

## LIVELLI

## AZIONI

### CONOSCENZA

(pericolosità sismica di base del territorio Nazionale e Regionale)

➤ Definizione Zone Sismogenetiche

➤ Individuazione meccanismi focali

➤ Macrozonazione Sismica

### PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

➤ Microzonazione Sismica

### PROGETTAZIONE

➤ Caratterizzazione geologica e sismologica del sito

➤ Risposta Sismica Locale



LA PREVENZIONE

DEL RISCHIO

SISMICO

SI SVILUPPA

SU 3 LIVELLI

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE  
**QUADERNI**  
DE  
"LA RICERCA SCIENTIFICA"

ISSN 0556-9664

- 114 -

PROGETTO FINALIZZATO 'GEODINAMICA'  
MONOGRAFIE FINALI  
Vol. 7

Elementi per una guida alle indagini  
di Microzonazione Sismica

A cura di:  
EZIO FACCIOLI

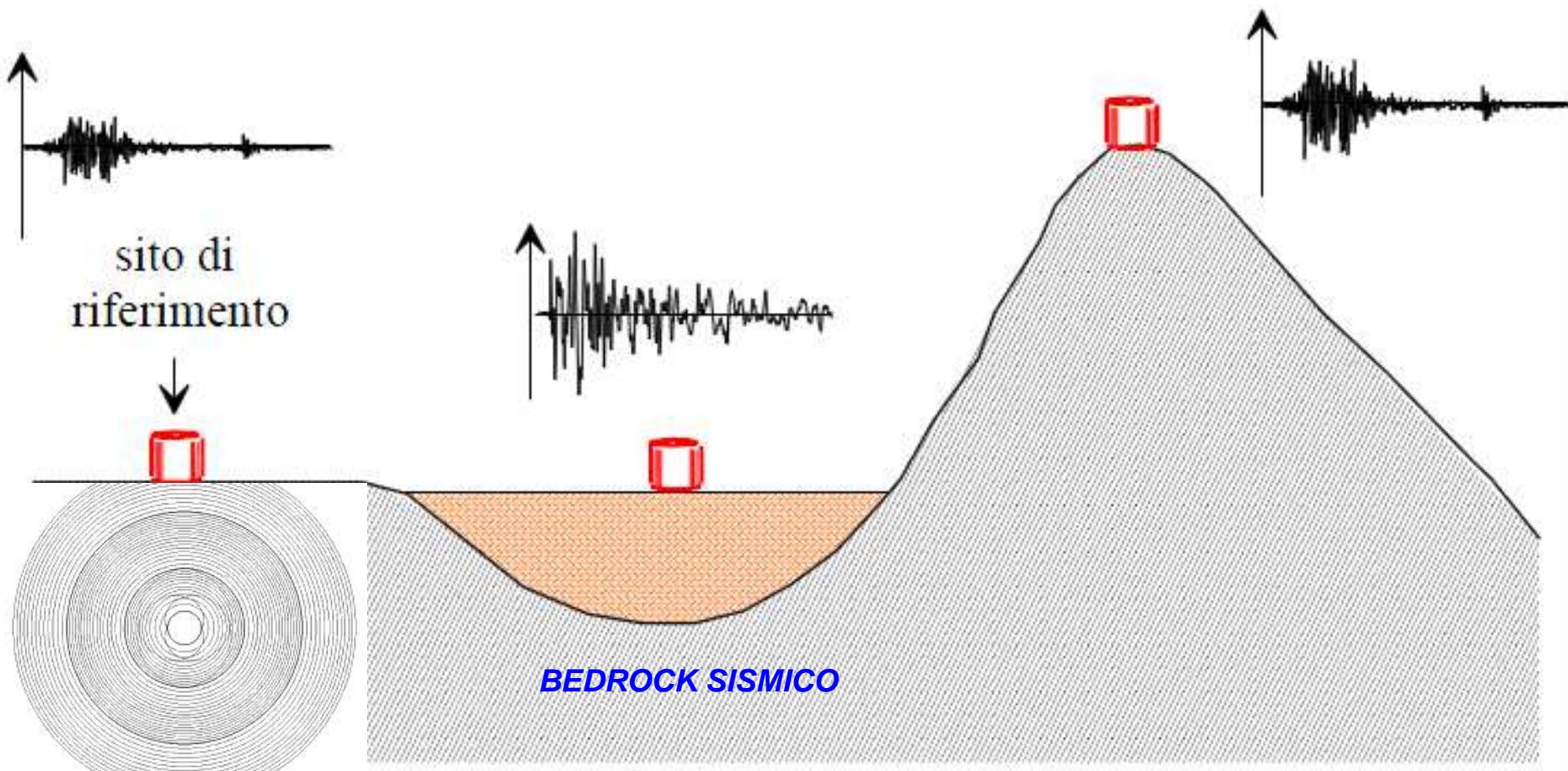
ROMA  
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE  
1986

*.... Essa consiste in un insieme di criteri d'uso del territorio volti a contenere entro limiti accettabili gli effetti avversi di terremoti futuri nell'ambito di una zona di limitata estensione .....*

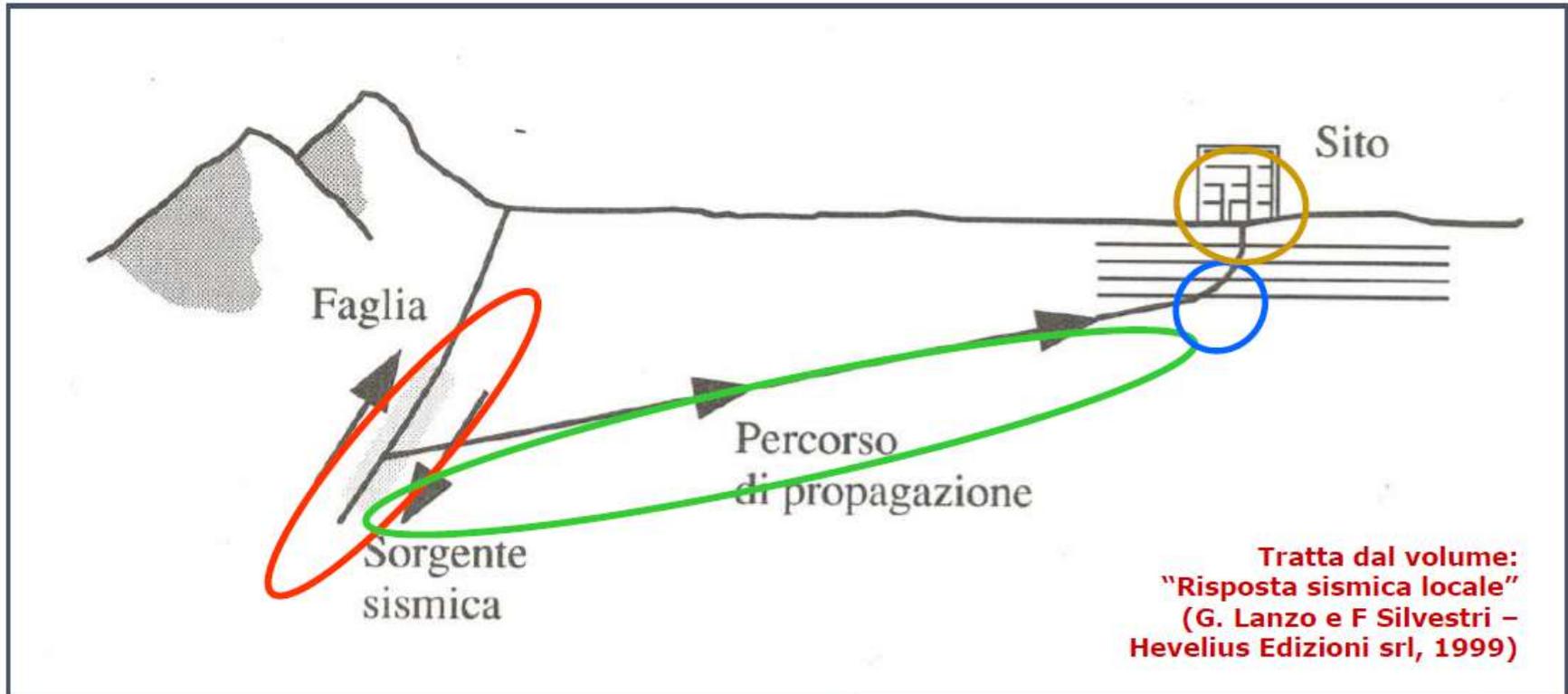
*.... Il problema della MS nasce dall'osservazione che il grado e il tipo di danno subito da costruzioni di caratteristiche analoghe può variare molto anche entro distanze molto ravvicinate .....*

*.... E in molti casi la spiegazione più plausibile deve essere ricercata nella differenza di comportamento dei terreni di fondazione o di altri fattori inerenti la geologia e la geomorfologia*

.....



Le caratteristiche del moto del terreno registrato in superficie sono il risultato di un insieme di fenomeni (complessi) che possono essere raggruppati in quattro categorie:

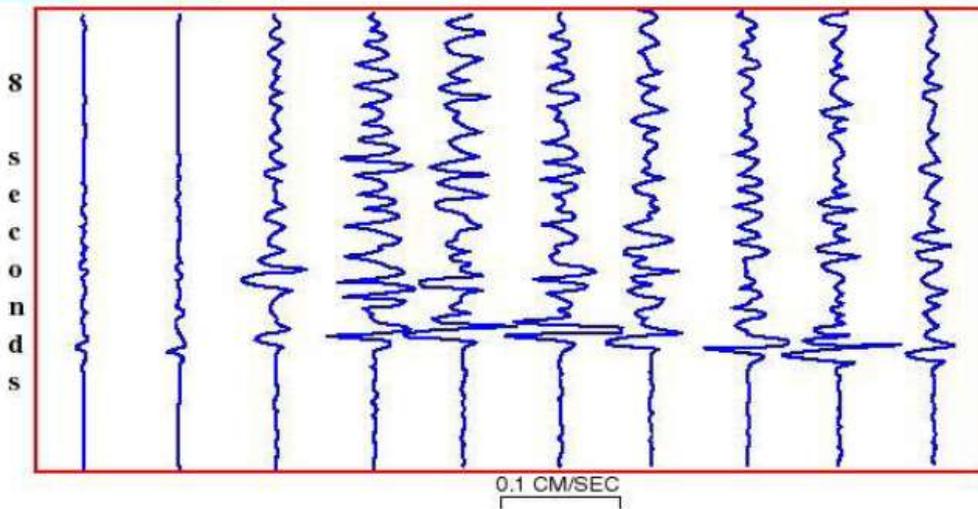
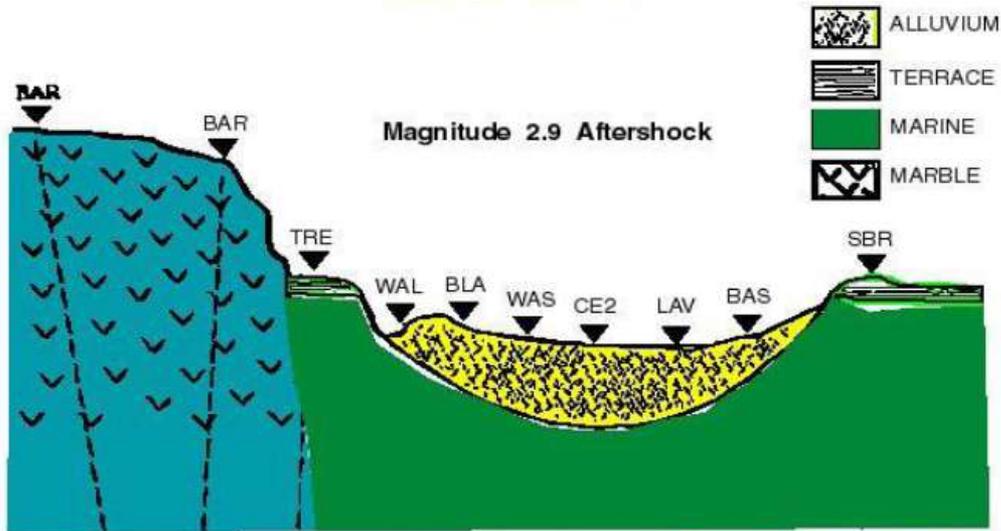


• Sorgente

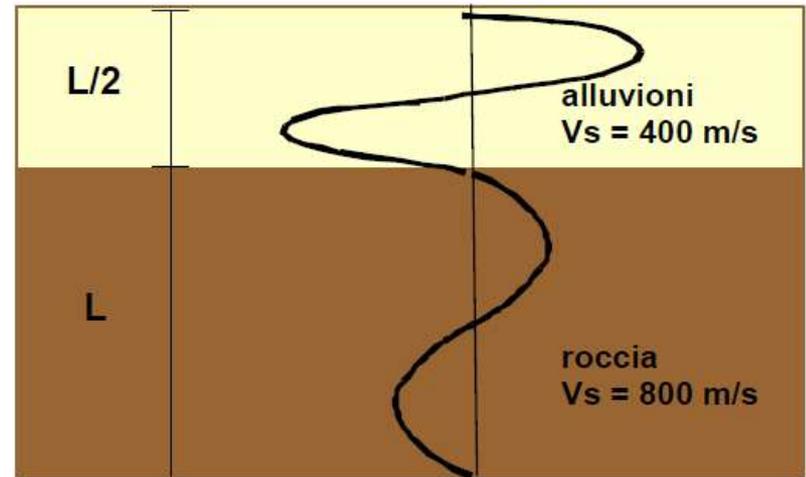
• Effetti Locali

• Propagazione

• Risposta strumentale



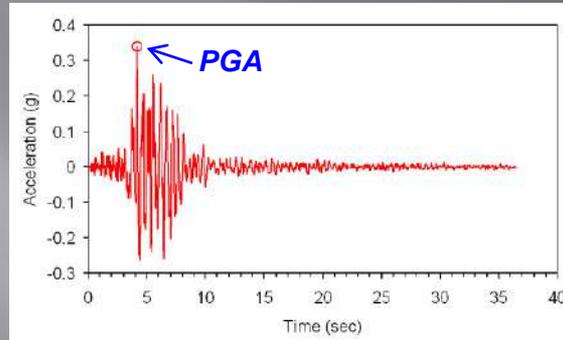
North/South Velocity Component S-wave: 4 Hz Low-pass Filtered



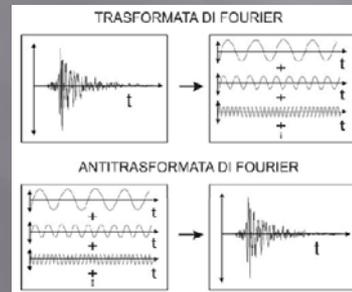
Ripepe, 2008

# STRUMENTI DI RAPPRESENTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

## Accelerogrammi

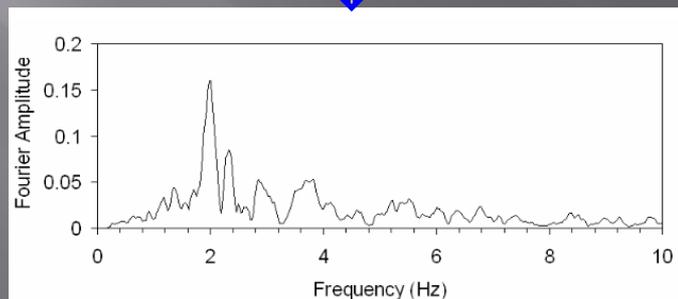


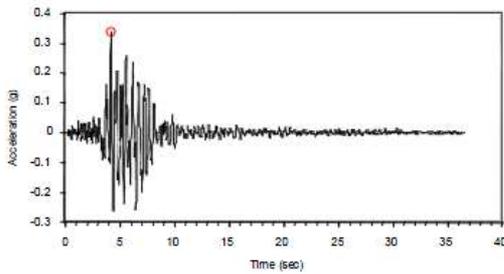
Rappresentazione dello scuotimento sismico nel dominio del tempo; l'accelerazione può essere espressa in  $m/sec^2$  ma è preferibile normalizzarla rispetto all'accelerazione di gravità "g" ( $1 g = 9,81 m/sec^2$ )



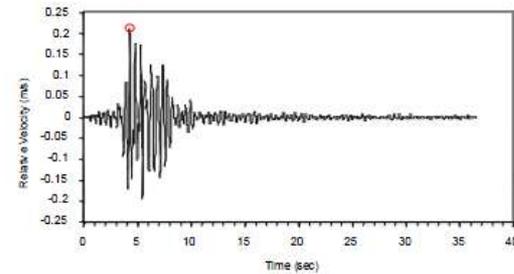
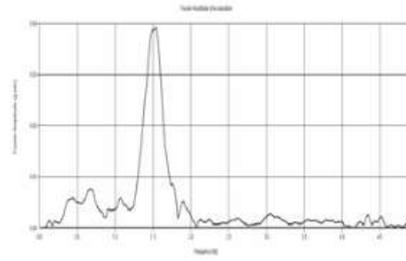
Ogni funzione periodica può essere espressa, utilizzando l'analisi seriale di Fourier, come sommatoria di una serie di armoniche semplici, a differente frequenza di fase. Il risultato finale è definito Spettro di ampiezza, che mostra in ordinata l'ampiezza ed in ascissa la frequenza (o il periodo) corrispondente a ciascuna senoide.

