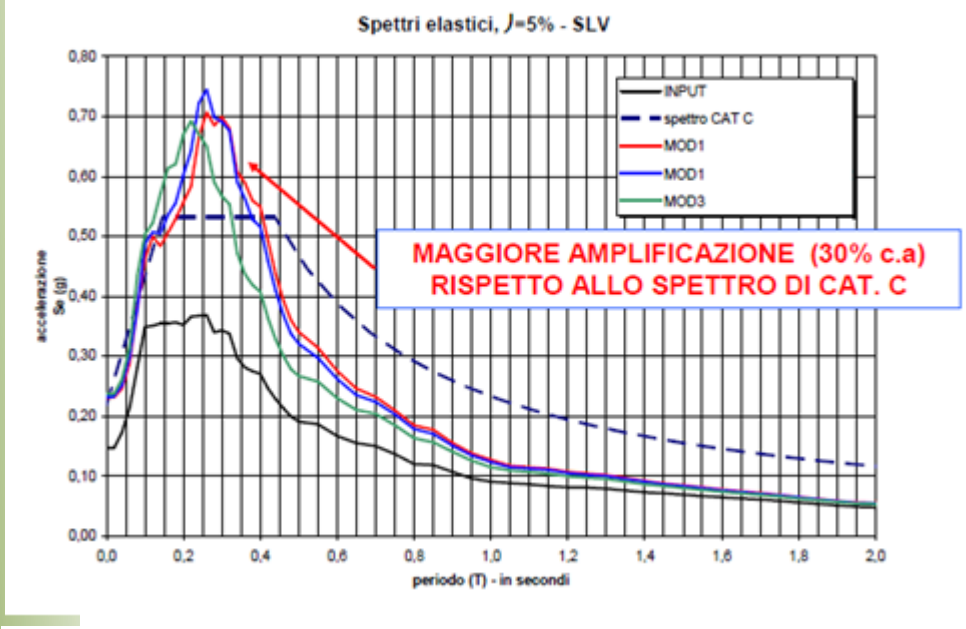
Metodo più rigoroso

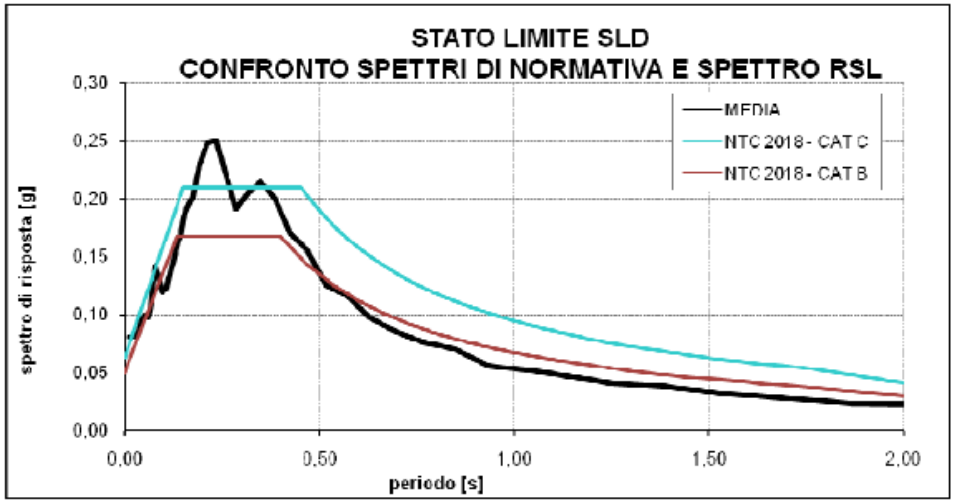
L'Analisi numerica (RSL, Risposta Sismica Locale) si applica generalmente per le strutture strategiche (classe d'uso IV) e rilevanti (classi d'uso III), nelle situazioni sismo - stratigrafiche particolari (con contrasti di impedenza, inversioni di velocità, presenza di cavità, depositi sopra al bedrock di forte spessore), che non rientrano in nessuna delle 5 categorie di sottosuolo proposte dalla normativa.



L'informazione di maggior interesse offerta dall'analisi di RSL è lo spettro di risposta in accelerazione del moto del terreno (strumento dinamico più utilizzato per la progettazione di manufatti), che mette in evidenza gli effetti di sito.

