

**RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA  
PER PIANO PIANO ATTUATIVO  
AREA DI TRASFORMAZIONE TR01a**

**RICHIEDENTE:**

**BRUNI GIORGIO & IVO S.R.L.**

**LOCALITA':**

**SINALUNGA**

**DATA :**

**DICEMBRE 2020**

**SPAZIO RISERVATO ALL'U.T.C.**

**IL TECNICO  
Dott. Geol. Pietro Manini**



## **Premessa**

L'intervento in oggetto ricade nel Comune di Sinalunga, nei pressi del polo scolastico in posizione mediana del colle su cui sorge l'abitato e riguarda la trasformazione di un'area con realizzazione di una schiera di villette e sistemazioni perimetrali, con aree verdi, realizzazione di parcheggi e viabilità interne.

### **NORME DI RIFERIMENTO:**

**L.R. 41/2018**

**Dpgr 5R/2020**

### **INQUADRAMENTO E CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO**

Il sito investigato è nella zona pianeggiante che va verso Bolgheri.  
La cartografia ufficiale di riferimento è la seguente (si indicano le coordinate del centro della proprietà circa):

- CARTOGRAFIA IGM: 121 I S.O.
- CARTA TECNICA REGIONALE AL 10.000 : 298130
- COORDINATE GEOGRAFICHE: Lat. 43.213991° - Lon. 11.734872°.
- DATI CATASTALI: F. 51 -P.LLE (IN PARTE) 1399-1355-26,261,646
- Quota assoluta 342-362 m s.l.m.

### **CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE**

La cantina oggetto d'intervento ricade nella zona collinare subito a monte del nucleo storico di Sinalunga, nei pressi del plesso scolastico. Le quote sono variabili dai 340 ai 360 m circa, con pendenze maggiori a valle e quasi nulle a monte, nei pressi dei parcheggi esistenti. In particolare la schiera di villette sorgerà in area a debole pendenza mentre le scarpate sono collocate nelle zone di valle, non interessate dall'edificazione. I parcheggi sorgeranno al limite di NW del comparto, a valle del parcheggio esistente e comporteranno limitati movimenti terra.

Verso monte si ha una zona con diminuzione delle pendenze e quindi si continua a salire di quota sino ai 430-450 m circa delle varie vette locali, con area collinare che si estende anche verso ovest. Sul versante opposto si scende invece in maniera netta e repentina sino alla pianura sottostante, con quote prossime ai 260 m.

In generale, come è lecito attendersi per la configurazione plano-altimetrica, l'area d'interesse è esente da rischi idrogeologici-fenomeni gravitativi di qualsiasi natura, come confermato anche dalle cartografie tematiche di riferimento consultate dallo scrivente (PSC, IFFI, PAI), non sono emersi indizi di movimenti gravitativi di qualsiasi natura; questo però non prescinde la necessità di mantenere un corretto drenaggio delle acque superficiali sui campi limitrofi e perimetralmente ai fabbricati, realizzando drenaggi e mantenendo sempre puliti i fossi di scolo superficiale onde evitare movimenti franosi e/o erosivi ampiamente presenti nella aree limitrofe; eventuali scavi nella zona dei parcheggi di valle andranno opportunamente verificati in fase esecutiva.

La pericolosità geomorfologica è la 2.

## **CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROGEOLOGICHE**

La densità di drenaggio è piuttosto bassa, con scarsa presenza di impluvi nel colle d'interesse ( a parte quello che borda a valle il comparto, attualmente asciutto). Verso ovest la densità di drenaggio aumenta, con varie e modeste aste torrentizie, con pattern articolato. Verso est si hanno i collettori più importanti, sia di natura antropica che non, ascrivibili al complesso sistema idraulico della Valdichiana.

Tra i collettori principali ha una notevole importanza il T. Foenna, che raccoglie numerosi tributari. Questo ha un andamento poco sinuoso, alveo in approfondimento e direzione di deflusso verso sud anche poco a SE devia verso Est e poi borda il colle di Bettolle ruotando man mano verso NE.

La permeabilità superficiale è piuttosto bassa e secondaria, per la prevalenza di formazioni litoidi stratificate, con ridotta coltre d'alterazione. Dove non affiora il substrato si ha la prevalenza di sabbie anche molto addensate con permeabilità di poco maggiore e primaria. Si avrà quindi una falda freatica oltre i 40 m di profondità. La pericolosità idraulica è la 1.

## **CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E LITOSTRATIGRAFICHE**

Dal punto di vista litologico nella zona si possono distinguere due aree: in quella in oggetto e verso est affiora estesamente la Formazione del Macigno ( Oligocene SUP-Miocene Inf.) mentre ad ovest si passa a depositi pliocenici di natura sabbiosa, denominati Sabbie di San Bernardino, rientranti nel Sistema del Bacino di Siena, Sub Sistema di Sinalunga e di spessore nell'ordine di alcuni metri. In direzione della zona pianeggiante, si ha un lembo dei Calcari del Monte Senario (Eocene), delimitati da contatti tettonici ad ovest e quindi si passa ai depositi eluvio-colluviali ed a quelli palustri e di colmata, tutti risalenti all'Eocene.

## **CARATTERIZZAZIONE SISMICA E MICROZONAZIONE SISMICA**

Trattandosi di fattibilità geologica è necessario effettuare una microzonazione sismica di livello I, secondo le direttive regionali e le Linee Guida Nazionali della Protezione Civile. A tal fine è necessario produrre una carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), una delle frequenze fondamentali ed una con le zone a maggiore pericolosità sismica . Il Piano Strutturale non copre in tutti questi aspetti la zona in oggetto in maniera esaustiva e quindi è stata effettuata una doppia misurazione di rumore sismico (HVSR) per determinare i parametri necessari. E' stato eseguito anche un profilo sismico a rifrazione di 84 m.l. per verificare lo stato di alterazione del substrato, determinare la copertura superficiale ed evidenziale eventuali anomalie locali. Dalla indagine è emersa una coltre d'alterazione ridotta, spesso più a valle, dove non sorgeranno fabbricati) con roccia competente in tutta la porzione del comparto, senza particolari anomalie.

In particolare si escludono fenomeni amplificazione, liquefazione e cedimenti superficiali importanti, oltre che gravitativi di versante. Lo spessore delle coperture è minimo e si ha una  $8 < f_0 < 13$  Hz di bassa ampiezza ( $A_0 < 2$ ) che indica un contrasto debole oltre che poco profondo, indice di aumento progressivo con la profondità della velocità delle onde sismiche.

## **APPROFONDIMENTO CARTOGRAFICO:**

### **TAVOLA I**

Viene riportata l'ubicazione esatta del sito, su corografia al 25.000 e CTR. L'area è compresa nella zona collinare di Sinalunga a 340-360 m di quota.

### **TAVOLA II**

Si classificano i terreni in base alla litofacies prevalente, in base alle cartografie tematiche (PSC, geologica regionale) ed indagini geognostiche effettuate. Si tratta di depositi sabbiosi passanti al substrato litoide, nella porzione d'interesse.

### **TAVOLA III**

Vengono evidenziati i principali lineamenti geomorfologici dell'area, con determinazione di alcune aree soggette ad erosione superficiale, in cui ricade anche la porzione del comparto destinata alla schiera di villette. Tale fatto non implica criticità progettuali in quanto la corretta regimazione idrica superficiale, sia nei pressi dei fabbricati che nelle aree a parcheggio e viabilità interna, andrà a migliorare tale aspetti.

### **TAVOLA IV**

I terreni vengono caratterizzati in base alla litologia e comportamento, differenziando il substrato litoidi dai depositi di copertura sabbiosi.

### **TAVOLA V**

Si indica, a grandi linee, la permeabilità dei terreni, con la netta distinzione tra quella primaria da quella secondaria. Generalmente la permeabilità è medio bassa nel substrato roccioso e mediamente più alta nella sabbie, pur addensate.

### **TAVOLA VI**

Sono riportate le ubicazioni delle indagini eseguite dallo scrivente nel sito in esame. Data la natura dell'intervento, è stata caratterizzata la porzione di comparto destinata ad ospitare le villette a schiera. Per la presenza di substrato litoide affiorante o quasi (i fabbricati avranno piano interrato) sono state eseguite solo indagini sismiche, necessarie anche per la caratterizzazione in termini di microzonazione. A tal scopo sono state eseguite n. 2 HVSR e un profilo a rifrazione di 84 m.l.

### **TAVOLA VII**

In accordo con la morfologia e l'idrografia superficiale, è possibile escludere episodi di alluvionamento del sito esaminato. Si ha **PERICOLOSITA' IDRAULICA I.1**  
Si noti come a valle si ha un corso d'acqua di modesta entità (fosso-sorgente).

### **TAVOLA VIII**

In base alla situazione geomorfologia è possibile classificare l'intera area oggetto d'intervento come a **PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA G.2** date le pendenze medio-basse; nelle aree a maggior pendenza non sono previsti interventi di rilievo.

### **TAVOLA IX**

Come già accennato in precedenza, la vulnerabilità degli acquiferi è medio bassa (vista la permeabilità) e non vi sono complicazioni sotto tali aspetti.

## **TAVOLA X**

Si escludono instabilità-cedimenti dovuti agli effetti sismici.

## **TAVOLA XI**

In base alla doppia misurazione HVSR effettuata si ha un  $8 < F_0 < 13$  che è compatibile con la stratigrafia locale ed un secondo picco è a circa 1 Hz ( $0.9 < F_1 < 1.2$ )

## **TAVOLA XII**

Si classificano le aree che per litologia, idrografia, morfologia, hanno una medesima risposta sismica e si possono distinguere la zona con i depositi sabbiosi da quella con il substrato litoide affiorante.

## **TAVOLA XIII**

Sintetizzando le considerazioni precedenti si attribuisce alla zona stabile e quindi ai terreni di progetto la **PERICOLOSITA' SISMICA S.2** dovuta ad un'amplificazione non marcata del moto sismico nell'area d'interesse. Una modesta porzione del comparto, quella di SW, è a **PERICOLOSITA' SISMICA S.3** ma tale fatto non implica alcuna criticità aggiuntiva, poiché in tale area si realizzeranno parcheggi e viabilità pedonali.

## **TAVOLA XIV – FATTIBILITA'**

La realizzazione del piano attuativo è da considerarsi a fattibilità geologica 2, con le necessarie indagini geognostiche e geofisiche in fase esecutiva; nei progetti esecutivi si dovrà infatti prevedere indagini mirate alla caratterizzazione del substrato, quale piano fondale, verifiche degli scavi-sbancamenti e con indicazione della regimazione idrica superficiale in tutta l'area. Per la realizzazione dei parcheggi non vi sono particolari ulteriori prescrizioni, trattandosi di opere modeste (movimenti terra).

La porzione di SW del comparto ricade a pericolosità sismica maggiore ma non prevede opere rilevanti. Le zone a maggior pendenza non verranno interessate da scavi importanti, con la realizzazione del solo vialetto pedonale in tali aree.

**INTERVENTI:      FATTIBILITA' GEOLOGICA 2**  
**FATTIBILITA' IDRAULICA 1**  
**FATTIBILITA' SISMICA 2**

**Torrita di Siena,      dicembre 2020**

**geol. Pietro Manini**



## **Elaborazione indagini HVSR effettuate in Sinalunga, Piano Attuativo Bruni**

### **Cenni sulla teoria della tecnica HVSR**

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.



Ai fini progettuali è stata eseguita una doppia registrazione sismica di microtremori (rumore di fondo) nei punti ritenuti sismicamente rappresentativi dell'area. La durata temporale della registrazione è di 15 minuti. E' stato utilizzato un sismografo 24 bit collegato con apposito geofono 3D (frequenza di risonanza 2.0 Hz). Le analisi sono state effettuate seguendo le linee guida del progetto SESAME.

