



REMTECH EXPO

GEO SISMICA

INDAGINI GEOFISICHE PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA: IL CASO DI VALDOBBIADENE (TV)

DOTT. GEOL. ENRICO FARINATTI – IND.A.G.O. SNC

GESTIONE DEI RISCHI NATURALI - INFRASTRUTTURE

Giovedì (19/09)

RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com



NTC 2008: Verifica agli Stati Limite

Vita Nominale V_N X Classe d'uso (Cu)

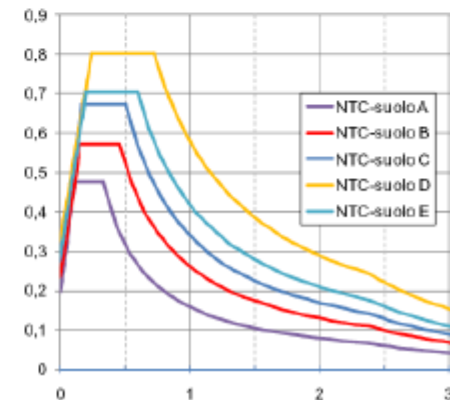
Stato Limite → Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R

Periodo di ritorno T_R

$$T_R = \frac{V_R}{-\ln(1 - P_{V_R})}$$

Mappe di pericolosità sismica

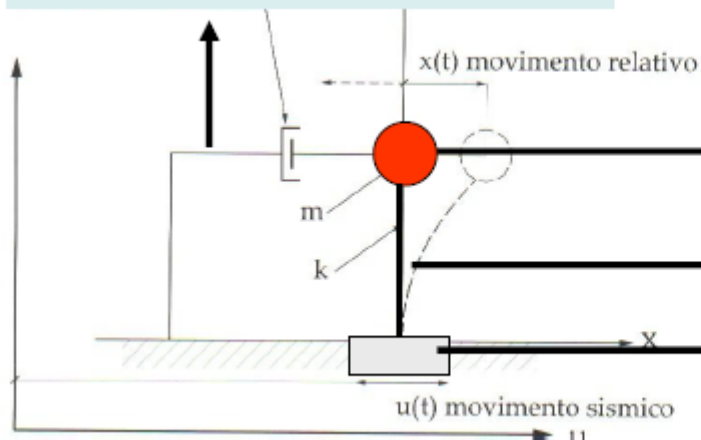
Valutazione dell'effetto della risposta sismica locale (microzonazione)



Oscillatore semplice

Nel modello semplificato costituito dall'oscillatore semplice è possibile identificare i fattori che caratterizzano un edificio e che determinano la sua risposta all'azione sismica.

3. Smorzatore = capacità dissipativa dell'edificio



1. Sfera = massa dell'edificio concentrata

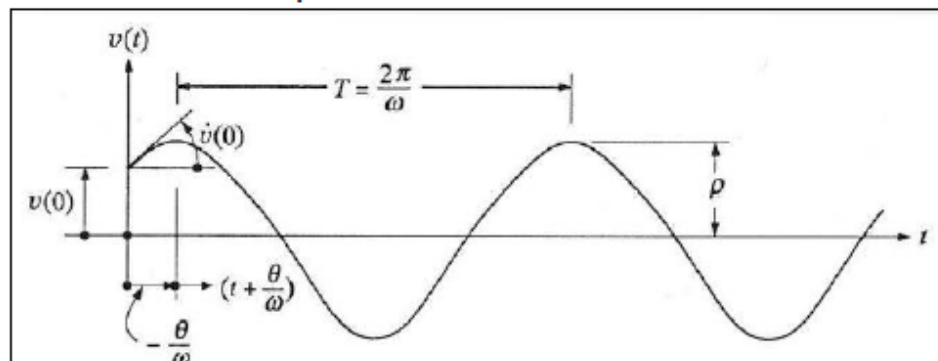
2. Asta (elastica) = rigidezza dell'edificio

4. Fondazioni + Terreno = mezzo di trasmissione dell'energia

Impressa una certa accelerazione o spostamento l'oscillatore comincia ad oscillare con un certo periodo proprio di oscillazione.

Periodo proprio di una struttura: è il tempo (sec) impiegato da una struttura per compiere un'intera oscillazione causata da una perturbazione iniziale.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad [\text{sec}]$$

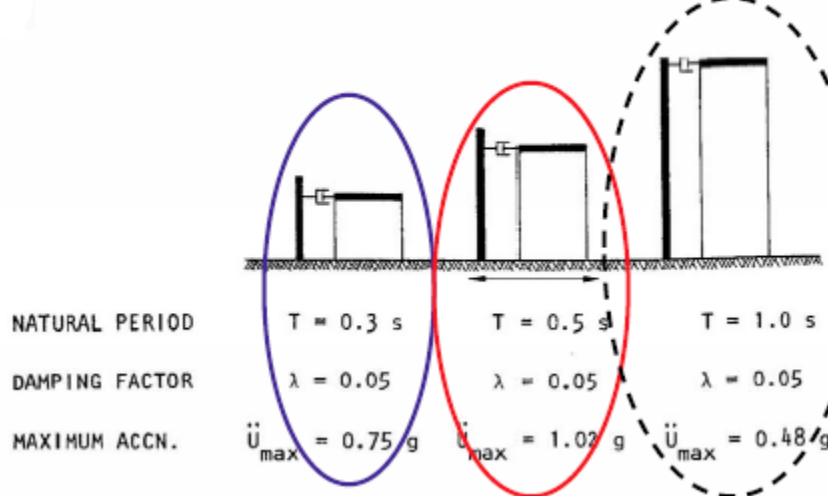


Mediante una opportuna procedura numerica, questa sollecitazione (in forma di forza inerziale o accelerazione) viene applicata a uno specifico edificio “tipo” (ovvero con una delle possibili frequenze proprie) e si prende la massima risposta di quell’edificio

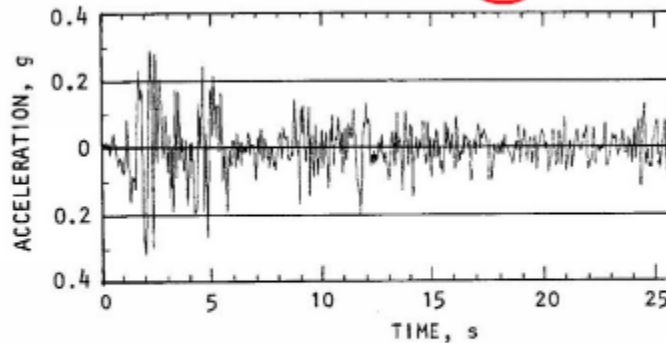
Si ripete l’analisi per ciascun possibile edificio (per ciascuna frequenza propria)

Come risultato si avrà un valore della risposta (massima) per ciascuna frequenza propria

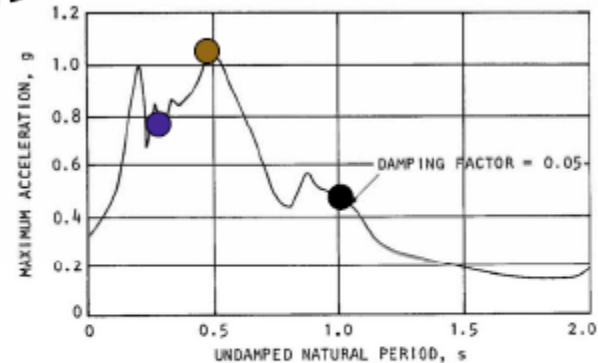
Questo scuotimento viene applicato a ciascuna struttura "tipo"



Dalle ordinate spettrali del moto di input si riesce già ad avere un'idea delle di quali strutture saranno maggiormente sollecitate dall'evento



ACCELEROGRAM, EL CENTRO, CALIFORNIA EARTHQUAKE, (N-S COMPONENT)