## Spettro di ampiezza

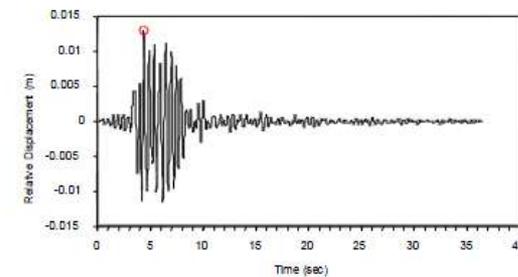
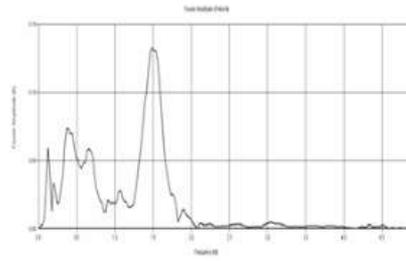




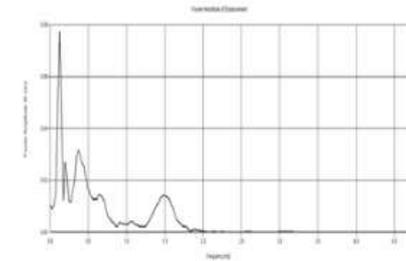
accelerazione



velocità



spostamento



integrazione

derivazione

*Ogni struttura soggetta a moto sismico è fortemente influenzata dal suo contenuto in frequenza, cioè dalla distribuzione delle ampiezze in termini di frequenza, pertanto l'informazione derivante dalla rappresentazione in termini di spettro di una sollecitazione sismica è molto importante.*

*Inoltre, utilizzando la rappresentazione in termini di serie di Fourier è possibile trasformare agilmente uno spettro di accelerazione in spettro di velocità e successivamente in spettro di spostamento, mediante processi di integrazione.*

Normativa Nazionale (2008):  
Gruppo di lavoro "Indirizzi e criteri generali per  
la microzonazione sismica"

Presidenza del Consiglio dei Ministri  
(Dipartimento Protezione Civile)  
Conferenza delle Regioni e delle Province  
autonome



# MICROZONAZIONE SISMICA

Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica

*Indirizzi e criteri – Linee guida*

*Appendice*

*Glossario*

*Esempi di cartografie*

Bojano

Cassano Magnago

Monte San Giovanni Campano

Senigallia

Susa

Note sui contenuti del Dvd

Sistema informativo geografico

*Dati comunali*

*Installazione ArcReader*

*Tutorial ArcReader*

Banca dati

*Accelerogrammi*

*Curve di decadimento*

*Pericolosità*

*Vulnerabilità/Esposizione*

Tablette di sintesi

Dati comunali

*Rischio*

A cura di F. Brornerini, G. Di Pasquale, G. Niso



Indirizzi e criteri per la

# MICROZONAZIONE SISMICA

DVD



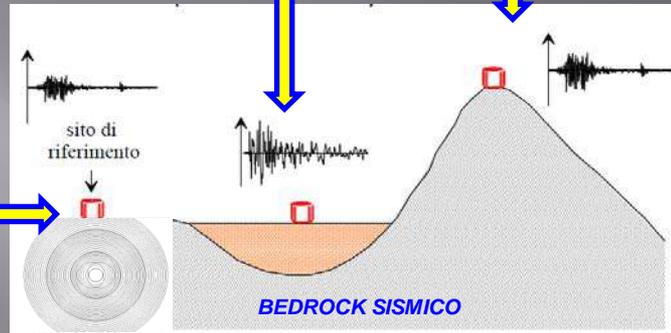
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

**PER MICROZONAZIONE SISMICA  
(MS) SI INTENDE LA  
VALUTAZIONE DELLA  
PERICOLOSITA' SISMICA DI ZONE  
DEL TERRITORIO  
CARATTERIZZATE DA  
COMPORTAMENTO SISMICO  
OMOGENEO**

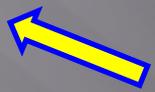
**IN SOSTANZA LA MS INDIVIDUA E CARATTERIZZA LE ZONE STABILI,  
LE ZONE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE DEL MOTO  
SISMICO E LE ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'**



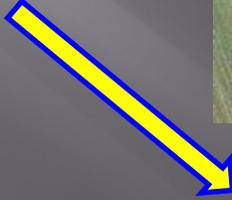
# ZONE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE



## ZONE STABILI



## ZONE INSTABILI



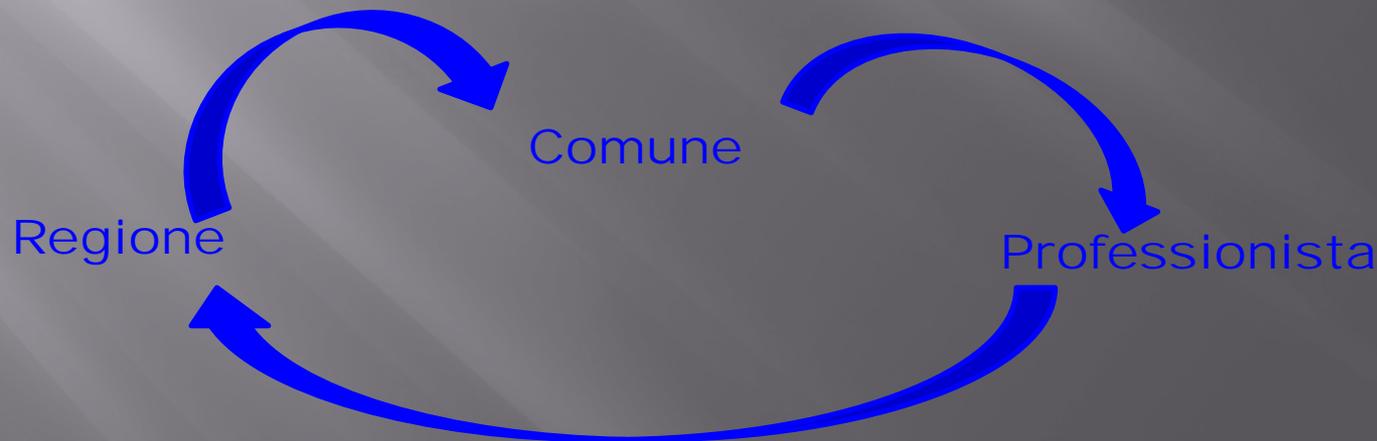
## I soggetti coinvolti:

**REGIONE:** predispone le specifiche di realizzazione degli studi di MS (= **NORME TECNICHE**); in quanto **SOGGETTO PROPONENTE**, programma, finanzia e incarica i soggetti realizzatori

**SOGGETTO REALIZZATORE:** i Comuni → realizzano gli studi di MS e sono coordinati dalla Regione

**PROGETTISTA:** è chi redige lo studio di MS; opera nel rispetto degli indirizzi o norme emanate dalla Regione, è responsabile dei dati e dei risultati dello studio

**SOGGETTO VALIDATORE:** la Regione → verifica che il soggetto realizzatore abbia rispettato le specifiche tecniche



# LA NORMATIVA REGIONALE

D.G.R. Lazio 545/2010 (Microzonazione sismica di Livello 1)

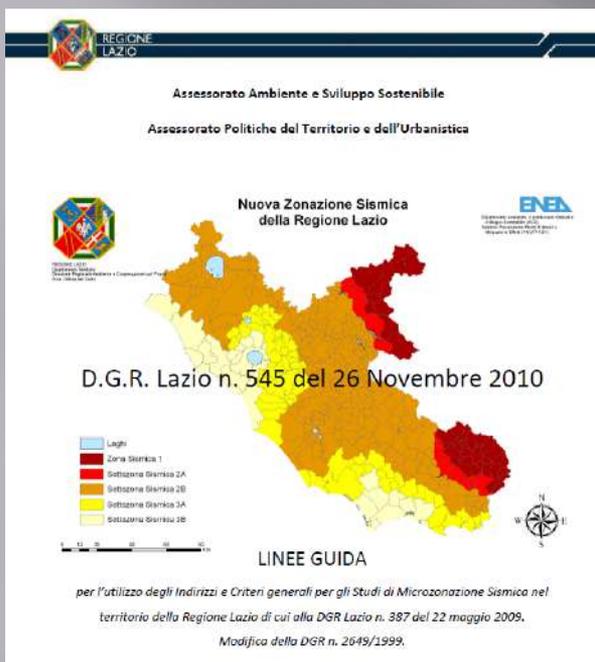


D.G.R. Lazio 490/2011 (Microzonazione sismica di Livello 2)

D.G.R. Lazio 155/2020 (Microzonazione sismica di Livello 2)

D.G.R. Lazio 535/2012 (aggiorna, modifica ed integra la 545)

*(Con le relative linee guida e vademecum applicativi)*



il **Livello 1** è un livello di base che consiste nella rilettura e successiva rielaborazione dei dati geologici, geofisici e geotecnici preesistenti e/o eseguiti appositamente, al fine di suddividere qualitativamente il territorio in **Microzone omogenee in prospettiva sismica** (di seguito *Carta MOPS*) rispetto alle tre zone indicate in precedenza;

il **Livello 2** introduce, rispetto al Livello 1, un elemento quantitativo numerico, attraverso l'utilizzo di metodi semplificati di analisi numerica, per le ZAS e ZI definite dal precedente Livello 1 di MS o direttamente attraverso studi di MS in assenza del precedente Livello 1. Il Livello 2 di MS con Abachi ICMS dovrà indicare graduatorie di idoneità territoriali ai soli fini pianificatori. Una volta entrati in vigore gli Abachi regionalizzati, il Livello 2 di MS servirà, oltre alle graduatorie di idoneità, ad offrire indicazioni se è necessario effettuare studi di Livello 3.

il **Livello 3** introduce ulteriori dettagli quantitativi sulle aree ad amplificazione sismica o instabili, su aree particolari o per tematiche precise, basandosi su analisi numeriche ottenute da dati di indagini geologico-tecniche e geofisiche eseguite in situ e di prove di laboratorio, e deve differenziare il dettaglio da utilizzare in fase progettuale, nel senso che permette di poter definire ed indicare sulla base di confronti sugli Spettri, in quali aree dovrà essere utilizzata la procedura semplificata NTC08<sup>7</sup> e in quali aree, invece, è indispensabile effettuare studi di RSL.

Lo studio di MS dovrà definire le seguenti zone omogenee:

1. **Zone Stabili** (di seguito ZS), nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura ed in cui il moto sismico non è modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante<sup>4</sup>;
2. **Zone Stabili suscettibili di amplificazione sismica** (di seguito ZAS), in cui il moto sismico è modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di suolo, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;
3. **Zone suscettibili di Instabilità** (di seguito ZI), in cui i terreni sono suscettibili di attivazione di fenomeni di deformazione permanente del territorio a seguito di un evento sismico (*instabilità di versante, cedimenti, liquefazioni, faglie attive e/o capaci*).

## QUANDO SI FA

## COSA PRODUCE

### LIVELLO 1

- ✓ Pianificazione territoriale di scala vasta (PRG,...)
- ✓ Programmazione dell'emergenza

- ✓ Orienta la scelta di nuove previsioni urbanistiche
- ✓ Interventi ammissibili in una certa area
- ✓ Indica livelli di approfondimento
- ✓ Prima localizzazione di infrastrutture primarie

### LIVELLO 2

- ✓ Pianificazione territoriale di dettaglio (PP, PDZ,...)
- ✓ Pianificazione dell'emergenza

- ✓ Indica prescrizioni per riduzione del rischio in ambito urbano
- ✓ Definisce le aree di nuova previsione
- ✓ Indica aree ad elevato rischio da approfondire
- ✓ Indica eventuali priorità di intervento su edifici strategici e rilevanti
- ✓ Descrive scenari di danno

### LIVELLO 3

- ✓ Pianificazione territoriale di dettaglio (PP, PDZ,...)
- ✓ Fase di emergenza o post-emergenziale
- ✓ Fase di stesura norme/indicazioni progettuali

- ✓ Individua aree ad alta esposizione e vulnerabilità sismica
- ✓ Stabilisce set di prescrizioni da adottare in fase progettuale
- ✓ Individua le modalità per la riduzione della vulnerabilità di specifici edifici e procedure per gli interventi stessi

MS LIVELLO 1 → obbligatorio per tutte le UAS della Regione Lazio (DGR 545/2010)

Pianificazione territoriale di scala vasta

Condotta sull'intero territorio comunale (intera UAS)

Documento fondamentale della MS liv. 1: carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS)

<https://geoportale.regione.lazio.it/cartografia/MicrozonazioneSismicaLivello1/studi-completi-decompressi/>