## Dati generali

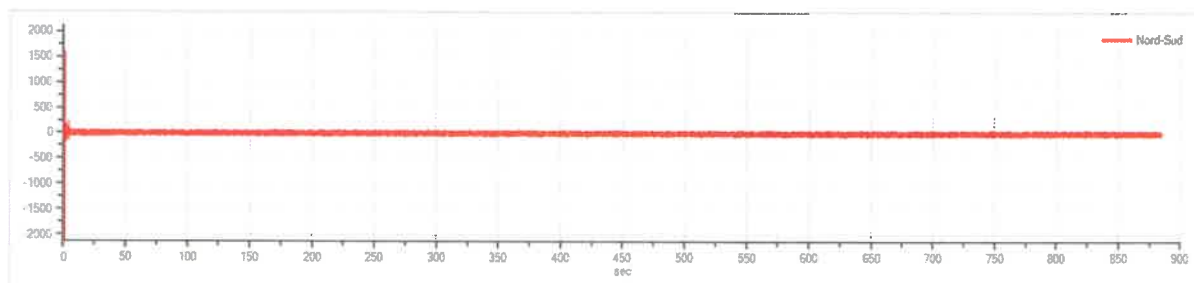
Nome progetto: FATTIBILITA' GEOLOGICA  
Committente: BRUNI SRL  
Cantiere: PIANO ATTUATIVO  
Località: SINALUNGA  
Data: 19/10/2020 6:16:34

## Tracce in input

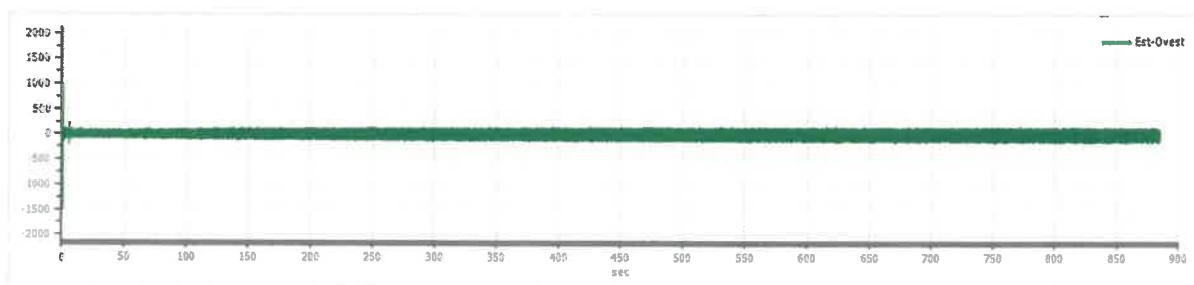
### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 885 s  
Frequenza di campionamento: 156.00 Hz  
Numero campioni: 138009  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

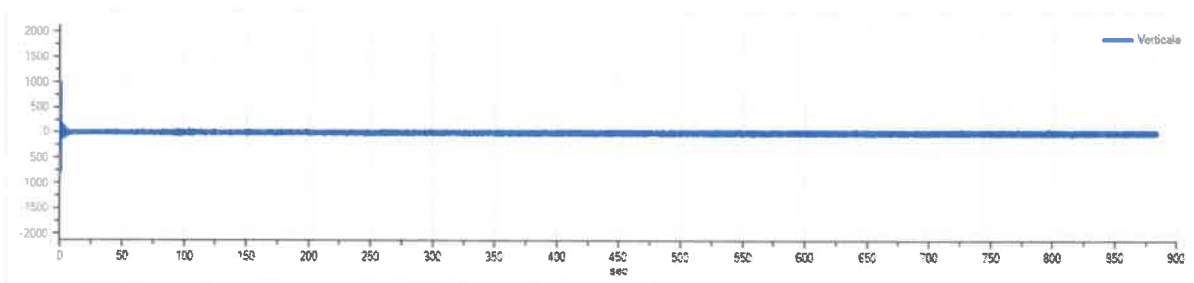
### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale



## Finestre selezionate

### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 43  
Numero finestre incluse nel calcolo: 43  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale  
Percentuale di lisciamento: 10.00 %

### Tabella finestre:

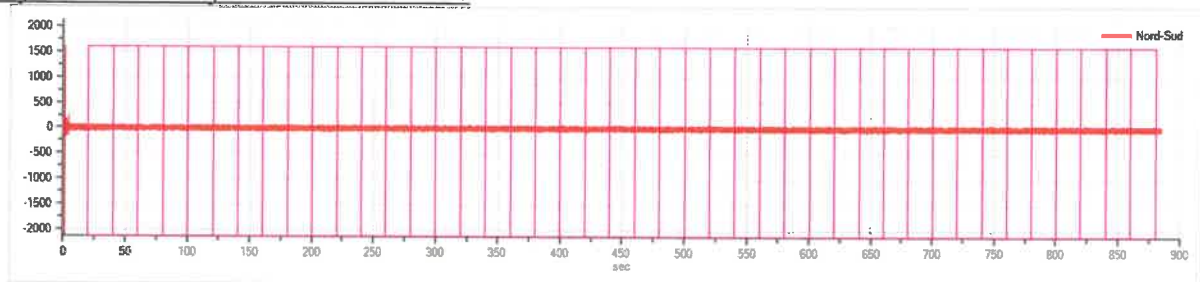
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	20	40	Inclusa
2	40	60	Inclusa
3	60	80	Inclusa
4	80	100	Inclusa
5	100	120	Inclusa
6	120	140	Inclusa
7	140	160	Inclusa
8	160	180	Inclusa
9	180	200	Inclusa
10	200	220	Inclusa
11	220	240	Inclusa
12	240	260	Inclusa
13	260	280	Inclusa
14	280	300	Inclusa
15	300	320	Inclusa
16	320	340	Inclusa
17	340	360	Inclusa
18	360	380	Inclusa
19	380	400	Inclusa
20	400	420	Inclusa
21	420	440	Inclusa
22	440	460	Inclusa
23	460	480	Inclusa
24	480	500	Inclusa
25	500	520	Inclusa
26	520	540	Inclusa
27	540	560	Inclusa
28	560	580	Inclusa
29	580	600	Inclusa
30	600	620	Inclusa
31	620	640	Inclusa
32	640	660	Inclusa
33	660	680	Inclusa
34	680	700	Inclusa
35	700	720	Inclusa



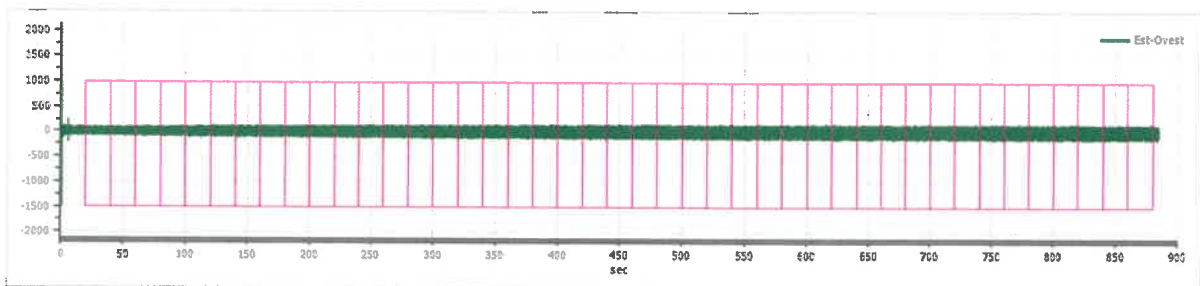


36	720	740	Inclusa
37	740	760	Inclusa
38	760	780	Inclusa
39	780	800	Inclusa
40	800	820	Inclusa
41	820	840	Inclusa
42	840	860	Inclusa
43	860	880	Inclusa

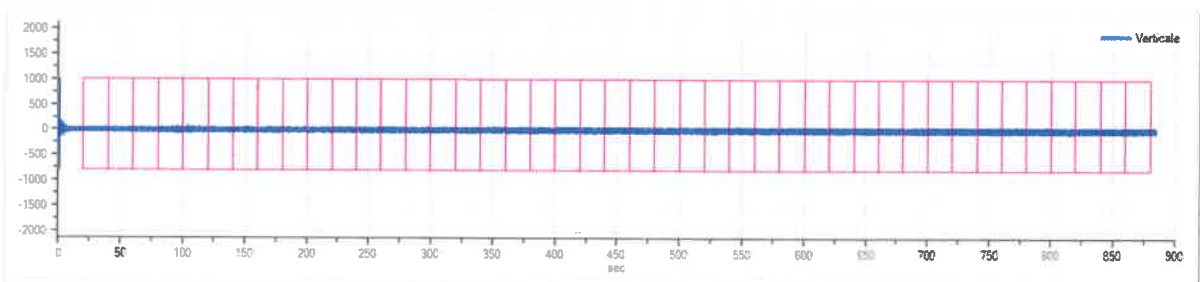
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

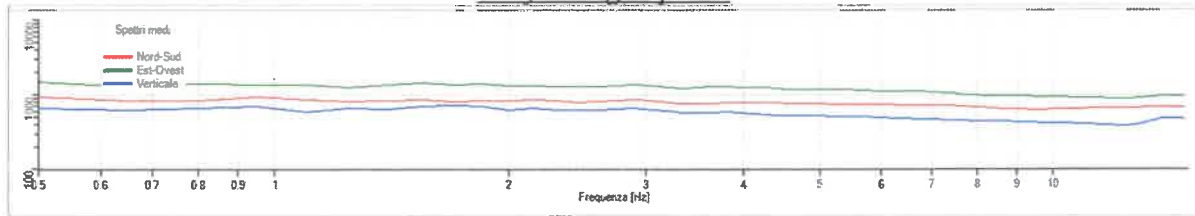


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

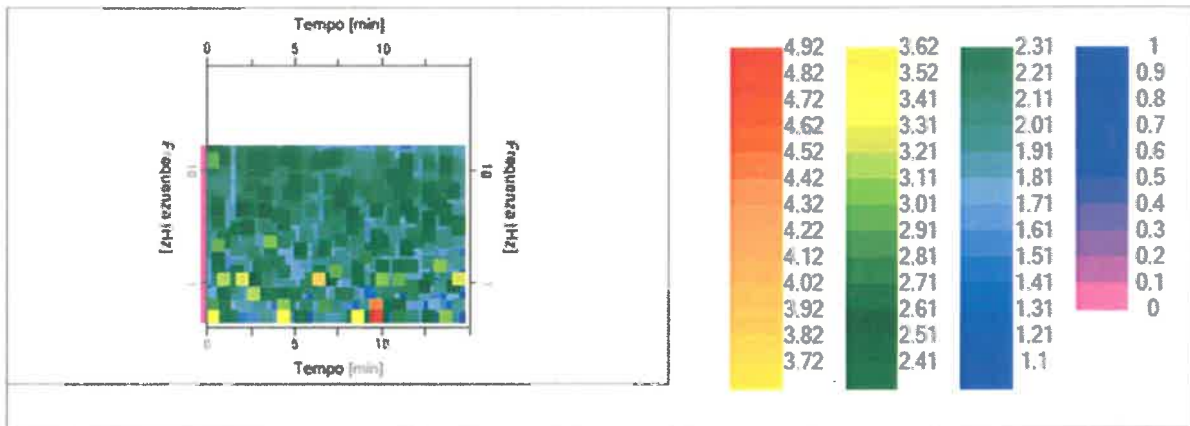


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

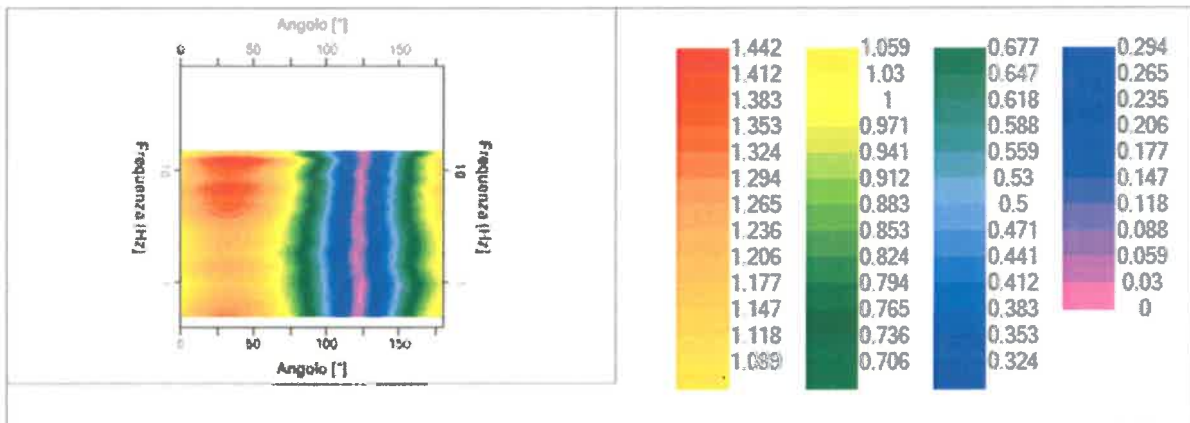
## Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri



## Rapporto spettrale H/V

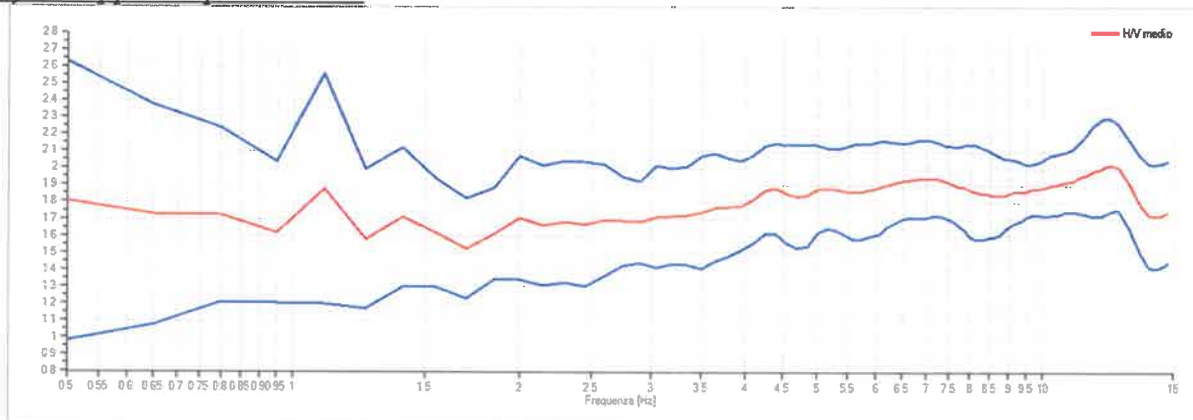
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 15.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.50 Hz  
 Passo frequenze: 0.15 Hz  
 Tipo lisciamento:: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

**Frequenza del picco del rapporto H/V: 12.35 Hz  $\pm$  0.14 Hz**

### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### Verifiche SESAME:

<b>Verifica</b>	<b>Esito</b>
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok



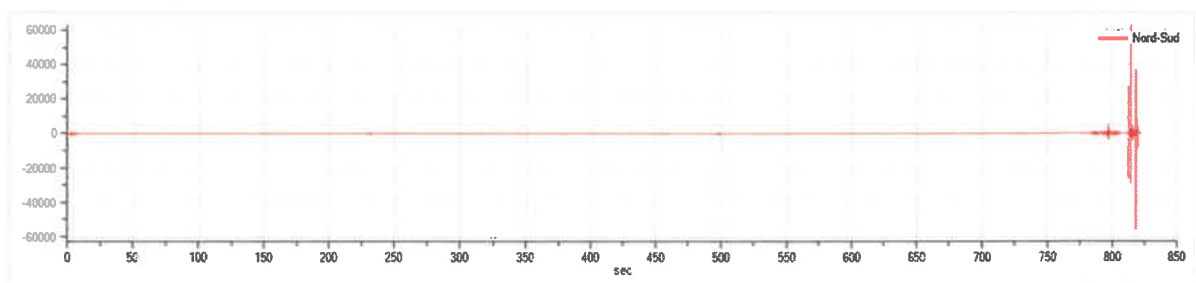
## HVSR 2

### Tracce in input

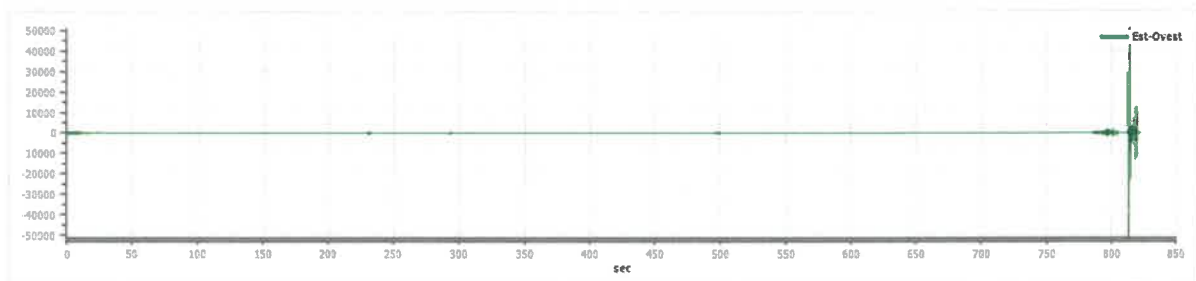
#### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 822 s  
Frequenza di campionamento: 156.00 Hz  
Numero campioni: 128240  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

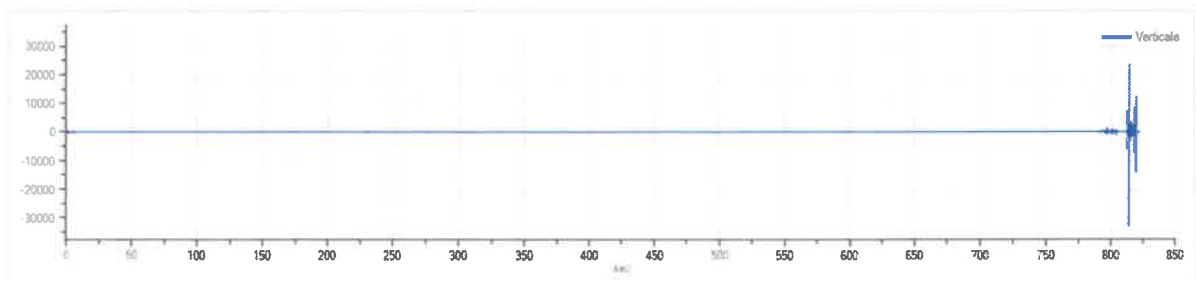
#### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale



## Finestre selezionate

### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 39  
Numero finestre incluse nel calcolo: 39  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale  
Percentuale di lisciamento: 10.00 %

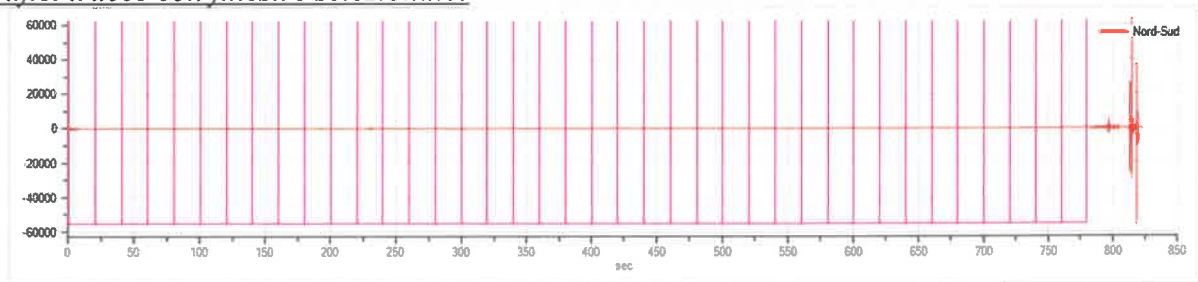
### Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa

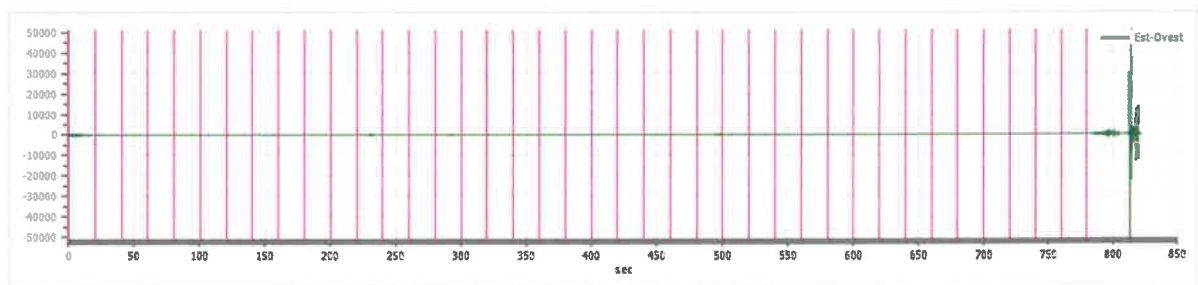


35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Inclusa
38	740	760	Inclusa
39	760	780	Inclusa

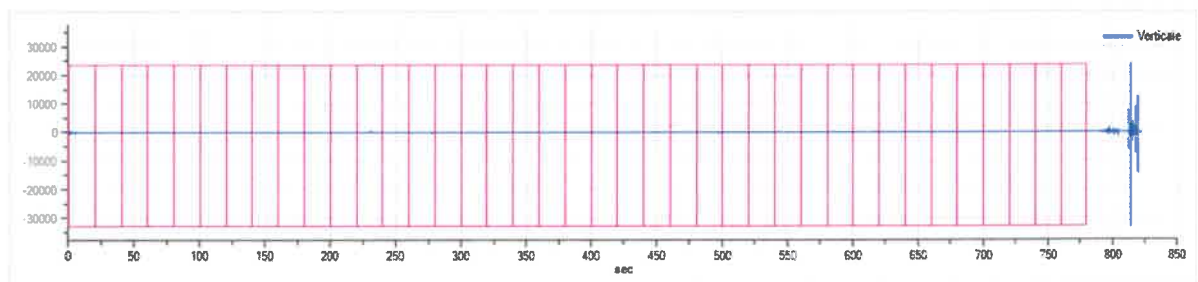
### Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

