

**Dott. Franco Bulgarelli** - Geologo

✉ - Via del Gavardello n° 73 (Arezzo)

☎ - 0575/912745

E-mail: francobulgarelli64@gmail.com

---

---

## COMUNE DI PELAGO

PROVINCIA DI FIRENZE

Progetto: Progetto di rigenerazione urbana “Area ex Italcementi”.

Località: San Francesco, Via Aretina.

Committente: Ancona Real Estate s.r.l.

**RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DI FATTIBILITA’**

## ① - *PREMESSA*

Il progetto prevede la demolizione delle diverse strutture esistenti e la costruzione di nuovi edifici all'interno dell'area dell'ex-cementificio Italcementi situato in località San Francesco a valle della Via Aretina.

Nella cartografia di supporto al vigente S.U. all'area sono state attribuite le seguenti classi di pericolosità:

- geologica media-elevata (G2-G3);
- idraulica bassa-media (I1-I2);
- sismica locale elevata (S3).

Con la presente si riferisce dell'indagine geologico-tecnica di fattibilità condotta per un congruo intorno della zona interessata dall'intervento.

## ② - *CARTOGRAFIA TEMATICA*

In base alla vigente normativa è stata predisposta la seguente cartografia in scala 1:5.000:

### *A) Carta Geologica;*

Dal punto di vista geologico sull'area dove verranno realizzate le nuove strutture affiorano le seguenti unità stratigrafiche:

“Depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati” (Olocene): è costituita da sedimenti depositatisi per successivi processi fluviali; In tale formazione varia la composizione granulometrica passando da materiali grossolani costituiti da ciottoli e ghiaie in matrice sabbiosa a sedimenti a più fine granulometria, di tipo sabbioso-limoso ed argilloso, verso i margini della pianura alluvionale.

“Depositi eluvio-colluviali” (Olocene): è formata da una successione irregolare di materiali sciolti a granulometria eterogenea derivanti dall'alterazione del substrato roccioso dopo anche breve trasporto per ruscellamento.

Entrambe le unità stratigrafiche, che sovrastano con spessori variabili il substrato roccioso costituito dalla “Formazione di Monte Morello”, si caratterizzano per una permeabilità primaria per porosità in quanto la presenza e la circolazione idrica dipende dalla granulometria dei sedimenti.

Quest’ultima unità, la cui età è attribuibile all’Eocene, è formata da un’alternanza di marne, calcari marnosi a grana fine e frattura concoide, argilliti ed argilliti marnose grigie, arenarie calcarifere e calcareniti torbiditiche.

Localmente si possono ritrovare liste di selce nera.

Lo spessore degli strati varia, in funzione della loro natura, da pochi decimetri ad alcuni metri.

#### ***B) Carta Geomorfologica;***

Dal punto di vista morfologico l’area interessata dall’intervento edificatorio, compreso tra le quote di m. 89 ÷ 100 s.l.m., resta ubicata ai margini della piana alluvionale in destra idrografica del F. Arno, in prossimità della base del versante sud-occidentale di un rilievo collinare, e presenta pendenze medie inferiori al 10 %.

Con il sopralluogo si è potuto accertare l’assenza di fenomeni gravitativi in atto e di punti soggetti ad intensa erosione anche per la presenza, a monte, di terrazzamenti artificiali, contenuti da strutture di sostegno, che riducono drasticamente l’azione delle acque di ruscellamento.

Il deflusso delle acque superficiali è regolato dalla naturale acclività, dalla rete fognante, dalle canalette al margine della viabilità e dai fossi campestri.

I diversi apporti idrici confluiscono in destra idrografica del sopracitato F. Arno.

***C) Carta Idrogeologica;***

Per quanto attiene agli aspetti idrogeologici si fa presente che all'interno della coltre di materiali sciolti delle due unità stratigrafiche affioranti, si possono ritrovare falde freatiche sospese, spesso a carattere stagionale, i cui apporti vengono drenati dall'incisione fluviali del F. Arno.

Falde acquifere più consistenti vengono intercettate più in profondità sempre all'interno dei sedimenti della coltre alluvionale e/o in corrispondenza di strati rocciosi fratturati del substrato roccioso.

***D) Carta del Piano di Bacino del F. Arno (PAI – PGRA);***

L'area in esame non risulta essere stata interessata da processi geomorfologici attivi.

Al margine della stessa, dove non sono previsti interventi edificatori, è presente una ridotta zona interessata dalla fascia di influenza di una frana quiescente.

Nella cartografia del "PGRA" dell'Autorità di Bacino del F. Arno, solo alla porzione più a valle della zona della pianura alluvionale, è stata attribuita una pericolosità idraulica "PI1".

***E) Carta dei sondaggi e dei dati di base;***

Per verificare la natura dei sedimenti nel sottosuolo e definire la pericolosità sismica del sito ci si è avvalsi di quanto rilevato con tre prove penetrometriche dinamiche, uno stendimento sismico a rifrazione/riflessione, due stendimenti sismici a rifrazione/masw e tre misure tromometriche.

L'ubicazione dei diversi punti d'indagine è evidenziata nell'allegata cartografia.

Dall'osservazione delle numerose indagini svolte all'interno dello stesso lotto si è rilevato che, eccetto che la coltre di terreno superficiale/riporto, in prossimità della base del versante il substrato è

ricoperto da modesti spessori di materiali sciolti i quali, verso il F. Arno, raggiungendo anche i 20 metri.

In funzione dell'ubicazione dei nuovi edifici e del completamento delle indagini a livello di progetto esecutivo, potrà essere attribuita, per ogni singola struttura, la categoria del sottosuolo.

***F) Carta Geologico-Tecnica;***

La carta di supporto al vigente Strumento Urbanistico è stata prodotta, a seguito degli studi di microzonazione sismica, ed elaborata anche da un esame di maggior dettaglio della Carta Geologica e di quella Geomorfologica, tenendo conto di tutti i dati litologici, stratigrafici e litotecnici acquisiti.

La litologia dei terreni è stata descritta tramite standard di rappresentazione e archiviazione informatica di cui al sistema di classificazione "Unified Soil Classification System" (leggermente modificato, ASTM, 1985).

Nell'area dove verranno realizzati i nuovi edifici è stata individuata la seguente classe:

- "SM es"; sabbie limose, miscela di sabbie e limo di ambiente fluvio-lacustre.

***G) Carta delle MOPS;***

In base ai risultati delle indagini svolte l'area è stata classificata come zona stabile suscettibile di amplificazioni locali dell'azione sismica.

Più in particolare sull'area edificabile il substrato lapideo stratificato, è ricoperto da livelli costituiti da sedimenti sciolti a granulometria eterogenea, dello spessore variabile tra m. 1 e 20 (2004-2025).

***H) Carta della Pericolosità;***

**Geologica:** Quanto rilevato ha consentito di assegnare all'area nel suo complesso un grado di pericolosità geologica media "G2" che corrisponde ad una situazione in cui sono assenti processi

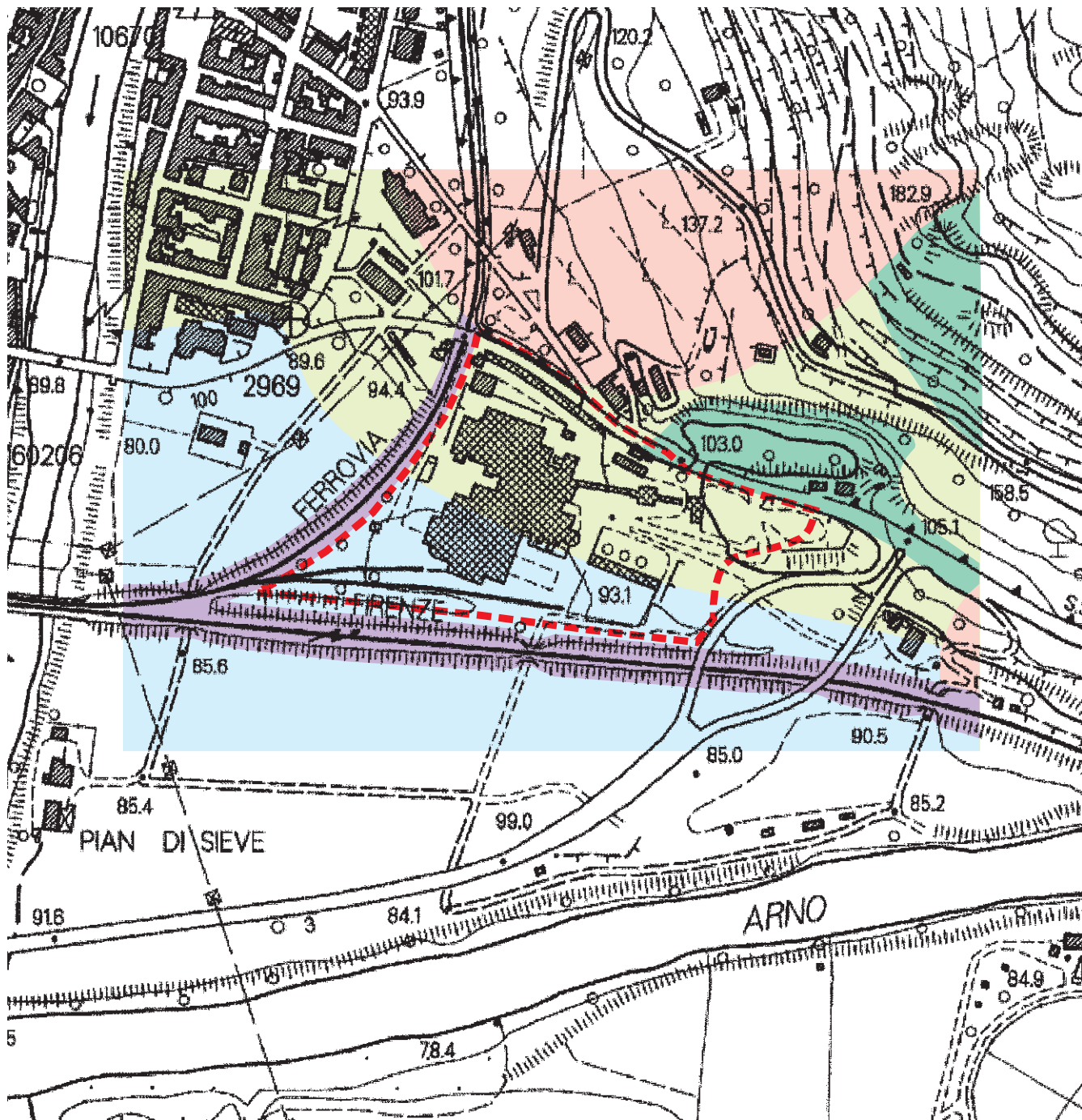
geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa. Solo ad una modesta fascia di terreno situata a monte, al confine di proprietà dove passa la S.S. del Valdarno (n.69), viene attribuita la classe elevata “G3” per la presenza della fascia di influenza di una frana quiescente.

**Idraulica:** All’area dove verranno realizzati i nuovi edifici si attribuisce una “pericolosità da alluvione rara o di estrema intensità “P.I.1” in quanto non risulta, da cartografia di supporto al vigente Strumento Urbanistico/PGRA, interessata o a rischio da fenomeni di alluvionamento con tempi di ritorno inferiori a 200 anni.

**Sismica:** “S3, elevata”, zone stabili suscettibili ad amplificazione locale per un alto contrasto d’impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido.




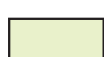


*Dott. Geol. Franco Bulgarelli*

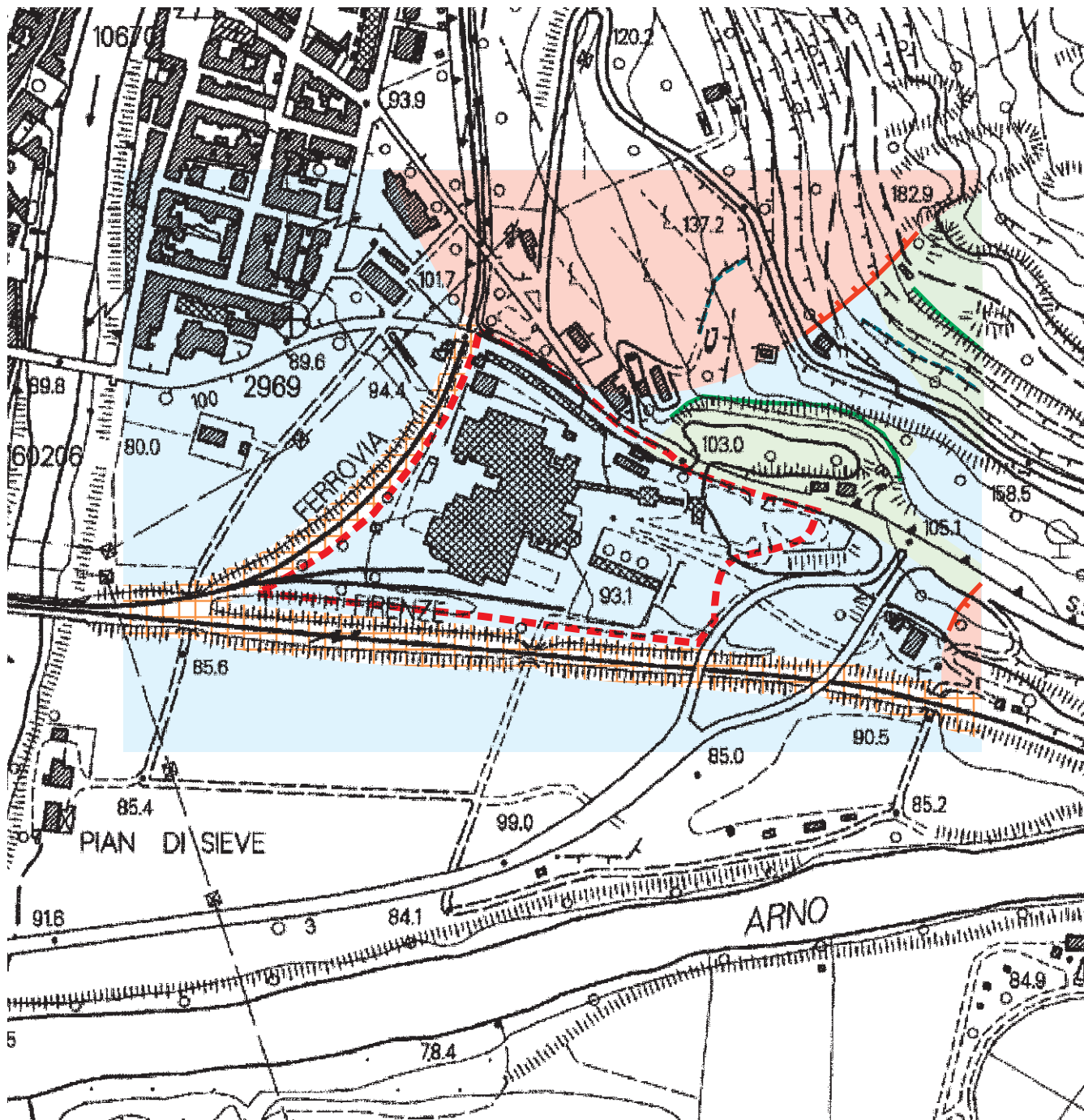
Arezzo, 19 ottobre 2021







CARTA GEOLOGICA

1:5.000

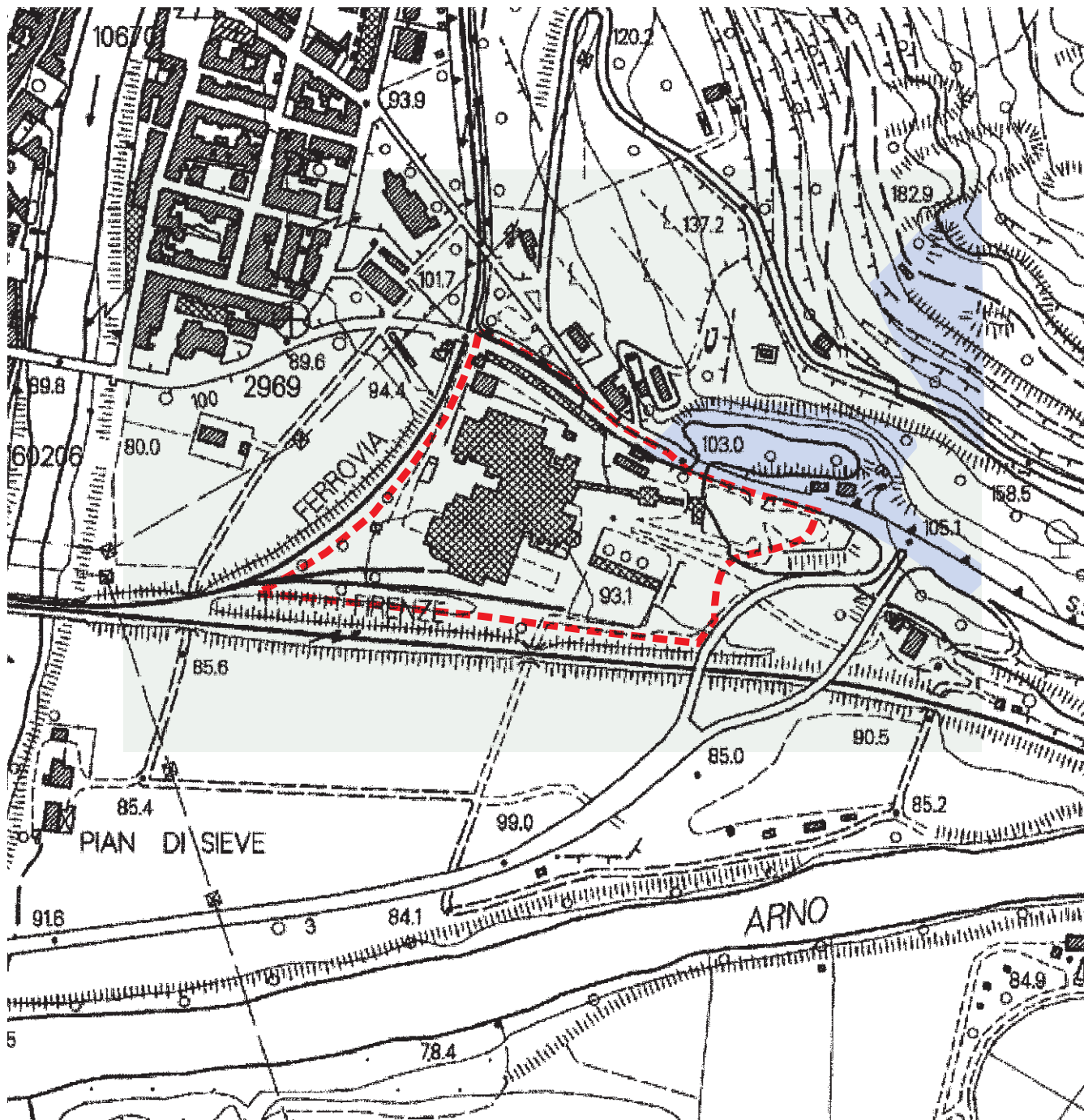
-  Depositi antropici, terreni di riporto
-  Frana quiescente (Olocene)
-  Depositi alluvionali recenti terrazzati o non terrazzati (Olocene)
-  Depositi eluvio-colluviali (Olocene)
-  Formazione di Monte Morello (Eocene)
-  Area interessata dall'intervento