<https://protezionecivile.regione.lazio.it/>



**CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE  
IN PROSPETTIVA SISMICA**

Livello 1 di MS  
del Comune di Ardea

Scala cartografica 1:10.000

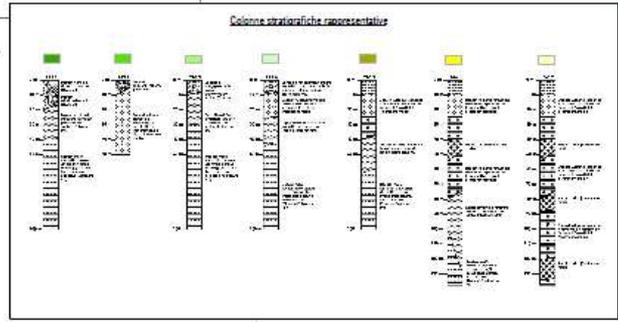
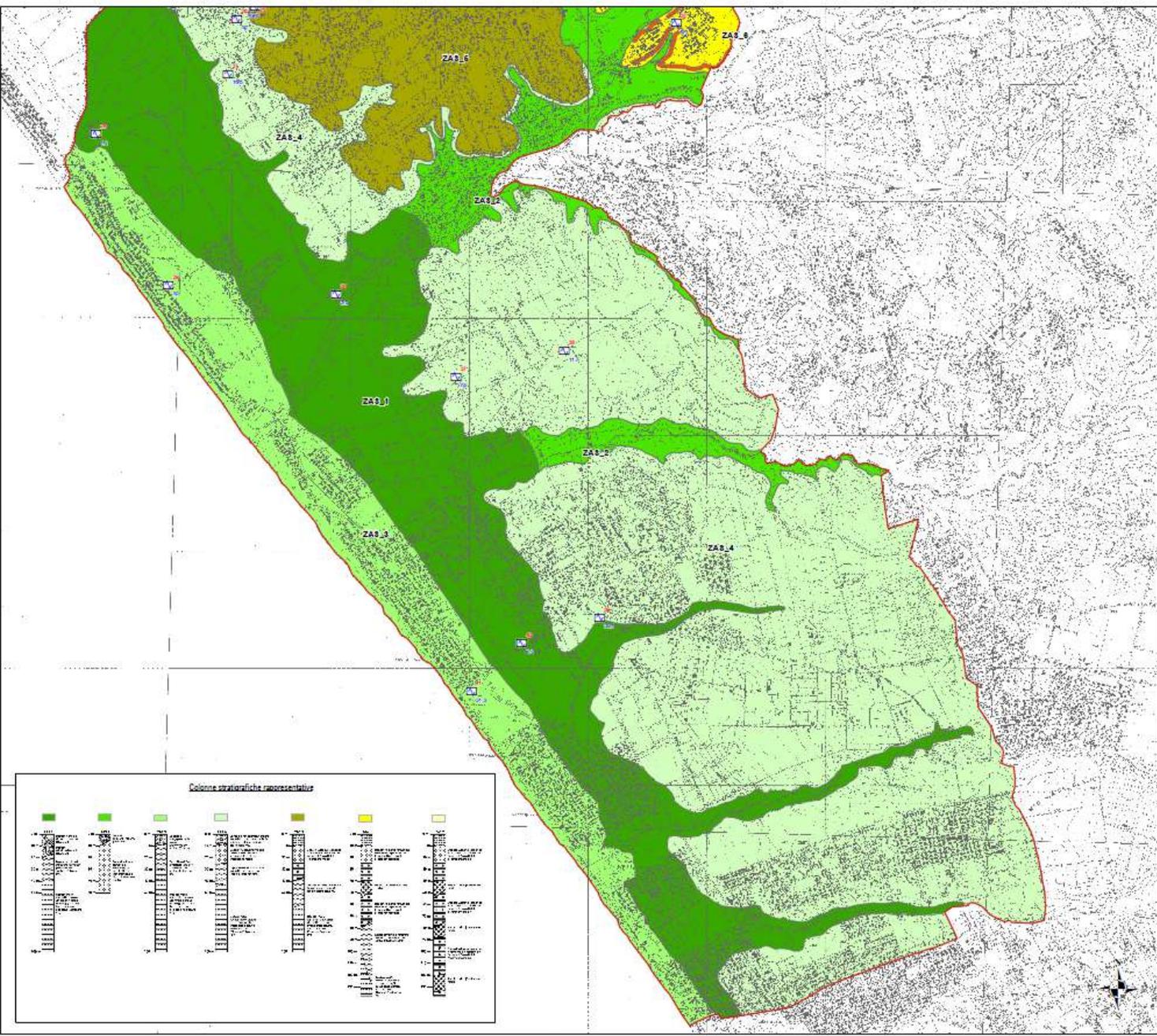
Scala numerica 1:10.000

Tavola B

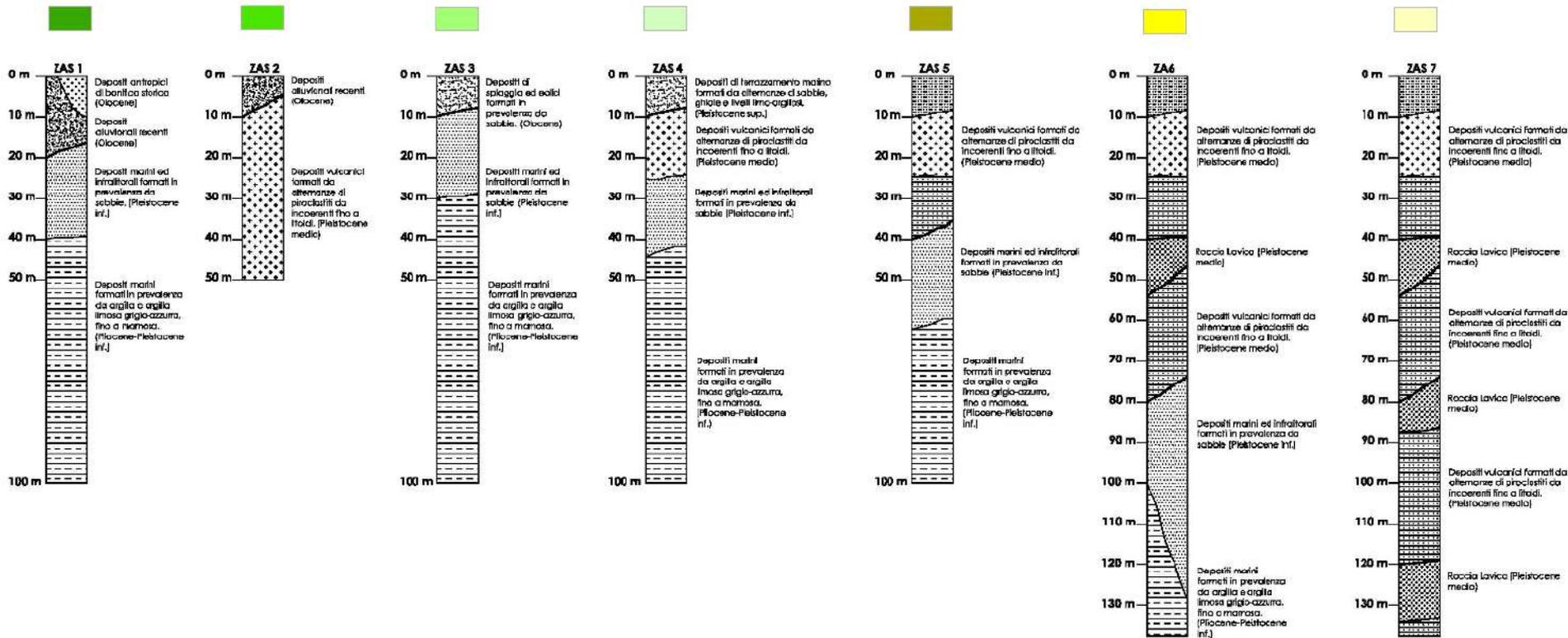
Autore: S. Lotti  
Disegno: S. Lotti e G. Pignatelli  
Disegno: S. Lotti e G. Pignatelli  
Disegno: S. Lotti e G. Pignatelli  
Data: Febbraio 2013

**Legenda**

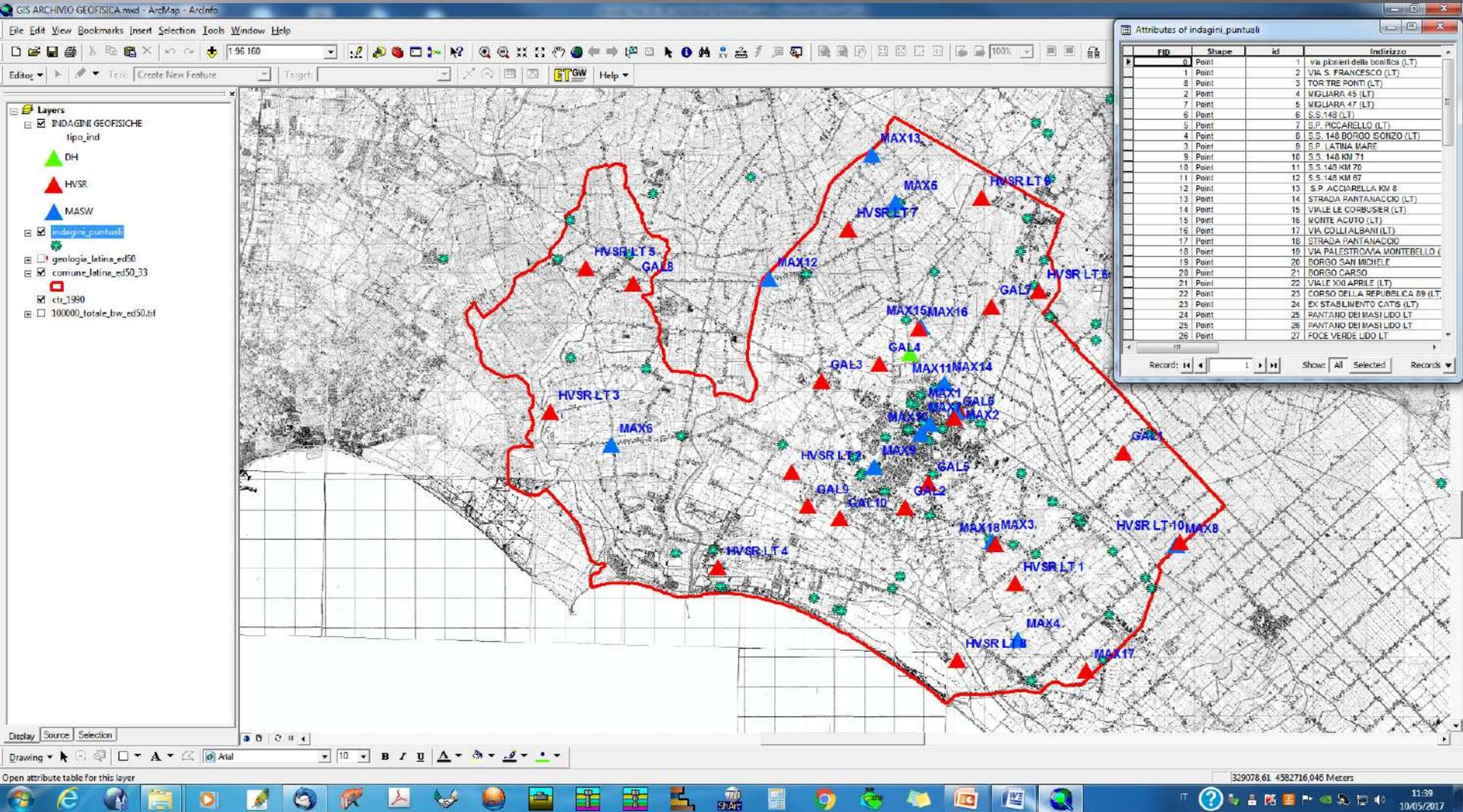
- ZONE STABILI SUCCETTIVE DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**
- **ZAS 1** - Comprende la fascia costiera pedana di valle, con forma di anelli disposti in forma regolare, con un'ampiezza media di 20 m, in corrispondenza ai depositi marini ed estuari, del Pleistocene-Pleistocene recente che da prevalentemente sabbioni, con spessore fino a 20 m, assenti ad argille e argille limose grigioverdi da medio concassati fino a mariani, con spessori di centinaia di metri.
  - **ZAS 2** - Comprende i vallii di origine fluviale caratterizzate da una copertura di terreni alluvionali recenti di spessore fino a 10 m, in corrispondenza ai depositi alluvionali del Pleistocene recente, in corrispondenza di depressioni di carattere di mariani fino a 10 m di profondità (vedi note).
  - **ZAS 3** - Comprende la fascia costiera pedana, prevalentemente da valle, di collinette sabbie ed argille con spessore fino a 10 m, in corrispondenza ai depositi marini ed estuari, del Pleistocene-Pleistocene recente, che da prevalentemente sabbioni, con spessore fino a 20 m, assenti ad argille e argille limose grigioverdi da medio concassati fino a mariani, con spessori di centinaia di metri.
  - **ZAS 4** - Comprende la fascia costiera pedana, prevalentemente da valle, di collinette sabbie ed argille con spessore fino a 10 m, in corrispondenza ai depositi marini ed estuari, del Pleistocene-Pleistocene recente, che da prevalentemente sabbioni, con spessore fino a 20 m, assenti ad argille e argille limose grigioverdi da medio concassati fino a mariani, con spessori di centinaia di metri.
  - **ZAS 5** - Comprende la fascia costiera pedana, prevalentemente da valle, di collinette sabbie ed argille con spessore fino a 10 m, in corrispondenza ai depositi marini ed estuari, del Pleistocene-Pleistocene recente, che da prevalentemente sabbioni, con spessore fino a 20 m, assenti ad argille e argille limose grigioverdi da medio concassati fino a mariani, con spessori di centinaia di metri.
  - **ZAS 6** - Comprende la fascia costiera pedana, prevalentemente da valle, di collinette sabbie ed argille con spessore fino a 10 m, in corrispondenza ai depositi marini ed estuari, del Pleistocene-Pleistocene recente, che da prevalentemente sabbioni, con spessore fino a 20 m, assenti ad argille e argille limose grigioverdi da medio concassati fino a mariani, con spessori di centinaia di metri.
  - **ZAS 7** - Comprende la fascia costiera pedana, prevalentemente da valle, di collinette sabbie ed argille con spessore fino a 10 m, in corrispondenza ai depositi marini ed estuari, del Pleistocene-Pleistocene recente, che da prevalentemente sabbioni, con spessore fino a 20 m, assenti ad argille e argille limose grigioverdi da medio concassati fino a mariani, con spessori di centinaia di metri.
- ZONE SUCCETTIVE DI INSTABILITÀ**
- **Z-1** Zona con evidenze puntuali di instabilità di versante
- Altre informazioni:**
- **Linea di confine U.S. Ardea**
  - **Linea di confine U.S. Ardea**
  - **Linea di confine U.S. Ardea**
  - **Linea di confine U.S. Ardea**



## Colonne stratigrafiche rappresentative



# STRUMENTI OPERATIVI: GIS



Standard cartografici  
Standard di rappresentazione



## IL LIVELLO 2 DI MS → METODO

- **Valutazione semiquantitativa del fattore di amplificazione locale**
- **Metodo degli abachi di confronto**

## IL LIVELLO 2 DI MS → SCOPI

**Le finalità del Livello 2 di MS sono:**

- **Conferma o migliore definizione delle condizioni di pericolosità delle aree indicate dal livello inferiore di MS (Livello 1);**
- **Suddivisione dettagliata del sito in aree a maggiore e minore pericolosità sismica locale in base al fattore di amplificazione atteso;**
- **Eventuale nuova perimetrazione delle aree dove il fattore di amplificazione ottenuto sia superiore alle soglie stabilite dalle NTC18 e in cui effettuare il livello superiore (Livello 3 di MS o Studi di RSL);**
- **Contributo alla predisposizione della Carta di Idoneità Territoriale ai sensi della D.G.R. Lazio n. 2649/99 e ss.mm.ii.**

## PROFESSIONE GEOLOGO

QUOTIDIANO DELL'ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2:  
LA NUOVA D.G.R. LAZIO N. 155/2020

DA MERCALLI ALLA  
SCALA MACROSISMICA EUROPEA EMS-98

IL BASALTO DEL VITERBESE

LINEE GUIDA PER LE INSTABILITÀ  
SISMOINDOTTE NEGLI STUDI  
DI MICROZONAZIONE SISMICA

NUMERO 61  
NOVEMBRE 2020

## MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2:

LA NUOVA D.G.R. LAZIO N. 155/2020

Massimo Amodio<sup>1</sup> e Pierluigi Friello<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Geologo Libero Professionista

Con l'introduzione della D.G.R. Lazio n.155 del 27 marzo 2020

“Revoca della deliberazione di Giunta regionale 21 ottobre 2011, n. 490 - Approvazione degli Abachi Regionali per gli studi di Livello 2 di Microzonazione Sismica e delle procedure di applicazione nell'ambito dell'espressione del parere ai sensi dell'art. 89 del DPR del 6 giugno 2001 n. 380” è stata revocata la precedente D.G.R. n. 490 del 21 ottobre 2011, e sono state modificate ed aggiornate le procedure e gli abachi di riferimento per la redazione degli studi di Microzonazione Sismica (da qui in avanti MS) di Livello 2.