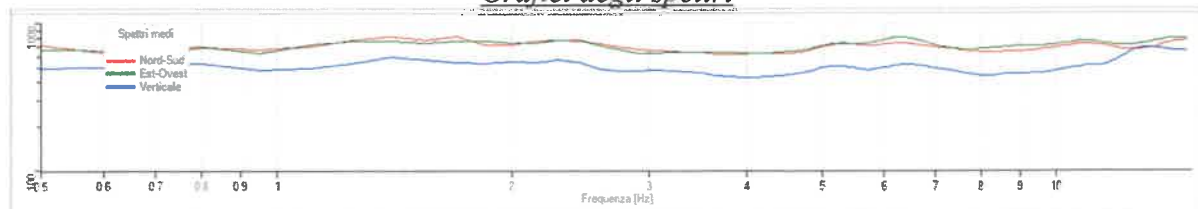


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

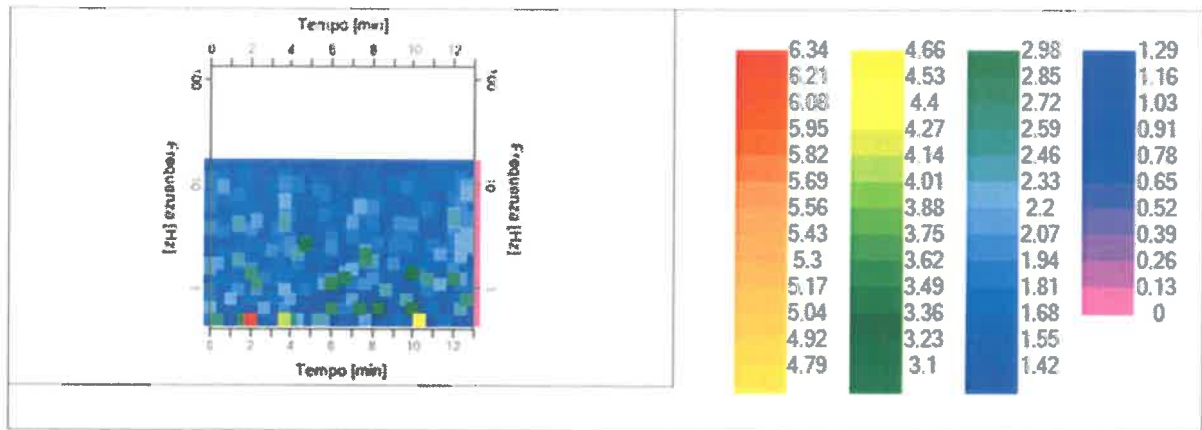


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

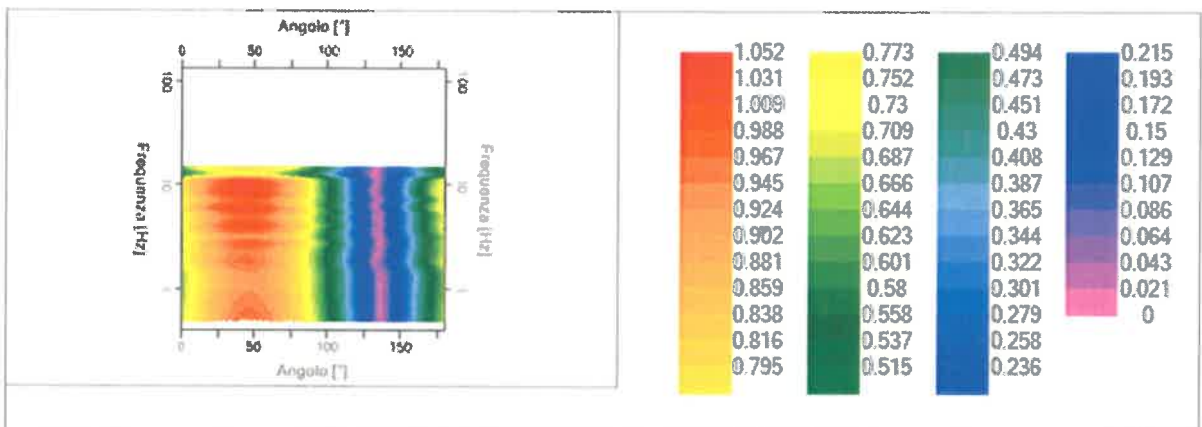
### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

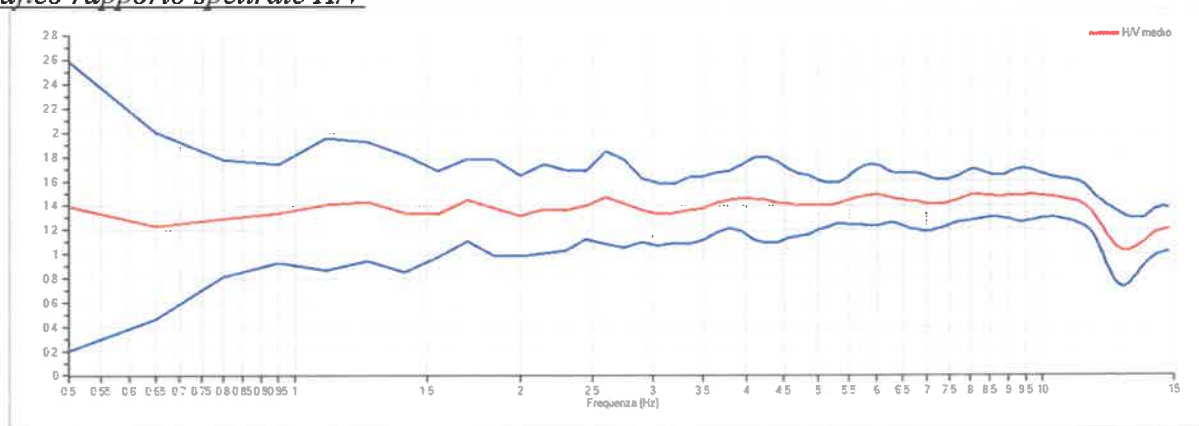
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 15.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.50 Hz  
 Passo frequenze: 0.15 Hz  
 Tipo lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

**Frequenza del picco del rapporto H/V: 8.15 Hz ±0.14 Hz**

## Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Non superato
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok





## **Elaborazione indagine sismiche a rifrazione in onde P, con elaborazione tomografica, effettuata in Sinalunga, Piano Attuativo Bruni**

### **Dettaglio e scopo delle indagini:**

La finalità dell'intervento è quella di ricostruire la stratigrafia sismica locale, in particolare definendo eventuali anomalie-eteropie laterali e/o evidenziando livelli scadenti superficiali.

### **Note sulla metodologia d'intervento**

Il rilievo sismico a rifrazione consente di valutare la compattezza dei materiali sulla base della velocità di propagazione delle onde elastiche compressionali. In sostanza il metodo si basa sulla misura dei tempi di percorrenza, e sullo studio delle modalità di propagazione, di impulsi sismici generati artificialmente nel terreno (shots).

Operativamente si dispongono sul terreno dei sensori (geofoni) lungo i profili da indagare e si sollecita il terreno in posizioni predeterminate lungo i profili stessi. La consistenza dei materiali e gli spessori dei diversi orizzonti costituenti il sottosuolo è quindi determinata dalla misura dei tempi di arrivo degli impulsi sismici, rifratti, ai geofoni. Nel caso specifico la registrazione degli impulsi sismici è stata effettuata con un sismografo digitale ECHO 2010, ad incremento di segnale e con stacking delle singole tracce per aumentare il rapporto segnale/rumore. L'energizzazione verticale è stata garantita da mazza da 8 kg su piattello metallico.

L'elaborazione tomografica di dati è stata effettuata mediante il software Rayfract.

In questo caso è stata effettuata una stesa di 24 geofoni verticali da 14 Hz, con interasse costante di 3.5 m per un totale di 84 m.l., in modo da raggiungere i 30 m di profondità.

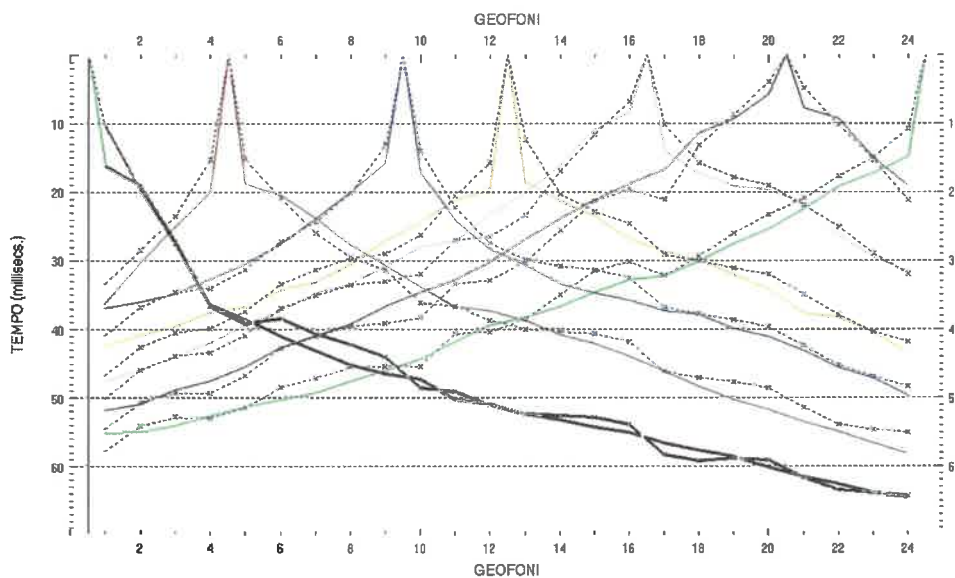
La geometria delle energizzazioni è la seguente:

- P1 = 1.5 m prima del geofono 1
- P2 = tra i geofoni 4 e 5
- P3 = tra i geofoni 8 e 9
- P4 = tra i geofoni 12 e 13
- P5 = tra i geofoni 16 e 17
- P6 = tra i geofoni 20 e 21
- P7 = 1.5 m oltre il geofono 24

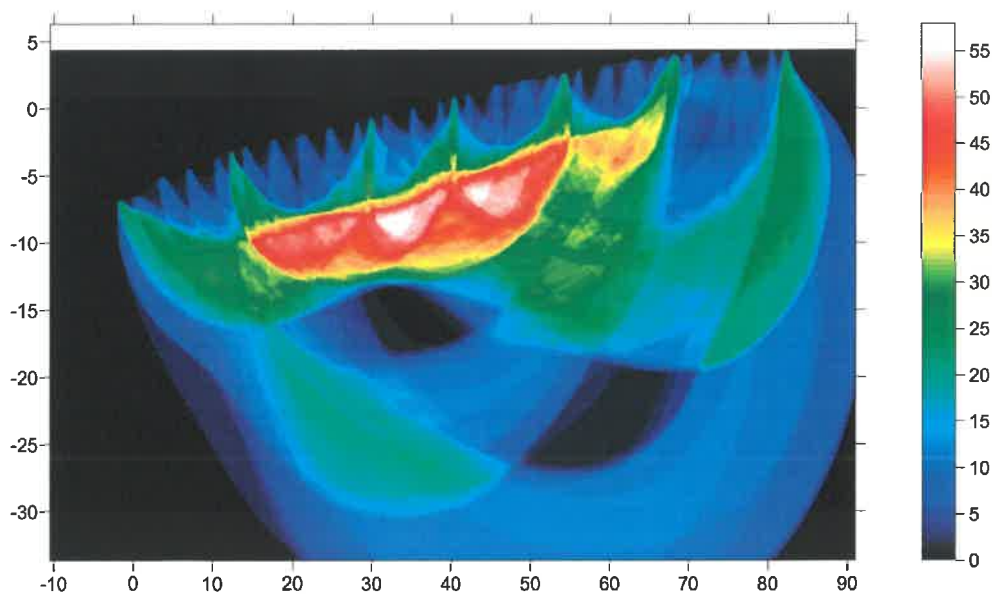
## TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P

E' stato eseguito u profilo sismico a rifrazione con inversione tomografica lungo l'allineamento delle villette a schiera, utilizzando una stesa di 24 geofoni verticali da 14. Hz con interasse di 3.5 m per un totale di 84 m.l. sono state effettuate 7 energizzazioni con mazza da 8 kg, con stacking delle tracce per aumentare il rapporto segnale/rumore. Il sismografo utilizzato è a 24 bit, 24 canali della Ambrogeo.