CARTA GEOMORFOLOGICA 1:5.000

-  Terrazzamento artificiale
-  Orlo di scarpata
-  Corona di frana
-  Rilevato ferroviario
-  Corpo di frana quiescente
-  Rocce incoerenti disomogenee
-  Rocce coerenti disomogenee
-  Area interessata dall'intervento





## CARTA IDROGEOLOGICA

1:5.000



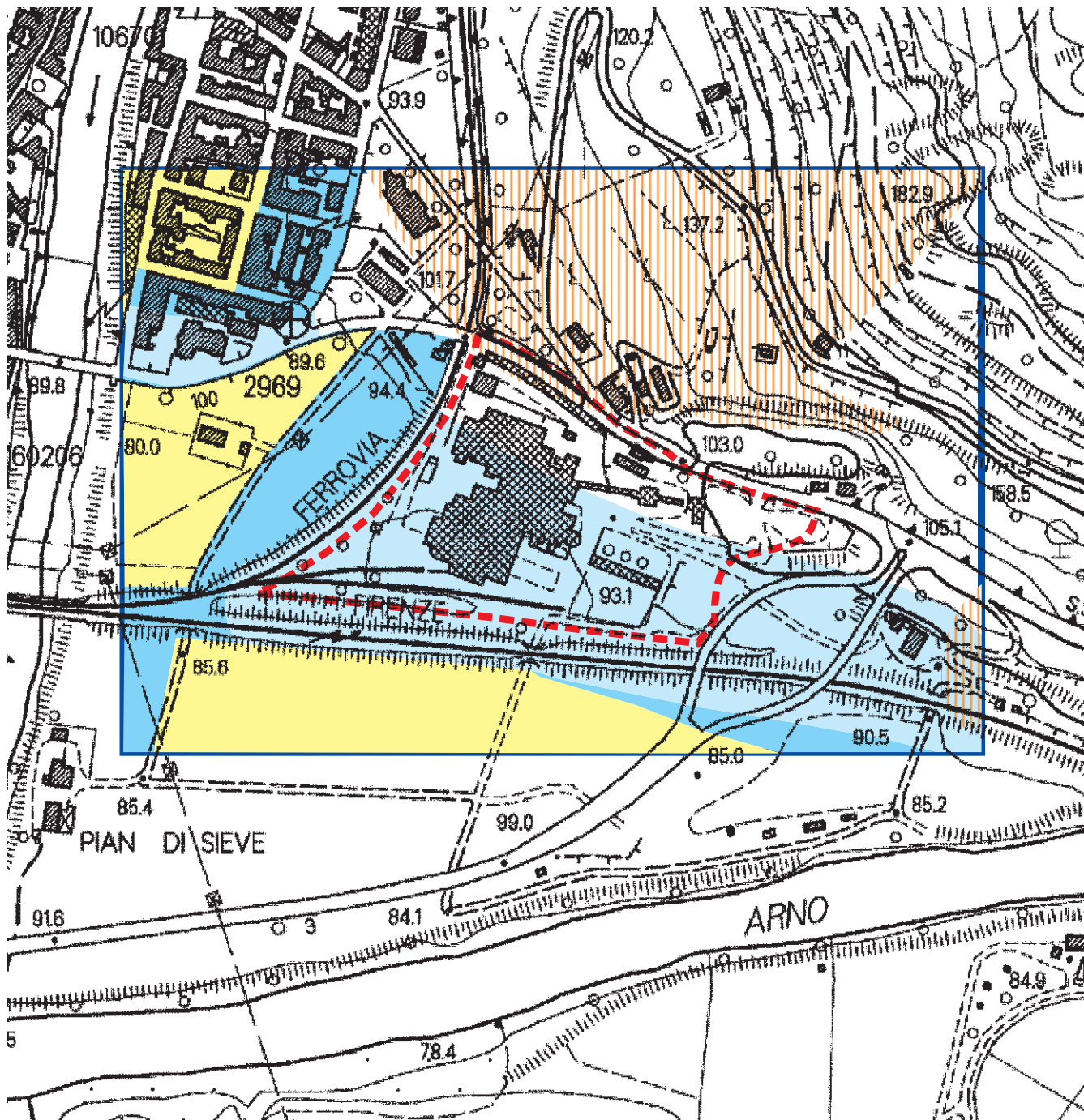
Acquifero poroso: presenza e circolazione idrica legata alle caratteristiche granulometriche dei sedimenti.








Acquifero fratturato: circolazione idrica nelle litoclasti e fratture della roccia.

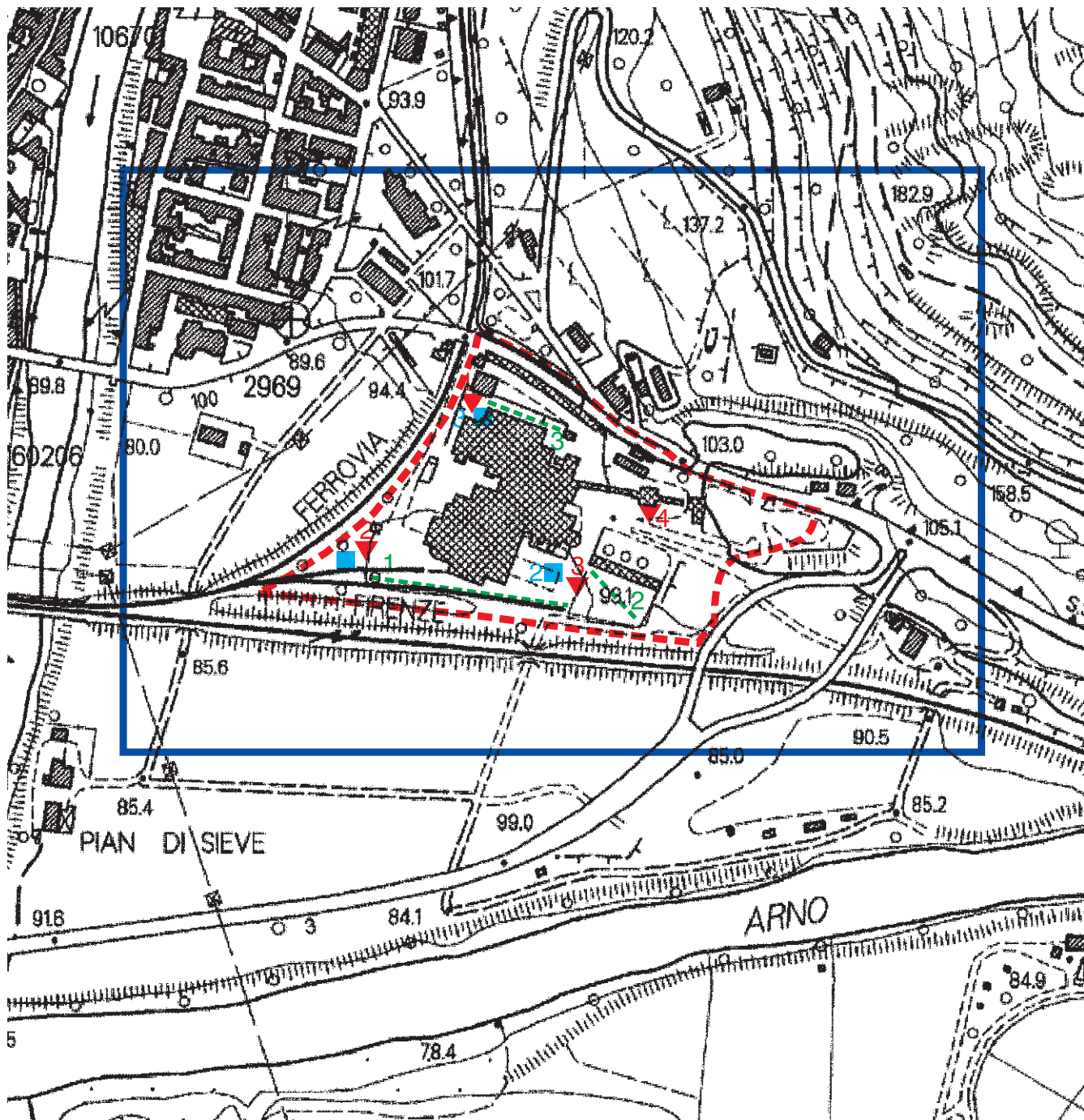


Area interessata dall'intervento







PIANO DI BACINO DEL FIUME ARNO - stralcio Assetto Idrogeologico PAI (aspetti geomorfologici) -  
 PGRA (piano gestione del rischio alluvioni) 1:5.000

-  P3a - Area a pericolosità geomorfologica elevata
-  P3 - Area a pericolosità idraulica elevata
-  P2 - Area a pericolosità idraulica media
-  P1 - Area a pericolosità idraulica bassa
-  Area interessata dall'intervento



CARTA DEI SONDAGGI E DEI DATI DI BASE

1:5.000

-  Stendimento sismico
-  Prove penetrometrica dinamica
-  Misura tromometrica
-  Area interessata dall'intervento

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>DIN</b>	<b>1</b>
	Riferimento	<b>143-2020</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Franco Bulgarelli</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>01/07/2020</b>
Cantiere	<b>Ex Cementificio Italcementi</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
Località	<b>San Francesco, Pelago (FI)</b>	Elaborato			

H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	9		97,1					
0,40	1	12		129,4					
0,60	2	13		140,2					
0,80	2	8		86,3					
<b>1,00</b>	2	13		129,0					
1,20	2	20		198,5					
1,40	2	28		277,8					
1,60	3	45		446,5					

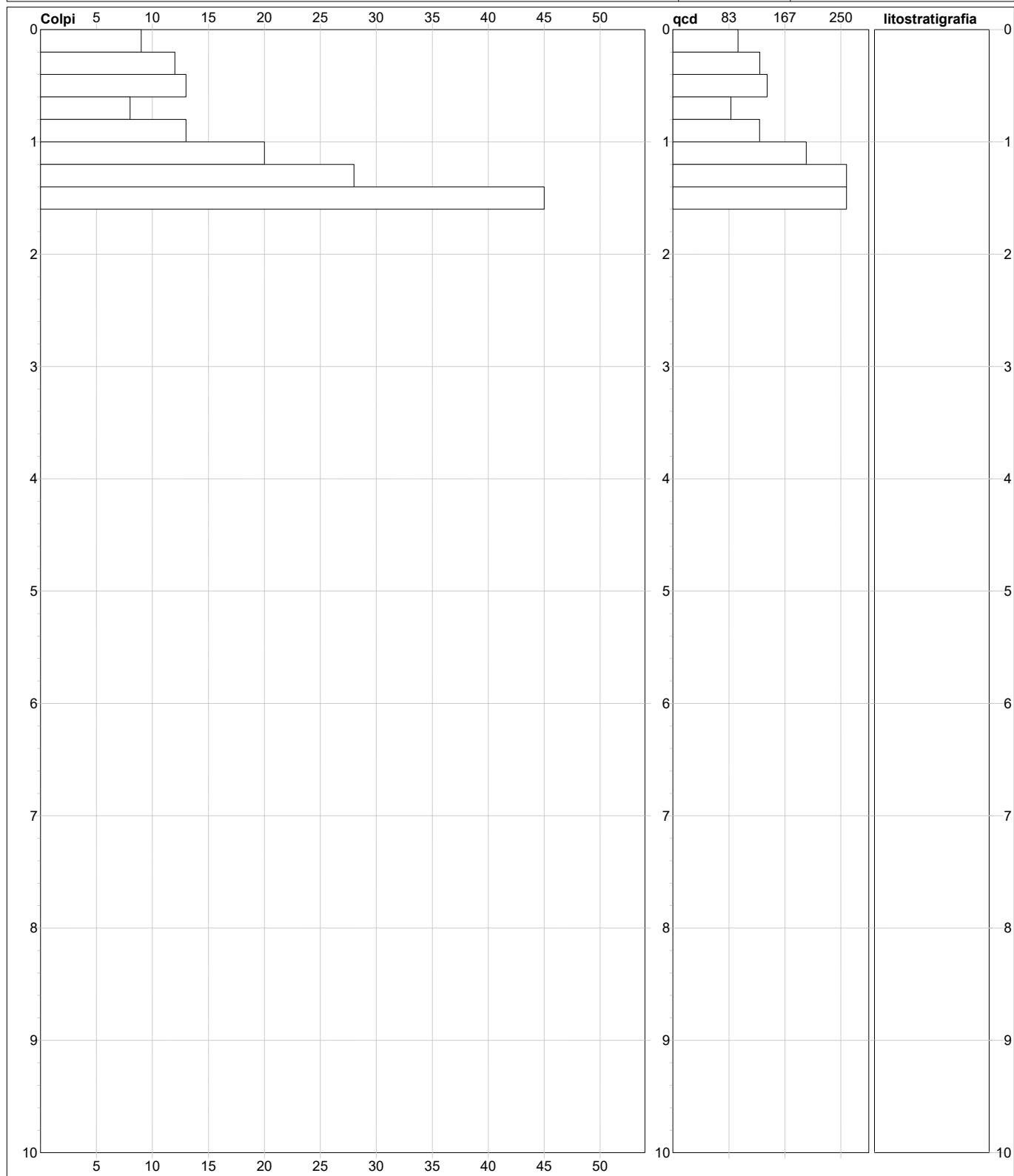
H = profondità  
L1 = quota  
L2 = Contatto

qcd = Collaborazioni  
note = spec.tec.