Questa nuova Delibera è entrata in vigore il 18/10/2020, dopo 180 giorni dalla data di pubblicazione.

Il quadro normativo di riferimento, descritto nei particolari nelle prime pagine del documento, è simile al precedente ed il principio generale è il “programmare un'efficace prevenzione del rischio sismico in fase preventiva alla redazione degli Strumenti Urbanistici Attuativi, per la tutela della pubblica incolumità, per la conoscenza della pericolosità sismica locale e per il contenimento dei danni derivanti da eventi sismici, attraverso gli studi di Livello 2 di Microzonazione Sismica”.

L'esigenza di aggiornamento nasce a seguito degli eventi sismici in Italia centrale del 2016 e 2017 e dell'Ordinanza Commissariale n. 24 del 2017, con cui è stata finanziata la realizzazione degli studi di livello 3 e l'aggiornamento del livello 1 di

Microzonazione Sismica nelle aree colpite dal sisma.

Nell'ambito degli studi di livello 3 finanziati con questa ordinanza, i fattori di amplificazione FH, sono stati calcolati in base a tre intervalli di periodi 0.1+0.5 s, 0.4+0.8 s e 0.7+1.1 s.

L'aggiornamento dei criteri di lavoro per gli studi di MS Livello 2, nasce proprio dalla necessità di dare continuità e coerenza con le procedure definite in tale Ordinanza.

La D.G.R., sia nella premessa sia allo specifico punto 9, recita infatti: “nel caso di edifici bassi e rigidi si fa riferimento a  $F_H 0.1+0.5 s$ , nel caso di edifici mediamente alti e flessibili si fa riferimento a  $F_H 0.4+0.8 s$ , mentre per edifici grandemente alti e flessibili si fa riferimento a  $F_H 0.7+1.1 s$ ”.

Anche se la definizione delle tre diverse classi di periodi è necessariamente semplificata, è chiaro l'intento di comprendere, già in sede di pianificazione territoriale, eventuali criticità dovute alle diverse tipologie costruttive e ai loro comportamenti dinamico nei confronti di sollecitazioni sismiche.

### QUANDO SI DEVE FARE LA MS DI LIVELLO 2

La D.G.R. n. 155/2020 è stata anche l'occasione (gradita, viene da dire!) di fare definitivamente chiarezza sul “quando” è necessario produrre uno studio di MS di Livello 2. In realtà la D.G.R. n. 490/2011 era già abbastanza chiara sulle relazioni tra livello 1 e livello 2 di MS e sulle definizioni

urbanistiche, ma averlo replicato e ulteriormente chiarito è senz'altro utile per chi la norma tecnica deve applicare.

Sgombriamo subito il campo da qualsiasi dubbio: i livelli 1 e 2 di MS sono studi da eseguirsi in fase di pianificazione urbanistica e non di progettazione. In questo senso, la D.G.R. n. 155/2020 è molto chiara: “... Il Livello 2 di MS dovrà essere effettuato soltanto per i Piani Urbanistici Attuativi e per le Varianti puntuali con superfici maggiori di 5.000 m<sup>2</sup>, secondo quanto meglio specificato in Tabella 1. Le Varianti normative al PRG sono escluse dagli studi di Microzonazione Sismica...”.

Ad adiuvandum, l'estensore della Norma produce un elenco esaustivo dei “Piani Urbanistici Attuativi” e una definizione chiara di cosa siano le “Varianti puntuali”.

Si intendono per Piani Urbanistici Attuativi le seguenti tipologie di progetti urbanistici:

- Piani di Lottizzazione Pubblica o Privata;
- Piano di Recupero;
- Piano Particolareggiato;
- Piano per l'Edilizia Economica e Popolare ora Piani 167;
- Piano Integrato di riqualificazione urbanistica edilizia;
- Piani di Insediamento Produttivo;
- Piano Regionale Urbanistico per lo Sviluppo Sostenibile Territoriale.

Per Varianti puntuali si intendono, invece, i cambi di destinazione d'uso di una determinata area rispetto alle

# LIMITI DI APPLICABILITA':

## NON CI SONO MODIFICHE SOSTANZIALI

### SI

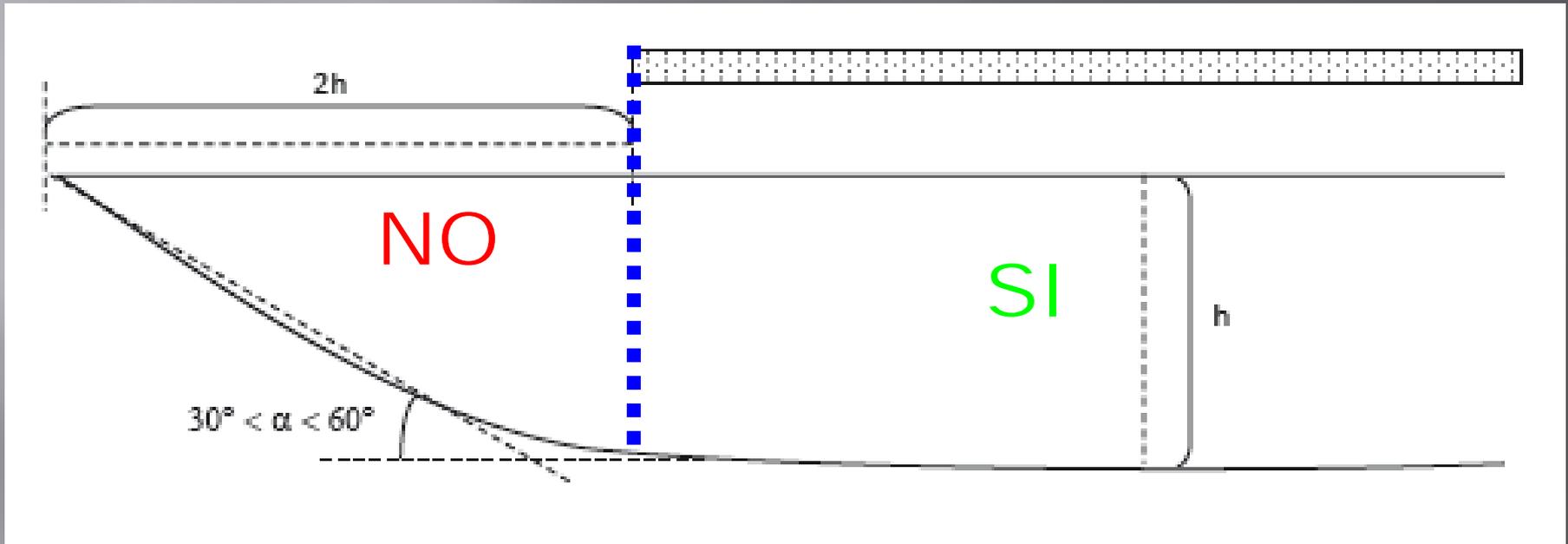
- **Condizioni di morfologia superficiale**
- **unità litotecniche e tetto del substrato sismico sub-orizzontali**

### NO

1. **Insufficiente distanza dalla chiusura laterale nelle valli superficiali**
2. **Presenza di marcati contrasti di impedenza sismica**
3. **Presenza di orizzonte superficiale particolarmente soffice**
4. **Presenza di inversioni significative dei valori di VS (terreni rigidi su terreni soffici)**
5. **Presenza di irregolarità morfologiche (creste, dorsali, scarpate, .....)**

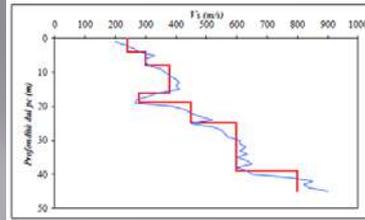
## ESEMPIO:

### 1. Insufficiente distanza dalla chiusura laterale nelle valli superficiali



# SEQUENZA DELLE PROCEDURE : NON CI SONO MODIFICHE SOSTANZIALI

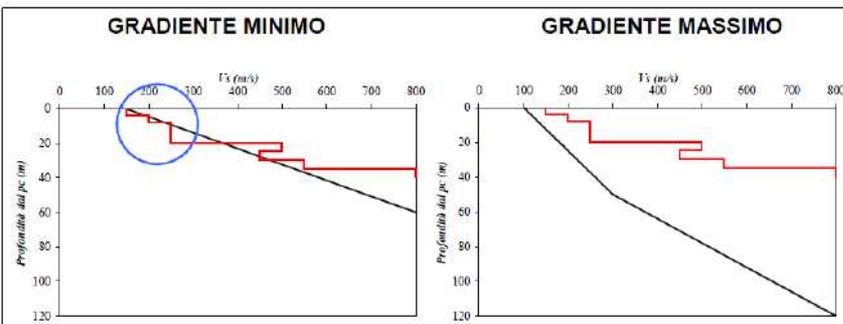
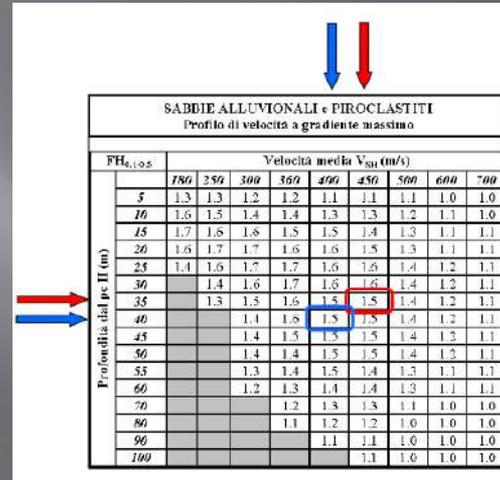
- Dimensioni area contenute
- Indagini geofisiche obbligatorie (minimo 3 verticali)
- Analisi dati geofisici



- Confronto tra il valore di  $F_H$  e il valore di soglia  $S_s$  per la UAS esaminata

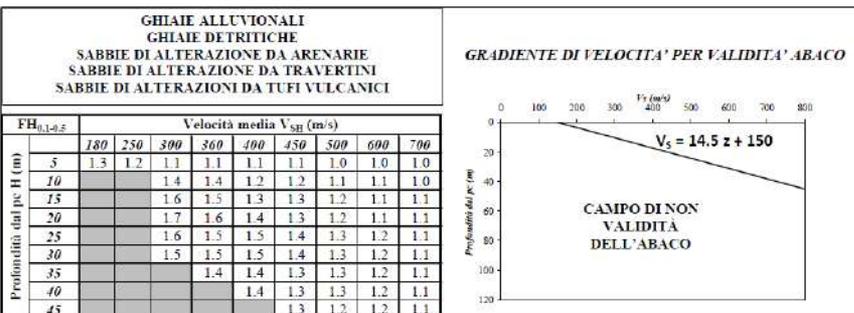
- $F_H \leq S_s + 0,1 \rightarrow OK !!$
- $F_H > S_s + 0,1 \rightarrow MS LIVELLO 3$

- Analisi dati geologici (scelta litotipo prevalente nei primi 30 metri)
- Scelta dell'abaco (litologia prevalente)
- Verifica validità dell'abaco



U.A.S.	B	C	D	E
ROCCAGIOVINE	1,3	1,6	1,9	1,7
ROCCAGORGA	1,3	1,6	1,8	1,6
ROCCANTICA	1,3	1,6	1,9	1,7
ROCCASECCA	1,3	1,5	1,7	1,5
ROCCASECCA DEI VOLSCI	1,2	1,5	1,8	1,6
RODIATE	1,3	1,6	1,9	1,7
ROMA I	1,3	1,7	1,9	1,8
ROMA II	1,3	1,7	2,0	1,8
ROMA III	1,3	1,7	2,0	1,8
ROMA IV	1,3	1,6	1,9	1,7
ROMA IX	1,4	1,7	2,0	1,8
ROMA V	1,3	1,7	2,0	1,8
ROMA VI	1,3	1,7	2,0	1,8
ROMA VII	1,3	1,7	2,0	1,8
ROMA VIII	1,4	1,7	2,0	1,8
ROMA X	1,4	1,7	2,0	1,8
ROMA XI	1,4	1,7	2,0	1,8
ROMA XII	1,4	1,7	2,1	1,8
ROMA XIII	1,3	1,6	1,9	1,7
ROMA XIV	1,3	1,6	1,9	1,7
ROMA XV	1,3	1,7	2,0	1,8
ROMA XVI	1,3	1,7	2,0	1,8
ROMA XVII	1,3	1,5	1,9	1,7
ROMA XVIII	1,3	1,6	1,9	1,7
ROMA XX	1,3	1,6	1,9	1,7
ROMA XX - Isola Amministrativa			1,8	
RONCIGLIONE	1,3	1,5	1,9	1,7
ROVIANO	1,3	1,5	1,9	1,7
SABAUDIA	1,2	1,5	1,7	1,5
SACROFANO	1,3	1,6	1,8	1,7

- Individuazione del substrato rigido e determinazione dei parametri di ingresso dell'abaco ( $V_{SH}$  e  $H$ )
- Utilizzo dell'abaco per la determinazione di  $F_H$



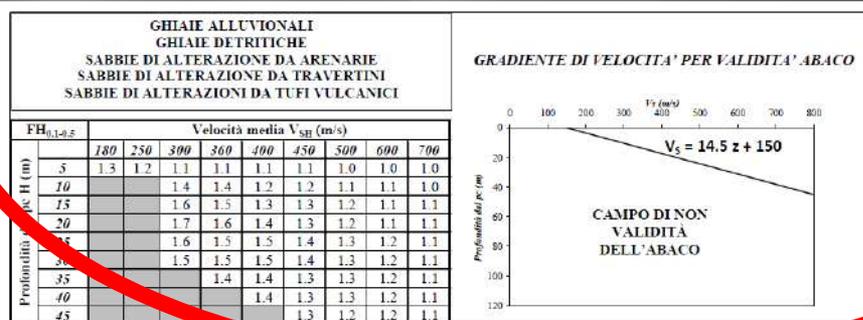
# COSA HA INTRODOTTTO LA D.G.R. LAZIO 155/2020 ??

490/2011 → FATTORE DI AMPLIFICAZIONE  $F_H$  VALUTATO PER IL PERIODO  $0,1 \div 0,5$  s

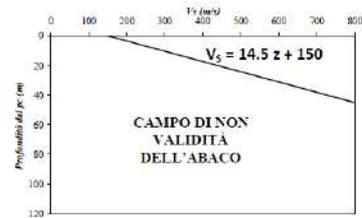
155/2020 → FATTORE DI AMPLIFICAZIONE  $F_H$  VALUTATO SU TRE CAMPI DI PERIODI:  $0,1 \div 0,5$  s –  $0,4 \div 0,8$  s –  $0,7 \div 1,1$  s

..... QUINDI ..... GLI ABACHI SONO TRIPLICATI !