### DROMOCRONE



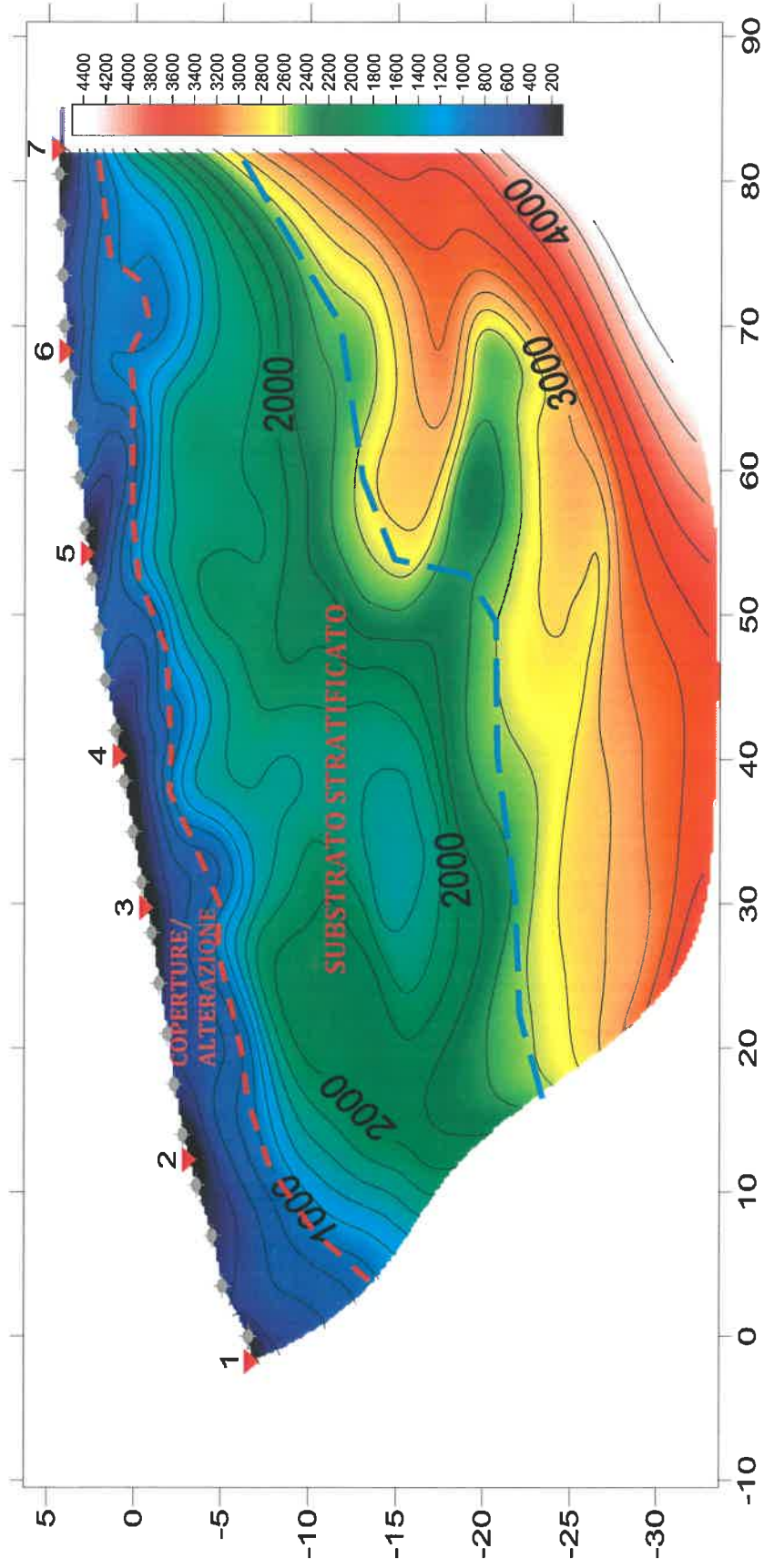
### RAYTRACING CURVILINEO





# MANINI

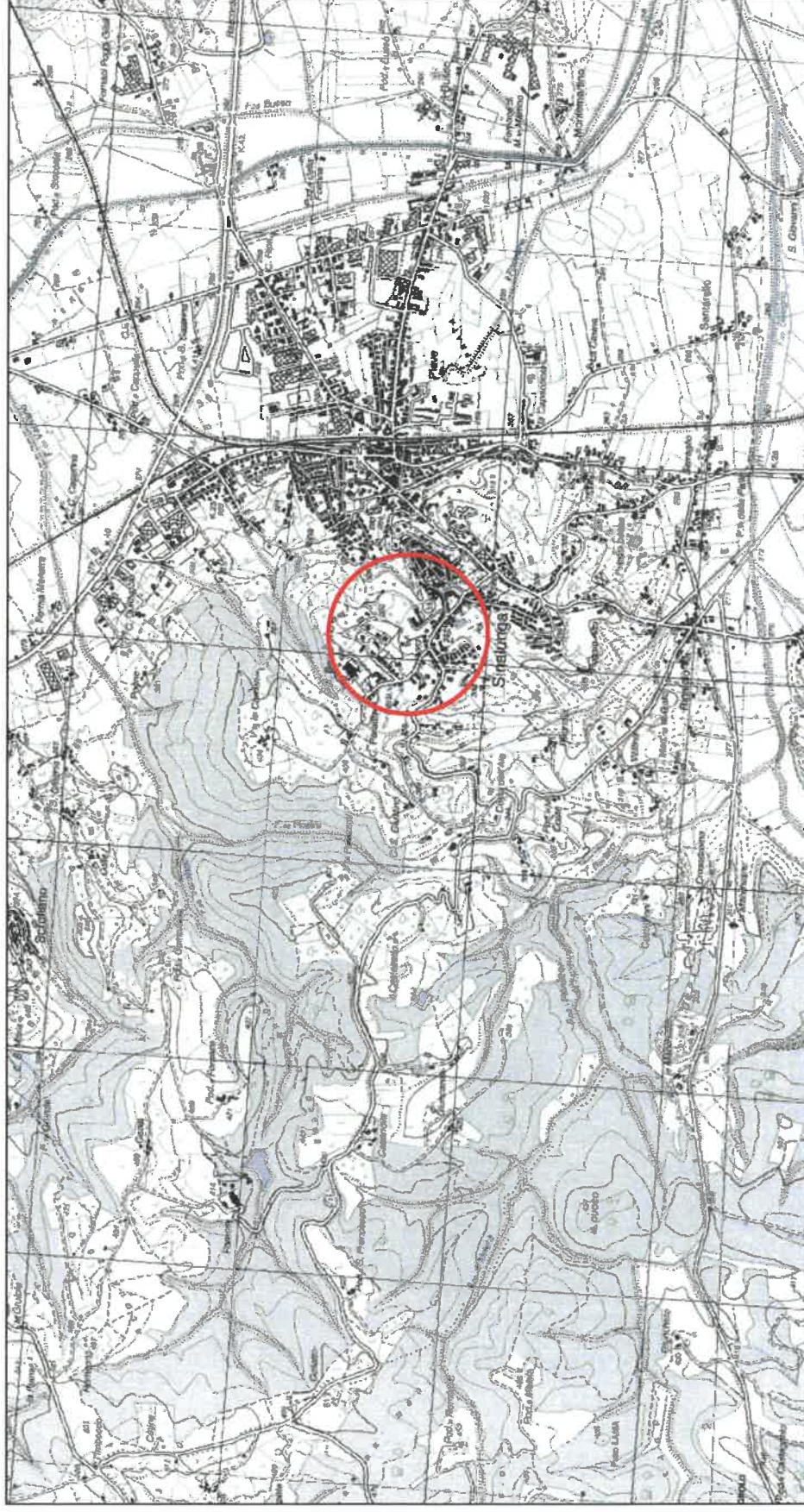
## SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA