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>DIN</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>143-2020</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Franco Bulgarelli</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>01/07/2020</b>
Cantiere	<b>Ex Cementificio Italcementi</b>	Scala:	<b>1:50</b>	Quota inizio: : Piano Campagna	
Località	<b>San Francesco, Pelago (FI)</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
		Elaborato			



<b>Penetrometro:</b> DPSH (S. Heavy) 63,50 kg 0,75 m 0,20 m	<b>sist.litologico:</b> Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone <b>Responsabile::</b> <b>Assistente::</b>	<b>preforo</b> m <b>Corr.astine:</b> : kg/ml <b>Cod.ISTAT:</b> 0
--	--	--

note: FON050

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>DIN</b>	<b>2</b>
	Riferimento	<b>143-2020</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Franco Bulgarelli</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>01/07/2020</b>
Cantiere	<b>Ex Cementificio Italcementi</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
Località	<b>San Francesco, Pelago (FI)</b>	Elaborato			

H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	0		0,0					
0,40	1	0		0,0					
0,60	2	7		52,1					
0,80	2	4		29,8					
<b>1,00</b>	2	4		27,6					
1,20	2	3		20,7					
1,40	2	3		20,7					
1,60	3	4		27,6					
1,80	3	3		20,7					
<b>2,00</b>	3	3		19,3					
2,20	3	4		25,7					
2,40	3	3		19,3					
2,60	4	3		19,3					
2,80	4	5		32,2					
<b>3,00</b>	4	8		48,2					
3,20	4	10		60,2					
3,40	4	13		78,3					
3,60	5	14		84,3					
3,80	5	18		108,4					
<b>4,00</b>	5	27		152,9					
4,20	5	45		254,8					

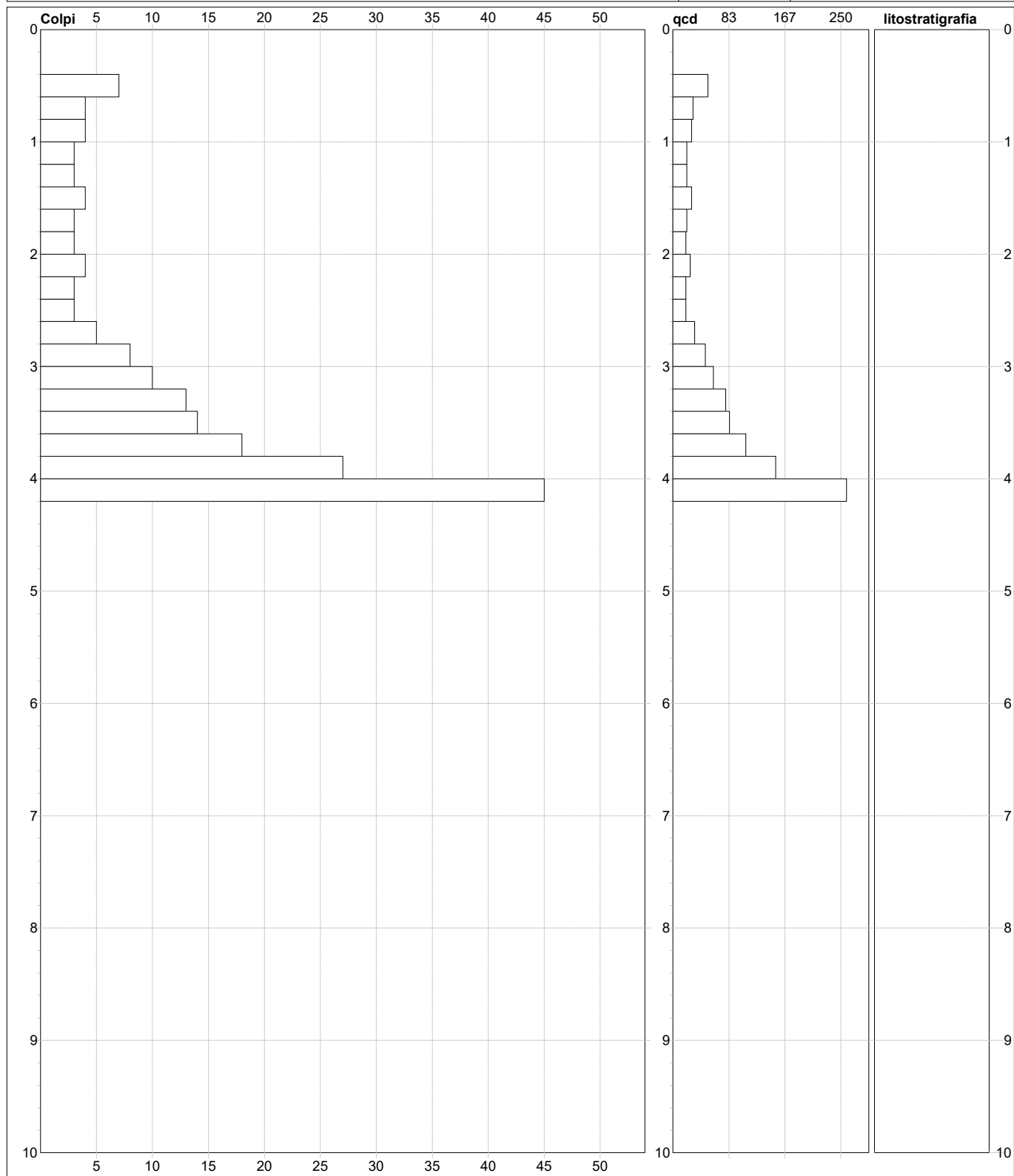
H = profondità  
L1 = quota  
L2 = Contatto

qcd = Collaborazioni  
note = spec.tec.

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>DIN</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>143-2020</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Franco Bulgarelli</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>01/07/2020</b>
Cantiere	<b>Ex Cementificio Italcementi</b>	Scala:	<b>1:50</b>	Quota inizio: : Piano Campagna	
Località	<b>San Francesco, Pelago (FI)</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
		Elaborato			



<b>Penetrometro:</b> DPSH (S. Heavy) 63,50 kg 0,75 m 0,20 m	<b>sist.litologico:</b> Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone <b>Responsabile::</b> <b>Assistente::</b>	<b>preforo</b> m <b>Corr.astine:</b> : kg/ml <b>Cod.ISTAT:</b> 0
--	--	--

note:

FON050

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>DIN</b>	<b>3</b>
	Riferimento	<b>143-2020</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Franco Bulgarelli</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>01/07/2020</b>
Cantiere	<b>Ex Cementificio Italcementi</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
Località	<b>San Francesco, Pelago (FI)</b>	Elaborato			

H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	0		0,0					
0,40	1	0		0,0					
0,60	2	10		74,5					
0,80	2	5		37,2					
<b>1,00</b>	2	4		27,6					
1,20	2	4		27,6					
1,40	2	4		27,6					
1,60	3	5		34,5					
1,80	3	3		20,7					
<b>2,00</b>	3	3		19,3					
2,20	3	3		19,3					
2,40	3	4		25,7					
2,60	4	5		32,2					
2,80	4	6		38,6					
<b>3,00</b>	4	6		36,1					
3,20	4	9		54,2					
3,40	4	11		66,3					
3,60	5	14		84,3					
3,80	5	17		102,4					
<b>4,00</b>	5	20		113,3					
4,20	5	21		118,9					
4,40	5	29		164,2					
4,60	6	45		254,8					

H = profondità  
L1 = quota  
L2 = Contatto

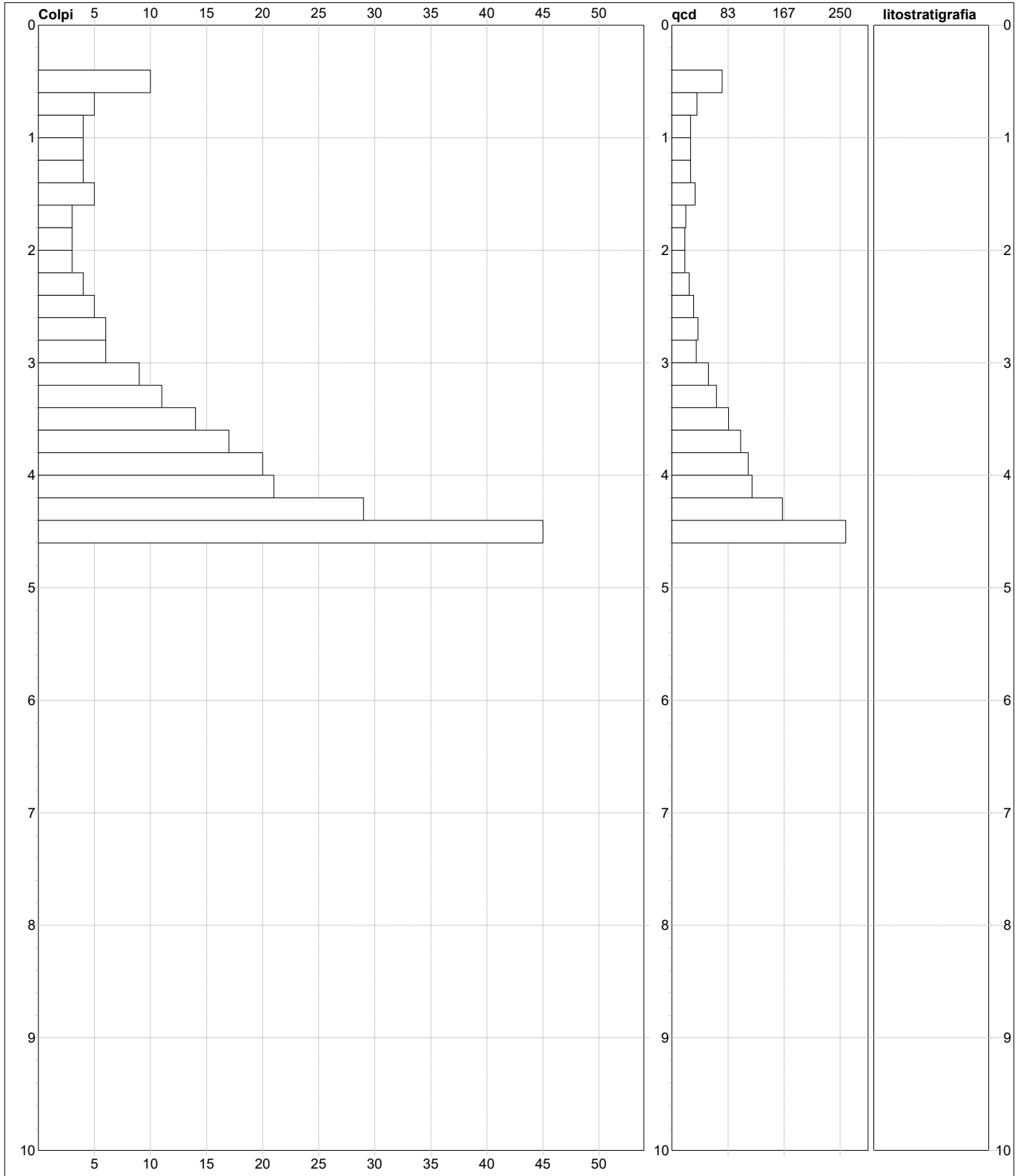
qcd = Collaborazioni  
note = spec.tec.



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>DIN</b>	<b>3</b>
Riferimento	<b>143-2020</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Franco Bulgarelli</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>01/07/2020</b>
Cantiere	<b>Ex Cementificio Italcementi</b>	Scala:	<b>1:50</b>	Quota inizio: : Piano Campagna	
Località	<b>San Francesco, Pelago (FI)</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
		Elaborato			



<b>Penetrometro:</b> DPSH (S. Heavy) 63,50 kg 0,75 m 0,20 m	<b>sist.litologico:</b> Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone <b>Responsabile::</b> <b>Assistente::</b>	<b>preforo</b> m <b>Corr.astine:</b> : kg/ml <b>Cod.ISTAT:</b> 0
--	--	--

note: FON050

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>DIN</b>	<b>4</b>
	Riferimento	<b>143-2020</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Franco Bulgarelli</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	<b>01/07/2020</b>
Cantiere	<b>Ex Cementificio Italcementi</b>	Pagina	<b>1</b>	Falda	<b>Non rilevata</b>
Località	<b>San Francesco, Pelago (FI)</b>	Elaborato			

H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	note n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	5		37,2					
0,40	1	5		37,2					
0,60	2	4		29,8					
0,80	2	5		37,2					
<b>1,00</b>	2	4		27,6					
1,20	2	6		41,4					
1,40	2	6		41,4					
1,60	3	6		41,4					
1,80	3	5		34,5					
<b>2,00</b>	3	11		70,8					
2,20	3	19		122,3					
2,40	3	24		154,4					
2,60	4	33		212,3					
2,80	4	45		289,5					

H = profondità  
L1 = quota  
L2 = Contatto

qcd = Collaborazioni  
note = spec.tec.

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>DIN</b>	<b>4</b>
Riferimento	<b>143-2020</b>

Committente	<b>Dott. Geologo Franco Bulgarelli</b>	U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	01/07/2020
Cantiere	<b>Ex Cementificio Italcementi</b>	Scala:	1:50	Quota inizio: : Piano Campagna	
Località	<b>San Francesco, Pelago (FI)</b>	Pagina	1	Falda	Non rilevata
		Elaborato			



<b>Penetrometro:</b> DPSH (S. Heavy) 63,50 kg 0,75 m 0,20 m	<b>sist.litologico:</b> Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone <b>Responsabile::</b> <b>Assistente::</b>	<b>preforo</b> m <b>Corr.astine:</b> : kg/ml <b>Cod.ISTAT:</b> 0
--	--	--

**PROVINCIA DI FIRENZE  
COMUNE DI PELAGO**

**“STUDIO TRAMITE SISMICA A  
RIFIRAZIONE E RIFLESSIONE IN ONDE P,  
MASW E RILIEVI TROMOMETRICI  
PRESSO AREA EX-CEMENTIFICIO  
ITALCEMENTI”**



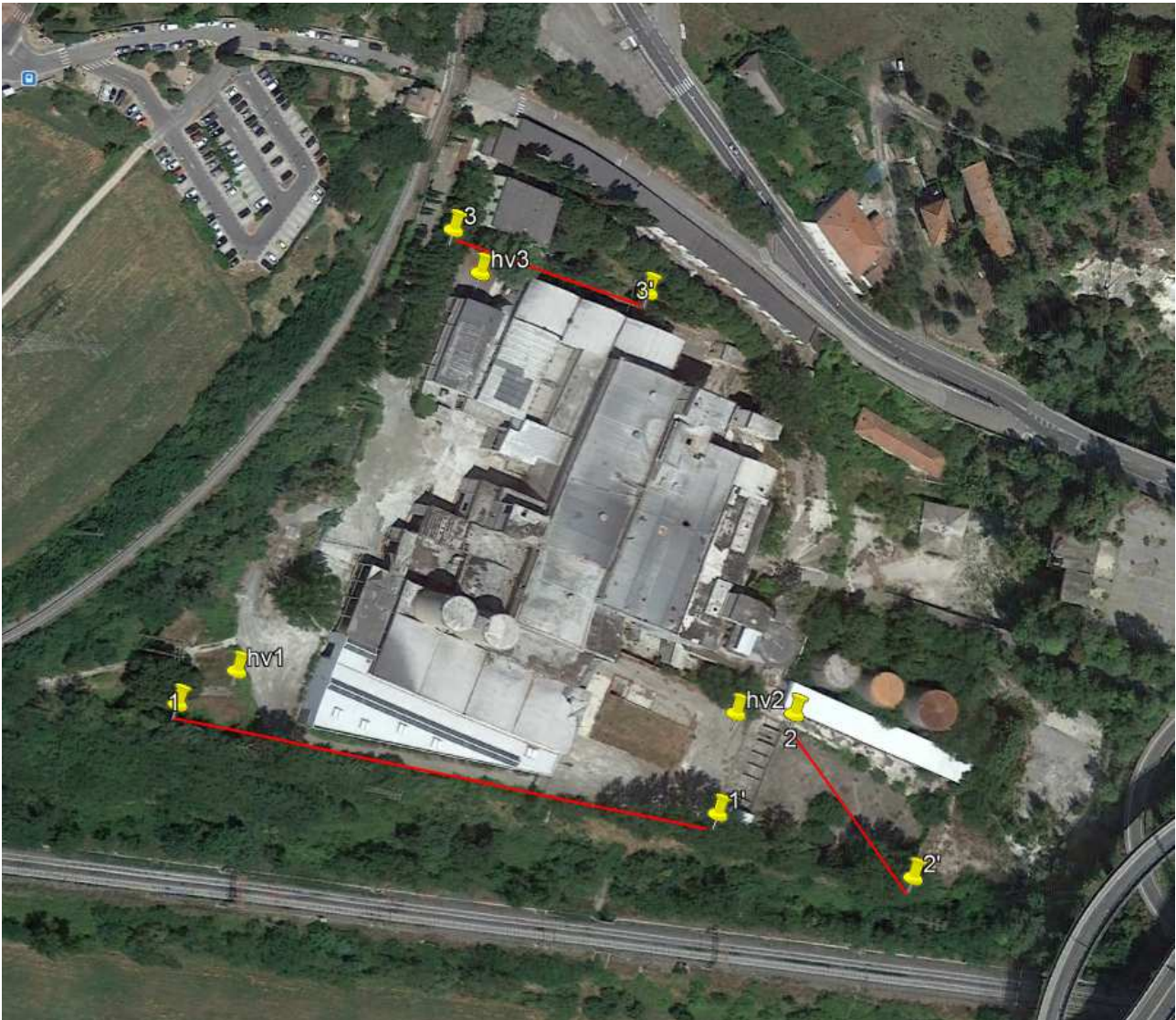
**RELAZIONE GEOFISICA**

## PREMESSA

L'indagine è avvenuta con lo scopo di avere informazioni sulla stratigrafia e sulle caratteristiche sismiche dell'area dell'ex-cementificio di Italcementi.