Utilizzo dell'abaco per la determinazione di  $F_H$



GRADIENTE DI VELOCITA' PER VALIDITA' ABACO

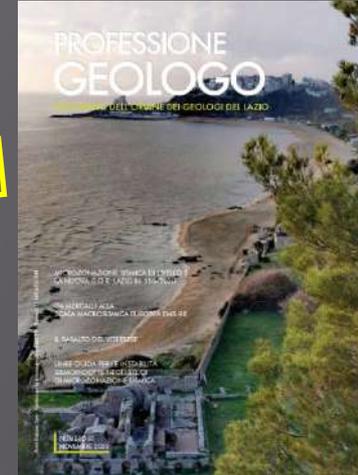


Utilizzo DEGLI ABACHI per la determinazione di  $F_H$

# E IN TERMINI DI RISULTATI FINALI DELLA M.S. 2 ??

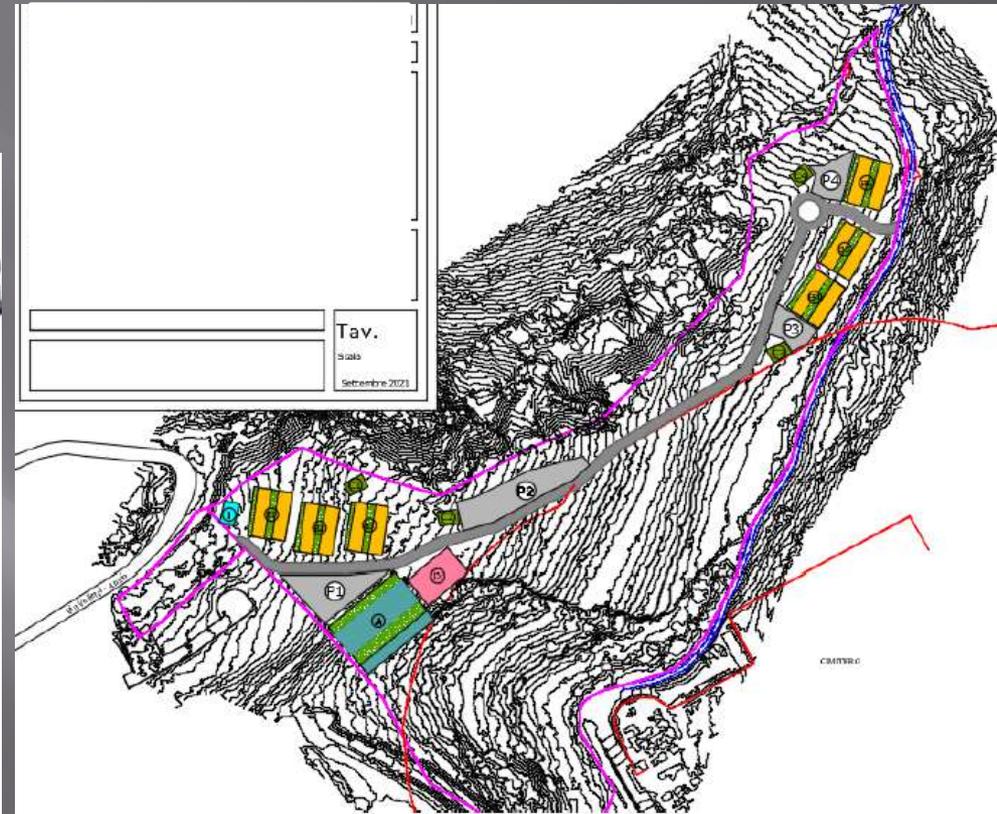
In sostanza l'applicazione del confronto tra  $F_H$  e  $S_s$  anche ai due range di periodo aggiuntivi ( $0,4 \div 0,8$  e  $0,7 \div 1,1$  secondi) non modifica il risultato della procedura.

Sembrerebbe – cioè – che l'analisi limitante, cioè quella che determina il risultato finale dello studio, sia quella relativa al range di periodi  $0,1 \div 0,5$  sec. che è esattamente quello che già si analizzava con la procedura della D.G.R. n. 490/2011.



Si sottolinea che, in riferimento alle aree in cui anche uno dei tre  $F_H$  è maggiore di  $S_s+0,1$ , la carta della idoneità territoriale dovrà prevedere una specifica prescrizione in cui si indicherà che per la zona con valori di  $F_H$  superiori alla soglia  $S_s$  è obbligatorio, per qualunque opera edificatoria con presenza di afflusso o residenza di persone (eccetto tracciati stradali senza opere rilevanti, parcheggi a raso, rotatorie ecc), uno studio di RSL preventivamente alla progettazione esecutiva, con esecuzione obbligatoria di Prova geofisica Down-Hole.

# UN ESEMPIO DI MS LIVELLO 2 AI SENSI DELLA DGR 155/2020



## LEGENDA

-  Confine catastale lotto
-  Limite vincolo cimiteriale da P.R.G.
-  A - Servizi Generali e Alloggi
-  B - Alloggi
-  C - Servizi di Prossimità
-  D - Servizi diurni
-  P - Parcheggi
-  I - Impianto di depurazione
-  Viabilità Interna

COMMITTENTE: Geol. Massimo Amodio

Cori (Lt)

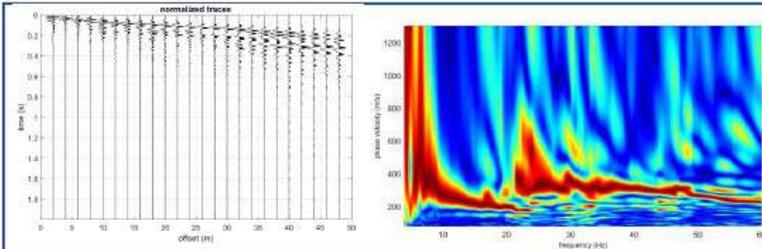
Coordinate [WGS 84] Lat.41,648162 - Lon. 12,904766

Agosto 2021

RISULTATI MISURA MASW1

Lunghezza stendimento 46 m - n. 24 geofoni - offset 2 m

SISMOGRAMMA E SPETTRO DI VELOCITÀ DI FASE



MODELLAZIONE DIRETTA - PROFILO DI VELOCITÀ  $V_{s30}$

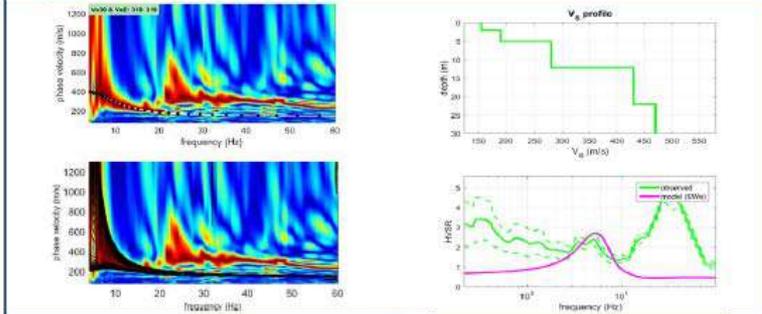


TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI SISMICI

Modello Profondità - Vs

Spessore (m)	Profondità (m)	Vs (m/s)
2.0	2.0	155
3.0	5.0	190
7.0	12.0	280
10	22.0	430
		470

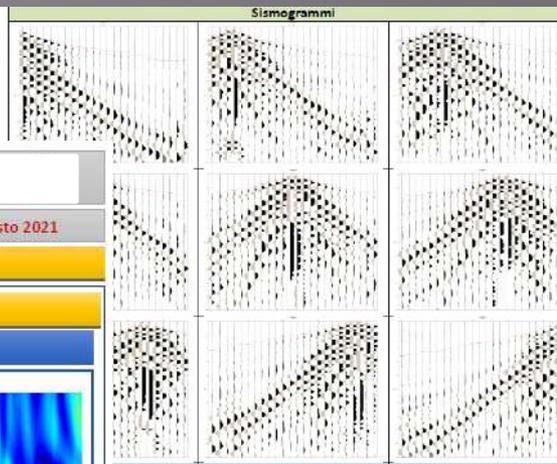
Vs eq/Vs 30

CATEGORIA DI SUOLO (NTC 2018)

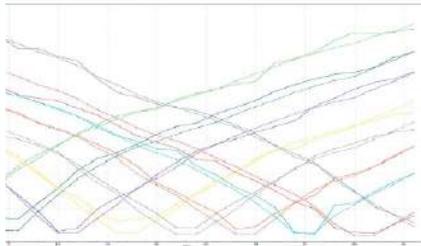
319 m/s

C

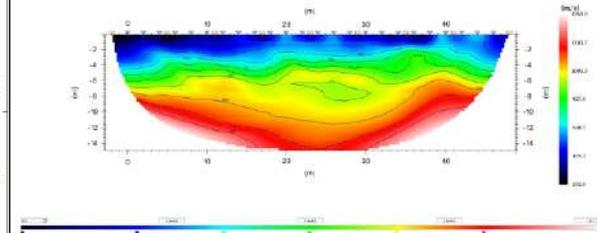
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



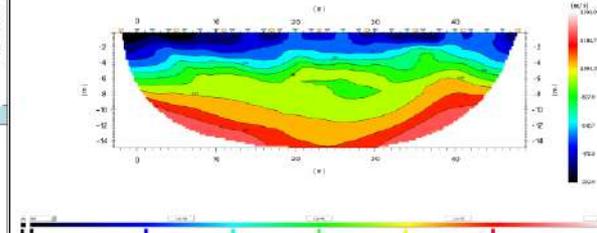
Dromocrone



Sezione con isolinee



Sezione con isolinee e captività



CARATTERISTICHE STENDIMENTO

Lunghezza: 46 m N. geofoni: 24 Interdistanza: 2 m N. shot: 9

Posizione degli shot rispetto al geofono "0"

E1: -2 m	I: 5 m	I2: 11 m
I3: 17 m	C: 23 m	I4: 29 m
I5: 35 m	I6: 41 m	E4: 48 m

Committente: Geol. M. AMODIO

Progetto:

Località: Cori (LT)

Data: Agosto 2021

Prova HVSIR Cori - Sito 3

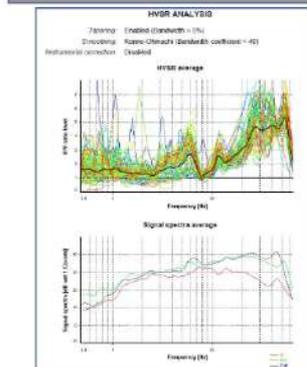
$f_0 = 6.054\text{Hz}$

$A_0 = 2.733$

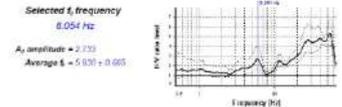
Visualizzazione dati dopo l'elaborazione base (media zero e rimozione delle derive strumentali)



Spettro per le tre componenti e HVSIR medio calcolato



Frequenza di risonanza in superficie e risonanza ai criteri SESAME

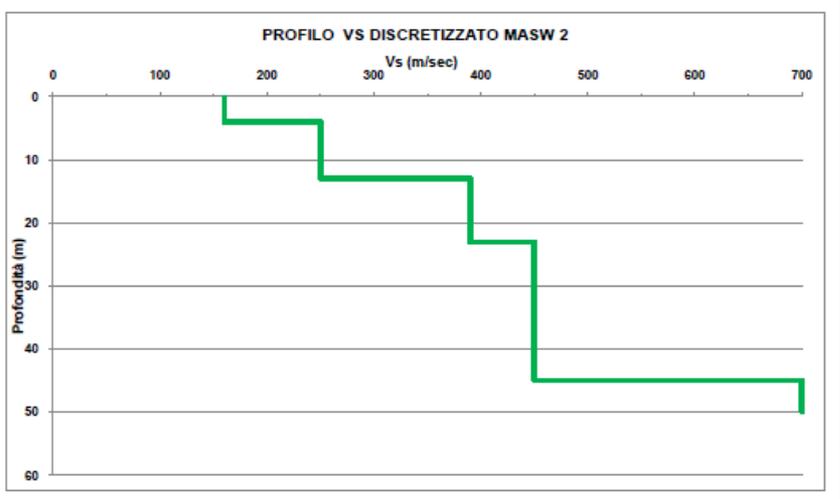


HVSIR curve reliability criteria		
$E_s = 10 \cdot L_s$	80 wells within (length = 1.65 s) out of 60	OK
$A_{0.1} = 200$	7564 (0. = 200)	OK
$\sigma_{0.1} = 0.5 \text{ for } 0.05 < t < 20$	Exceeded 0 times in 27	OK
HVSIR peak clarity criteria		
$f_1 \text{ in } [A_0 - 1]; A_{0.1} \text{ in } [A_0/2]$	2.82559 Hz	OK
$f_2 \text{ in } [A_0/4]; A_{0.1} \text{ in } [A_0/2]$	7.42188 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.73 > 2	OK
$f_{0.1} \text{ in } [A_0/4]; A_{0.1} \text{ in } [A_0/2]$	0% < 5%	OK
$\sigma_1 < 0.5$	0.0662 < 0.3027	OK
$m_{0.1} < 0.5$	1.53111 < 1.58	OK

Overall criteria fulfillment

OK

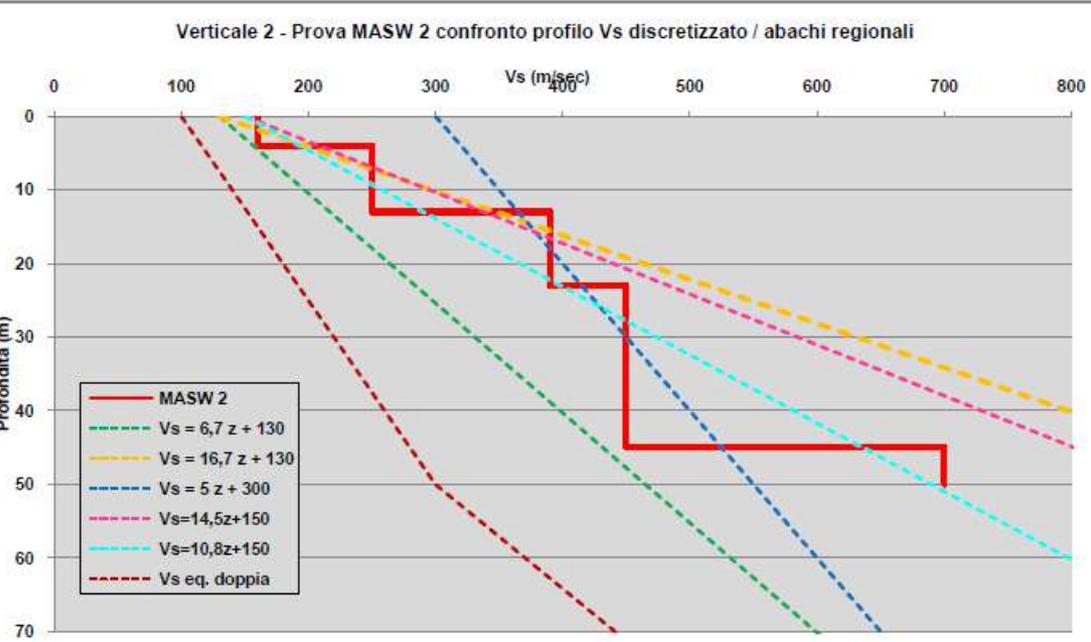
# SU TUTTE LE VERTICALI DI INDAGINE (minimo 3)



SABBIE ALLUVIONALI e PIROCLASTITI  
SABBIE DI ALTERAZIONI DA TUFI VULCANICI  
Profilo di velocità a gradiente massimo

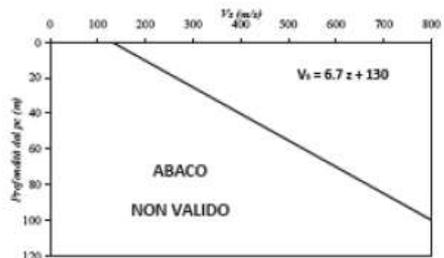
FH <sub>0,1-0,5</sub>	Velocità media V <sub>MH</sub> (m/s)								
	180	250	300	360	400	450	500	600	700
5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
15	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.1	1.1
20	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1	1.1
25	1.4	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.4	1.2	1.1
30		1.4	1.6	1.7	1.6	1.6	1.4	1.2	1.1
35		1.3	1.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1
40			1.4	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1
45			1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1
50			1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1
55			1.3	1.4	1.5	1.4	1.3	1.1	1.1
60			1.2	1.3	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1
70				1.2	1.3	1.3	1.1	1.0	1.0
80					1.1	1.2	1.2	1.0	1.0
90						1.1	1.1	1.0	1.0
100							1.1	1.0	1.0