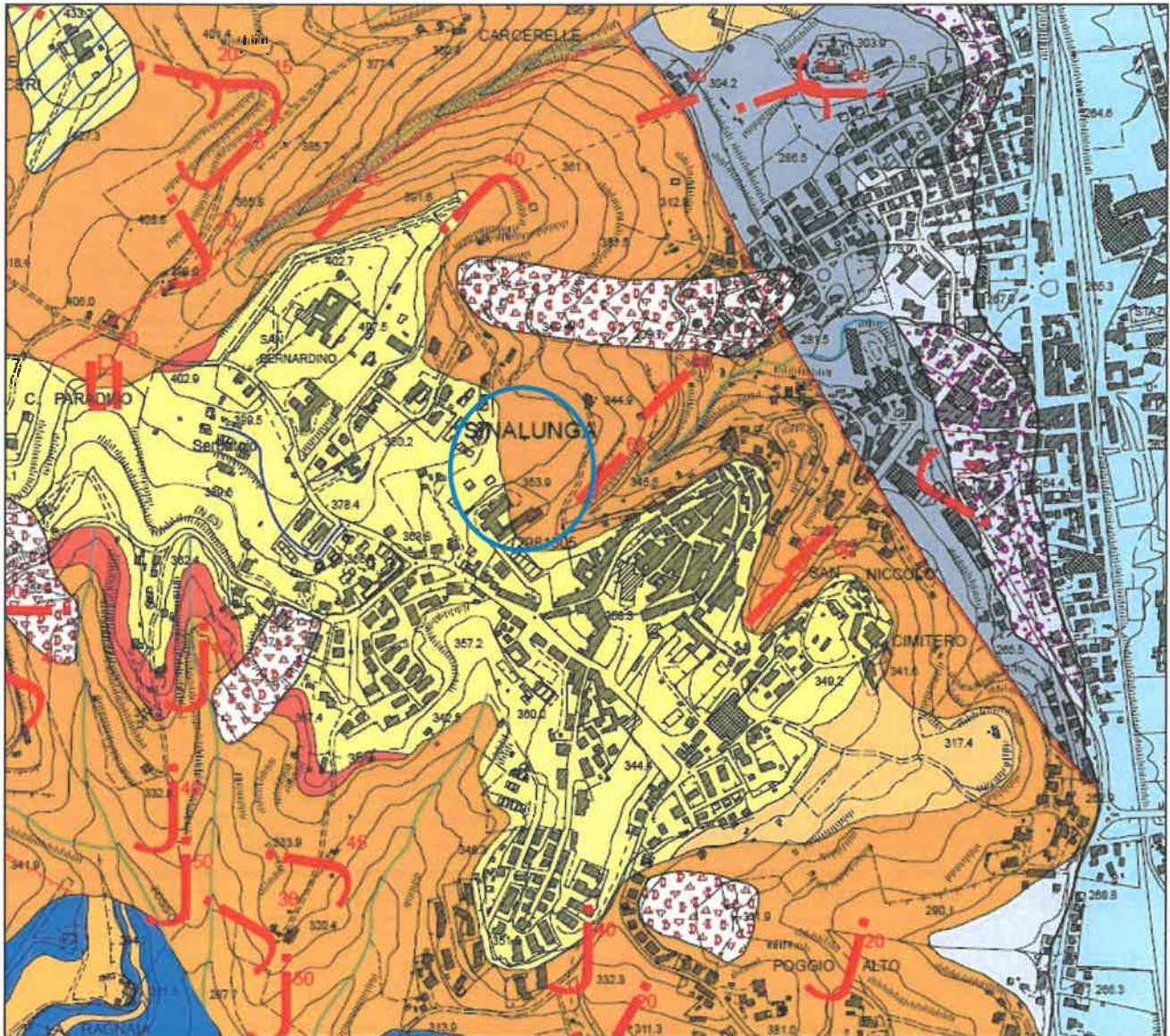


**MANINI**

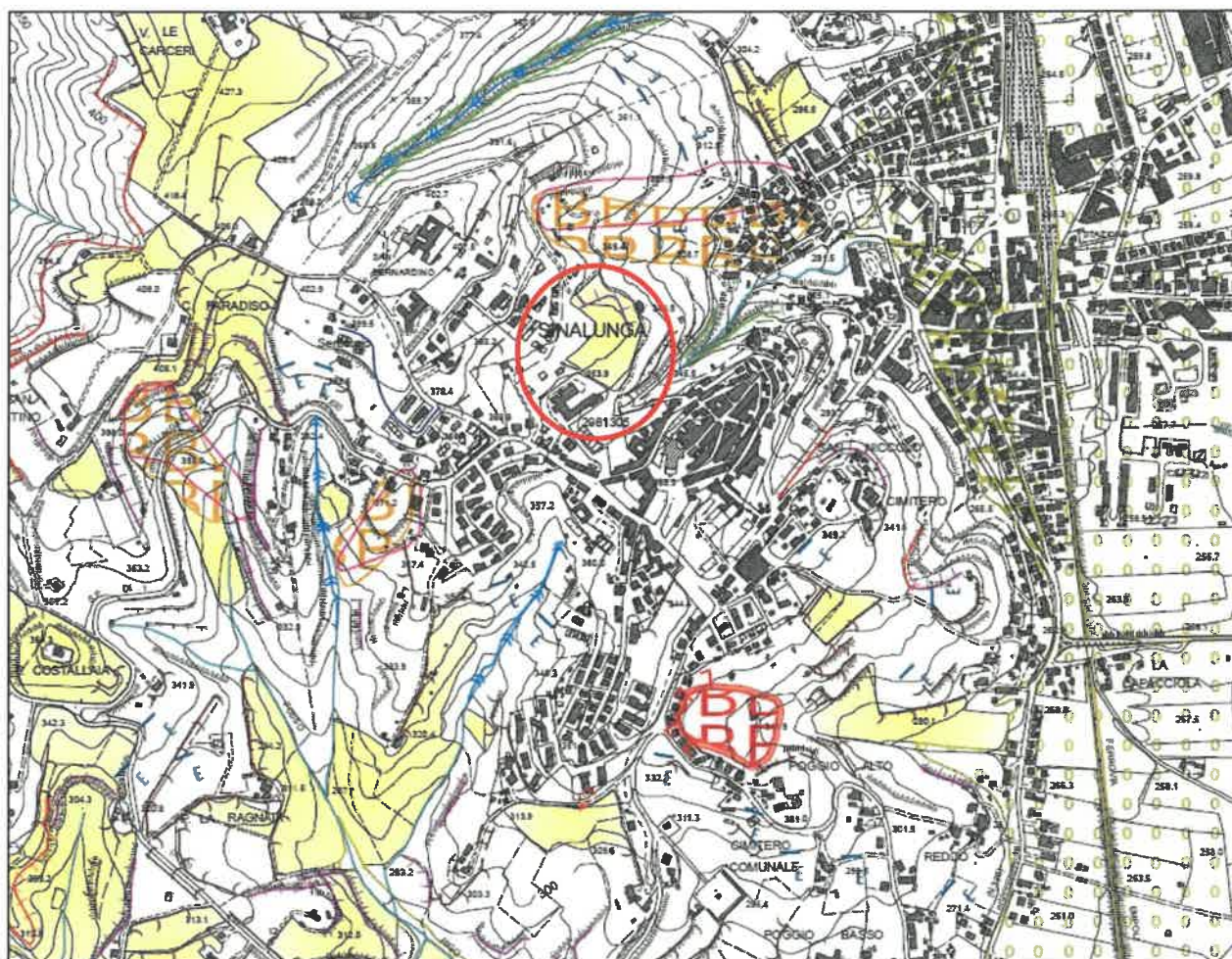
**TAVOLA I INQUADRAMENTO GENERALE  
ESTRATTO IGM**



## TAVOLA II CARTA GEOLOGICA



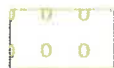
## TAVOLA III CARTA GEOMORFOLOGICA



Area interessata da erosione superficiale

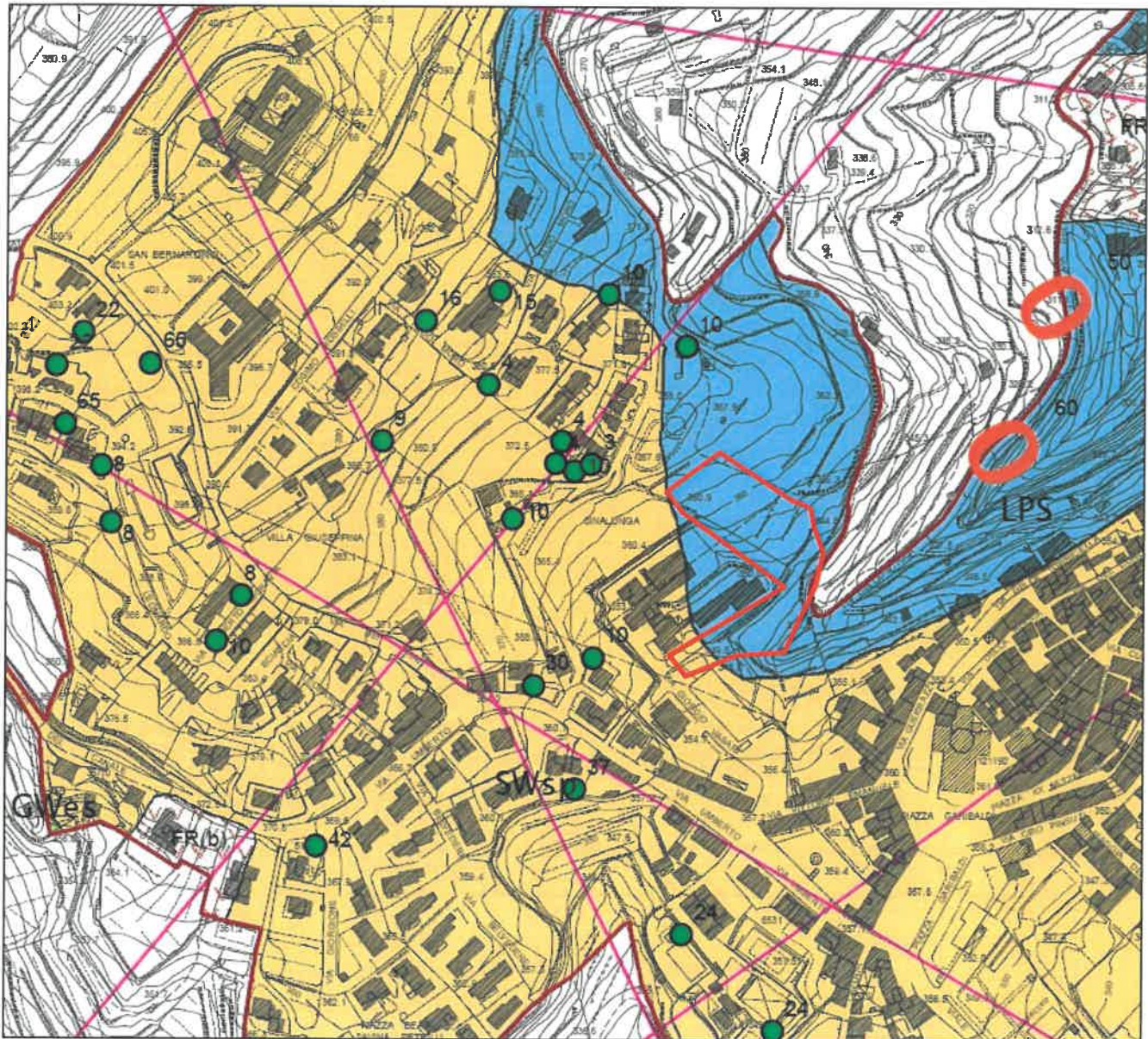


Deposito colluviale



Superficie alluvionale

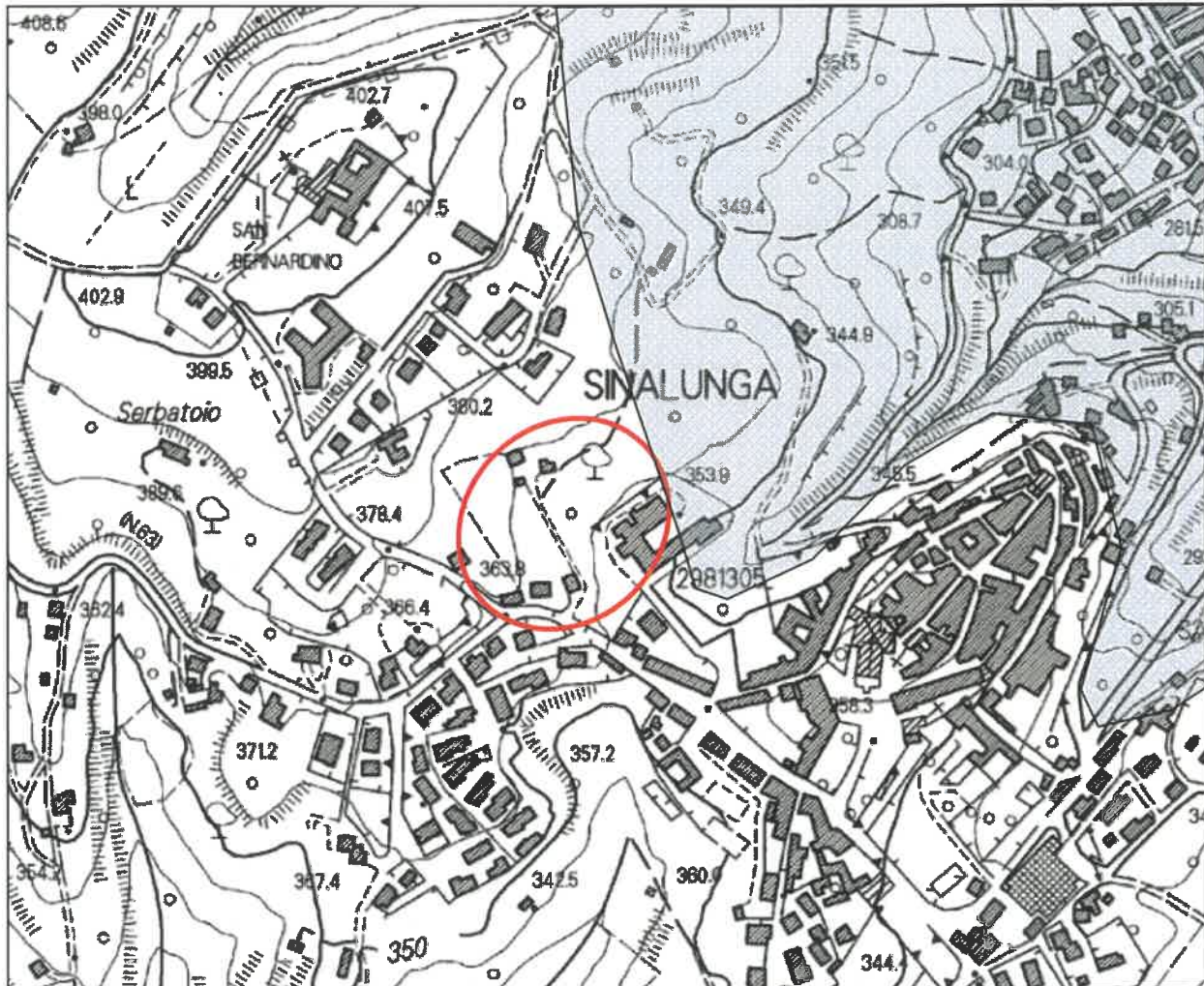
**TAVOLA IV CARTA LITOTECNICA (GEOLOGICO-TECNICA)**



Substrato geologico rigido

 Lapideo, stratificato

## TAVOLA V CARTA IDROGEOLOGICA



**PERMEABILITA' PRIMARIA**



**PERMEABILITA' SECONDARIA**



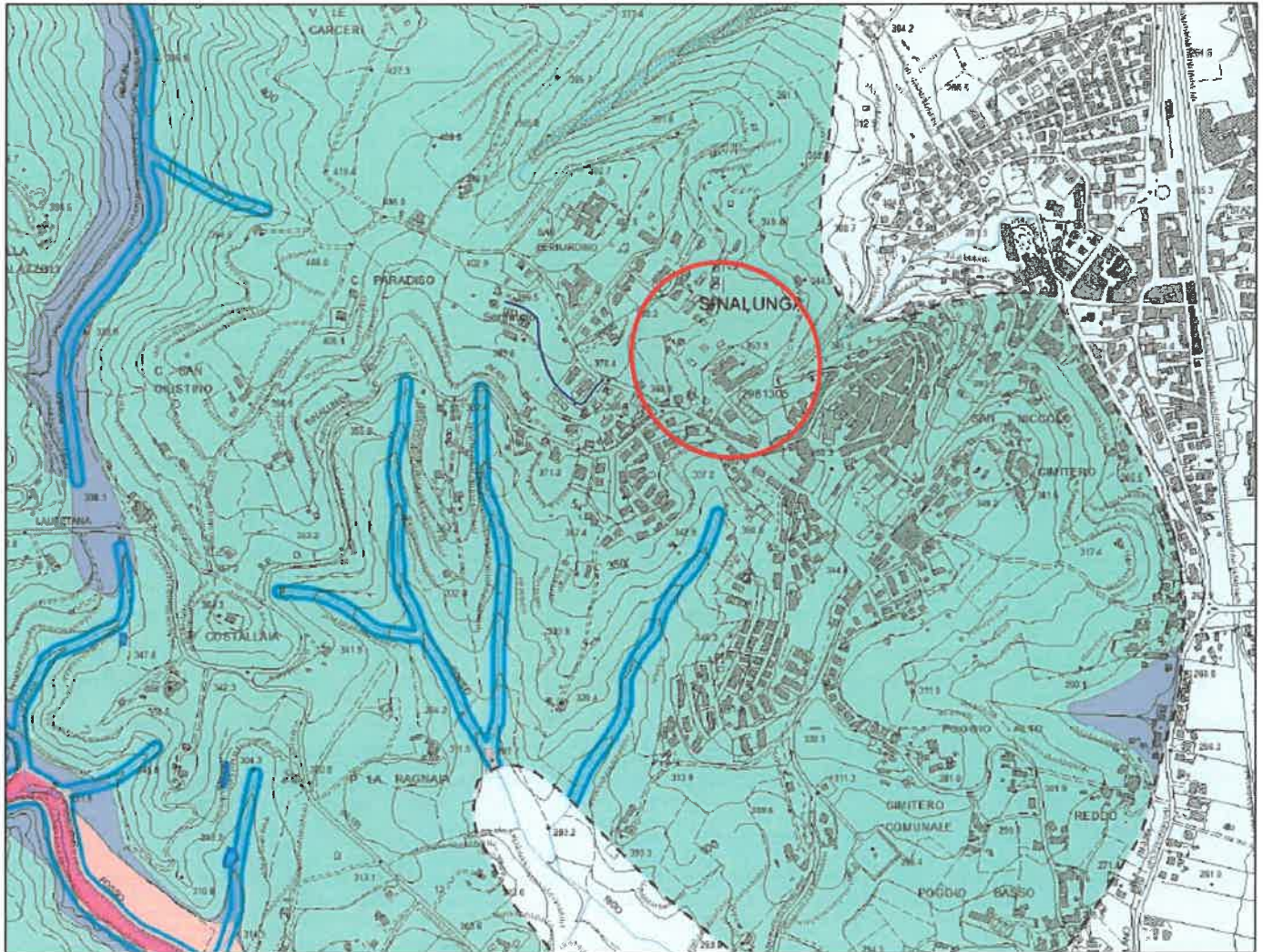
## TAVOLA VI CARTA DELLE INDAGINI



 TOMOGRAFIA SISMICA 84 m.l.