Confronto tra spettro di risposta medio ottenuto con metodi numerici e spettri di normativa

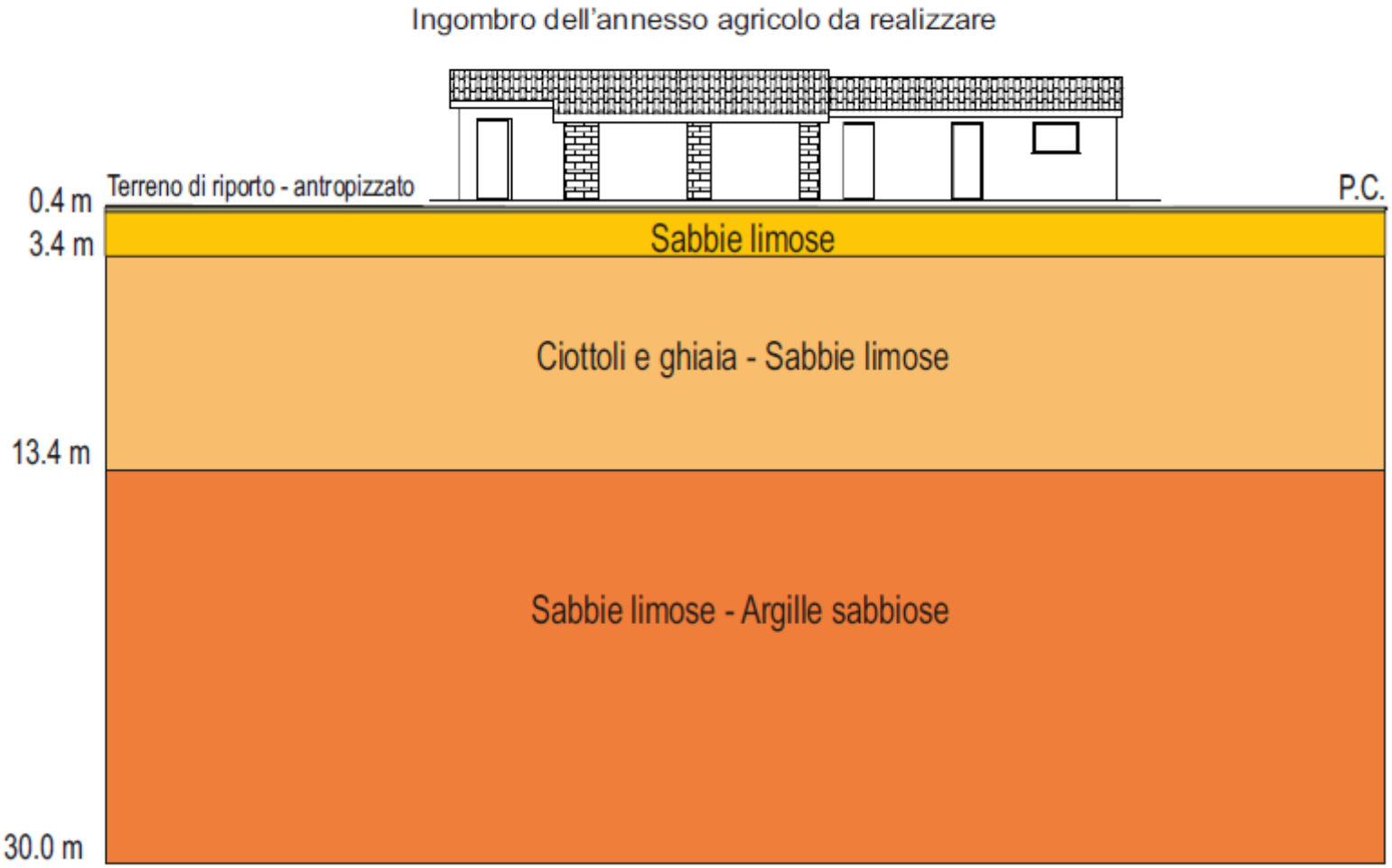




LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA MEDIANTE MODELLAZIONE NUMERICA (ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE) È SEMPRE RACCOMANDABILE E CONDUCE AD UNA PROGETTAZIONE PIÙ ECONOMICA E/O COMUNQUE PIÙ SICURA.