FH <sub>0,1-0,8</sub>	Velocità media V <sub>MH</sub> (m/s)								
	180	250	300	360	400	450	500	600	700
5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
10	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
15	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.0	1.0
20	1.9	1.8	1.7	1.6	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
25	2.0	1.9	1.8	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1
30		1.9	1.9	1.8	1.5	1.4	1.4	1.1	1.1
35		2.0	1.9	1.9	1.5	1.5	1.4	1.1	1.1
40			2.0	1.9	1.6	1.5	1.5	1.2	1.1
45				1.9	2.0	1.6	1.6	1.5	1.2
50					1.9	2.0	1.6	1.6	1.2
55						1.7	1.9	1.6	1.6
60						1.5	1.9	1.6	1.6
70							1.6	1.5	1.6
80							1.2	1.4	1.5
90								1.2	1.4
100									1.2



FH <sub>0,1-1</sub>	Velocità media V <sub>MH</sub> (m/s)								
	180	250	300	360	400	450	500	600	700
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.7	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
25	1.9	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
30		1.8	1.6	1.4	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0
35			1.9	1.8	1.6	1.3	1.3	1.1	1.0
40				1.9	1.7	1.4	1.3	1.1	1.1
45					2.0	1.8	1.5	1.4	1.1
50						2.1	1.9	1.5	1.4
55							2.2	2.0	1.6
60								2.1	1.7
70									2.2
80									2.0
90									1.6
100									1.6

GRADIENTE DI VELOCITA' PER VALIDITA' ABACO



# Individuazione parametri di ingresso per l'Abaco prescelto

**Verticale 1** → profondità del substrato rigido  $H = 40$  mt dal p.c.;  $V_{SH} = 350$  m/s

**Verticale 2** → profondità del substrato rigido  $H = 45$  mt dal p.c.;  $V_{SH} = 332$  m/s

**Verticale 3** → profondità del substrato rigido  $H = 41,4$  mt dal p.c.;  $V_{SH} = 350$  m/s

**FH<sub>0.4-0.8</sub>**

Velocità media  $V_{SH}$  (m/s)

Profondità dal p.c. (m)	180	250	300	360	400	450	500	600	700
5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
10	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
15	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.0	1.0
20	1.9	1.8	1.7	1.6	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
25	2.0	1.9	1.8	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1
30		1.9	1.9	1.8	1.5	1.4	1.4	1.1	1.1
35		2.0	1.9	1.9	1.5	1.5	1.4	1.1	1.1
40			2.0	1.9	1.6	1.5	1.5	1.2	1.1
45			1.9	2.0	1.6	1.6	1.5	1.2	1.2
50			1.9	2.0	1.6	1.6	1.6	1.2	1.2

**FH<sub>0.1-0.5</sub>**

Velocità media  $V_{SH}$  (m/s)

Profondità dal p.c. (m)	180	250	300	360	400	450	500	600	700
5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
15	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.1	1.1
20	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1	1.1
25	1.4	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.4	1.2	1.1
30		1.4	1.6	1.7	1.6	1.6	1.4	1.2	1.1
35		1.3	1.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1
40			1.4	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1
45			1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1
50			1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1
55			1.3	1.4	1.5	1.4	1.3	1.1	1.1
60			1.2	1.3	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1
70				1.2	1.3	1.3	1.1	1.0	1.0
80				1.1	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0
90					1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
100						1.1	1.0	1.0	1.0

**FH<sub>0.7-1.1</sub>**

Velocità media  $V_{SH}$  (m/s)

Profondità dal p.c. (m)	180	250	300	360	400	450	500	600	700
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.7	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
25	1.9	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
30		1.8	1.6	1.4	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0
35		1.9	1.8	1.6	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
40			1.9	1.7	1.4	1.3	1.3	1.1	1.1
45			2.0	1.8	1.5	1.4	1.3	1.1	1.1
50			2.1	1.9	1.5	1.5	1.4	1.1	1.1
55			2.2	2.0	1.6	1.5	1.5	1.1	1.1
60			2.1	2.1	1.7	1.6	1.5	1.2	1.1
70				2.2	1.7	1.7	1.6	1.2	1.2
80				2.0	1.7	1.7	1.7	1.3	1.2
90					1.6	1.7	1.7	1.3	1.2
100						1.6	1.7	1.3	1.3

# Procedura di confronto dei valori

	$T = 0,1 \div 0,5 \text{ sec.}$	$T = 0,4 \div 0,8 \text{ sec.}$	$T = 0,7 \div 1,1 \text{ sec.}$
<b>Verticale 1</b>	1,6	1,9	1,7
<b>Verticale 2</b>	1,5	2,0	1,8
<b>Verticale 3</b>	1,6	1,9	1,7

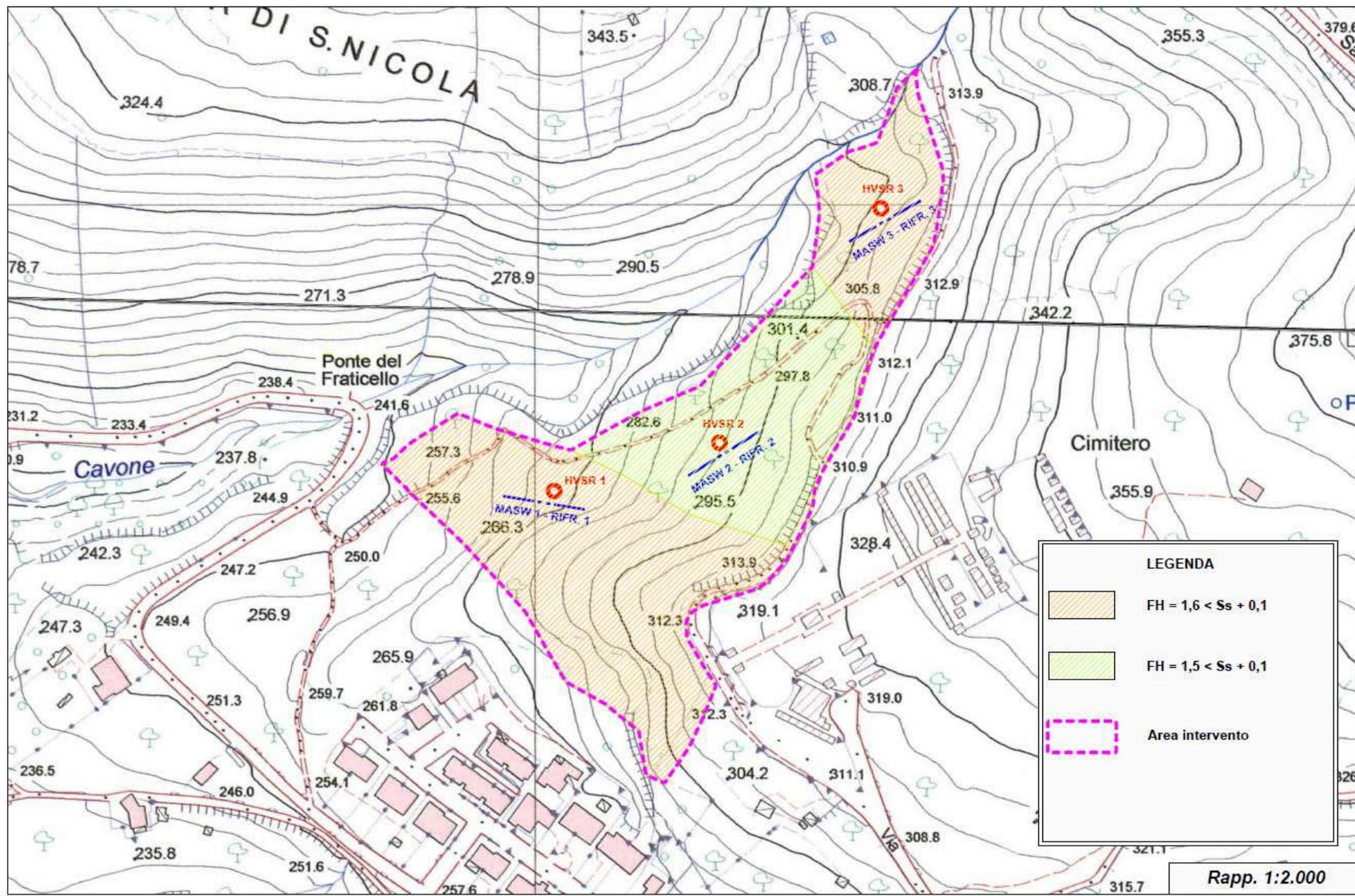
	Valori di soglia $S_s$		
	$S_s \rightarrow T = 0,1 \div 0,5 \text{ sec.}$	$S_s \rightarrow T = 0,1 \div 0,5 \text{ sec.}$	$S_s \rightarrow T = 0,7 \div 1,1 \text{ sec.}$
<b>UAS Cori Suolo C</b>	1,7	2,3	2,3

	Confronto tra fattori di amplificazione $F_H$ e valori di soglia $S_s$ aumentati di 0,1					
	$T = 0,1 \div 0,5 \text{ sec.}$		$T = 0,4 \div 0,8 \text{ sec.}$		$T = 0,7 \div 1,1 \text{ sec.}$	
	$F_H$	$S_s + 0,1$	$F_H$	$S_s + 0,1$	$F_H$	$S_s + 0,1$
<b>Verticale 1 (Suolo C)</b>	1,6	1,8	1,9	2,4	1,7	2,4
<b>Verticale 2 (Suolo C)</b>	1,5	1,8	2,0	2,4	1,8	2,4
<b>Verticale 3 (Suolo C)</b>	1,6	1,8	1,9	2,4	1,7	2,4

Sulla base di quanto esposto si può affermare che la procedura di MS di Livello 2, risulta applicabile all'area in esame.

Come riportato nelle Tavole 10 A – B – C allegate alla presente relazione, all'area in esame possono essere attribuiti diversi valori di  $F_H$ , ma nessun valore ottenuto risulta superiore ai valori di confronto dati da  $S_s + 0,1$  per la Categoria di sottosuolo di tipo C (delle NTC 2018) e per la UAS di Cori.

Pertanto la procedura può considerarsi conclusa positivamente con la presente Microzonazione Sismica di Livello 2.



**LEGENDA**

-  FH = 1,6 < Ss + 0,1
-  FH = 1,5 < Ss + 0,1
-  Area intervento

## IL LIVELLO 3 DI MS – METODO

- **Valutazione quantitativa del fattore di amplificazione locale**
- **E' sostanzialmente uno studio di Risposta Sismica Locale condotto per un unico Tr (475 anni) ..... Quindi ne parliamo tra poco !!**

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE  
SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA  
ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO  
presentano**

# **LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO**

**SEMINARI DI ORIENTAMENTO PER GLI STUDENTI ISCRITTI ALLA LAUREA TRIENNALE  
IN SCIENZE GEOLOGICHE E ALLE LAUREE MAGISTRALI NEL SETTORE GEOLOGICO**

**A PIERLUIGI FRIELLO: UN GEOLOGO PROFESSIONISTA, UN AMICO**

## **Parte Terza**

# **Effetti di sito e Progettazione: la Risposta Sismica Locale**

**DAL MONDO DELLA**

**PIANIFICAZIONE**

**ENTRIAMO NEL MONDO DELLA**

**PROGETTAZIONE**

Per la PRIMA VOLTA la normativa tecnica introduce una serie di importanti novità:

→ l'opera è pensata e valutata in termini “prestazionali”

→ con specifico riferimento all'azione sismica e all'argomento di oggi:

l'energia proveniente da una sorgente sismica può essere amplificata localmente, fondamentalmente a causa di due fattori:

$$A_{max} = S_s * S_t * a_g$$

Accelerazione orizzontale max in condizione di free field, su suolo rigido e superficie orizzontale

(A) L'ASSETTO STRATIGRAFICO

(B) LA TOPOGRAFIA

Ci occuperemo solo di (A) poiché (B) è definito unicamente dall'introduzione nelle verifiche strutturali del Progettista di un coefficiente numerico derivante direttamente dalla Norma

**NTC 2008**



**NTC 2018**

# COSA SI INTENDE PER APPROCCIO PRESTAZIONALE DELL'OPERA ?

## 2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$$

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di $V_N$ (anni)
1 Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2 Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3 Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

## 2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, ~~senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza~~ funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

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

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	→ OPERATIVITA' 81%
	SLD	→ DANNO 63%
Stati limite ultimi	SLV	→ SALVAGUARDIA VITA 10%
	SLC	→ COLLASSO 5%

## APPROCCIO SEMPLIFICATO

### 3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

#### Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un **approccio semplificato** che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_S$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

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>Depositati 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>Depositati 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>

### 3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

#### Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della **velocità equivalente** di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

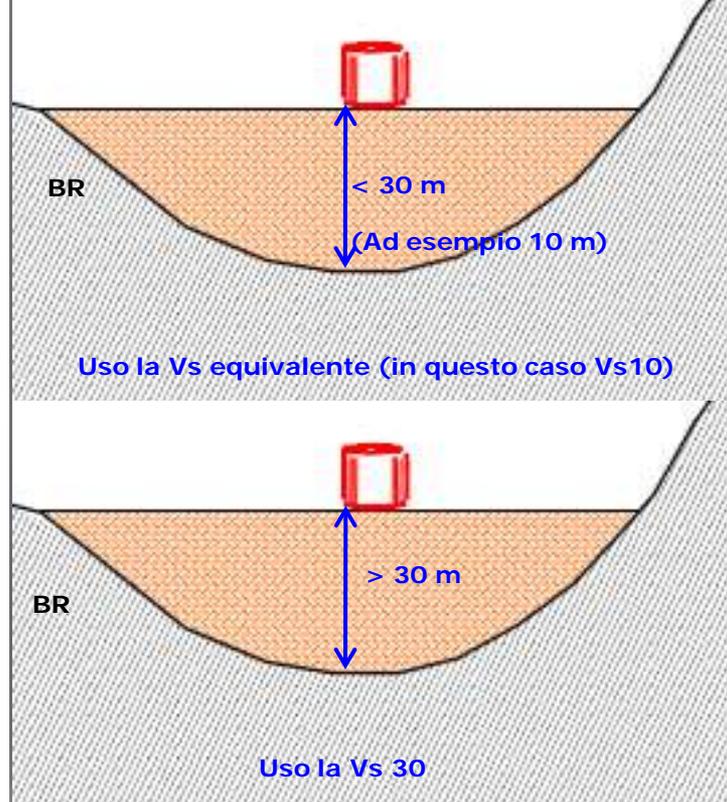
$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.



## L'INTRODUZIONE DELLA $V_s$ EQUIVALENTE HA COMPORATO L'ELIMINAZIONE DI DUE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO PREVISTE NELLE NTC 2008:

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2 di seguito indicate (Tab. 3.2.III), è **necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche**, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

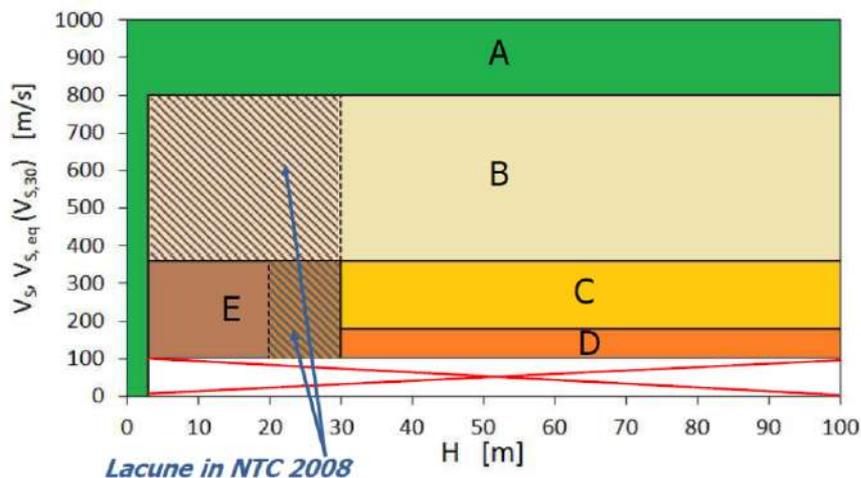
Tabella 3.2.III - Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 3.2.II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	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.
B	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.
C	Depositati 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.
D	Depositati 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.
E	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.