 HVSr

## TAVOLA VII CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA



### I.2 - PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA



Aree di fondavalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda

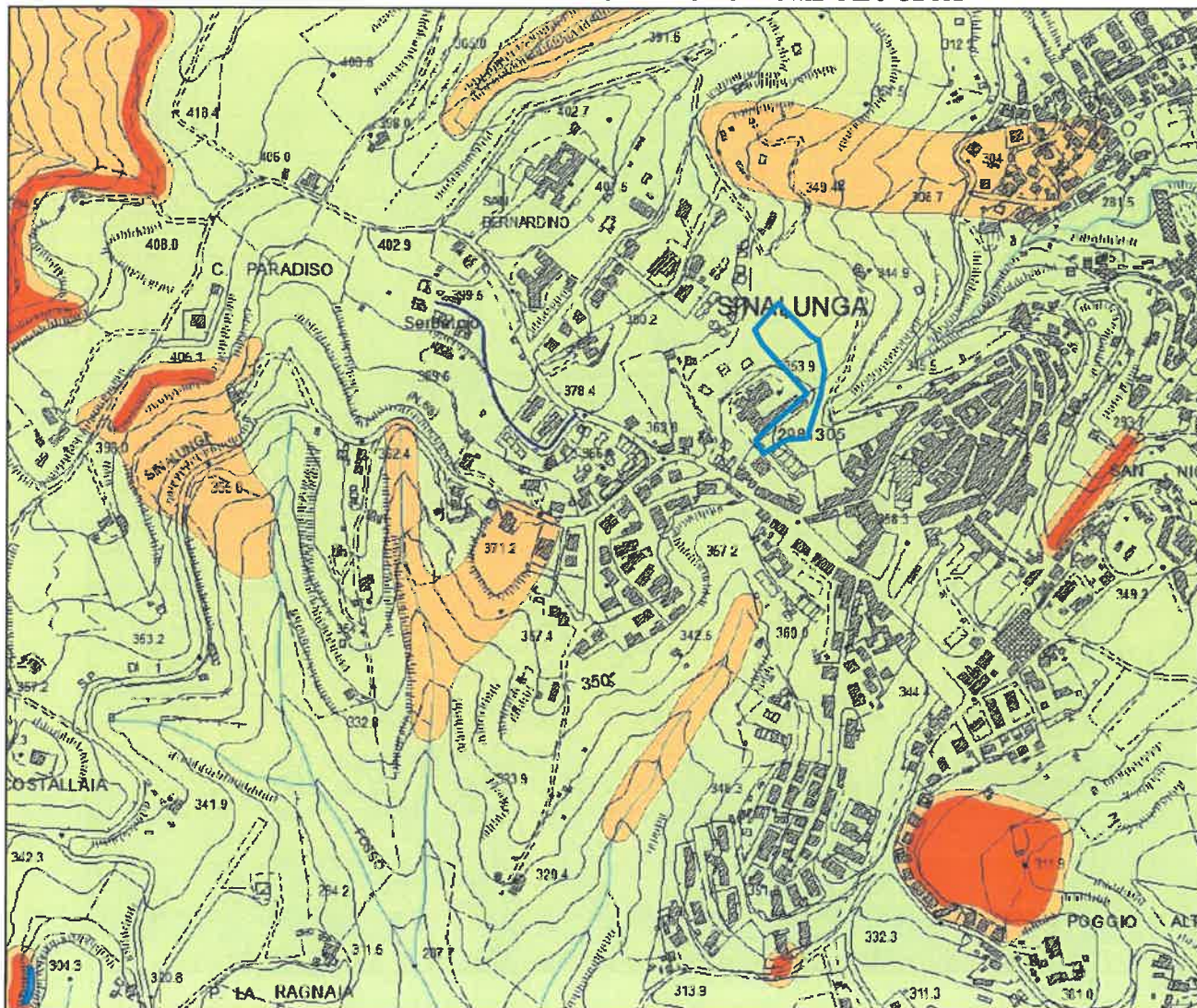
### I.1 - PERICOLOSITA' IDRAULICA BASSA



Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni
- b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda

## TAVOLA VIII CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA



### CLASSE G.2 : Pericolosità geologica media



Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e glacialurali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%

### CLASSE G.3 : Pericolosità geologica elevata



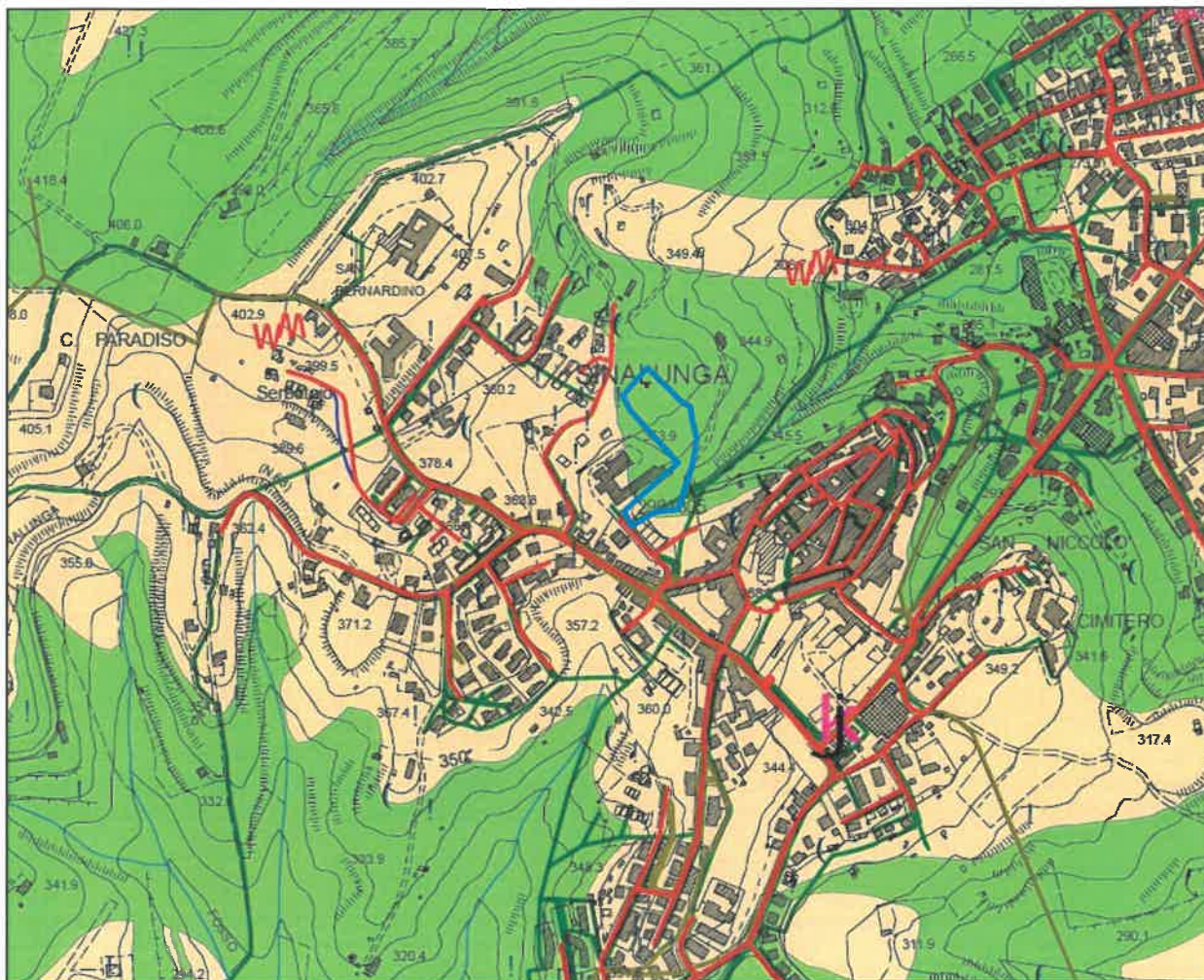
Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla glacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%

### CLASSE G.4 : Pericolosità geologica molto elevata



Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi

## TAVOLA IX CARTA DELLE PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE (VULNERABILITA' ACQUIFERI)



### Classi di vulnerabilità



**MEDIO - ELEVATA** (aree sensibili di classe 2 - secondo normativa PTCP)

Aree caratterizzate da litologie nelle quali la circolazione idrica è nel complesso associabile ad un discreto grado di permeabilità di tipo primario o secondario. Questi acquiferi presentano localmente un vario grado di vulnerabilità intrinseca legato alla loro diversa composizione granulometrica.



**MEDIO - BASSA**

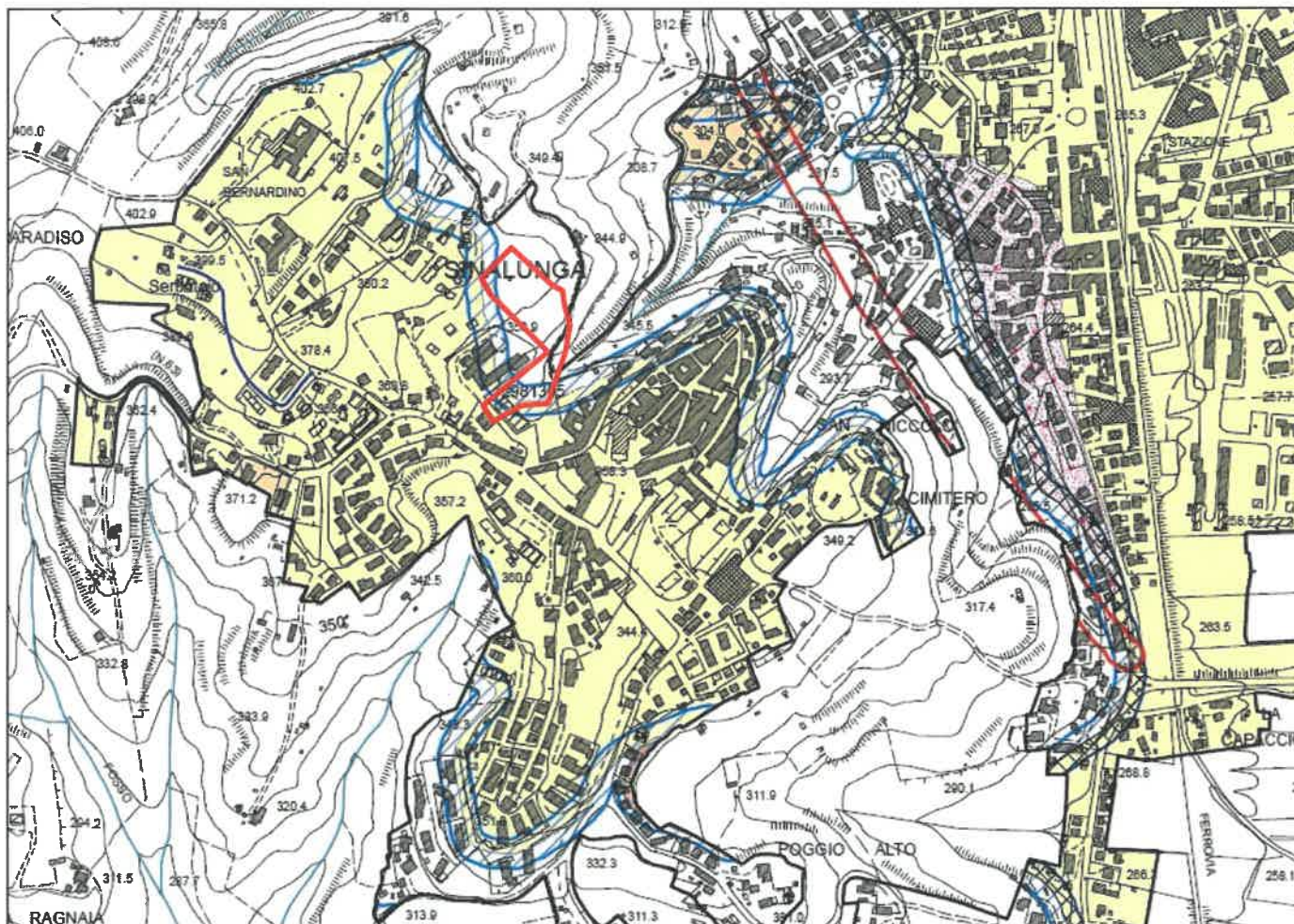
Aree caratterizzate da litologie parzialmente impermeabili con limitata circolazione verticale di acqua. Reti acquifere e/o corpi idrici multifalda con propagazione variabile di inquinanti da membro a membro.