Per determinare la compattezza dei terreni sono state effettuate una sismica a rifrazione, riflessione e masw di 160 metri (1-1'), due sismiche a rifrazione e masw (2-2' e 3-3') e tre rilievi tromometrici.

Le indagini si sono svolte sotto la supervisione tecnica del Dott. Geol. Bulgarelli Franco.



## **METODOLOGIA USATA PER L'ANALISI DEI DATI**

Per analizzare la risposta di sito e determinare la pericolosità sismica in base alla normativa vigente si sono utilizzati due distinti metodi geofisici:

**SISMICA A RIFRAZIONE**-Si studia l'andamento del sottosuolo tramite la propagazione dell'onda rifratta.

Si individuano così spessori, velocità e geometrie dei vari sismostrati.

**SISMICA A RIFLESSIONE**-Si studia l'andamento del sottosuolo tramite la propagazione dell'onda riflessa.

Molto utile per individuare il contatto con il bedrock e le fatturazioni interne al medesimo

**MASW**-Si ricostruisce la stratigrafia (monodimensionale) attraverso lo studio dell'onda di Rayleigh o di Love.

Ponendo più Masw corti uno accanto all'altro si ricostruisce un profilo in VS.

**H/V**-Si ricava lo spettro di risposta di sito.

Se la sismica a rifrazione o il Masw riesce ad individuare il bedrock sismico, i dati dell'H/V (che rispetto alla sismica a rifrazione è una metodologia meno precisa) serviranno per confermare i dati acquisiti e per aggiungere alcune interessanti informazioni (spettro di risposta di sito).

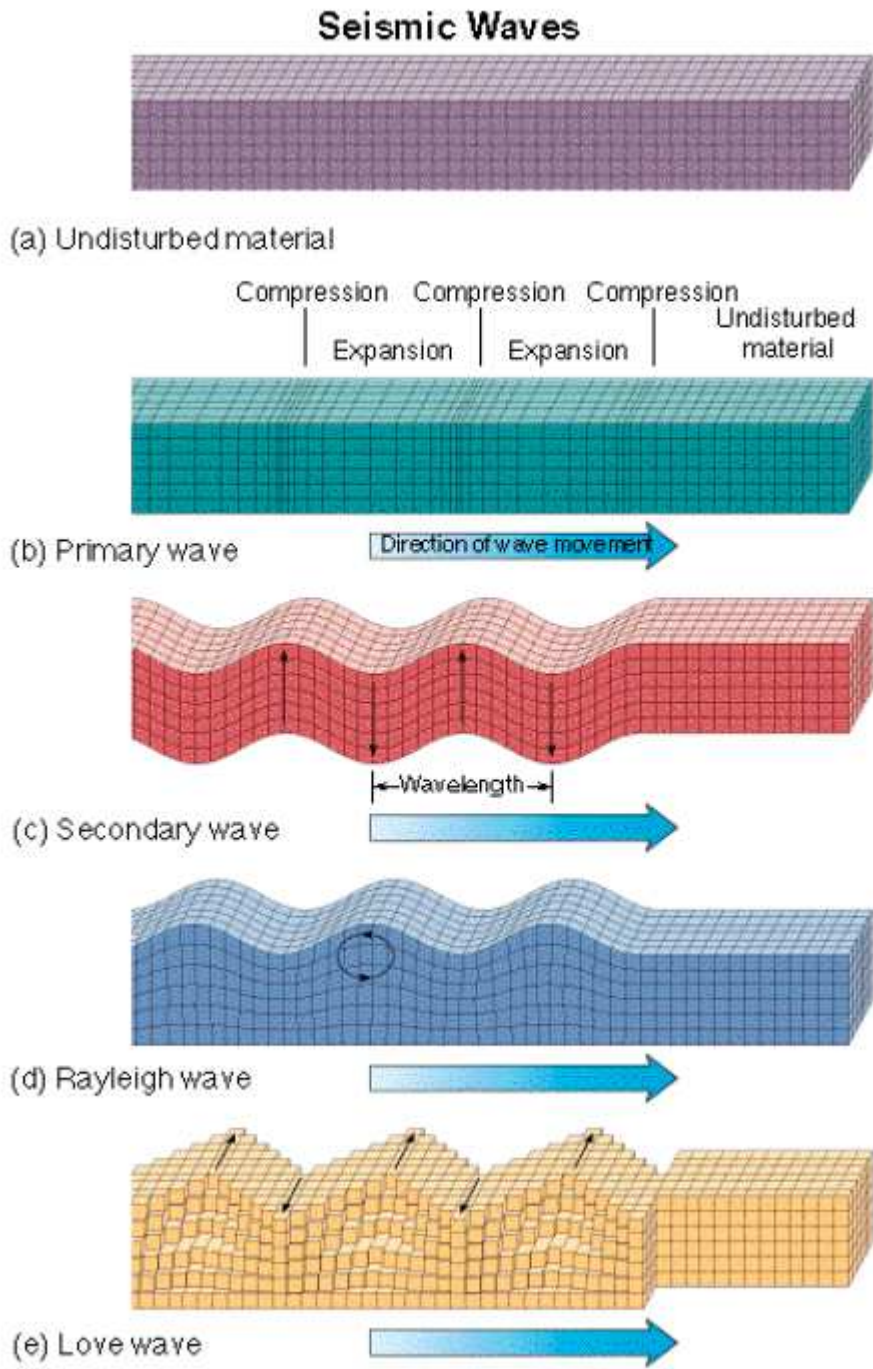
In questo caso, con la rifrazione in p, la velocità dei primi livelli è indicata dal MASW e le geometrie (è gli spessori) dalla rifrazione

Nei casi in cui la rifrazione o il Masw non arrivi ad intercettare il bedrock per i motivi più disparati (stese corte o inversioni o terreni molto allentati) potremo chiudere l'indagine usando i dati provenienti dall' H/V.

In pratica, vincolando il modello 1D generante lo spettro di risposta ai dati in nostro possesso e provenienti dalla sismica e dal MASW, possiamo arrivare a fare delle presupposizioni abbastanza veritiere su quelli che sono gli orizzonti sismo stratigrafici più profondi.

L'H/V viene quindi usato per rifinire e completare le informazioni provenienti dalle altre indagini (dirette o indirette) eseguite.

*Vari tipologie di onde sismiche*



## STRUMENTAZIONE USATA PERI I RILIEVI

### MASW

Sismografo AMBROGEO ECHO24-48 2010

Geofoni verticali da 4,5 hz-60 hz (riflessione)

Massa battente (mazza)



Number of channels	24+1 with differential input
AD conversion	24 bits
Dynamic range	130dB@1ms PG=0dB 120dB@1ms PG=18dB
Cross talk	>90dB
Preamplify gain	0,6,12,18,24,30,36,42,48,54,60,66,72dB
Frequency response	0 to 6kHz (30KSPS) 0 to 4,8kHz (15KSPS) 0 to 3kHz (7,5KSPS) 0 to 1,5kHz (3,5KSPS) 0 to 800Hz (2KSPS) 0 to 400Hz (1KSPS)
Acquisition and display filter	Low Cut Out 10-15-25-35-50-70-100-140-200-280-400 Hz High Cut Out 32-64-125-250 Hz Notch 50-60-150-180 Hz
Sampling Interval	32,64,128,256,478,956us
Record Length	16000 samples
Stacking trigger accuracy	1/32 of sample interval
Distorsion (THD)	0,0004%
Max Input signal	5Vpp, 0dB
CMR	110dB (fCM = 60Hz fDATA = 30kSPS)
Noise	0,25uV, 2rms 36dB
Pre-trigger data	524ms@32us sample interval
Delay	0 to 15 sec @1kSPS (max 16000 samples)
Temperature range	-30°C +70°C
Power	12 Volt
Continuous recording	
Output format:	SEGY / SAF (SESAME ASCII FORMAT)



## **SOFTWARE USATO PER LA VISUALIZZAZIONE, L'ACQUISIZIONE, IL FILTRAGGIO E L'ELABORAZIONE DEI DATI**

### **Acquisizione dei dati**

*SISMOPC 1.0-PASI  
AMROGEO*

### **Elaborazione e filtraggio**

<i>Visual Sunt 20</i>	<i>Wgeosoft -filtraggio dati (sismica a riflessione)</i>
<i>WinMasw academy</i>	<i>Eliosoft-elaborazione Masw-Remi-H/V-Attenuazione</i>
<i>Grilla</i>	<i>Tromino-H/V-MASW-REMI</i>
<i>Winsism 11.2</i>	<i>Wgeosoft-sismica a rifrazione</i>
<i>Rayfract</i>	<i>Inteligent re source-sismica a rifrazione</i>
<i>Reflector</i>	<i>Geogica-sismica a riflessione</i>
<i>Dwtomo 3d</i>	<i>Tomografia sismica 3d</i>

### **Modelli 1 D e rischio sismimico**

<i>Deep Soil</i>	<i>software libero-Risposta di sito modellazione 1D</i>
<i>Rexel</i>	<i>software libero-risposta di sito-terremoto di progetto</i>
<i>Shake 2000</i>	<i>Geo Motions-risposta di sito -modellazione 1D -liquefazione ecc.</i>
<i>Ciclic 1D</i>	<i>software libero-liquefazione</i>
<i>Lsr2d</i>	<i>Stacec-risposta sismica locale 2d</i>

**TUTTI I SOFTWARE COMMERCIALI IN NOSTRO POSSESSO SONO ORIGINALI E DOTATI DI ORIGINALE LICENZA**

## RILIEVI TROMOMETRICI

### Tromino Micromed



<b>Number of channels</b>	3+1 analog
<b>Amplifiers</b>	all channels with differential inputs
<b>Noise</b>	< 0.5 $\mu\text{V}$ r.m.s. @128 Hz sampling
<b>Input impedance</b>	$10^6$ Ohm
<b>Frequency range</b>	DC - 360 Hz
<b>Sampling frequency</b>	16384 Hz per channel
<b>Oversampling frequency</b>	32x, 64x, 128x
<b>A/D conversion</b>	$\geq 24$ bit equivalent
<b>Max analog input</b>	51.2 mV (781 nV/digit)

## CENNI TEORICI

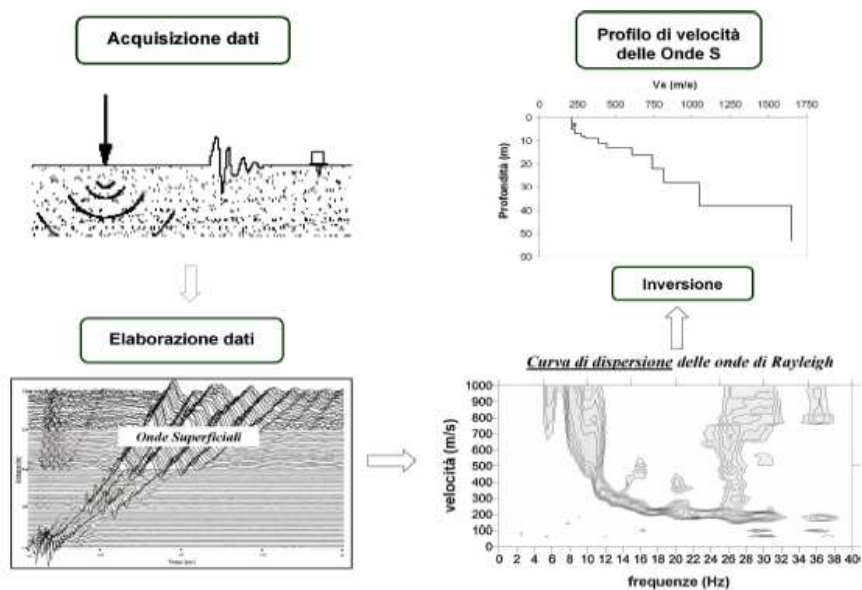
### MASW

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un'artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

Nel metodo di indagine passivo si registra il rumore di fondo.



La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di

fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curva di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S - profondità".

### **STRUMENTAZIONE USATA**

Ambrogeo2010SU

Numero dei canali 12

A/D conversione 24 bit

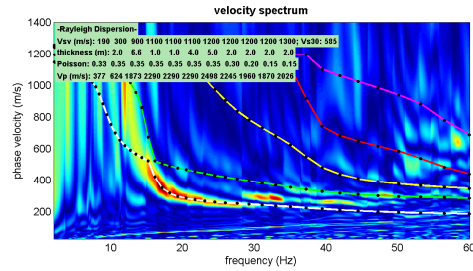
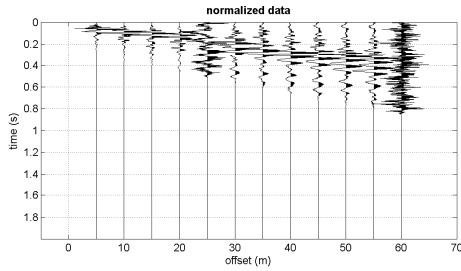
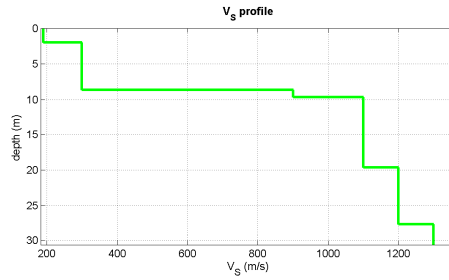
Geofoni da 4.5 hz verticali

### **SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE**

Generazione di onde P:

massa battente (mazza da 8 kg)

## MASW 1-H/V1



### Mean model

Vs (m/s): 190, 300, 900, 1100, 1100, 1100, 1200, 1200, 1200, 1200, 1300

Thickness (m): 2.0, 6.6, 1.0, 1.0, 4.0, 5.0, 2.0, 2.0, 2.0, 2.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.82 1.94 2.21 2.26 2.26 2.26 2.26 2.28 2.25 2.22  
2.21 2.23

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 66 175 1787 2729 2729  
2729 3278 3241 3193 3177 3761

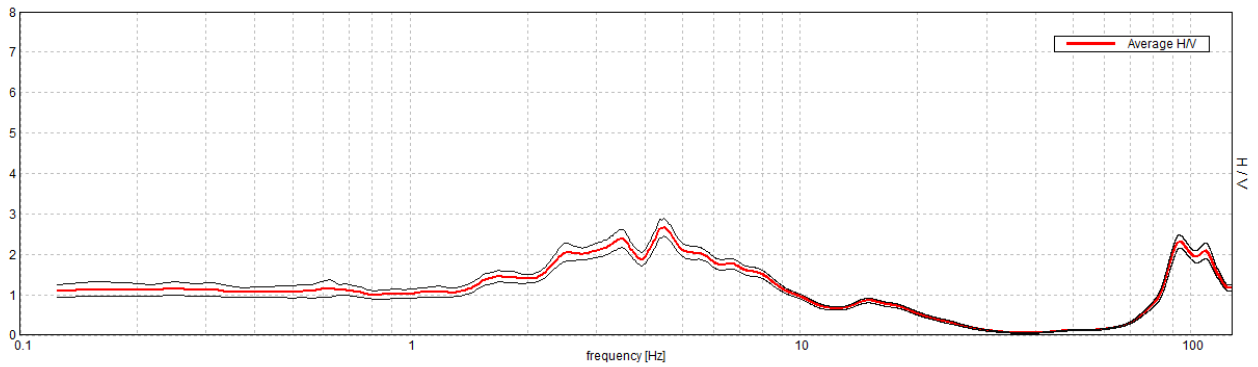
Vs30 (m/s): 585

Strumento: TRZ-0135/01-11  
Formato dati: 16 byte  
Fondo scala [mV]: n.a.  
Inizio registrazione: 01/07/20 11:50:36 Fine registrazione: 01/07/20 12:12:37  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

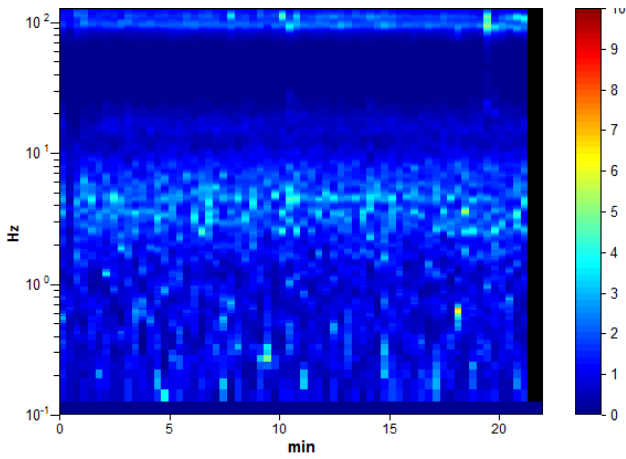
Durata registrazione: 0h22'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.  
Freq. campionamento: 256 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

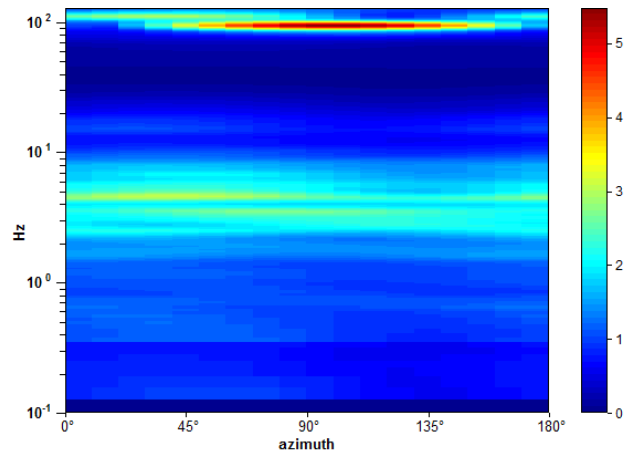
Picco H/V a  $4.47 \pm 0.84$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).