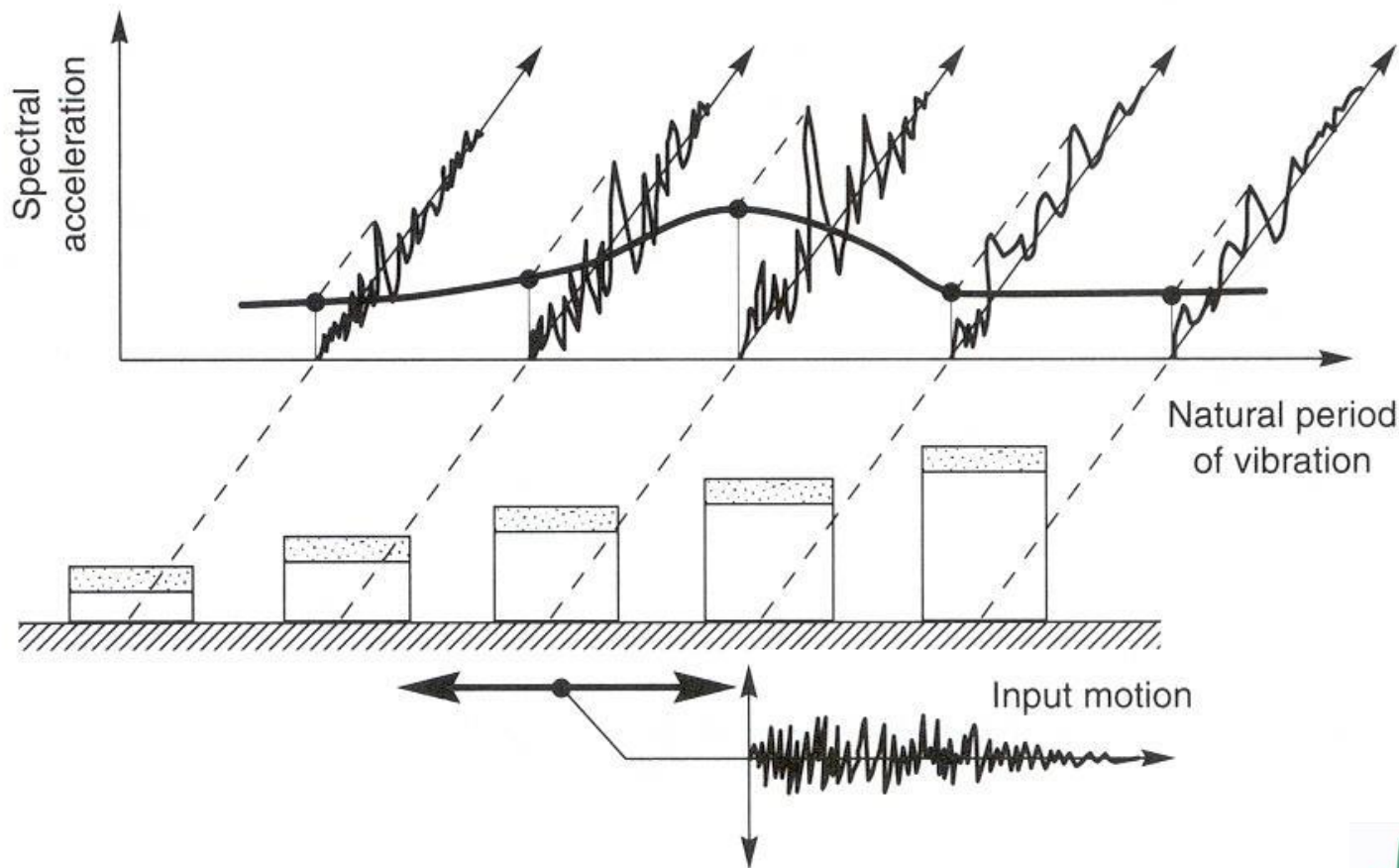


ACCELERATION RESPONSE SPECTRUM, EL CENTRO GROUND MOTIONS

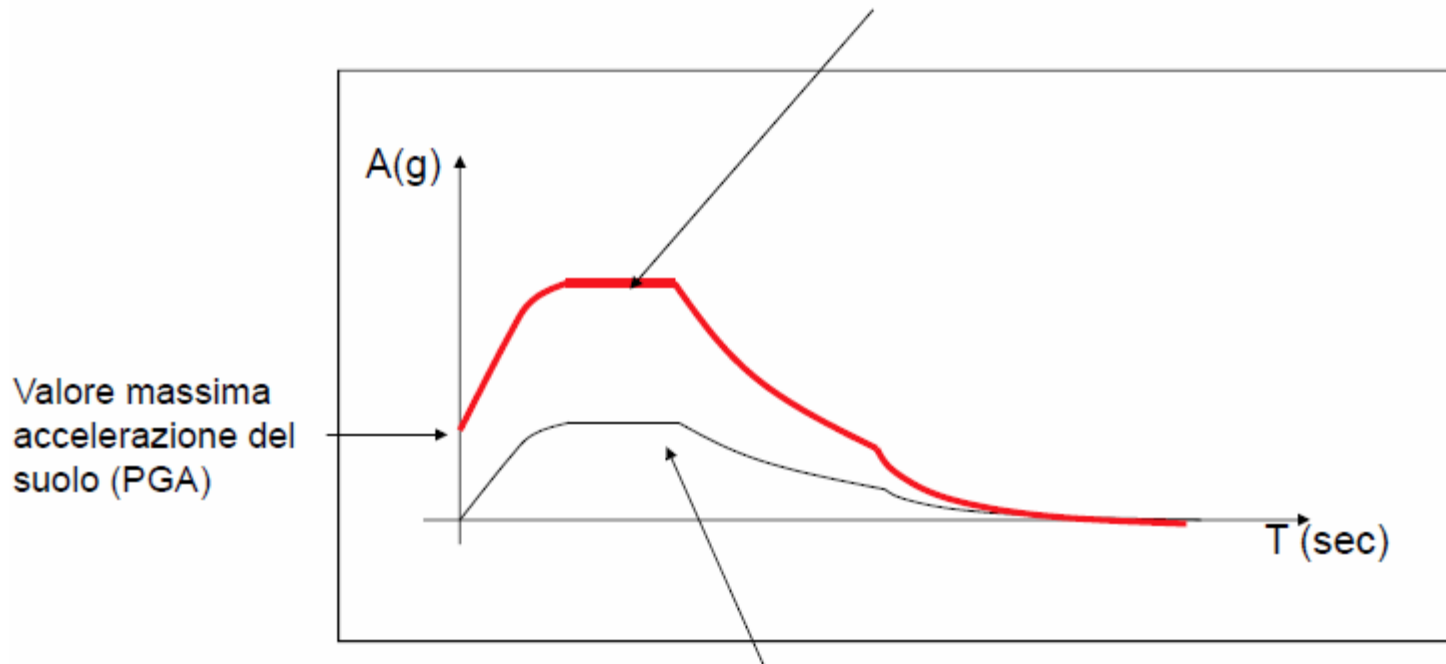
Figure 10. Evaluation of acceleration response spectrum.

Da Seed & Idriss. 1982

L'insieme di questi valori di risposta in funzione della frequenza propria corrispondente è detto "Spettro di risposta"



Massima risposta dell'edificio "tipo" per un valore prefissato dello smorzamento



Spettro del terremoto al suolo (free-field)

Naturalmente l'ampiezza della "risposta" sarà maggiore (circa 2.5 volte per smorzamenti del 5%) dello scuotimento del suolo alla stessa frequenza

RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com

Perché lo spettro di risposta per $T=0$ corrisponde alla massima accelerazione del suolo (PGA)?

Si ricorderà che la frequenza propria di un edificio dipende dalla rigidità della struttura e dalla sua massa

$$v_{ed} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_{ed}}{m_{ed}}} \rightarrow T_{ed} = 2\pi \sqrt{\frac{m_{ed}}{K_{ed}}}$$

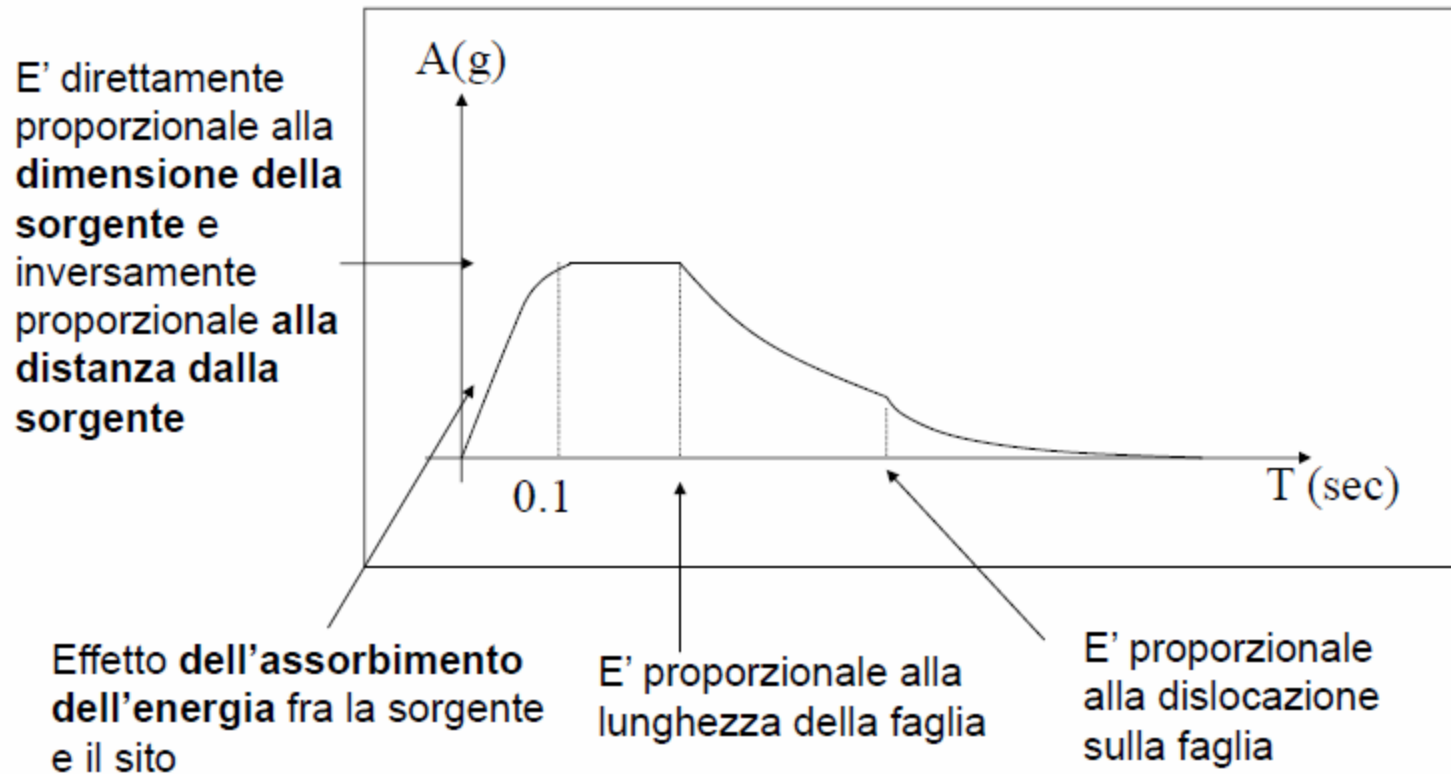
$$T_{ed} = 0 \rightarrow K_{ed} = \infty$$

Dato che la massa non può essere nulla

Ma rigidità infinita implica l'indeformabilità dell'edificio che si muoverà esattamente come il terreno

Quindi la sua accelerazione massima sarà quella del suolo (PGA)

La dimensione della sorgente e la distanza da questa giocano quindi un ruolo importante nella forma dello spettro di un terremoto



RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com

Necessariamente gli spettri semplificati non possono quindi prendere in considerazione le molte variabili in gioco:

In particolare questi spettri rispondono a modelli semplificati, monodimensionali, puramente teorici.

In presenza di anisotropie laterali dei sedimenti, irregolarità della superficie topografica (scarpate, argini, pendii irregolari, ecc...), irregolarità nell'andamento degli strati (superfici di strato non parallele), ecc...