# Categorie di sottosuolo ed approccio semplificato (Confronto NTC 2008 – NTC 2018)



Madiai, 2017

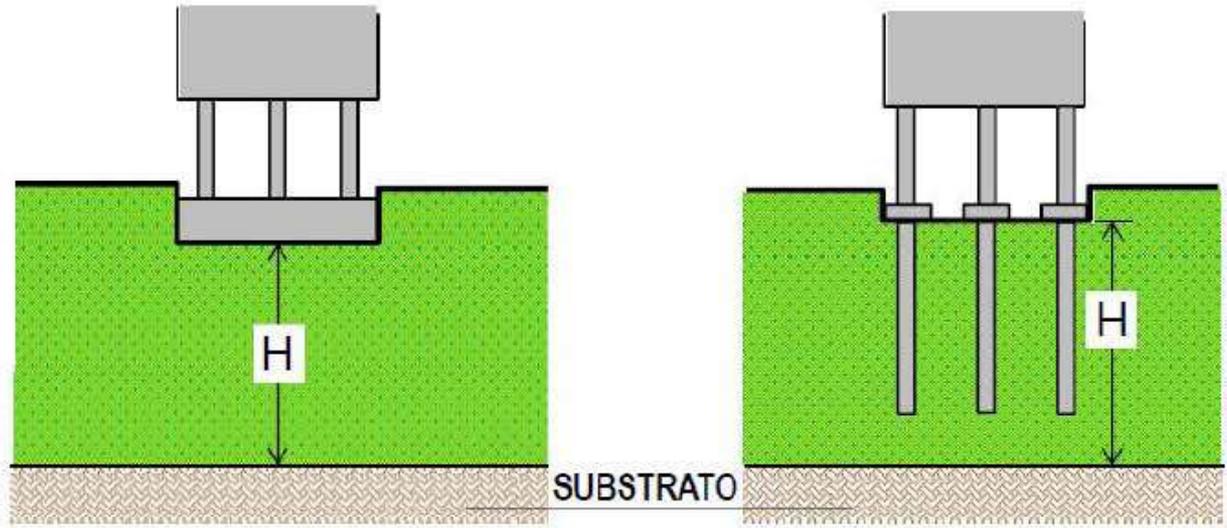
Tab. 3.2.II *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*

Categoria	Descrizione	$V_{s,eq}$		
		$V_{s,30}$ [m/s]	$N_{PT,30}$ [-]	$C_{u,30}$ [kPa]
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, con <del>eventuale strato di alterazione</del> /terreni di caratteristiche più scadenti di spessore massimo pari a 3 m	>800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, <del>con spessore &gt;30m</del> , caratterizzati da un <b>graduale</b> miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessore >30m, caratterizzati da un <b>graduale</b> miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	15-50	70-250
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessore >30m, caratterizzati da un <b>graduale</b> miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180 100-180	<15	<70
E	Terreni riconducibili alle categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a <del>20 m</del> <b>30m</b>	<360	<50	<250
<del>S1</del>	<del>Depositati con strato &gt;8m di argille poco consistenti o &gt;3m di torbe o materiali organici</del>	<del>&lt;100</del>	<del>-</del>	<del>10-20</del>
<del>S2</del>	<del>Depositati suscettibili di liquefazione, argille sensitive o categorie di sottosuolo non classificabili nei tipi precedenti</del>	<del>-</del>	<del>-</del>	<del>-</del>

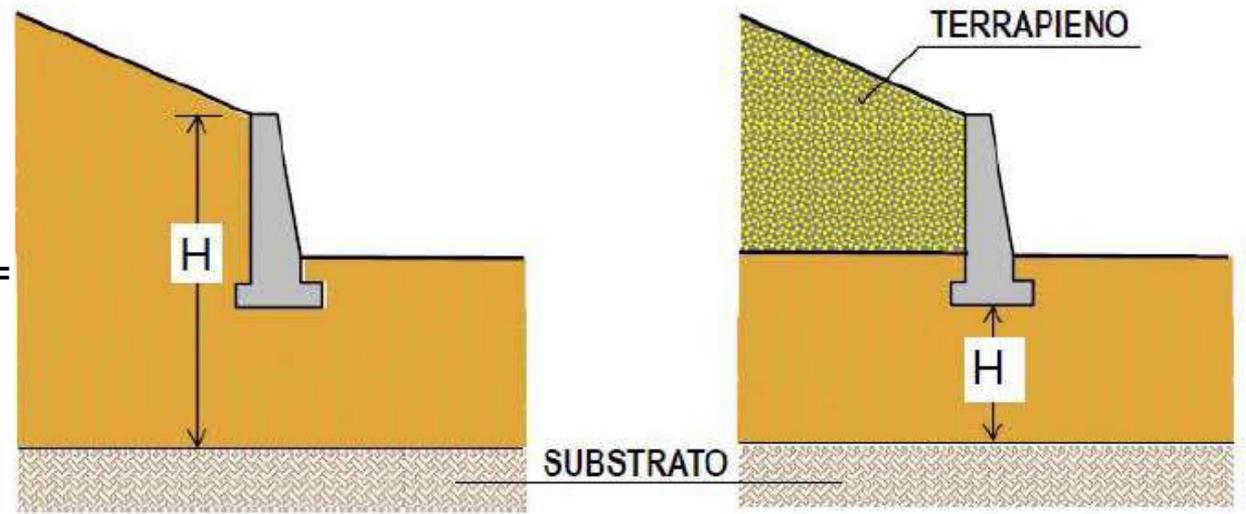
Madiai, 2017

# COME SI CALCOLA "H" RISPETTO ALLE OPERE DI FONDAZIONE ?

QUOTA DI RIFERIMENTO DELLA PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO



SUBSTRATO =  
BEDROCK SISMICO =  
 $V_s > 800 \text{ m/s}$



## RIASSUMENDO:

L'accelerazione generata da un terremoto in un determinato sito dipende dalle condizioni locali:

→ TOPOGRAFIA

→ STRATIGRAFIA (proprietà fisiche e meccaniche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi che costituiscono la colonna stratigrafica)

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la RSL consente di definire se, come e quanto un segnale sismico si sia modificato rispetto al sito di riferimento (suolo rigido\* e superficie topografica orizzontale).

Suolo rigido: è il cosiddetto *BEDROCK SISMICO*, per la nostra normativa è tutto ciò che possiede  $V_s > 800$  m/s e che *non amplifica* il segnale sismico

# La Normativa Regionale

**DGR Lazio 793/2020** (Modifica ad oggi vigente delle DGR Lazio 493/2019 - DGR 387/2009 – 489/2012) **elenco delle strutture strategiche (Classe d'uso IV) e rilevanti (Classe d'uso III)**

**Regolamento Regionale – DGR Lazio 189/2021**  
(Abroga e sostituisce il R.R. n. 26 del 26/10/2020 che a sua volta aveva sostituito la DGR 375/2016) **procedure prevenzione rischio sismico – Genio Civile**

# *In sintesi – come prescrizione di Normativa Regionale – la necessità di produrre uno studio di RSL può derivare da:*

***Rischio sismico di base***



MS Livello 1 MOPS Instabili\*

MS Livello 2 non conclusa

MS Livello 2 con  $F_h > S_s + 0,1$

***Tipologia della struttura***



Classe d'Uso IV (tutte)

Classe d'Uso III (solo edifici scolastici)

\*: in realtà in questo caso è prevista l'esecuzione di una **MS di Livello 3**. La differenza rispetto ad uno studio di RSL – come vedremo – è che si tratta ancora di un documento di pianificazione territoriale e si riferisce ad un unico tempo di ritorno (475 anni); la procedura è del tutto analoga.



DELIBERAZIONE N. 793

DEL 05/11/2020

PROPOSTA N. 16718

DEL 02/11/2020

**STRUTTURA**

*Direzione:* LAVORI PUBBLICI, STAZIONE UNICA APPALTI, RISORSE IDRICHE E DIFESA DEL SUOLO

**PROPONENTE**

*Area:*

Prot. n. \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

**OGGETTO: Schema di deliberazione concernente:**

Modifica della Deliberazione di Giunta regionale 23 luglio 2019, n. 493. Sostituzione dell'allegato A rubricato "Elenco delle strutture in Classe d'uso IV (Strategiche) e in Classe d'uso III (Rilevanti)".

(ODDONE PIRROZZI)

L'ESTENSORE

(DE PASCA PASQUALE)

IL RESP. PROCEDIMENTO

(M. D'ERCOLE)

IL DIRUTTORE REGIONALE

IL DIRIGENTE RESPONSABILE

## DELIBERA

1. di modificare la deliberazione di Giunta regionale 23 luglio 2019, n. 493, sostituendone l'Allegato A con il nuovo Allegato A, parte integrante e sostanziale della presente deliberazione, rubricato "Elenco delle strutture in Classe d'uso IV (Strategiche) e in Classe d'uso III (Rilevanti)";
2. di dare atto che rimangono valide ed efficaci tutte le previsioni della deliberazione di Giunta regionale 23 luglio 2019, n. 493, non interessate dalla presente deliberazione.

La presente deliberazione sarà pubblicata sul B.U.R.L. e sarà consultabile sul sito Internet della Regione Lazio.

## DELIBERA

- ~~1. di modificare la deliberazione di Giunta regionale 22 maggio, 2009 n. 387, come modificata dalla deliberazione di Giunta regionale 17 ottobre 2012, n. 489 sostituendo l'Allegato 2 con l'Allegato A rubricato "Elenco delle strutture in Classe d'uso IV (Strategiche) e in Classe d'uso III (Rilevanti)", parte integrante e sostanziale della presente deliberazione;~~
2. di disporre, obbligatoriamente e preventivamente alla progettazione esecutiva, lo studio di Risposta Sismica Locale (RSL) per tutte le nuove opere o per l'adeguamento sismico delle strutture esistenti di Classe d'uso III e di Classe d'uso IV, a eccezione di quelle di cui al punto e) del paragrafo "Infrastrutture";
3. di prevedere la possibilità di ovviare allo studio di RSL per le opere di Classe d'uso III, eccetto le Strutture per l'Istruzione, laddove dalle indagini di cui all'Allegato C del regolamento regionale n. 14/2016 scaturiscano indicazioni tecniche evidenti e inconfutabili dell'appartenenza del sottosuolo a una delle Categorie di sottosuolo di fondazione indicate nella Tabella 3.2.II del DM. 17.01.2018, utilizzando in questi casi l'approccio semplificato previsto dallo stesso DM.

Elenco delle strutture in Classe d'uso IV (Strategiche) e in Classe d'uso III (Rilevanti)

**A. CLASSE D'USO IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di evento sismico come, in particolare, di seguito indicate:

- Strutture Ospedaliere \*
  1. Ospedali, Case di Cura, Cliniche, Ambulatori ospedalieri, Istituti di ricovero e cura a carattere Scientifico, Aziende Unità Sanitarie Locali;
  
- Strutture per l'istruzione, comprese le palestre scolastiche, inserite nei Piani di Emergenza di Protezione Civile comunali che possono ospitare funzioni strategiche (centro coordinamento soccorsi (CCS); centro operativo misto (COM); centro operativo comunale (COC), eccetera;
  
- Strutture Civili \*
  1. Sedi degli uffici statali, regionali e provinciali, solo relativamente a quelle che ospitano funzioni di comando, supervisione e controllo, sale operative, strutture ed impianti di trasmissione, banche dati, strutture di supporto logistico per il personale operativo, strutture adibite all'attività logistica di supporto alle operazioni di protezione civile (stoccaggio, movimentazione, trasporto), strutture per l'assistenza e l'informazione alla popolazione;
  2. Municipi e sedi comunali decentrate;
  3. Sedi degli uffici territoriali del Governo;
  4. Sedi della Protezione Civile e relative strutture adibite all'attività di Protezione Civile;
  5. Ambasciate, Consolati, Legazioni, Istituti culturali, Organismi internazionali;
  6. Uffici Giudiziari e Carceri.
  
- Strutture Militari \*
  1. Caserme delle Forze Armate, dei Carabinieri, del Corpo Forestale dello Stato, della Guardia di Finanza, della Pubblica Sicurezza, dei Vigili del Fuoco.
  
- Strutture Industriali
  1. Industrie con attività di produzione di "sostanze pericolose per l'ambiente" (Decreto legislativo 26 giugno 2015, n.105 (Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose) in cui può avvenire un incidente rilevante per evento sismico.

- Infrastrutture
  1. Centrali Elettriche ad Alta Tensione;
  2. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti ed a impianti di produzione di energia elettrica;
  3. Gallerie di reti viarie di tipo A o B, Ponti di reti viarie di tipo A o B e Viadotti di reti viarie di tipo A o B (Decreto Ministeriale 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"), o di tipo C se appartenenti a itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non serviti da strade di tipo A o B;
  4. Gallerie di reti ferroviarie, Ponti di reti ferroviarie e Viadotti di reti ferroviarie;
  5. Impianti per le telecomunicazioni (radio, televisioni, ponti radio ecc.), con altezza maggiore o uguale a 15 metri non su fabbricati esistenti;
  6. Autostrade ed opere d'arte annesses;
  7. Grandi stazioni o Terminal ferroviari, stazioni o Terminal aeroportuali, eliporti e porti.

**Dalla DGR Lazio 793/2020**

B. **CLASSE D'USO III:** Costruzioni rilevanti il cui uso preveda affollamenti significativi con riferimento a un eventuale collasso della struttura, come, in particolare, di seguito indicate:

• Strutture per l'Istruzione \*

1. Asili nido, scuole ed istituti di istruzione, pubblici e privati, di ogni ordine e grado;
2. Università;
3. Conservatori statali, accademie di Belle Arti (statali e non statali), istituti musicali, Accademie statali di danza e di Arte, Istituti statali superiori per le industrie Artistiche;
4. Case famiglia e Strutture educative per i minori;
5. Uffici scolastici regionali.

• Strutture civili \*

1. Sedi degli uffici statali, regionali e provinciali, destinati allo svolgimento di funzioni pubbliche nell'ambito dei quali siano normalmente presenti comunità di dimensioni significative, nonché edifici e strutture aperti al pubblico suscettibili di grande affollamento, il cui collasso può comportare gravi conseguenze in termini di perdite di vite umane e che non ricadono in classe d'uso IV;
2. Residenze Sanitarie Assistenziali;
3. Alberghi (art. 2, comma 1, lettera a) R.R. 17/2008 e successive modifiche), Ostelli per la Gioventù (art. 5 R.R. 08/2015 e successive modifiche);
4. Attività Commerciali con cubatura  $\geq 5000$  metri cubi;
5. Stadi, Palazzi dello Sport, Palestre, Impianti per lo sport compresi i servizi di supporto per l'attività sportiva (spogliatoi, ecc.), e spazi per il pubblico (coperture e tribune di impianti sportivi, ecc.);
6. Auditorium, Biblioteche, Cinema, Edifici per mostre, Ludoteche, Musei, Pinacoteche e Teatri;
7. Banche, Centri Commerciali (art.4, comma 1, lettera g del d.lgs. 114/1998 e successive modifiche);
8. Mercati coperti;

9. Chiese, Campanili, Chiese cimiteriali ed Edifici di Culto non ricadenti nelle disposizioni di cui agli articoli 13, 14, 15 e 16 del Trattato Lateranense;

10. Obitori e camere mortuarie;

11. Centri polifunzionali;

12. Uffici postali;

• Strutture Industriali\*

1. Industrie con attività pericolose per l'ambiente non ricadenti nella Classe IV;

• Infrastrutture

1. Centrali Elettriche a Media Tensione, Centrali di cogenerazione, Impianti eolici, Termovalorizzatori;

2. Dighe non ricadenti nella Classe IV, ma comunque rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso;

3. Metropolitana e Stazioni della Metropolitana, Edifici delle Stazioni di autobus e tranviarie;

4. Gallerie di reti viarie, viadotti di reti viarie e ponti di reti viarie, ricadenti nel tipo C se non già indicato in Classe IV la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.