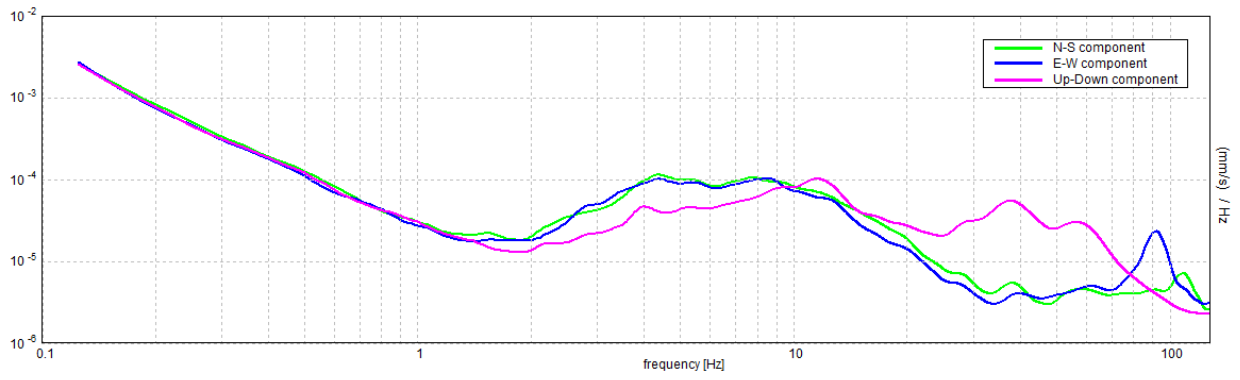
### SERIE TEMPORALE H/V



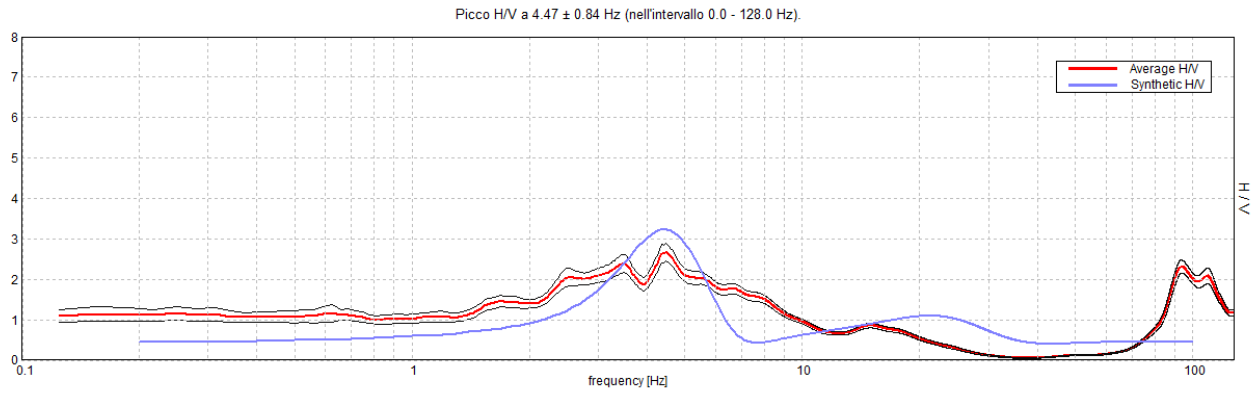
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



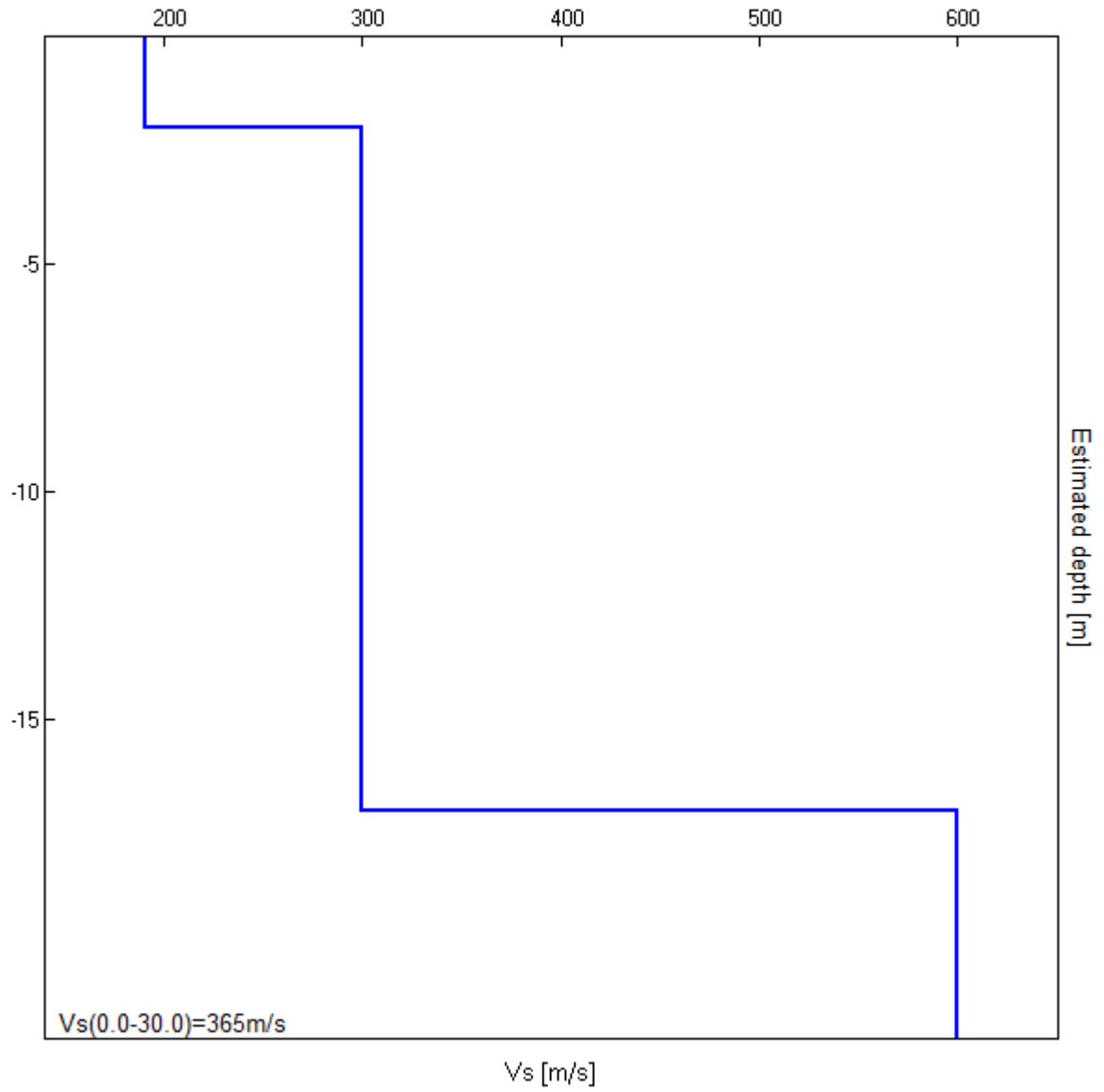
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	190	0.42
17.00	15.00	300	0.42
inf.	inf.	600	0.42

Vs(0.0-30.0)=365m/s





[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a  $4.47 \pm 0.84$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5898.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 216	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

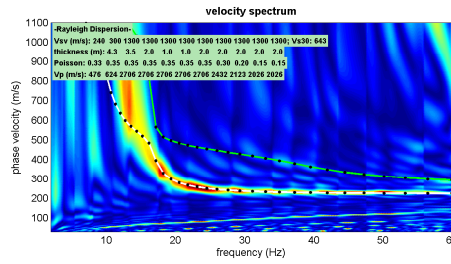
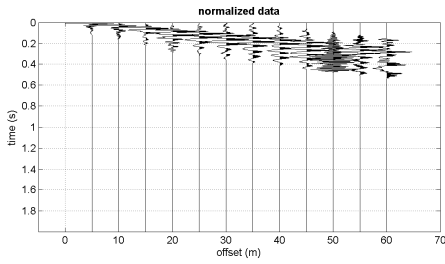
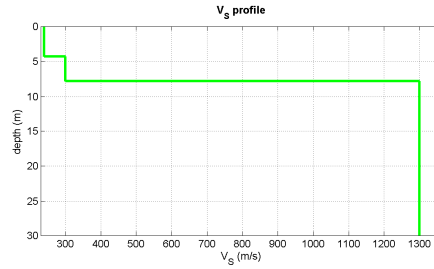
Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.5 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.469 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.67 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18711  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.83613 < 0.22344$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2191 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## MASW 2 H/V2



### Mean model

V<sub>s</sub> (m/s): 240, 300, 1300, 1300, 1300, 1300, 1300, 1300, 1300, 1300, 1300, 1300

Thickness (m): 4.3, 3.5, 2.0, 1.0, 1.0, 2.0, 2.0, 2.0, 2.0, 2.0, 2.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.87 1.94 2.30 2.30 2.30 2.30 2.30 2.27 2.24 2.23 2.23

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 108 175 3881 3881 3881 3881 3881 3881 3837 3781 3761 3761

## CEMENTIFICIO,

Strumento: TRZ-0135/01-11

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 01/07/20 12:54:37 Fine registrazione: 01/07/20 13:16:38

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h22'00".

Analizzato 94% tracciato (selezione manuale)

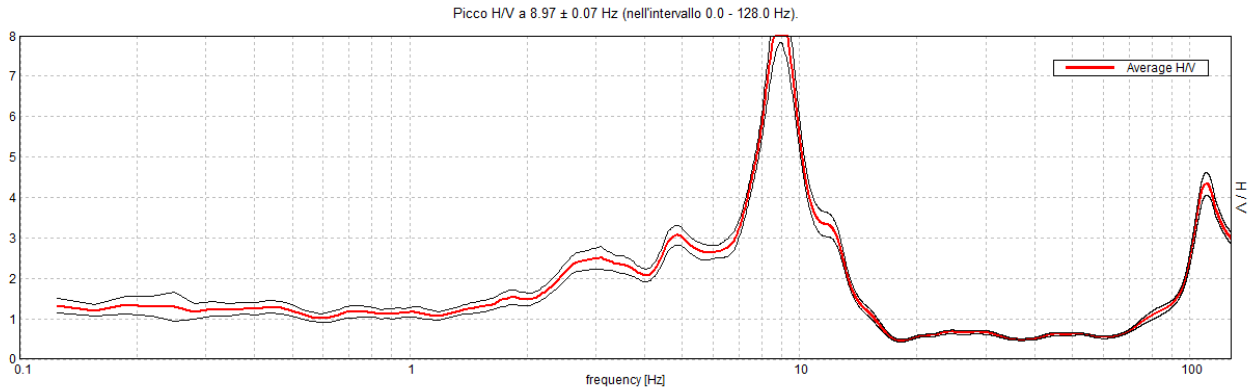
Freq. campionamento: 256 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

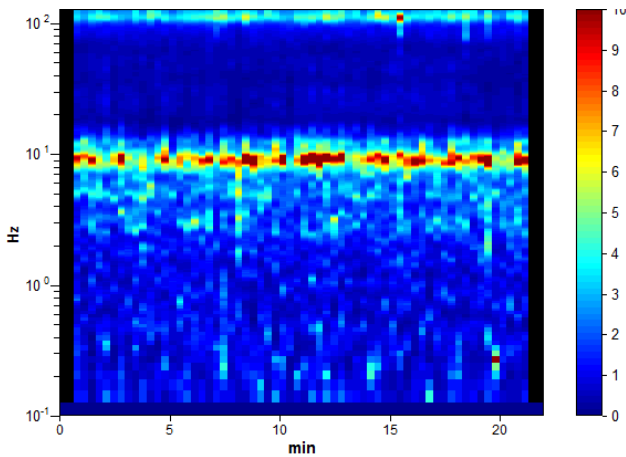
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

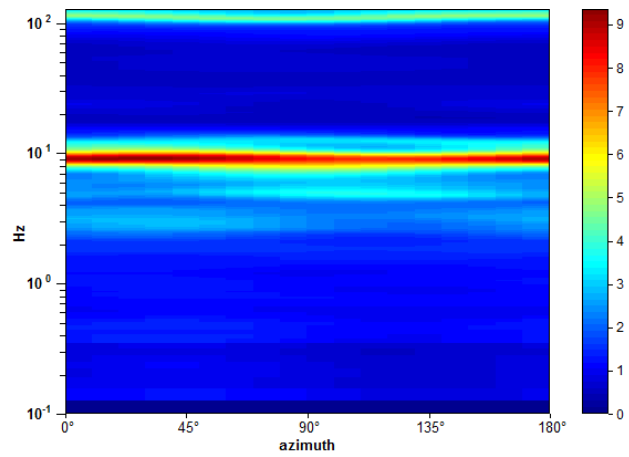
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



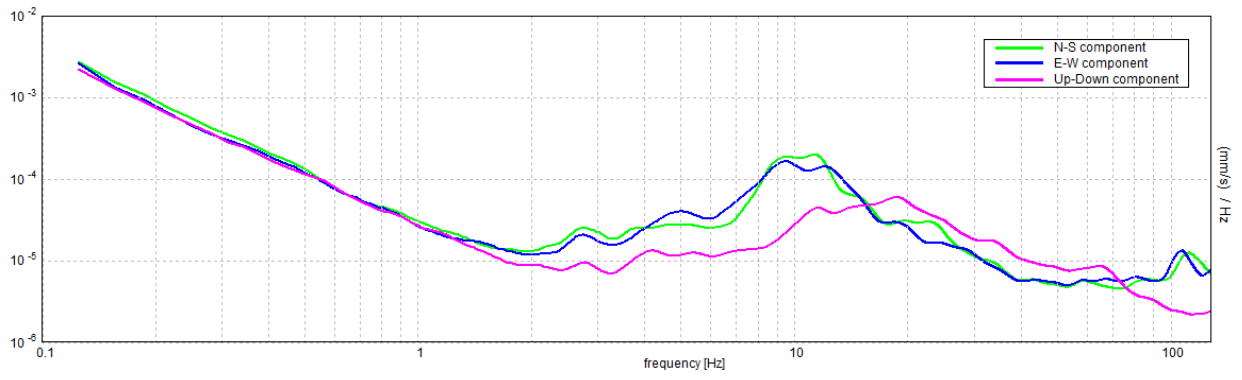
### SERIE TEMPORALE H/V



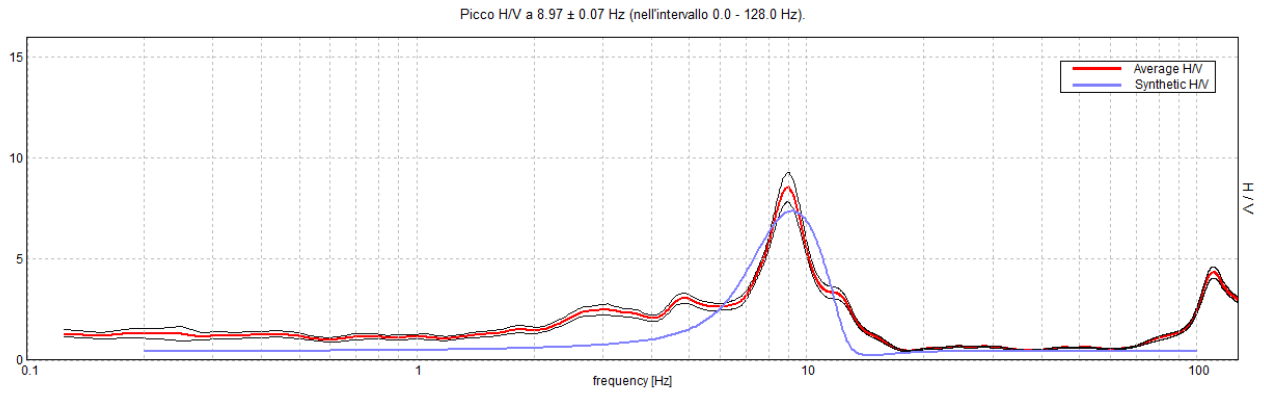
### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