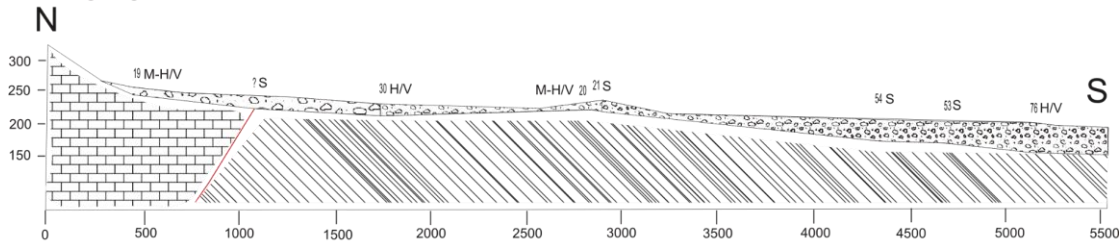
QUESTI MODELLI NON FUNZIONANO!!!

RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

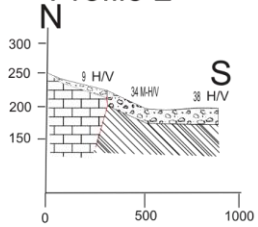
www.remtechexpo.com








Profilo 1



Profilo 2



Legenda:

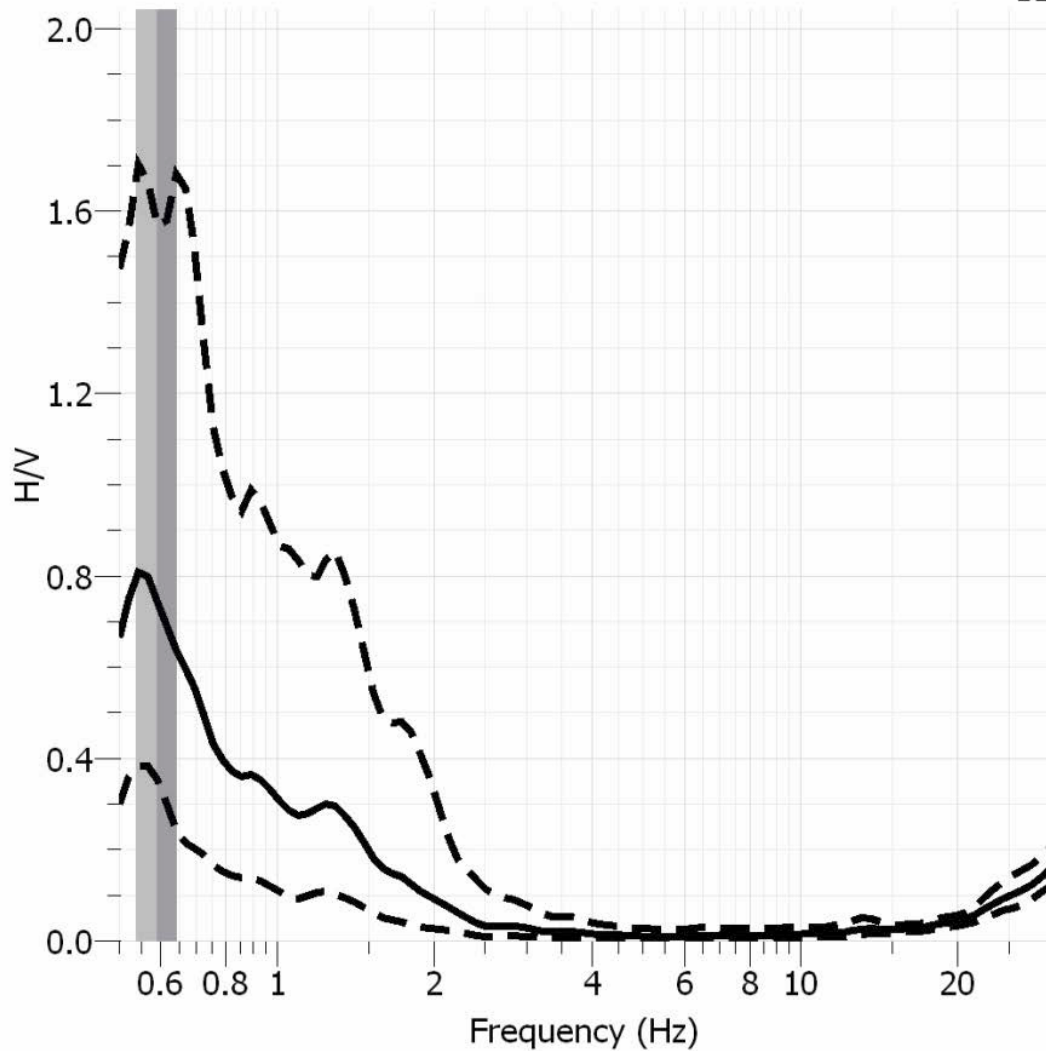
-  Materiale di copertura sciolto
-  Substrato calcareo
-  Substrato marnoso (argilliti e conglomerati)
-  Faglia
-  Tipo di prova e profondità roccia (S=sondaggio, M=Masw, H/V=rapporti spettrali)

Il territorio di Valdobbadiene non si adatta certamente all'utilizzo degli approcci semplificati.

Sia un approccio geologico qualitativo mi porta a affermarlo

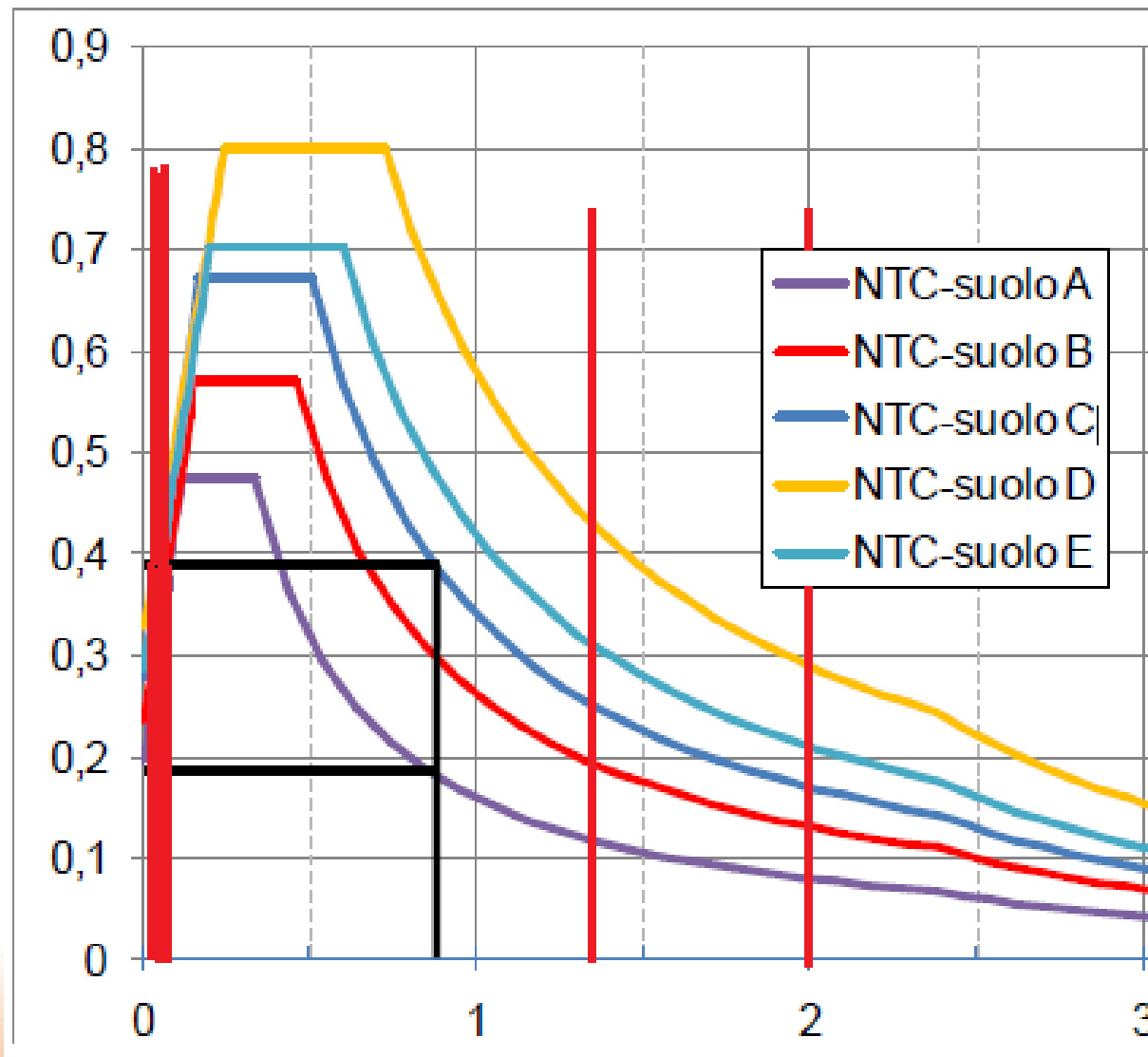
Ubicazione profili





....Ma neppure l'approccio
quantitativo strumentale:

$$f_0=0.5 \text{ Hz } T=2 \text{ s}$$



Numerose registrazioni dei rapporti spettrali hanno fatto registrare periodi minori o uguali a 0.05 s, 0.07 s, 1,43 s, 2 s