**A tutte le costruzioni, opere e/o attività miste, si applica la classe d'uso della destinazione che assicura una maggiore sicurezza per la pubblica e privata incolumità di cose e persone.**

\* come unica unità strutturale o anche se inserito all'interno di edifici adibiti ad altra destinazione d'uso.

**Dalla DGR Lazio 793/2020**

## 2) TABELLA RISCHIO SISMICO

### LIVELLO DI RISCHIO SISMICO

L'obiettivo è raggiungere la definizione del modello geofisico del sottosuolo per la determinazione della categoria di suolo di fondazione indicato nella Relazione Geologico-Sismica e delle indagini e dei test di laboratorio che caratterizzano l'aspetto geomeccanico del sottosuolo per il volume significativo. I risultati determinano 3 Livelli di Vulnerabilità dell'Opera (Basso, Medio, Alto), in funzione della zona sismica e della classificazione del progetto, secondo lo schema di seguito riportato.

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Dalla DGR 189/2021

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Livello di Rischio  
Sismico  
**ALTO**

## TERRENI

- a) Almeno 2 Sondaggi Geognostici, con Prove SPT in foro eseguite negli strati coesivi e granulari dei terreni costituenti il volume significativo fondazionale.
- b) Almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTe, CPTU), dinamiche (DPSH), o dilatometriche DMT che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.
- c) Prelievo di campioni quando la litologia consente un campionamento indisturbato, del terreno fondazionale da sottoporre a Prove Geotecniche di laboratorio, certificate ai sensi dell'articolo 59 del DPR 380/2001 e successive modifiche, per la definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche e/o dinamiche (Prova di Taglio Diretta, Prova Edometrica, Prova Triassiale, Prova di Taglio Ciclico, Colonna Risonante, ecc.).
- d) Almeno 2 Prove Sismiche in sito attive (MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passive (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), possibilmente perpendicolari tra di loro per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.
- e) Almeno 2 Acquisizioni di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSr), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno.
- f) Almeno una prova sismica diretta in foro (DH, CH, SDMT) eseguita fino alla profondità pari al raggiungimento del bedrock sismico o comunque fino alla profondità di almeno 30 metri, in tutti i casi in cui dovrà essere eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale (RSL).
- g) Analisi della Risposta Sismica Locale, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/2019 e successive modifiche ed in tutti i casi in cui (es. inversioni di velocità, bruschi passaggi di rigidità, ecc.) il sottosuolo non è classificabile nelle categorie di cui alla Tabella 3.2.11 delle NTC2018, eseguita tramite:
  - codice di calcolo 1D unicamente per sottosuoli costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica piana;
  - codice di calcolo 2D da eseguire per sottosuoli non costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica non pianeggiante.

Per opere con fondazioni di modesta ampiezza e carichi ridotti (antenne di trasmissione radio e telefoniche, ecc.) e per opere accessorie di strutture ricadenti in classe d'uso III e IV, non strutturalmente connesse a giudizio motivato del professionista incaricato, è possibile una riduzione del programma delle indagini, fino al livello minimo previsto per il rischio medio.

### ROCCE AFFIORANTI o SEPOLTE sotto terreni di copertura aventi spessore massimo di 3 metri (Substrato geologico)

- a) Almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTe, CPTU), dinamiche (DPSH) o dilatometriche DMT, che attraversino i terreni di copertura, coesivi e granulari, nel caso di ammassi rocciosi sepolti.
- b) Caratterizzazione Geomeccanica degli ammassi rocciosi affioranti, eseguita tramite esecuzione di rilevamento geostrutturale, laddove possibile.
- c) Almeno 2 Prove Sismiche in sito attive (SeismicRefraction, MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passive (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.
- d) Almeno 2 Acquisizioni di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSr), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno;
- e) Analisi della Risposta Sismica Locale, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/2019 e successive modifiche ed in tutti i casi in cui (es.



Dalla DGR 189/2021

# Alcune "imprecisioni" erano state già risolte nel RR 26/2020

## Dal Regolamento Regionale 26/2020

## Dalla DGR 375/2016

27/10/2020 - BOLLETTINO UFFICIALE DELLA REGIONE LAZIO - N. 129

### TERRENI

- a) Almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU), dinamica (DPSH) o dilatometriche DMT, oppure, almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTE, CPTU) o dinamiche (DPSH), che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.
- b) In sostituzione delle prove di cui alla lett. a) che precede, solo per le classi III e IV: almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU), dinamica (DPSH) o dilatometriche DMT, che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.
- c) Nel caso di esecuzione del Sondaggio Geognostico: prelievo di campioni quando la litologia consente un campionamento indisturbato o almeno significativo, del terreno fondazionale da sottoporre a Prove Geotecniche di laboratorio, certificate ai sensi dell'articolo 59 del DPR 380/2001, per la definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche (Prova di Taglio Diretta, Prova Edometrica, Prova Triassiale, Prova di Taglio Ciclico, Colonna Risonante, ecc.);
- d) Almeno 2 Prove Sismiche in sito attive (MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passive (REM, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), possibilmente perpendicolari tra di loro per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.
- e) Almeno 1 Acquisizione di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSR), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno;
- f) Almeno una prova sismica diretta in foro (DH, CH, SDMT) eseguita fino alla profondità pari al raggiungimento del bedrock sismico o comunque fino alla profondità di almeno 30 metri i, in tutti i casi in cui dovrà essere eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale (RSL) per le classi d'uso III e IV.
- g) Analisi della Risposta Sismica Locale, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/19 ed in tutti i casi in cui (es. inversioni di velocità, bruschi passaggi di rigidità, ecc.) il sottosuolo non è classificabile nelle categorie di cui alla Tabella 3.2.II delle NTC'18, eseguita tramite:
- codice di calcolo 1D unicamente per sottosuoli costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica piana;
  - codice di calcolo 2D da eseguire per sottosuoli non costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica non pianeggiante.

**ROCCE AFFIORANTI o SEPOLTE sotto terreni di copertura aventi spessore massimo di 3 metri (Substrato geologico)**

- a) Almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTE, CPTU), dinamiche (DPSH) o dilatometriche DMT, che attraversino i terreni di copertura, coesivi e granulari, nel caso di ammassi rocciosi sepolti.
- b) Caratterizzazione Geomeccanica degli ammassi rocciosi affioranti, mediante esecuzione di rilevamento geostrutturale, laddove possibile, oppure per le classi d'uso

Livello di vulnerabilità dell'Opera

Basso

- 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  $V_{s30}$ .

### 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.

Livello di Vulnerabilità dell'Opera

Medio

Livello di Rischio Sismico

**MEDIO**

## R.S.L. OBBLIGATORIA DA NORMATIVA REGIONALE

MOTIVO
MS LIVELLO 1 ==> MOPS INSTABILI
MS LIVELLO 2 ==> NON CONCLUSA
MS LIVELLO 2 ==> $F_h > S_s + 0,1$
PROGETTI EX NOVO; PROGETTI DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO SISMICO DI EDIFICI ESISTENTI RICADENTI IN <b>CLASSE D'USO IV</b>
PROGETTI EX NOVO; PROGETTI DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO SISMICO DI EDIFICI ESISTENTI RICADENTI IN <b>CLASSE D'USO III (SOLO SCUOLE)</b>
PROGETTI EX NOVO; PROGETTI DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO SISMICO DI <b>TUTTI GLI ALTRI EDIFICI RICADENTI IN CLASSE D'USO III</b> QUANDO INDAGINI GEOFISICHE DI COMPROVATA VALIDITA' <b>NON CONSENTANO</b> UNA ATTRIBUZIONE CERTA AD UNA DELLE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO PREVISTE DALL'APPROCCIO SEMPLIFICATO DELLE NTC 2018

NORMA
D.G.R. LAZIO 545/2010 - D.G.R. LAZIO 535/2012
D.G.R. LAZIO 155/2020 - D.G.R. LAZIO 535/2012
D.G.R. LAZIO 155/2020 - D.G.R. LAZIO 535/2012
D.G.R. LAZIO 793/2020 – Agg. REG. SISM. DGR 189/2021
D.G.R. LAZIO 793/2020 – Agg. REG. SISM. DGR 189/2021
D.G.R. LAZIO 793/2020 – Agg. REG. SISM. DGR 189/2021

# La procedura per gli studi di RSL

Lo studio di RSL passa attraverso 5 steps fondamentali

**A - Implementazione del modello geologico**  
(*indagini geologiche e geognostiche*)

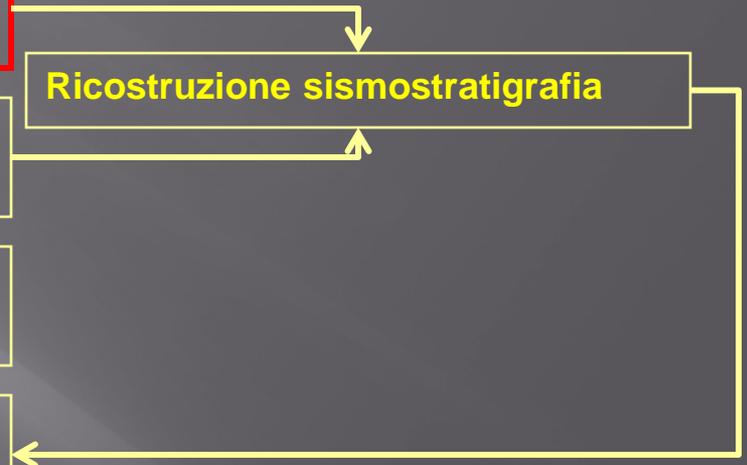
**B - Implementazione del modello geofisico**  
(*indagini geofisiche*)

**C - Definizione dell'input sismico** (ricerca ed estrazione accelerogrammi)

**D - Simulazione numerica con software specialistico**

**E - Confronto degli spettri di RSL con gli spettri di norma da NTC'08 ed indicazioni per lo strutturista**

Ricostruzione sismostratigrafia





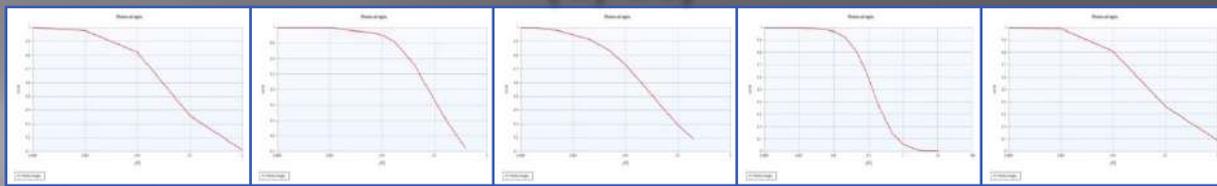
# A - Implementazione del modello geologico (indagini geologiche e geognostiche)

Non sono sufficienti le analisi di laboratorio geotecnico "ordinarie" (taglio, triassiale, edometrica, .....

E' necessario definire le Curve di Smorzamento (G/G0) e Decadimento (D%)



(G/G0)



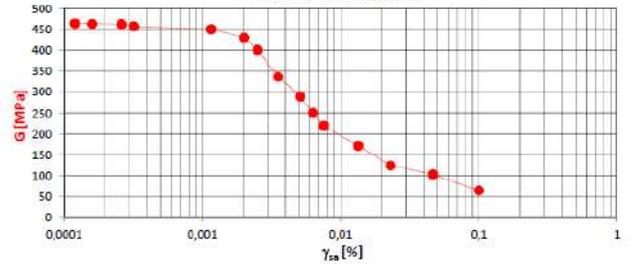
Riporti      Argille e limi      Sabbie alluvionali      Argille org. - Torbe      Argille, Limi palustri

**PROVA DI COLONNA RISONANTE** Pag. 3 di 3

ASTM D4015-95

N.VERB.ACCETT./CAMP	1869-4	Data ricevimento	11/04/13	Rapp di prova n.	1869-4	del	3/05/2016
COMMESSA	26-16	Data prelievo	-	Data inizio prova	03/05/16		
COMMITTENTE	PROVINCIA DI RIETI	Data apertura	03/05/13	Data fine prova	05/05/16		
CANTIERE	PALAJOURNER -neti	Sondaggio	S1	Tipologia campione	Rimaneggiato		
		Campione	PR1	Profondità (m)	2,00-12,00		

Curva di decadimento



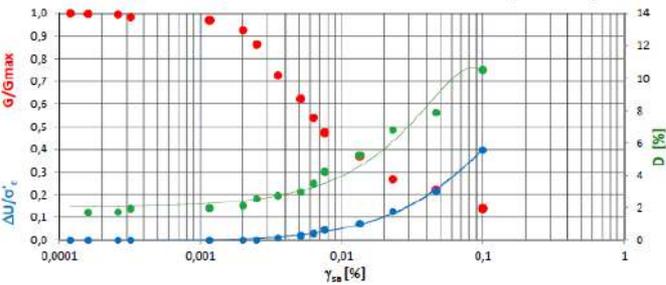
(D%)



Prove cicliche in colonna risonante



Curva di decadimento normalizzata



# La procedura per gli studi di RSL

Lo studio di RSL passa attraverso 5 steps fondamentali

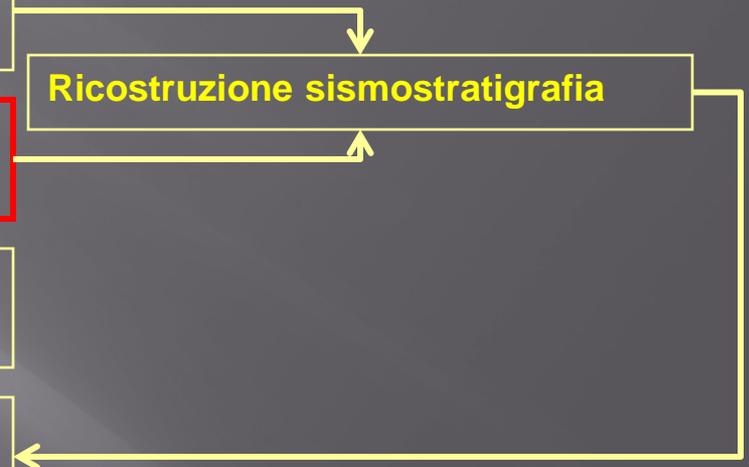
**A - Implementazione del modello geologico  
(indagini geologiche e geognostiche)**

**B - Implementazione del modello geofisico  
(indagini geofisiche)**

**C - Definizione dell'input sismico (ricerca ed estrazione accelerogrammi)**

**D - Simulazione numerica con software specialistico**

**E - Confronto degli spettri di RSL con gli spettri di norma da NTC'08 ed indicazioni per lo strutturista**



## TECNICHE DI PROSPEZIONE

- PROSPEZIONI MASW (Onde superficiali – Vel. di Fase e di Gruppo)
- PROSPEZIONI ReMi (Onde superficiali – Vel. di Fase e di Gruppo)
- SISMICA IN FORO TIPO DOWN-HOLE
- SISMICA IN FORO TIPO CROSS-HOLE
- HOLISURFACE (Onde superficiali – Velocità di Gruppo)
- MISURE HVSR (Nakamura)

### STRUMENTAZIONE MASW - ReMi

Sismografo multicanale



Geofoni



Cavo sismico



### SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE (Prove attive)

Massa battente



Fucile sismico



Esplosivo