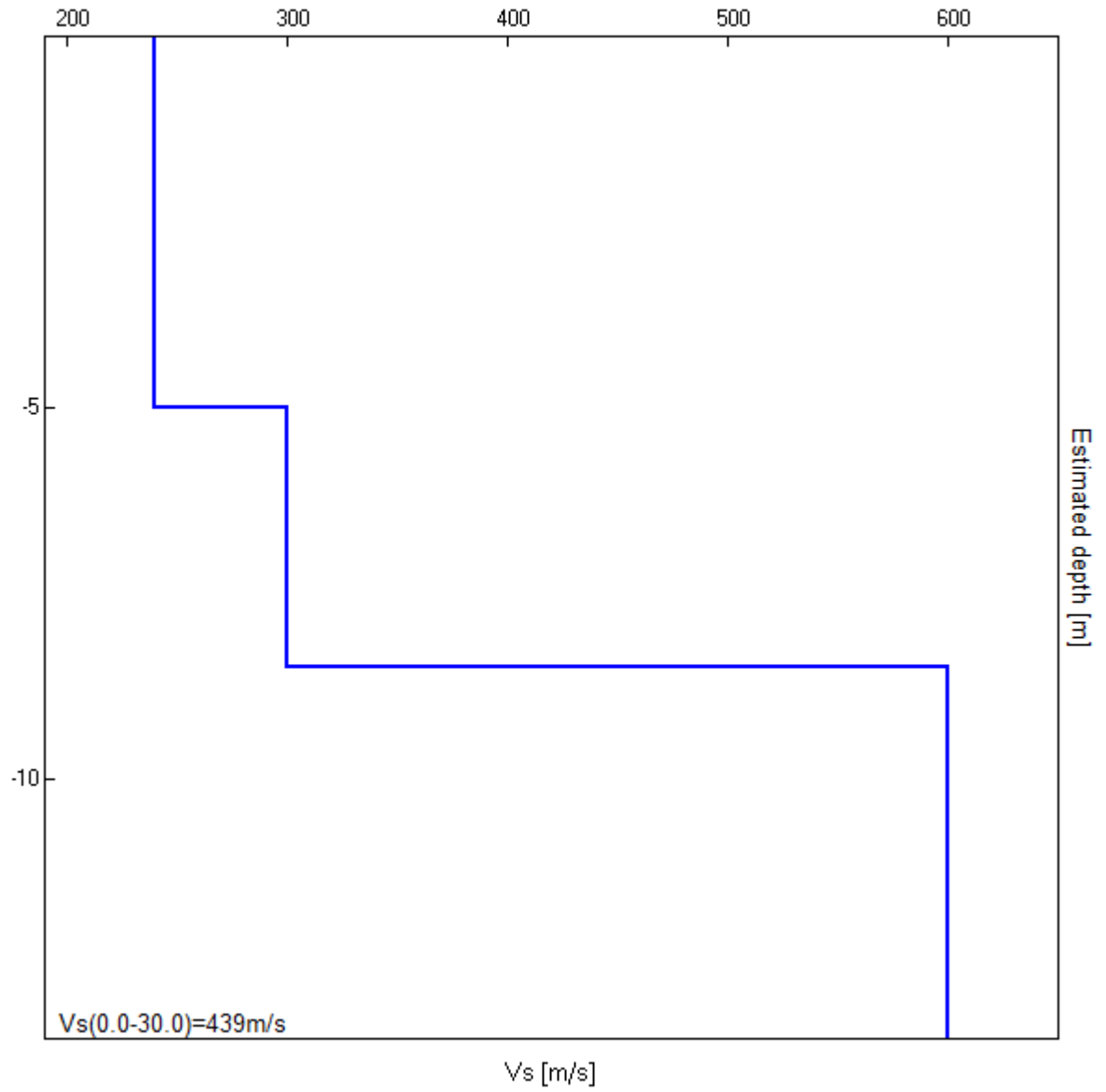


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
5.00	5.00	240	0.42
8.50	3.50	300	0.42
inf.	inf.	600	0.42

Vs(0.0-30.0)=439m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a  $8.97 \pm 0.07$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$8.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$11121.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 432	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.469 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.469 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$8.55 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00806  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.07231 < 0.44844$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7245 < 1.58$	OK	

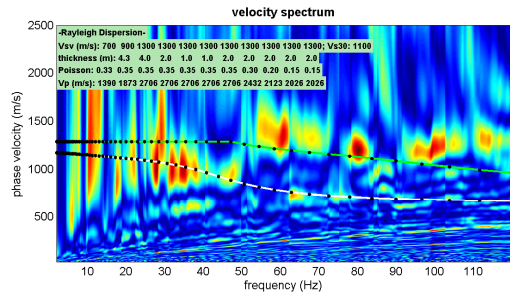
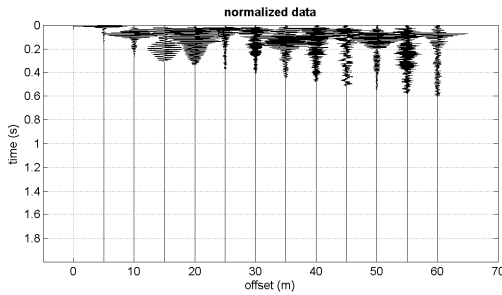
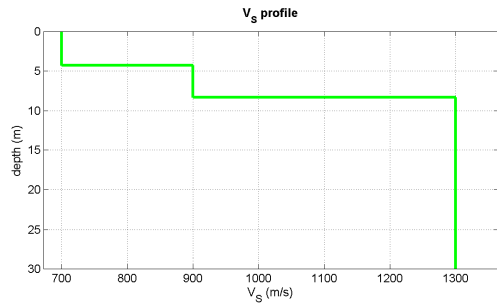
$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



# MASW 3-H/V 3



## Mean model

Vs (m/s): 700, 900, 1300, 1300, 1300, 1300, 1300, 1300, 1300, 1300, 1300

Thickness (m): 4.3, 4.0, 2.0, 1.0, 1.0, 2.0, 2.0, 2.0, 2.0, 2.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 2.13 2.21 2.30 2.30 2.30 2.30 2.30 2.27 2.24 2.23 2.23

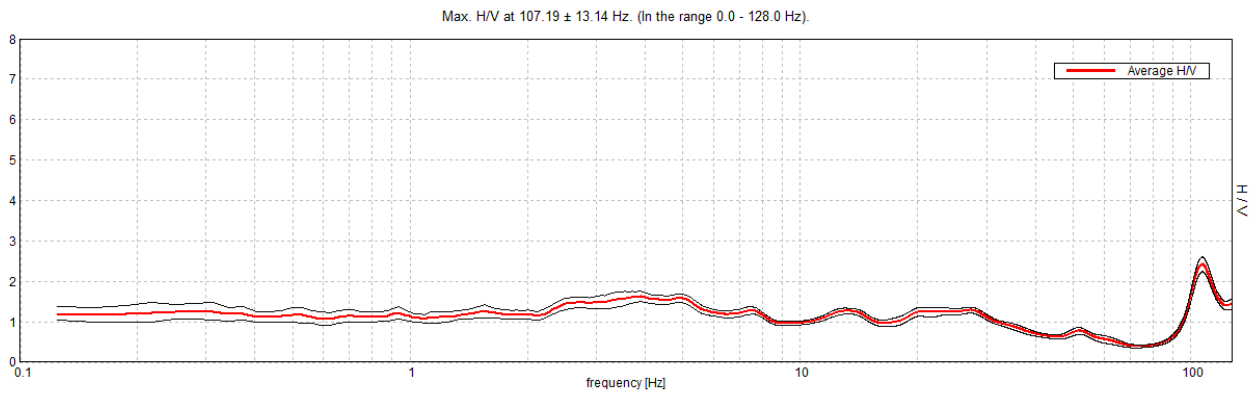
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 1046 1787 3881 3881 3881 3881 3881 3837 3781 3761 3761

Vs30 (m/s): 1100

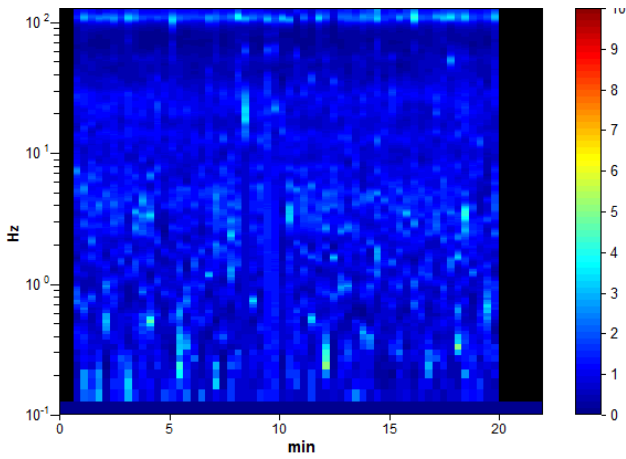
Strumento: TRZ-0135/01-11  
Formato dati: 16 byte  
Fondo scala [mV]: n.a.  
Inizio registrazione: 01/07/20 13:46:16 Fine registrazione: 01/07/20 14:08:16  
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h22'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 256 Hz  
Lunghezza finestre: 20 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 10%

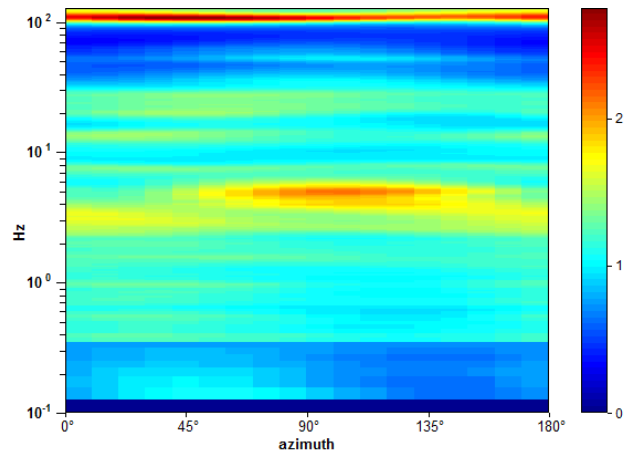
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



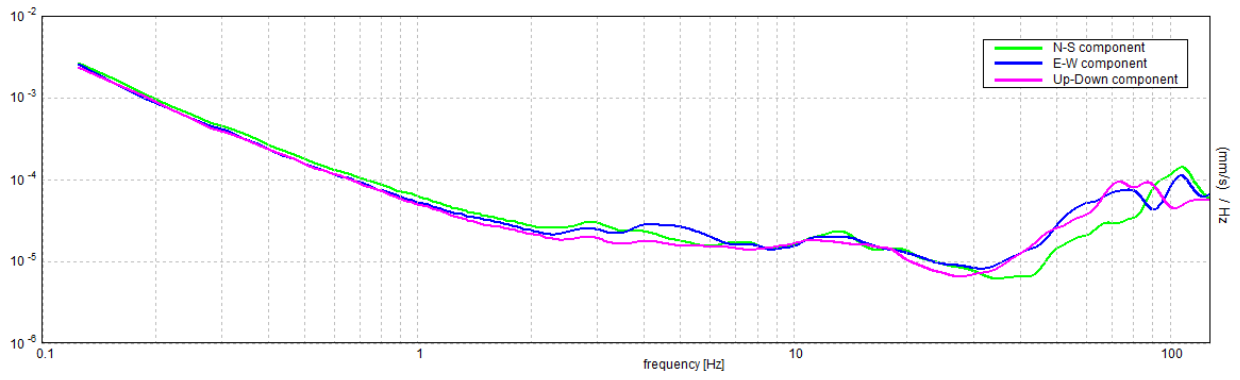
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a 107.19 ± 13.14 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**  
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	107.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	124337.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 2382	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**  
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

<b>Esiste f<sup>-</sup> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	97.344 Hz	OK	
<b>Esiste f<sup>+</sup> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>			NO
$A_0 > 2$	2.42 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12254  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	13.13507 < 5.35938		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1799 < 1.58	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f <sup>-</sup>	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f <sup>+</sup>	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## **SISMICA A RIFRAZIONE** **CENNI TEORICI**

La metodologia della sismica a rifrazione consiste nel produrre delle onde sismiche nel terreno tramite una energizzazione (scoppio), tale energia può essere generata tramite un grave che percuote il terreno (martello o peso), oppure tramite lo scoppio di una carica esplosiva.

In particolare la sismica a rifrazione studia il comportamento dell'onda rifratta.

Tale onda, viaggiando all'interfaccia fra due mezzi a differente velocità, manda in superficie una serie di segnali (vibrazioni) che vengono registrati da degli accelerometri (geofoni).

Tali geofoni, posti ad un'equidistanza nota l'uno dall'altro vanno a formare la stesa sismica. L'indagine procede energizzando in posizioni note.

Il segnale così registrato viene convogliato ad una scheda di conversione A/D, e quindi registrato e conservato in memoria.

L'acquisizione dei dati da parte del sismografo parte quando un particolare circuito ("trigger") viene attivato dall'energizzazione nel terreno.

Per ogni registrazione viene registrato un segnale, costituito da una traccia per ciascun geofono, riconoscendo su ciascuna traccia il primo arrivo dell'onda rifratta si genera una retta, detta dromocrona, dall'inclinazione della quale si può risalire alla velocità ed alla geometria (interpolando più dromocrone) dei rifrattori.

Le metodologie di interpretazioni dei dati vanno dalle più semplici (metodo delle intercette) che richiedono solo 2 scoppi per profilo, al metodo del reciproco (Hokins 1957) e del reciproco generalizzato (G.R.M. Palmer 1980) che richiedono 5-7 scoppi per profilo, fino alle tecniche tomografiche, che richiedono almeno 7 scoppi per stendimento.

Le basi su cui si fonda ogni tecnica sono differenti, così come è crescente la complessità dell'elaborazione, tant'è che i G.R.M e soprattutto le tecniche tomografiche sarebbero improponibili senza l'ausilio di computer.

L'elaborazione che restituisce ogni tecnica risulta via via più completa e dettagliata, fino ad arrivare a una mappatura di discontinuità molto articolate ottenibile con le più moderne tecniche tomografiche.

## **PRINCIPALI LIMITI DELLA TECNICA SISMICA RIFRAZIONE**

Il limite principale della sismica a rifrazione sta nel fatto che tale tecnica presuppone un incremento costante della velocità andando in profondità.

Se, ad esempio, abbiamo un modello in cui sotto uno strato continuo di argilla dura abbiamo della sabbia molle, ed al disotto di questa roccia, il passaggio fra argilla e sabbia non produce rifrazione, ed il modello che ricostruirò sarà un modello di terreno errato.

Per questo le indagini sismiche andranno sempre accoppiate, soprattutto in situazioni dove inversioni di velocità sono frequenti (ad esempio i depositi quaternari) ad indagini geotecniche dirette.

Tali inconvenienti sono stati parzialmente risolti dalle tecniche tomografiche, dove tramite il "ray tracing" è possibile stabilire il percorso del raggio sismico ed individuare zone (sempre che siano limitate ad una parte interna allo stendimento) dove è avvenuta un'inversione di velocità, caratterizzate da un'assenza di copertura dei medesimi.

## SISMICA A RIFLESSIONE

Per sismica a riflessione si intende quel ramo della sismica che studia le caratteristiche del sottosuolo tramite l'utilizzo dell'onda riflessa.

In particolare questa tipologia di prospezione riesce a indagare profondità più elevate della rifrazione e non soffre delle problematiche dell'inversione di velocità.

Di contro il segnale riflesso non risulta evidente come l'onda rifratta o l'onda diretta, necessita quindi di tutta una serie di accorgimenti sia in acquisizione che in fase di trattamento dati.

Quando un'onda incidente incontra una repentina variazione nelle caratteristiche elastiche del mezzo, come un'interfaccia separante due mezzi aventi impedenze acustiche diverse, genererà un'onda riflessa e un'onda rifratta; la prima continuerà a viaggiare nello stesso mezzo del raggio incidente, mentre la rifratta si propagherà nello strato inferiore con conseguente cambio della direzione di propagazione del raggio.

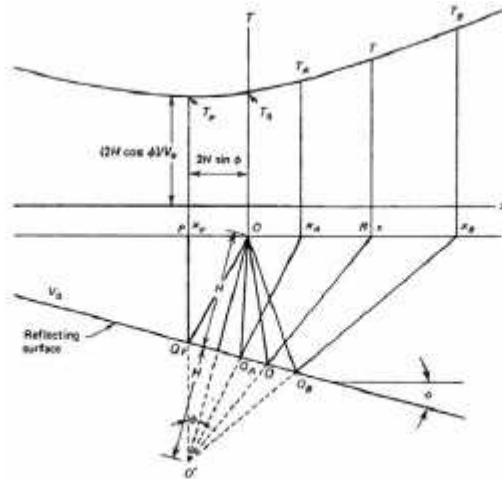
Gli echi così generati sulle varie discontinuità presenti nel sottosuolo torneranno poi in superficie dove verranno intercettati dai geofoni; questi registrano il tempo che intercorre tra la generazione dell'onda acustica e il suo arrivo alla superficie dopo aver percorso il tragitto nella sottosuperficie.