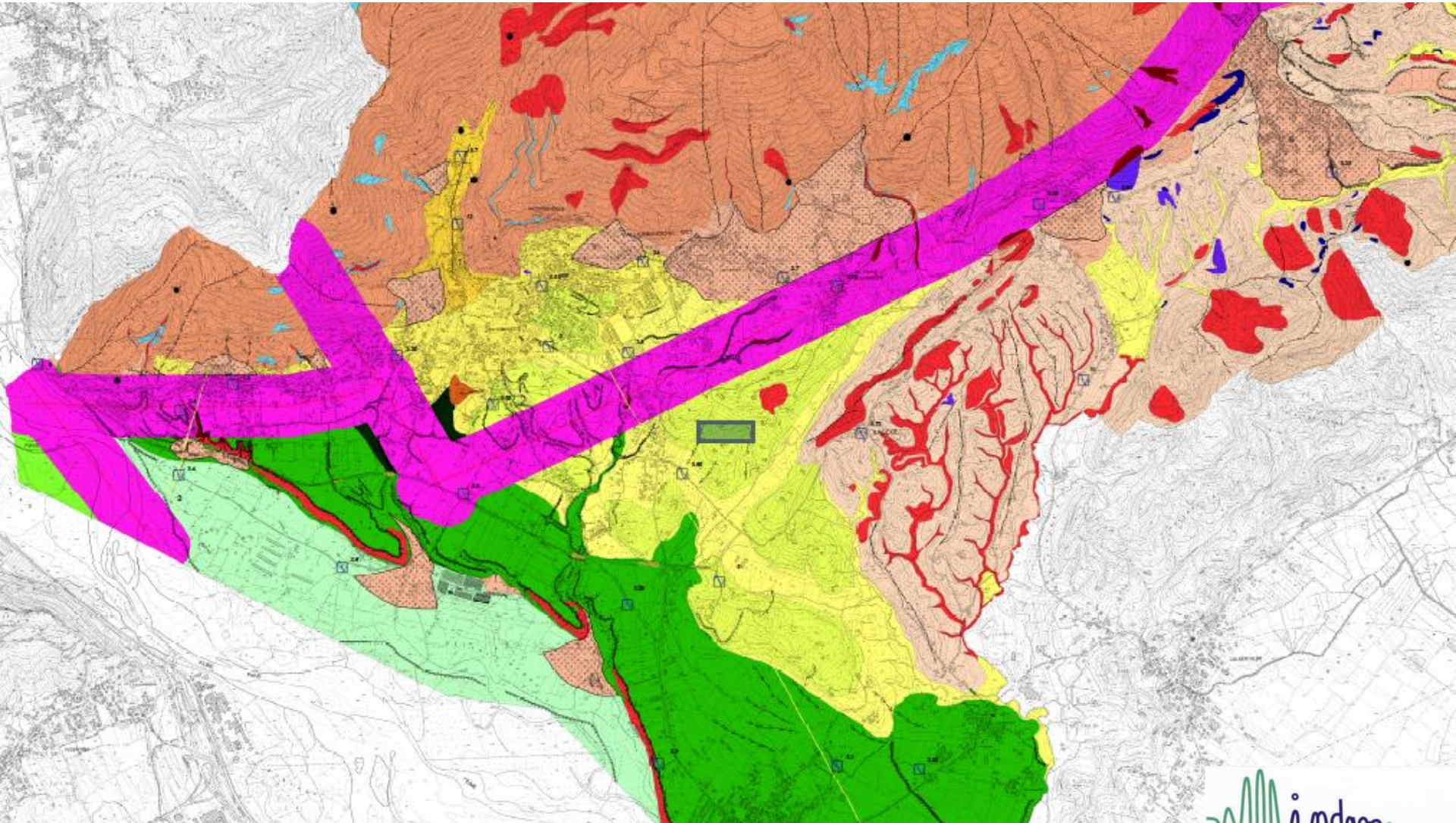
In sostanza: SIAMO SICURI CHE LE FORME SPETTRALI SEMPLIFICATE SIANO CONSERVATIVE? DA COSA PROTEGGIAMO GLI EDIFICI? E' UTILE ED ECONOMICO PROGETTARE IN QUESTO MODO?

RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com

Il contributo degli approfondimenti di III Livello a Valdobbadiene

Carta delle MOPS di livello 1: è presente la fascia di attenzione per FAC

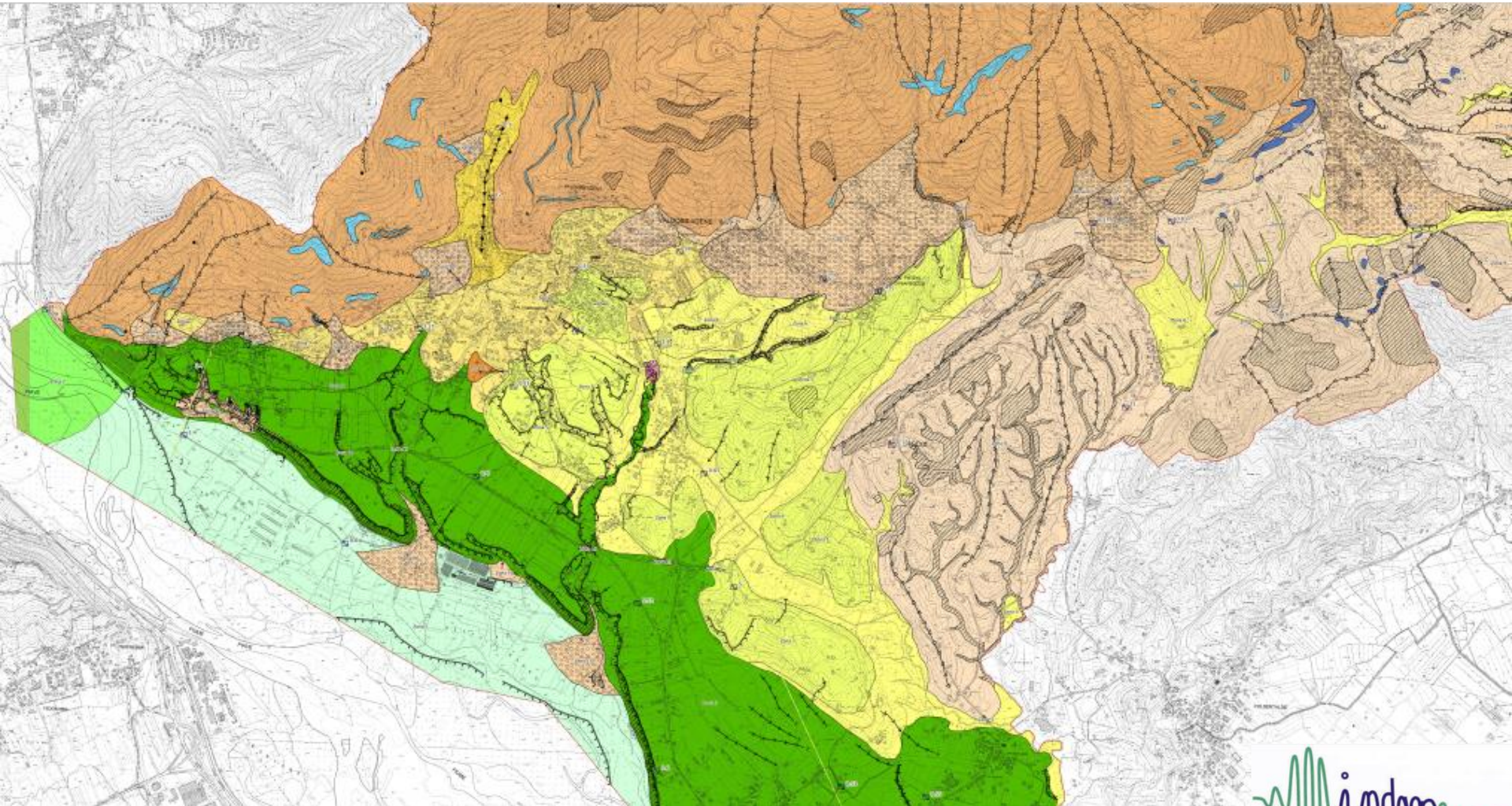


RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com

Il contributo degli approfondimenti di III Livello a Valdobbiadene

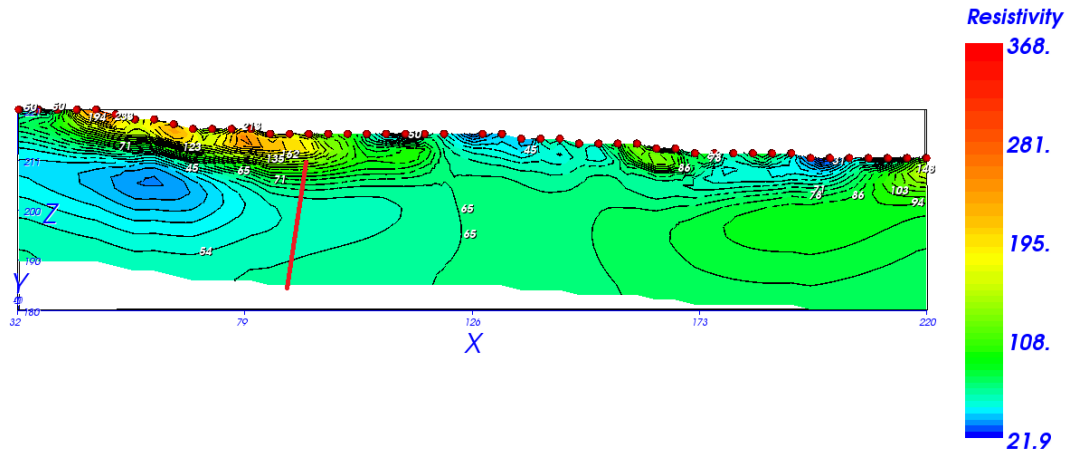
Carta delle MOPS di livello 2-3



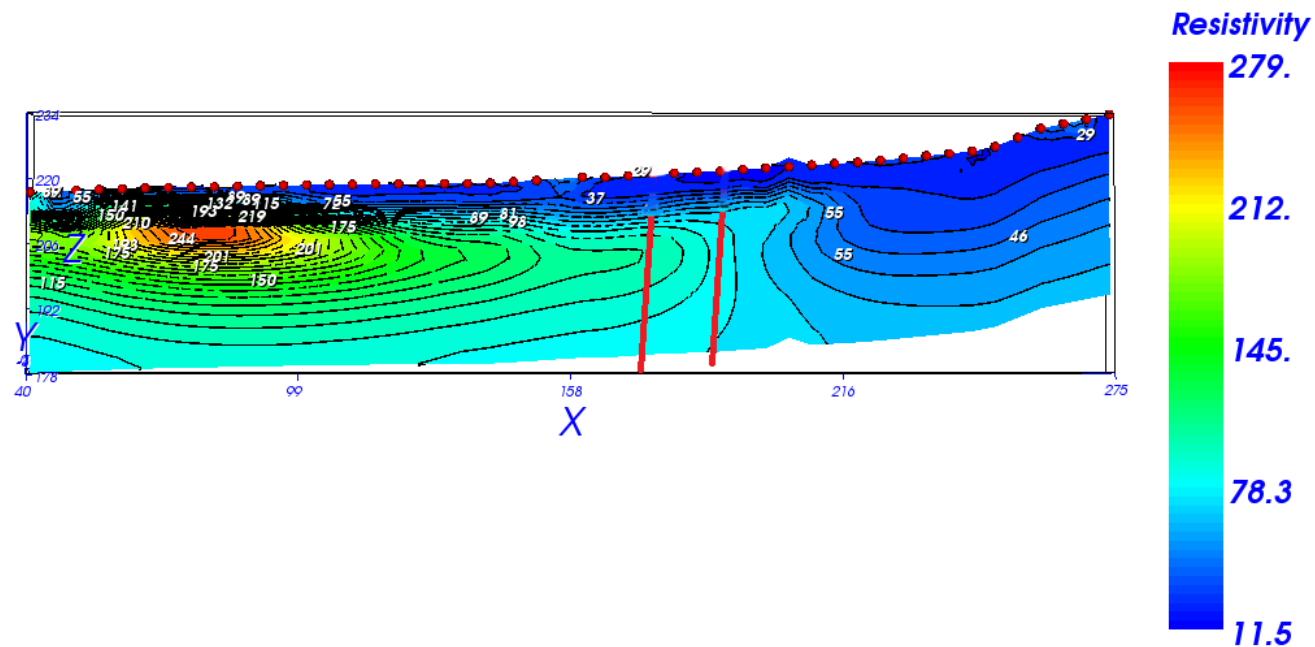
RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com