**BASSISSIMA O NULLA**

Aree caratterizzate da litologie prive di una circolazione idrica sotterranea; gli eventuali inquinanti raggiungono direttamente le acque superficiali.



## TAVOLA X CARTA DEGLI EFFETTI SISMICI



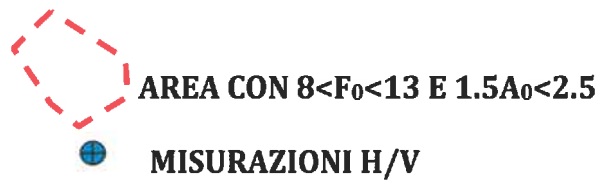
Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica

-  9. Zona con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti
-  10. Zona con presenza di coperture eluvio - colluviali
-  11. Aree costituite da conoidi alluvionali

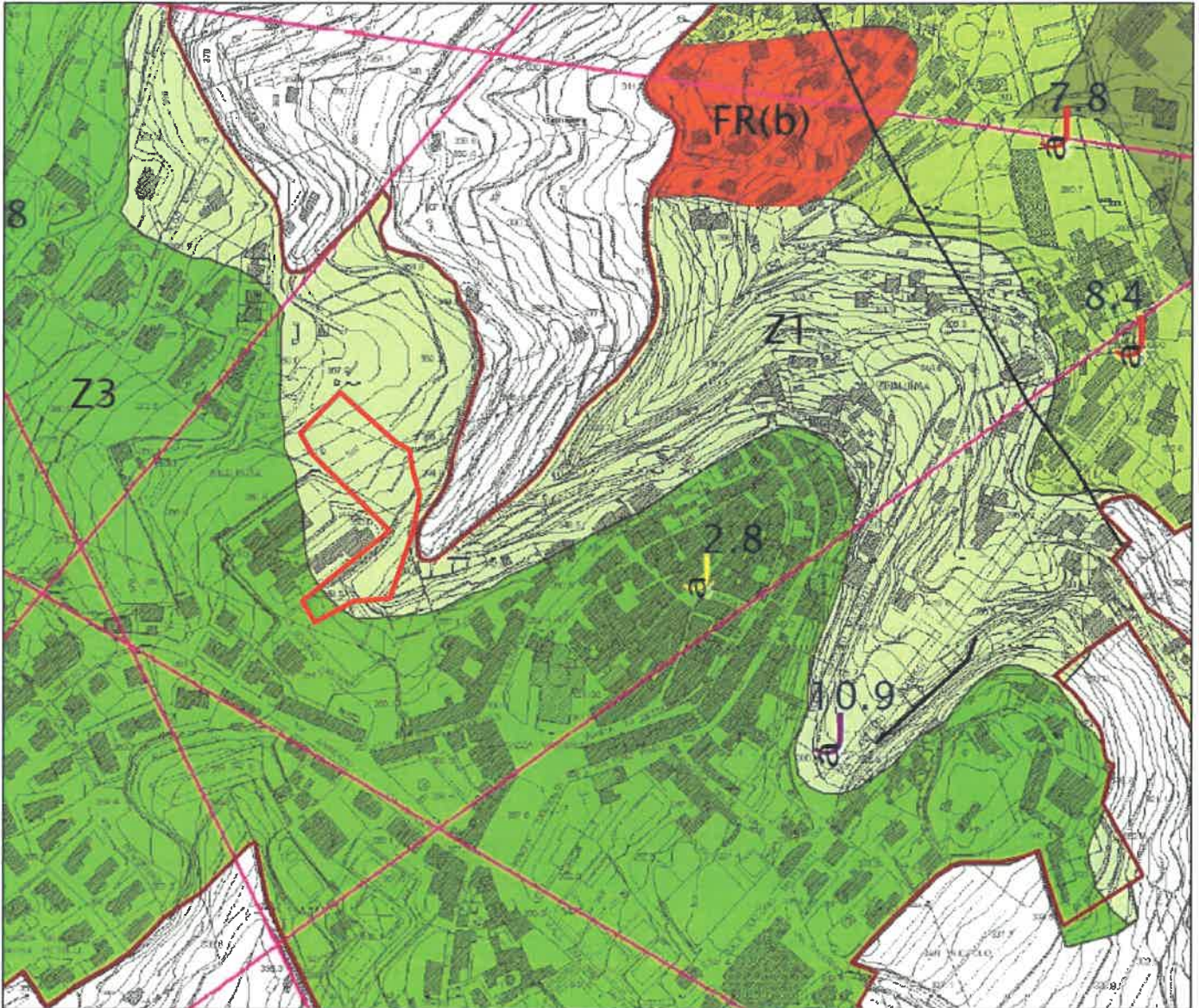
Amplificazione differenziata del moto del suolo e dei cedimenti

-  12. Zona di contatto fra litotipi con caratteristiche fisico - meccaniche significativamente diverse
-  13. Contatti tettonici, faglie, sovrascorimenti e sistemi di fratturazione





## TAVOLA XI CARTA DELLE FREQUEZE DI SITO



## TAVOLA XII CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA



### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- |        |   |   |
|--------|---|---|
| Zona 1 |  | Substrato lapideo stratificato con pendenza > 15°   |
| Zona 2 |  | Coltre detritica (>3m)<br>Substrato lapideo stratificato  |
| Zona 3 |  | Sabbie medie e grossolane con rari clasti poligenici<br>con grado di addensamento medio-elevato (0-25 m)  |
| Zona 4 |  | Sabbie medie e grossolane con rari clasti poligenici<br>con grado di addensamento medio-elevato (0-25 m)<br>Argille limose con stato di consistenza medio-elevato (20-50 m) |


### INFORMAZIONI SUL SUBSTRATO

-  SUBSTRATO (comprese eventuali coperture di alterazione con spessore < 3 m)  
a) lapideo con Vs medie > 800 m/s

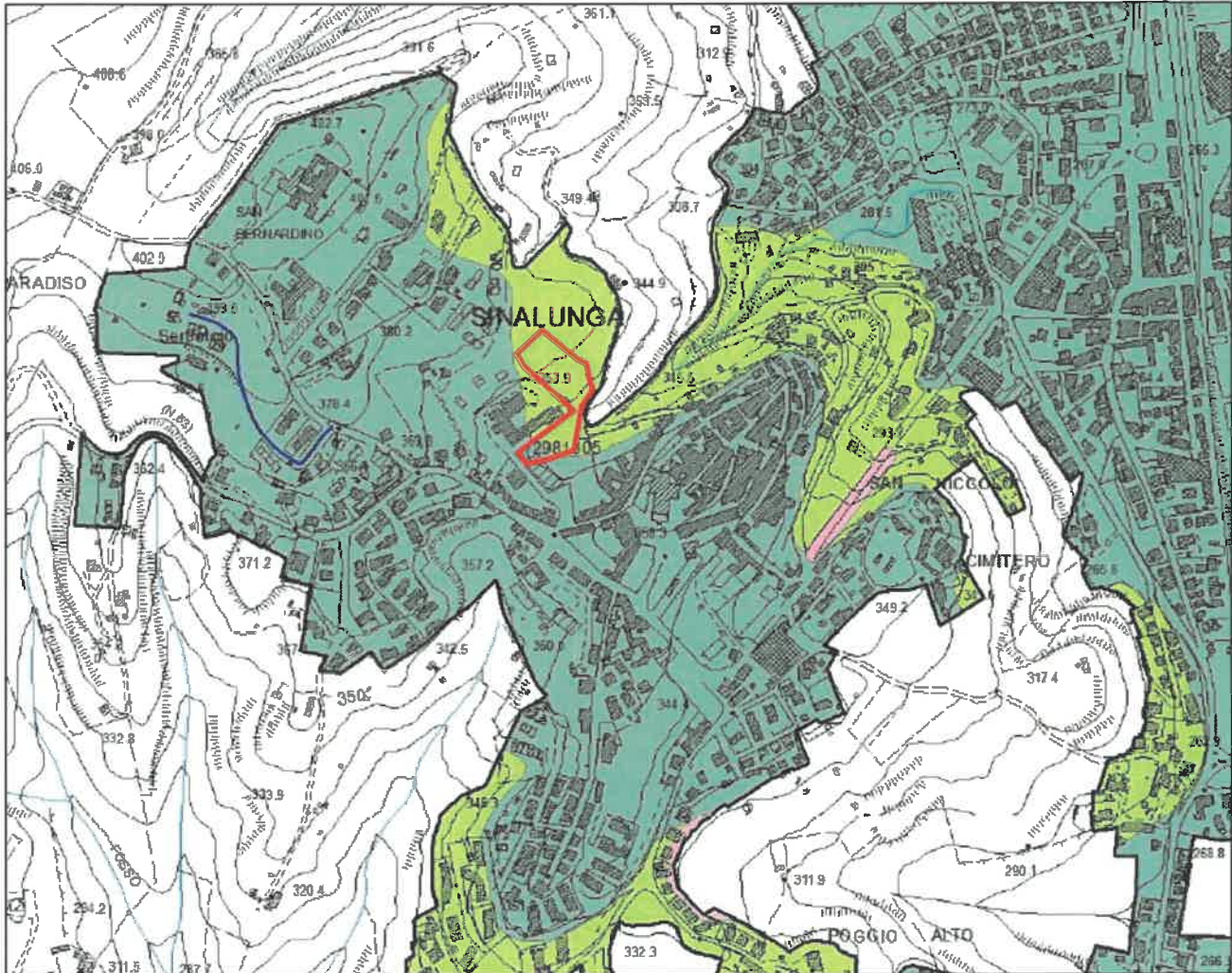
#### FORMAZIONI DI RIFERIMENTO




- a) Macigno (arenarie torbiditiche terrigene, intercalate ad argilliti e argilliti siltose);  
Calcarei e breccie di Monte Senario (calcareniti, breccie calcaree, marne, calcilutiti, arenarie)

#### SUBSTRATO

-  a) stratificato

## TAVOLA XIII CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA



- 
CLASSE S.2 : Pericolosità sismica locale media
- 
CLASSE S.3 : Pericolosità sismica locale elevata
- 
CLASSE S.4 : Pericolosità sismica locale molto elevata



**TAVOLA XIV CARTA DELLA FATTIBILITA'  
E PLANIMETRIA UBICAZIONE INTERVENTI**



**LIMITE FATTIBILITA'2**

**INTERVENTI FATTIBILI**

**GARANTENDO LA CORRETTA REGIMAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE. NECESSARIO APPROFONDIMENTO (IN FASE ESECUTIVA, CON RELATIVA RELAZIONE GEOLOGICA) GEOLOGICO PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SUBSTRATO E VERIFICA DI STABILITA' DEGLI SBANCAMENTI. L'AREA A PERICOLOSITA' SISMICA 3 NON E' INTERESSATA DA OPERE STRUTTURALI, CON LA SOLA REALIZZAZIONE DI PARCHEGGI.**