Modello geologico Caso A
Annesso agricolo

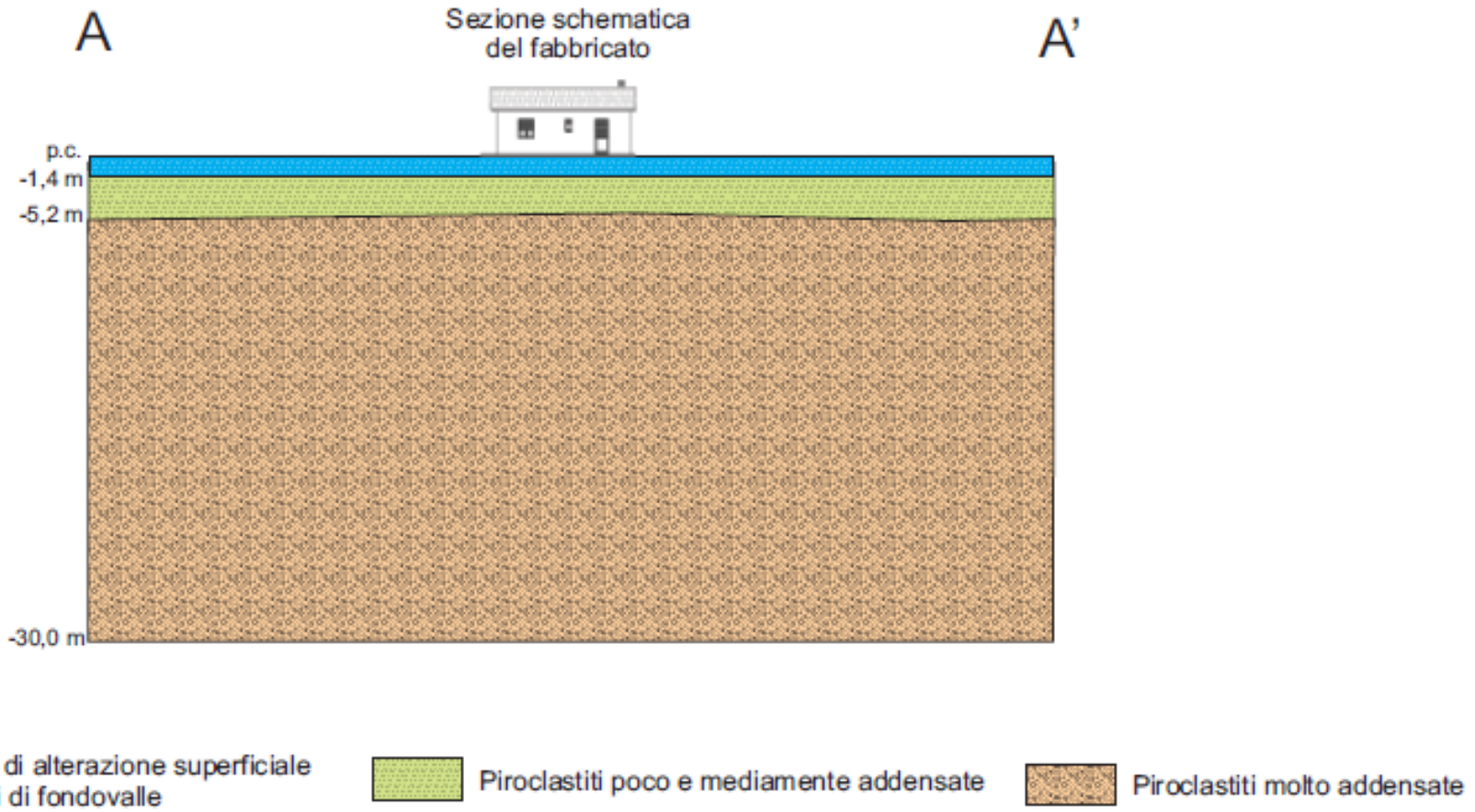
Sezione geolitologica



Categoria suolo C ; Categoria Topografica T1

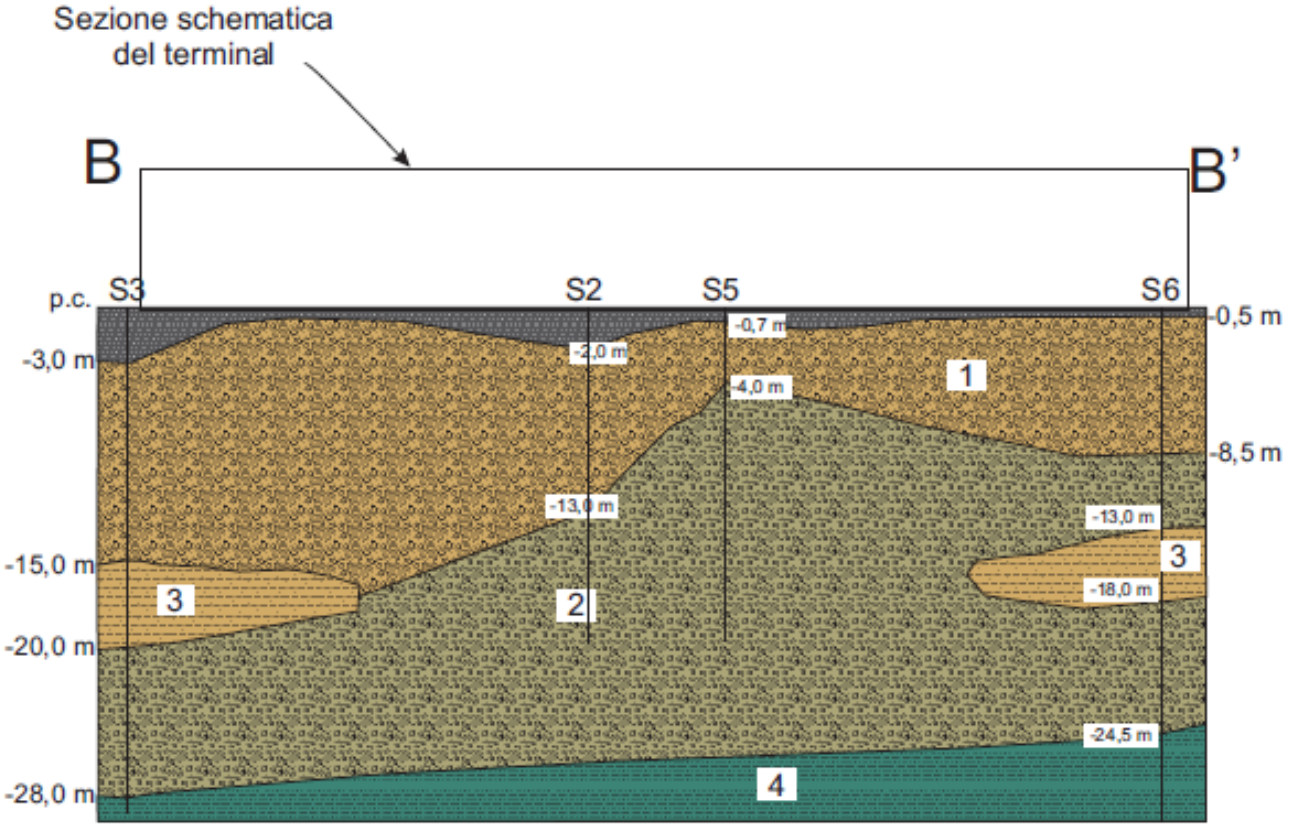
Modello geologico Caso B

Edificio per abitazione



Categoria suolo B ; Categoria Topografica T1

Modello geologico Caso C
Terminale Porto



Copertura in asfalto e sottofondo in sabbia e ciottoli

1 Materiale eterogeneo costituito da elementi litoidi

2 Blocchi rocciosi di natura calcarea con interspazi riempiti da sabbie e sabbie limose

3 Materiale limoso-sabbioso di colore avana

4 Sabbie di fondale marino

Analisi di Risposta Sismica Locale; Categoria Topografica T1

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

ROMA TRE UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

Grazie per l'attenzione !!!

le NTC forniscono indicazioni su come costruire; la definizione di parametri geotecnici e geofisici e la stima della RSL permettono il calcolo strutturale e il corretto dimensionamento dell'opera affinché resista alle sollecitazioni sismiche attese.

L'Aquila, evento sismico dell'aprile 2009.