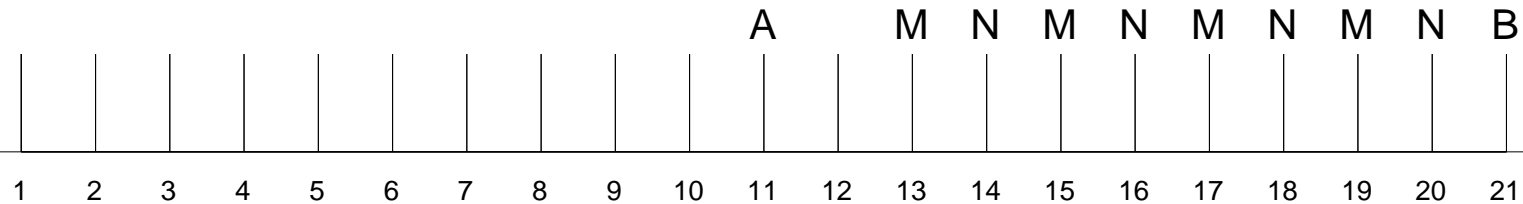
Il contributo degli approfondimenti di III Livello a Valdobbiadene



Indagini tomografiche elettriche



Gradient array data acquisition - four-channel



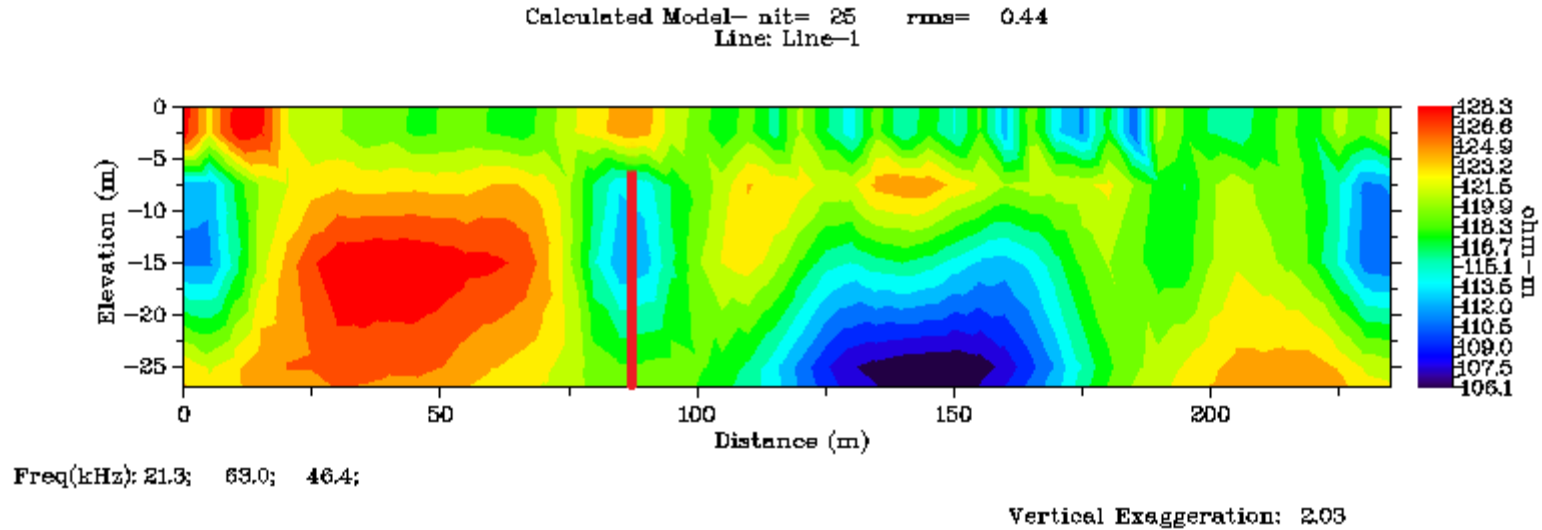
ABEM Terrameter LS

RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere
www.remtechexpo.com



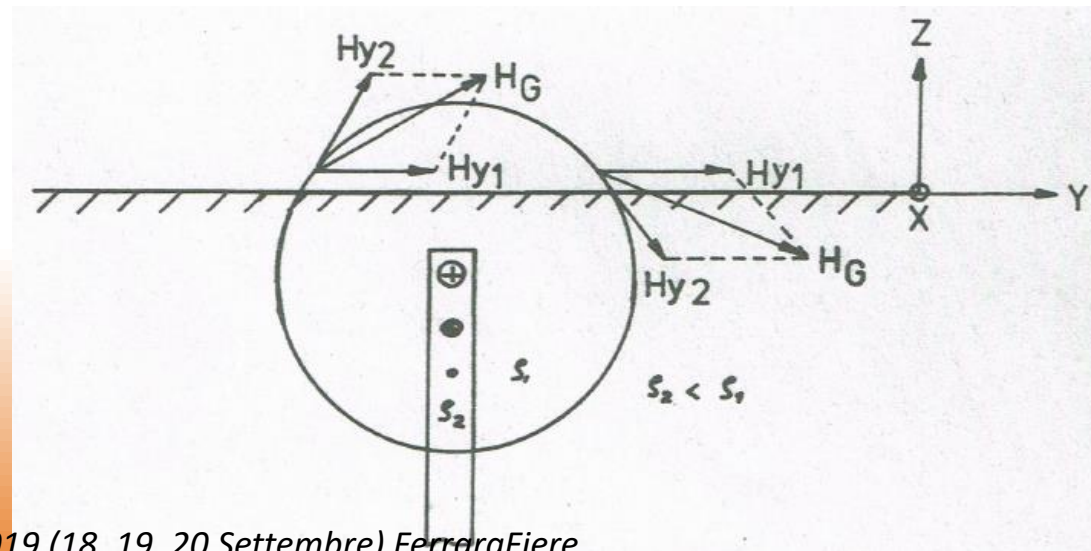
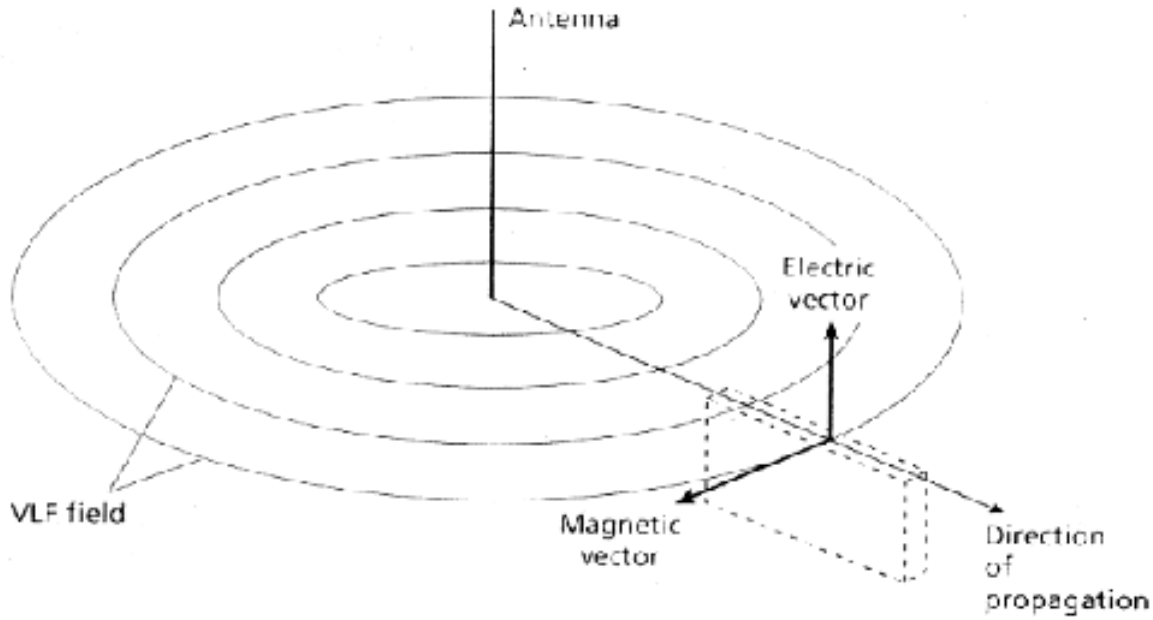
Il contributo degli approfondimenti di III Livello a Valdobbiadene