L'insieme di tutti gli eventi, siano essi segnale utile o rumore, registrati da un geofono formano una traccia sismica. L'insieme delle tracce registrate simultaneamente dall'intero array di sensori in risposta ad una singola energizzazione (shot) formano un record sismico (shot gather). Successivamente, attraverso apposite sequenze di elaborazione, sarà possibile ottenere un'immagine sismica che meglio rappresenta la struttura della sottosuperficie a partire dai vari record sismici che costituiscono la linea d'acquisizione.

Tramite appositi sistemi di energizzazione sono quindi generate onde nel sottosuolo che vengono

progressivamente registrate in superficie da una o più catene (array) di ricevitori (geofoni).

L'equazione matematica che descrive la curva di un segnale riflesso è di tipo iperbolico:



Traiettoria dei raggi sismici su un riflettore inclinato e relativo diagramma tempo-distanza.

## METODOLOGIA DI INDAGINE

Sono stati usati geofoni da 60 hz, si sono eseguite 15 battute e sono stati usati 32 geofoni



I files sono stati quindi trattati dal software Reflector della Geogiga, seguendo il sottostante schema di lavoro.

Assegnazione geometria

Gain

Filtro tipo butterwoth-band pass

Filtro F K

Filtro-Taup

Muting primi arrivi

Analisi delle velocità

Confronto con sezione sismotomografica

Creazione di una sezione di velocità

Passaggio ad analisi dati in common shot

NMO correction

Correzione statica (inserimento topografia)

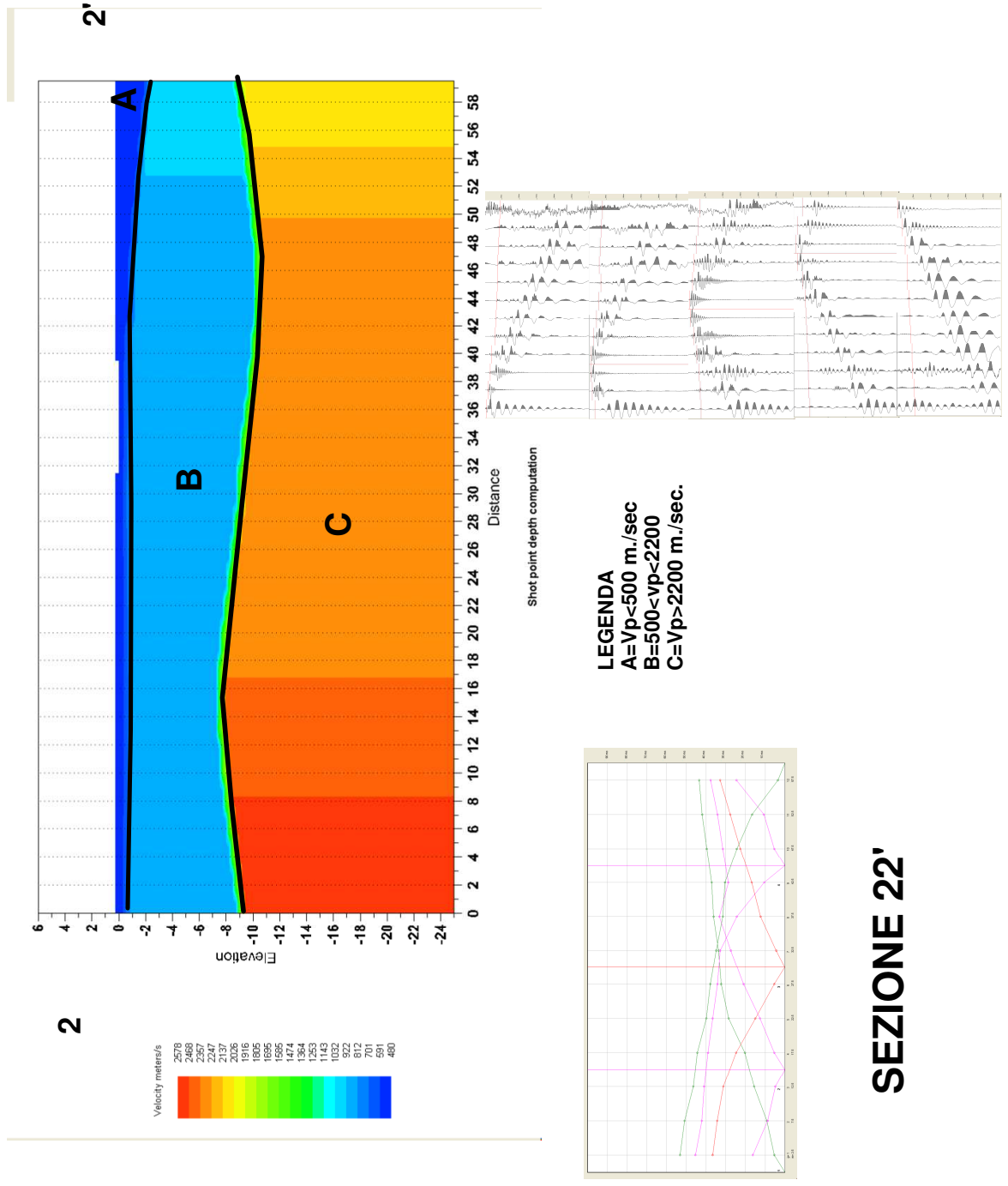
Stack nei tempi

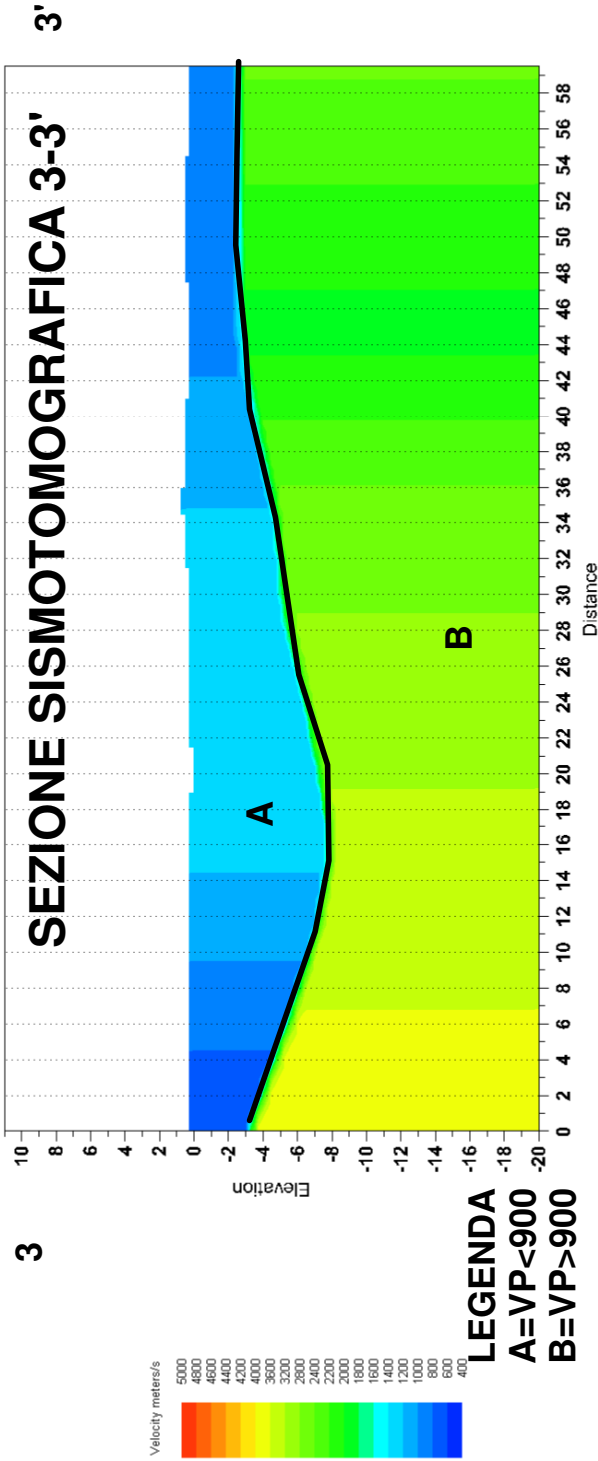
Poststack migration

Deconvoluzione predittiva

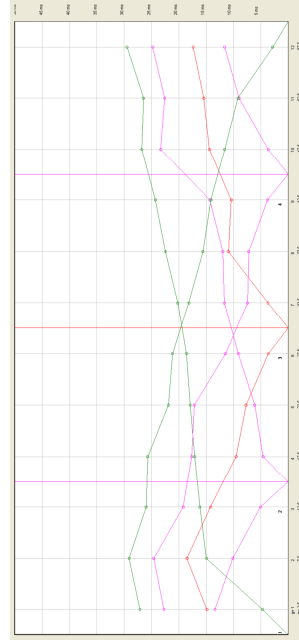
Aggiustamento velocità

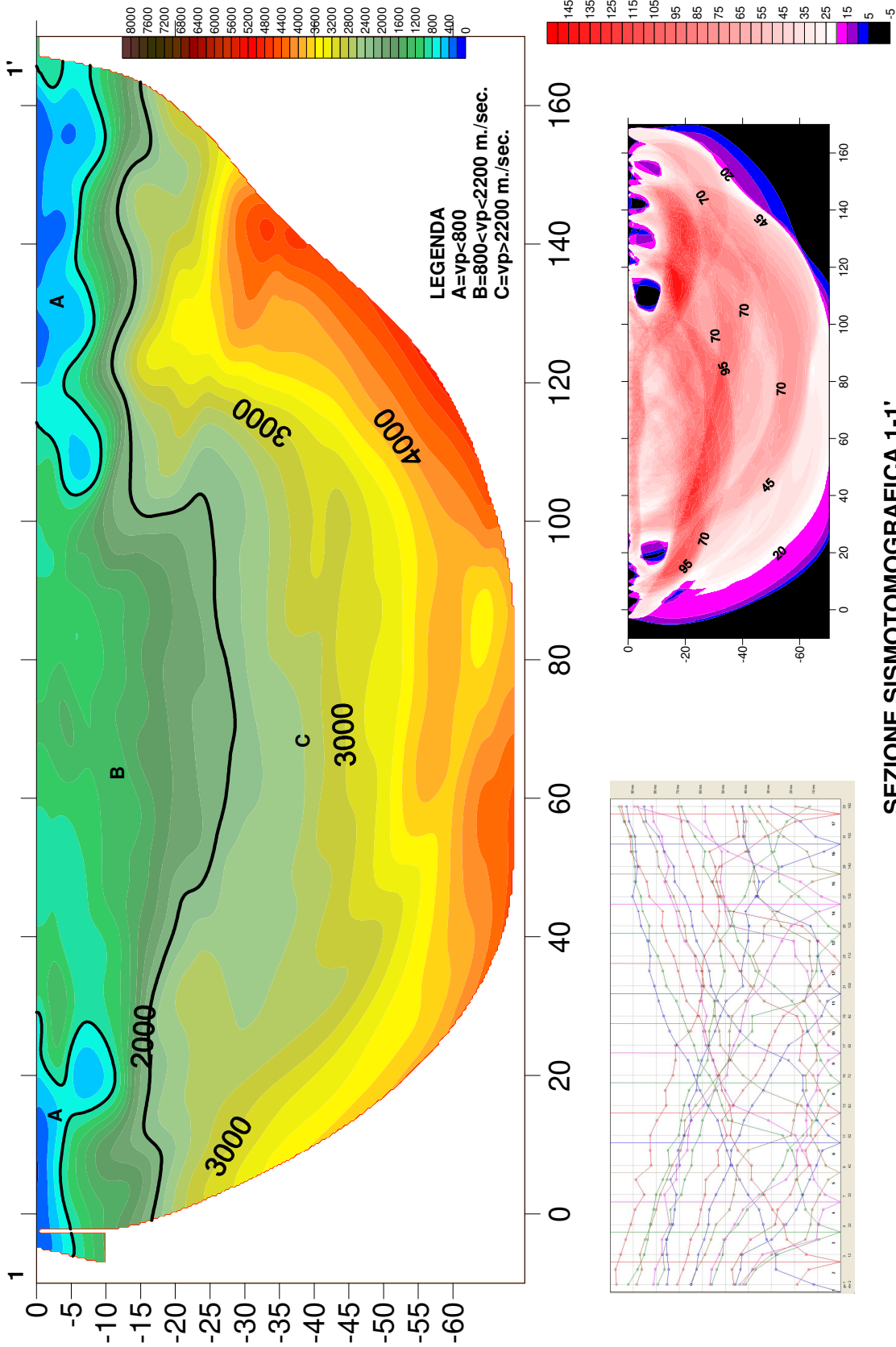
Stack nelle profondità

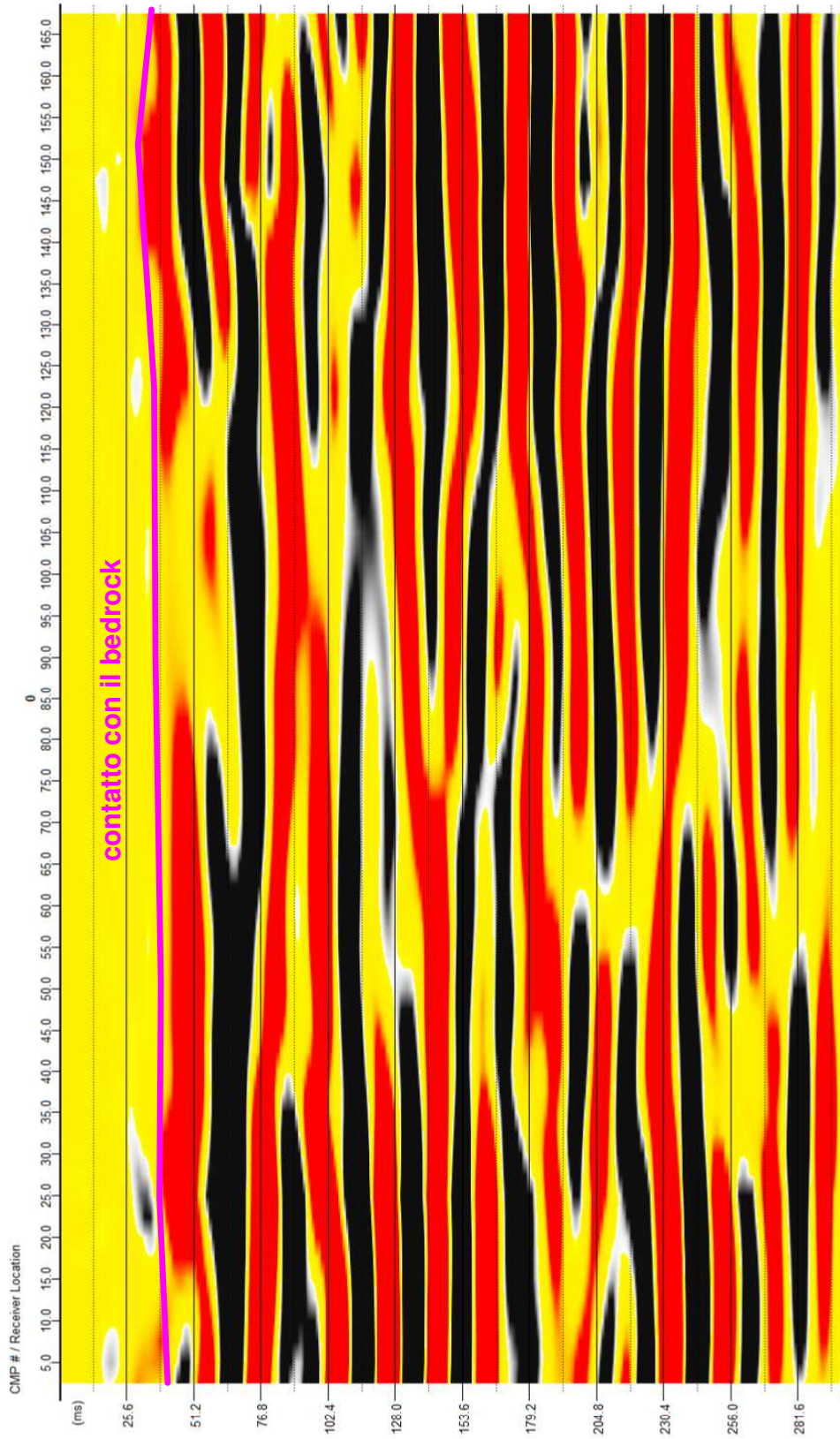




Shot point depth computation







## SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA A RIFLESSIONE-TEMPI

## COMMENTO ALLE INDAGINI SVOLTE

Si sono svolte 4 differenti tipi di indagine, sismica a rifrazione, Masw, tromometrie e sismica a riflessione.