Indagini elettromagnetiche VLF



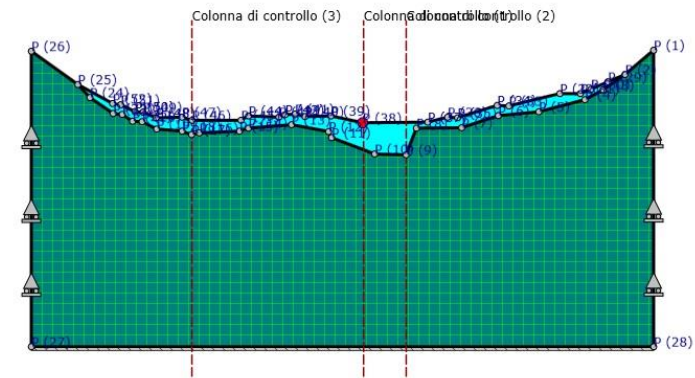
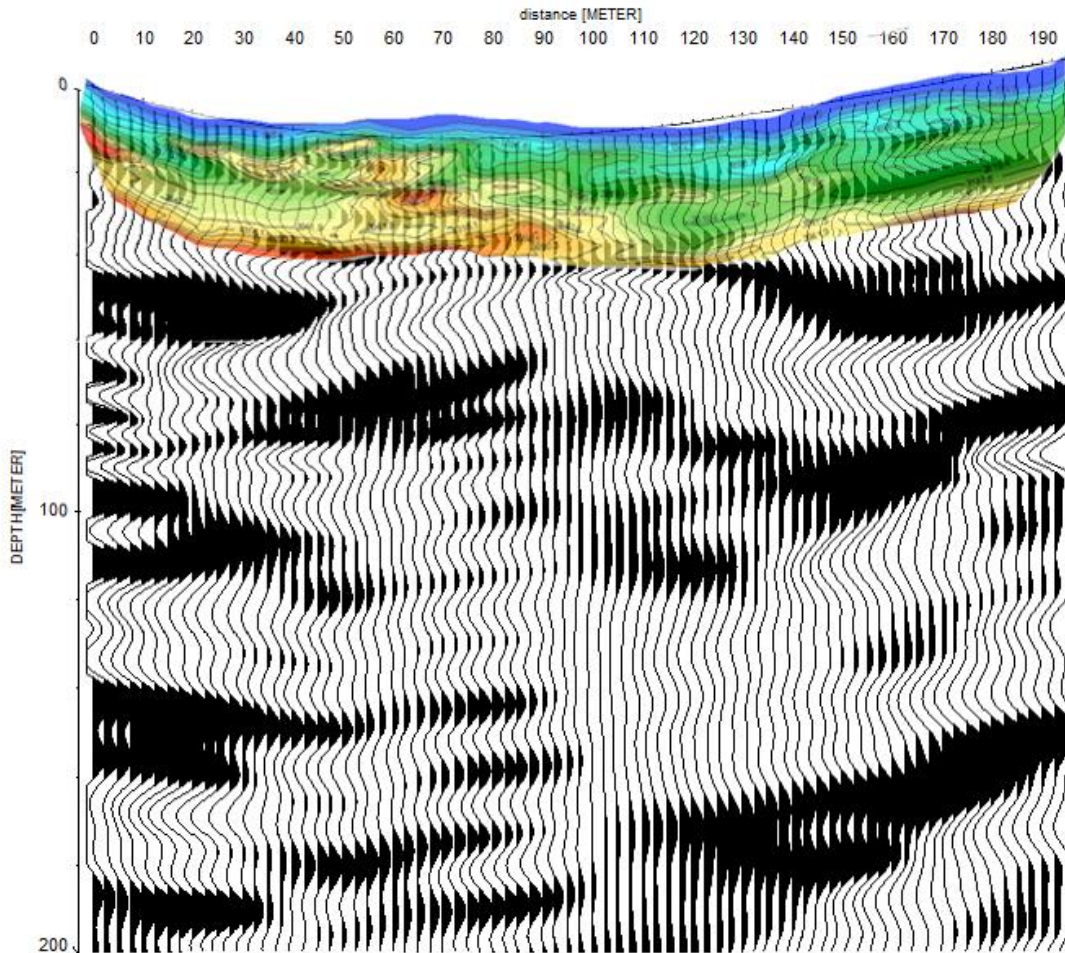
RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere
www.remtechexpo.com

Indagini VLF



Il contributo degli approfondimenti di III Livello a Valdobbiadene

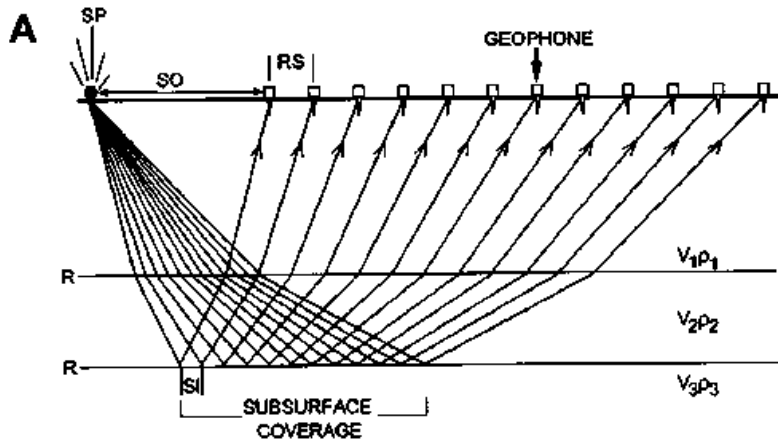
Indagini sismiche a riflessione



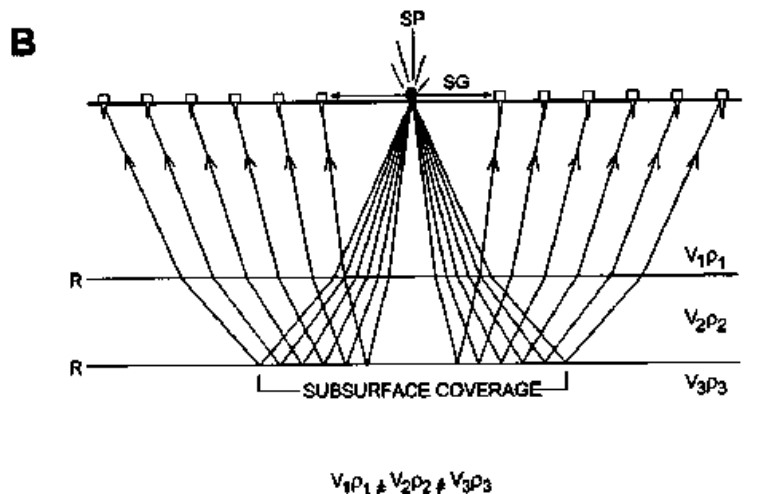
RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com

Indagini sismiche a riflessione

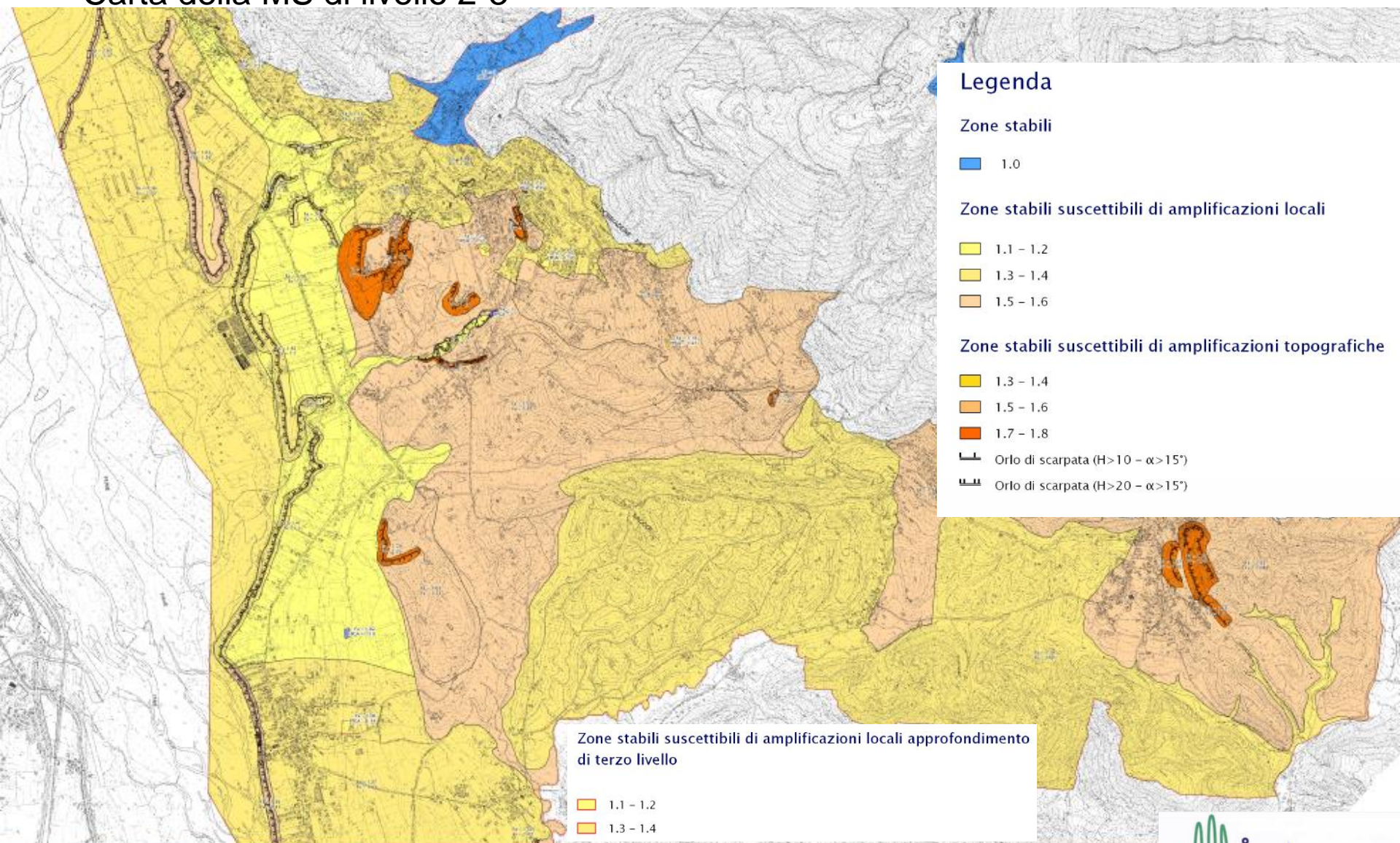


$$Ric = (\Delta x * N) / (2 * \Delta s) = 2400\%$$

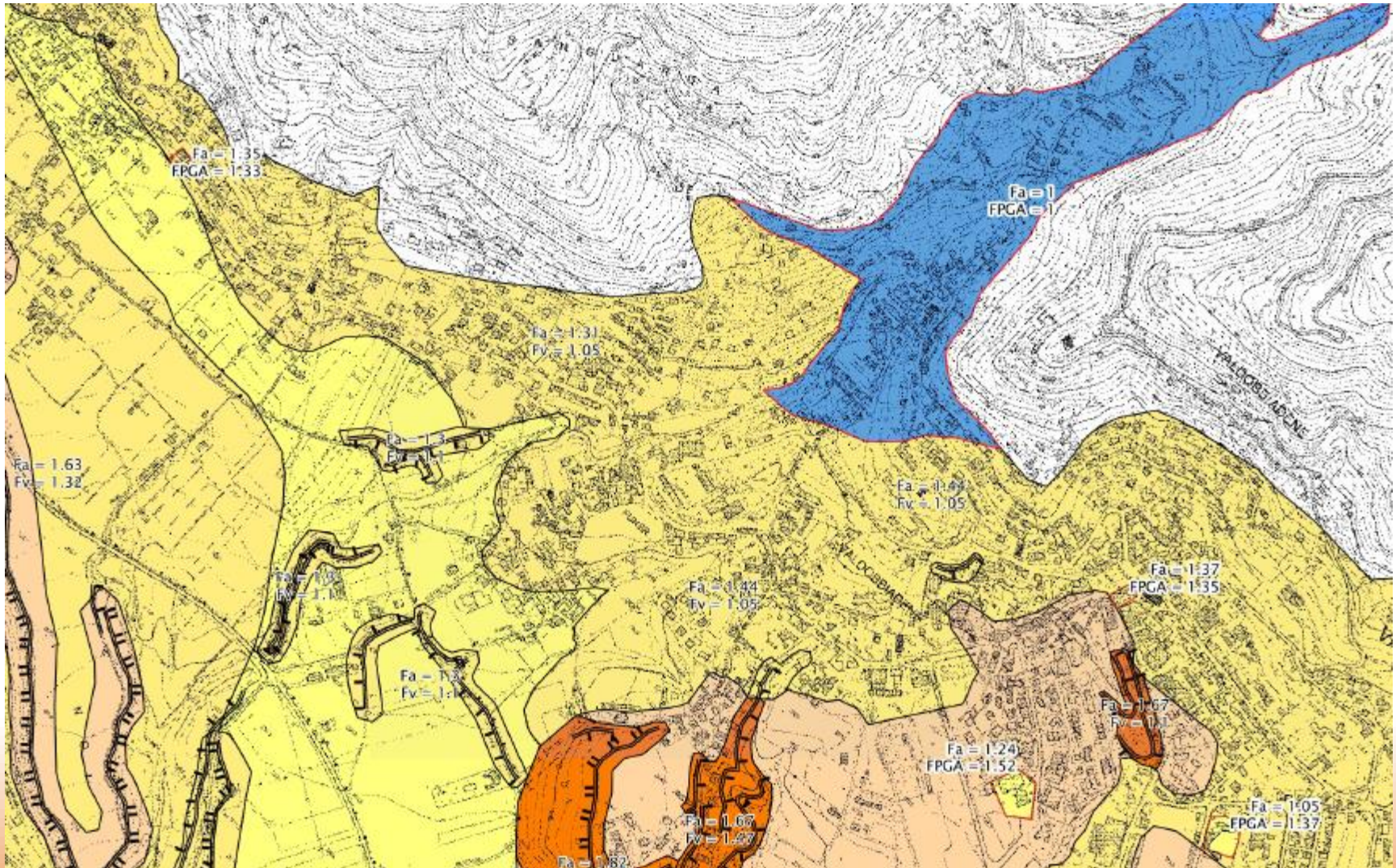


Il contributo degli approfondimenti di III Livello a Valdobbadiene

Carta della MS di livello 2-3



Alcuni particolari



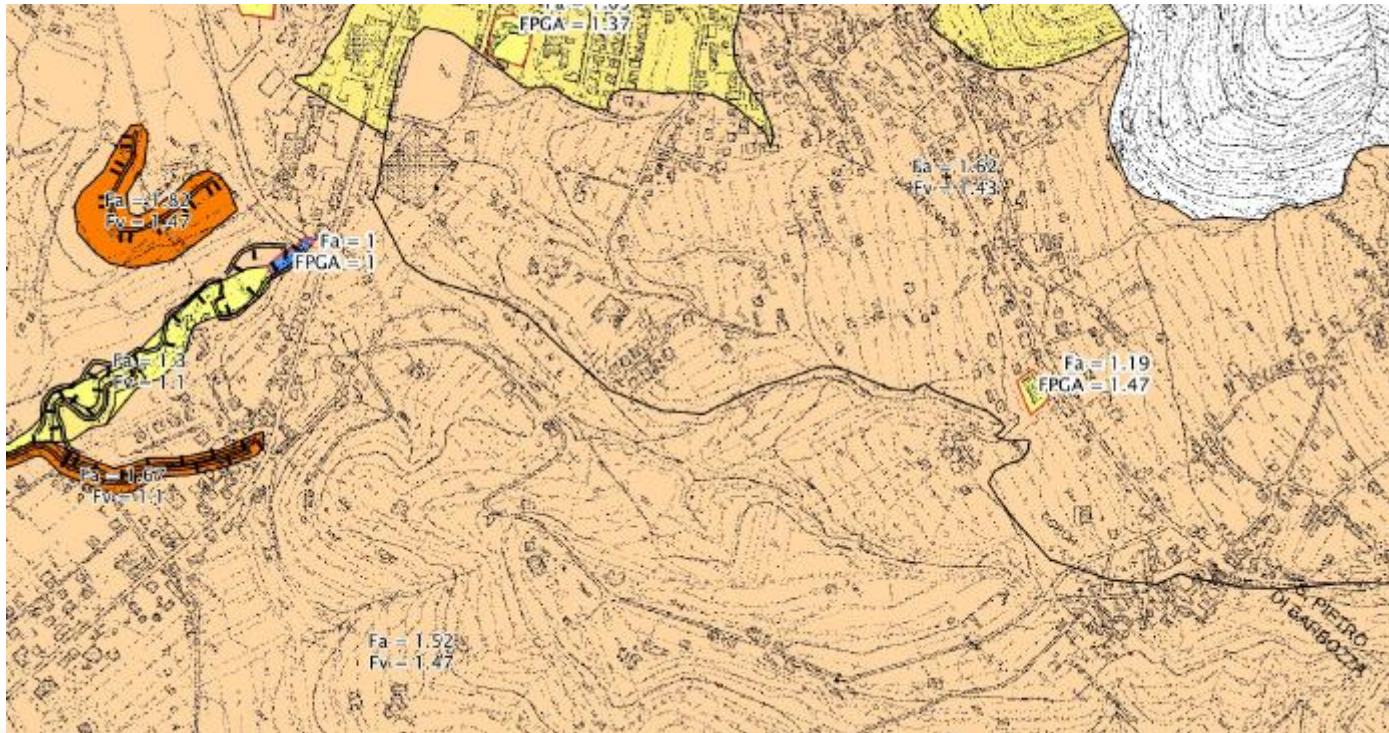
RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com



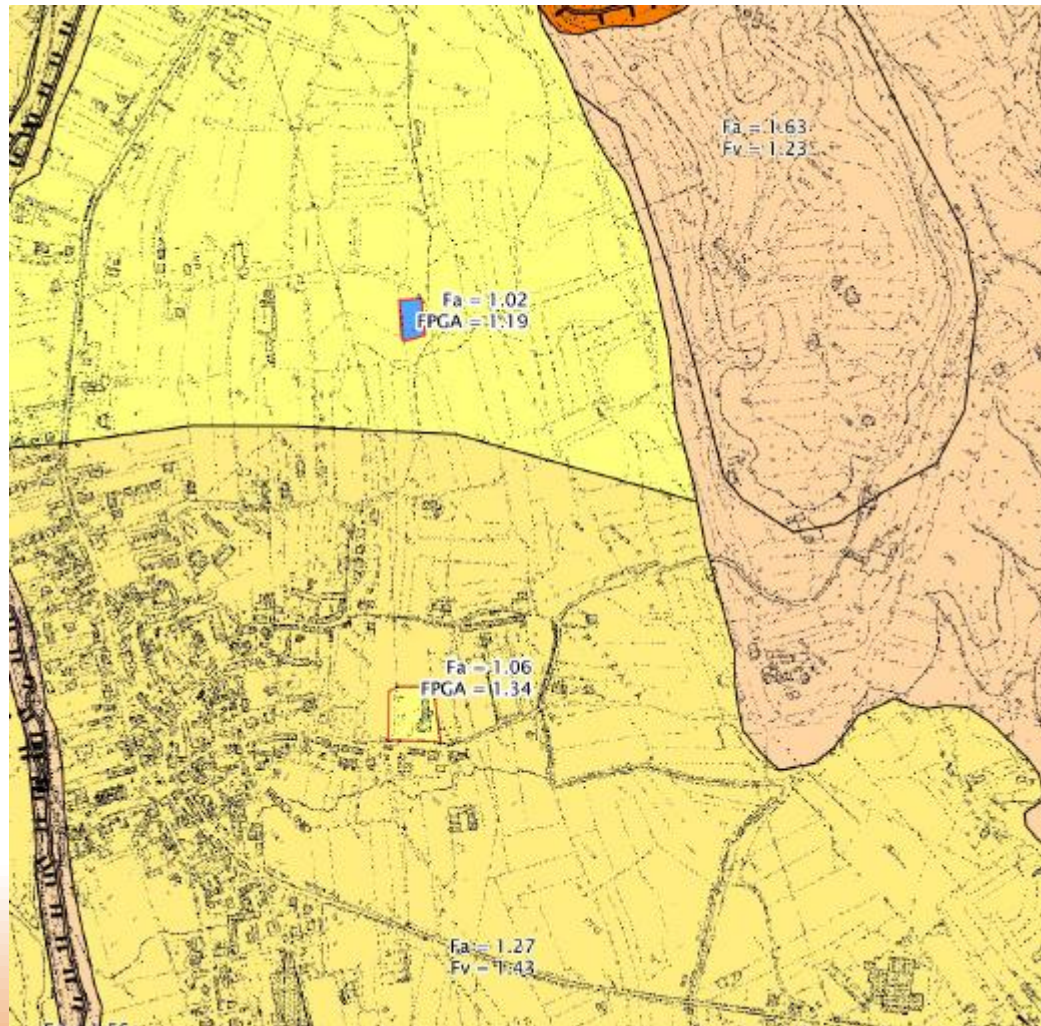
www.indago-rovigo.it

Alcuni particolari



RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere
www.remtechexpo.com

Alcuni particolari



RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com

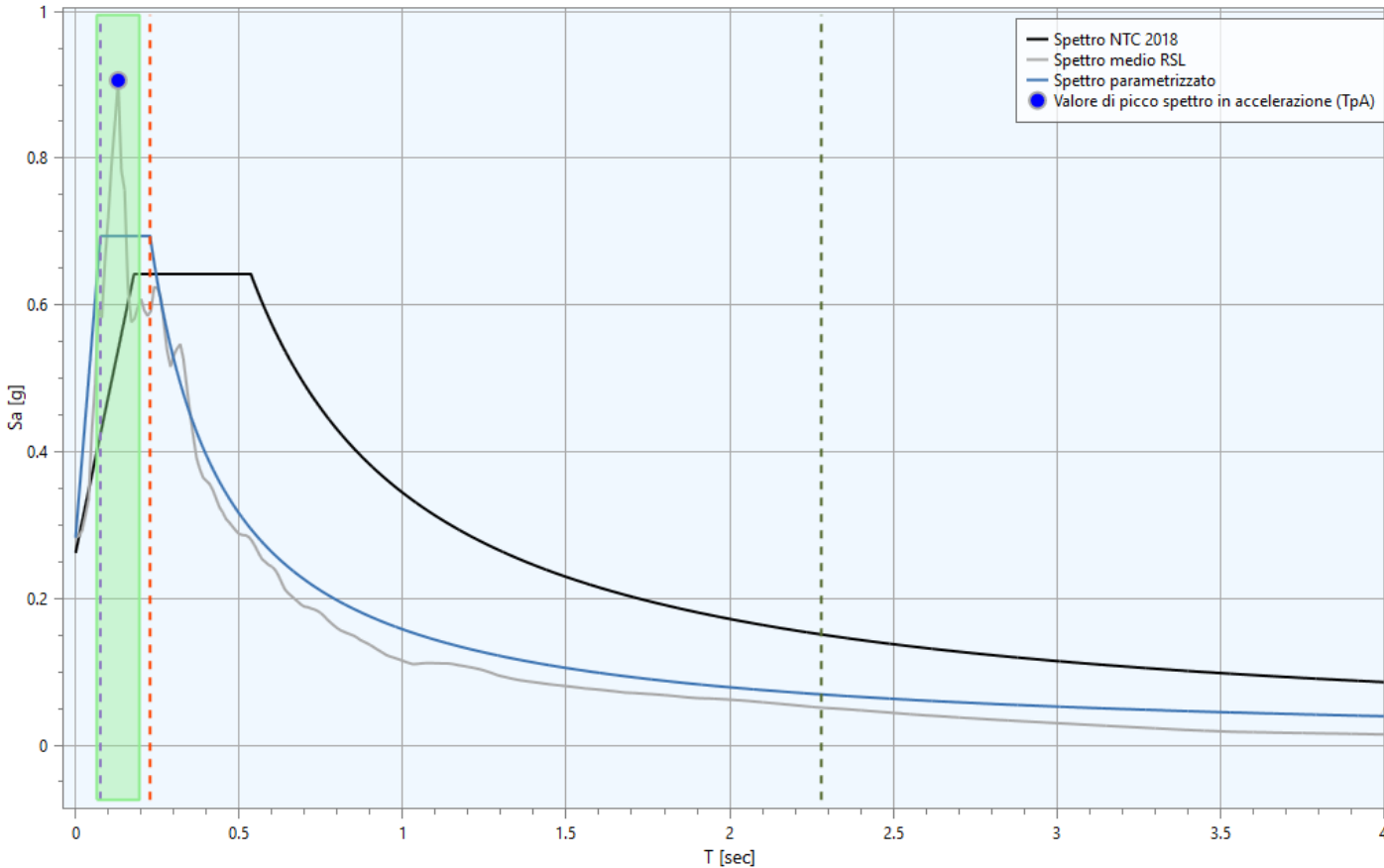
Come si ottengono i fattori di amplificazione?

I passi per ottenere il/i fattore/i di amplificazione, sono:

- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in accelerazione (TA);
- il calcolo del valor medio dello spettro in accelerazione (SA) nell'intorno tra $0.5 TA - 1.5 TA$;
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in pseudovelocità (TV);
- il calcolo del valor medio dello spettro in pseudovelocità (SV) nell'intorno tra $0.8 TV - 1.2 TV$;
- il calcolo del valore di $T_c = 2\pi \frac{SV}{SA}$;
- il calcolo del valore di $T_b = \frac{1}{3T_c}$;
- il calcolo del valore $T_d = 4 a_g + 1.6$ con a_g uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero;
- l'applicazione delle equazioni riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra T_0, T_b, T_c, T_d, T_4 .

Il rapporto tra valori di input e output di TA e TV, restituisce FA e FV

Come si ottengono i fattori di amplificazione?



Approccio semplificato NTC 2018

A_g [g]	<input type="text" value="0.170"/>
F_0	<input type="text" value="2.450"/>
T_c^*	<input type="text" value="0.280"/>
Categoria stratigrafica	<input type="text" value="E"/>
Categoria topografica	<input type="text" value="T1"/>

Parametrizzazione RSL

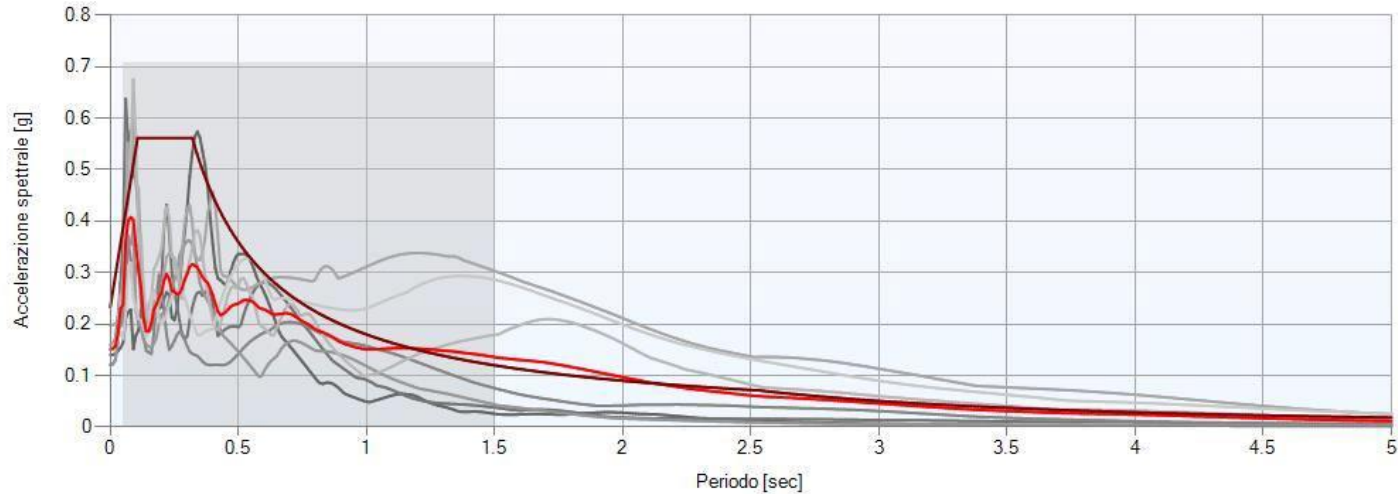
T_{pA} [sec]	<input type="text" value="0.130"/>
0.5 T_{pA} [sec]	<input type="text" value="0.065"/>
1.5 T_{pA} [sec]	<input type="text" value="0.195"/>
$S_{a,medio}$ [g]	<input type="text" value="0.694"/>
T_{pV} [sec]	<input type="text" value="0.320"/>
0.8 T_{pV} [sec]	<input type="text" value="0.256"/>
1.2 T_{pV} [sec]	<input type="text" value="0.384"/>
$S_{v,medio}$ [m/s]	<input type="text" value="0.694"/>
F_0	<input type="text" value="2.453"/>
S	<input type="text" value="1.664"/>
T_b [sec]	<input type="text" value="0.076"/>
T_c [sec]	<input type="text" value="0.228"/>
T_d [sec]	<input type="text" value="2.280"/>
<input type="button" value="Parametrizza"/>	

RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com

Esempio applicativo a Valdobbiadene: Valle di Ron

Spettro di risposta cinematismo di controllo P (38)



- Intervallo Tmin-Tmax
- Spettro di risposta Analisi (1) CDC (1)
- Spettro di risposta Analisi (1) CDC (2)
- Spettro di risposta Analisi (1) CDC (3)
- Spettro di risposta Analisi (1) CDC (4)
- Spettro di risposta Analisi (1) CDC (5)
- Spettro di risposta Analisi (1) CDC (6)
- Spettro di risposta Analisi (1) CDC (7)
- Spettro medio
- Spettro parametrizzato

Questo esempio mostra come nel caso particolare prevalgano gli effetti dissipativi a quelli amplificativi

RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com

Conclusioni

- L'utilizzo degli approcci semplificati NON è cautelativo
- Talvolta non risulta "centrato" sui reali effetti di un terremoto
- Ne consegue che non sia economico
- E' sicuramente conveniente, sia in termini di sicurezza che economici, applicare gli approcci rigorosi!!!

GRAZIE PER L'ATTENZIONE,

Dott. Geol. Enrico Farinatti

Ente/Società/Università IND.A.G.O. snc

Telefono 042525185

E-mail info@indago-rovigo.it

RemTech Expo 2019 (18, 19, 20 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com