La peculiarità del sito indagato consisteva nel fatto che tutta la superficie era coperta da cemento e, probabilmente vi erano molte strutture sepolte.

Quindi la sismica a rifrazione risulta affidabile solo nella rifrazione 1-1', mentre nelle altre 2 vè letta in concomitanza con i dati di masw ed h/v.

Questi indicherebbero roccia pseudo affiorante nel sondaggio 3-3',

Il bedrock tenderebbe poi ad approfondirsi fino ad una profondità compresa fra i 15 ed i 25 metri rilevata nei rilievi fatti lungo la linea 1-1', e nel masw ed H/V 2-2'.

### SEZIONE 1-1

I dati di rifrazione e riflessione ed H/V tendono a convergere nel definire il contatto con il litoide a circa 20-25 metri, maggiormente profondo al centro dello stendimento.

Il masw tende a segnalare un forte gradino intorno a 8 metri.

### SEZIONE 2-2'

I dati della rifrazione sono poco attendibili. Masw ed H/V segnalano un contatto sui 10 metri.

### SEZIONE 3-3'

Litoide superficiale

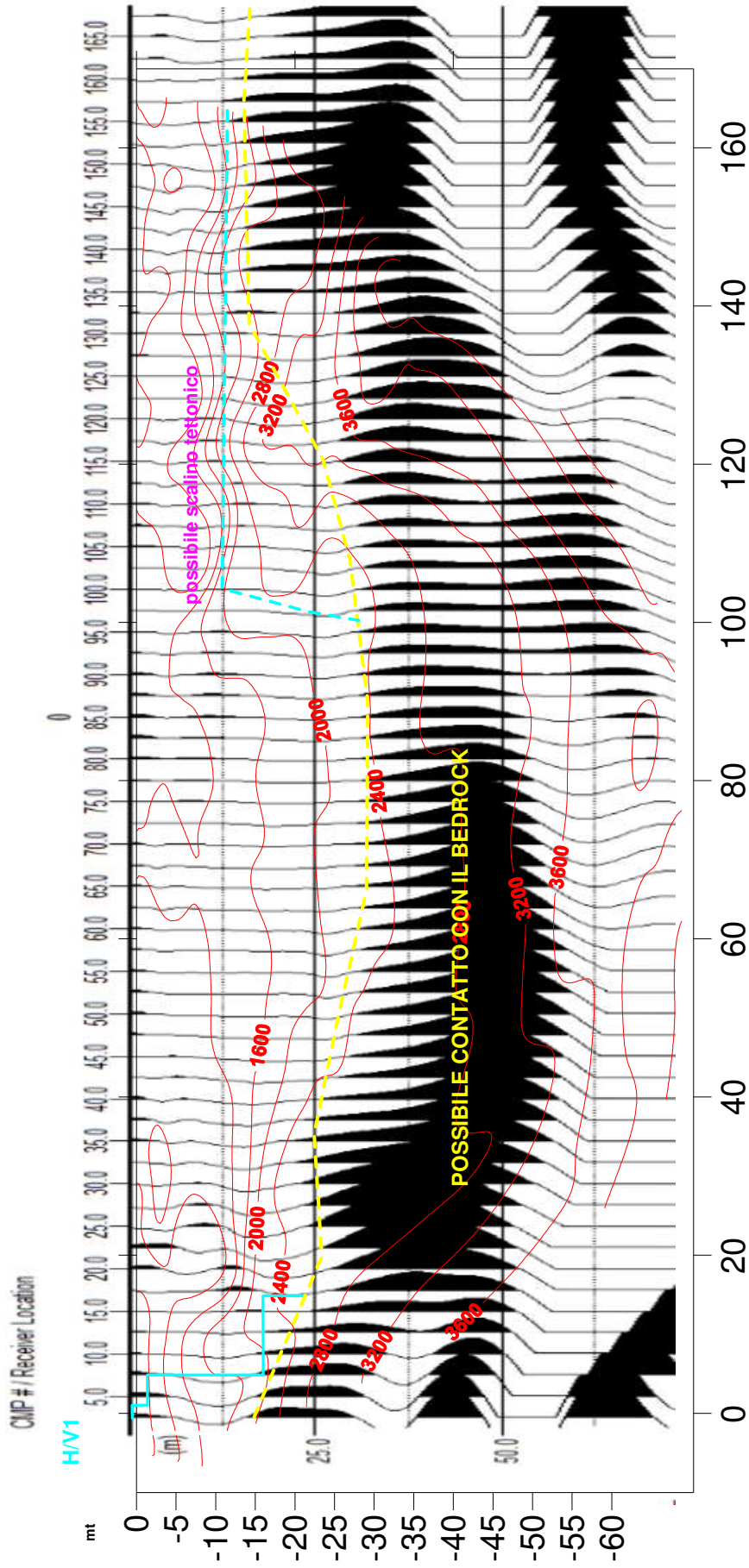
In conclusione, il litoide sembra passare da semiaffiorante, nella parte iniziale del complesso, ad una profondità prossima ai 20 metri nella parte finale.

Si consiglia una classe E

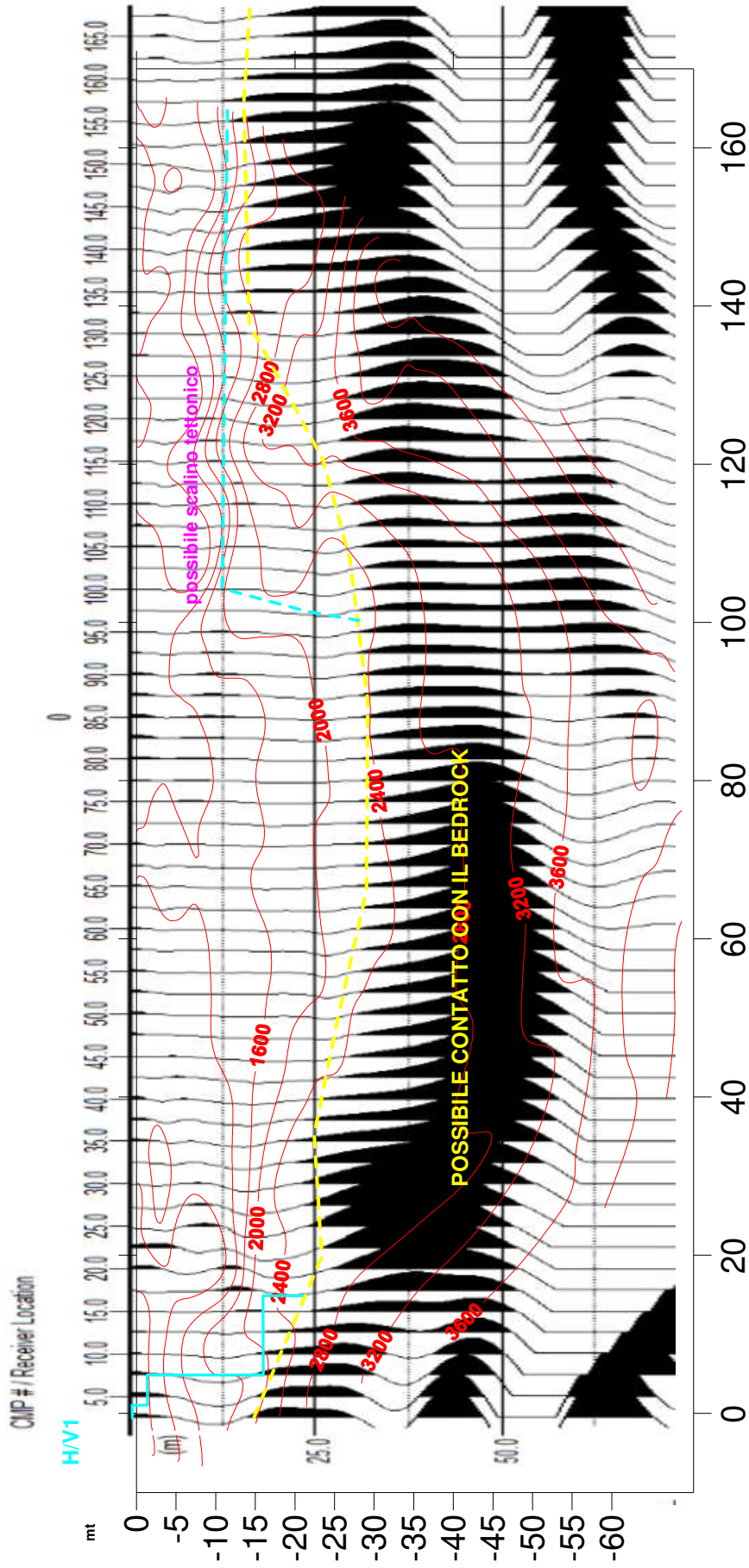
**AREZZO 07-07-2020**

**GALILEO GEOFISICA**



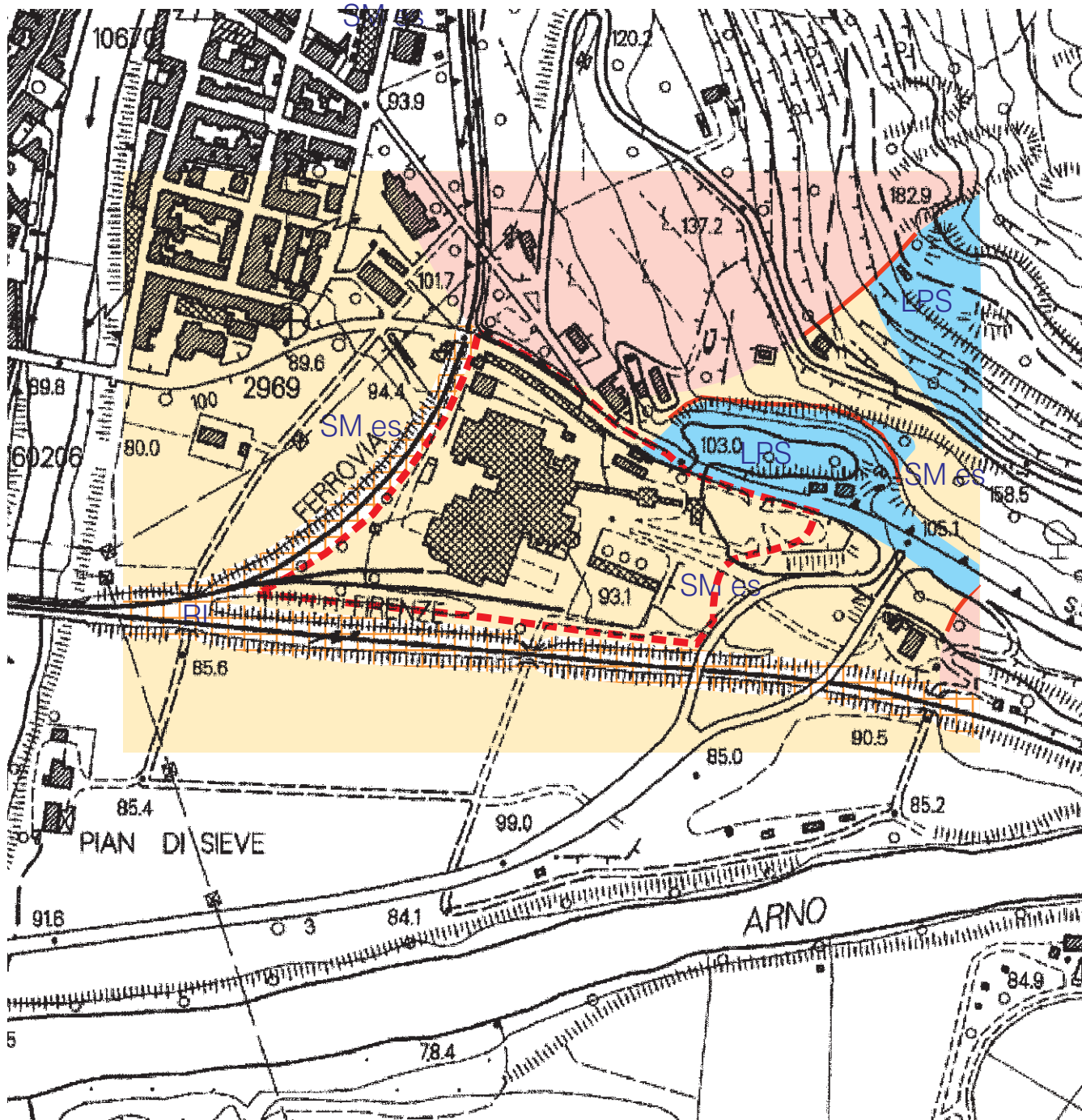


## SISMICA ARIFLESSIONE e RIFRAZIONE









## SISMICA ARIFLESSIONE e RIFRAZIONE

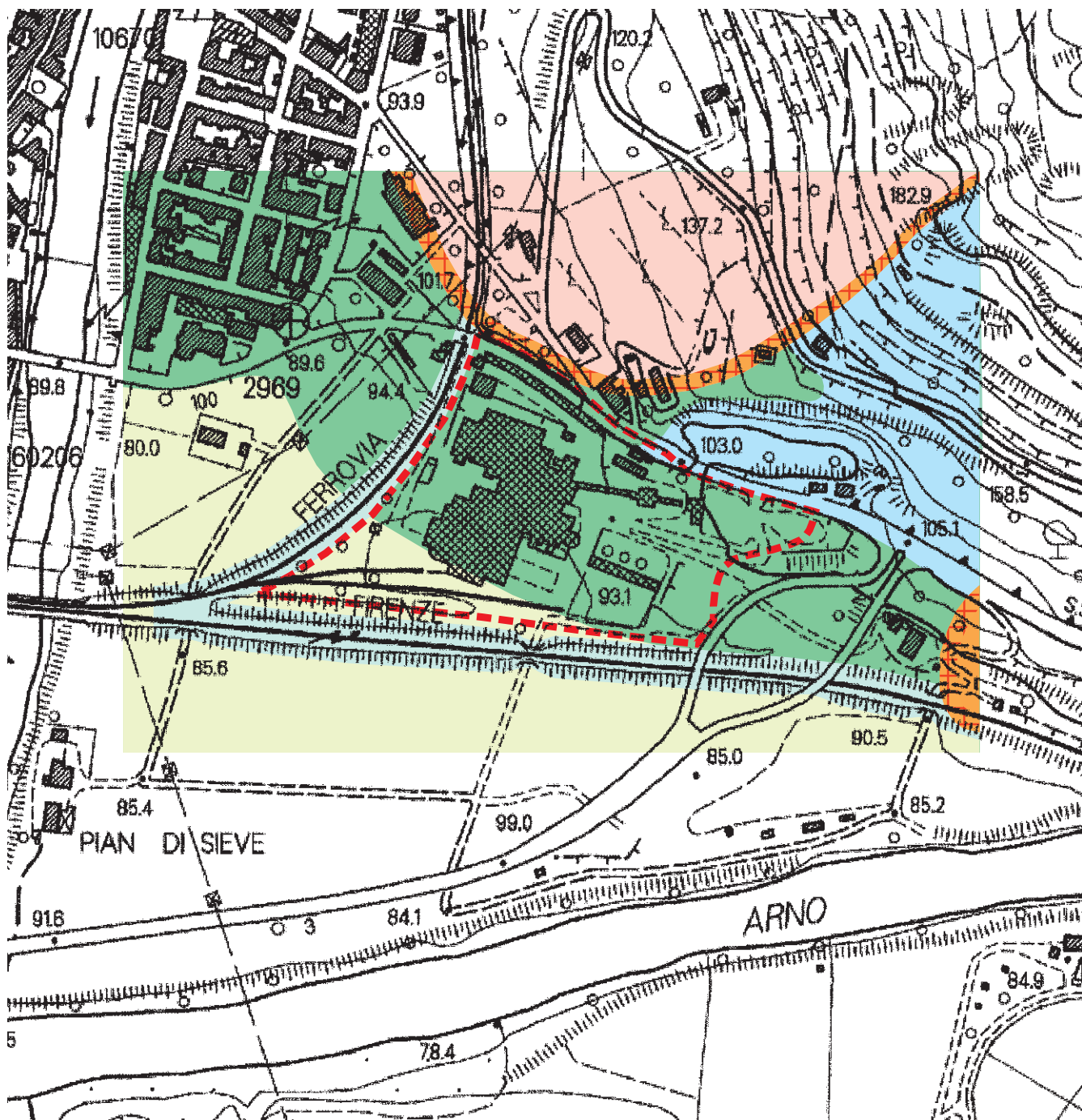




CARTA GEOLOGICO-TECNICA





1:5.000

-  Orlo di scarpata
-  Scorrimento - quiescente
-  Terreni contenenti resti di attività antropica
-  Sabbie limose, miscela di sabbie e limo di ambiente fluvio-lacustre
-  Lapideo stratificato
-  Area interessata dall'intervento





CARTA DELLE MICROZONE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) 1:5.000

Zona stabile suscettibile di amplificazione locale

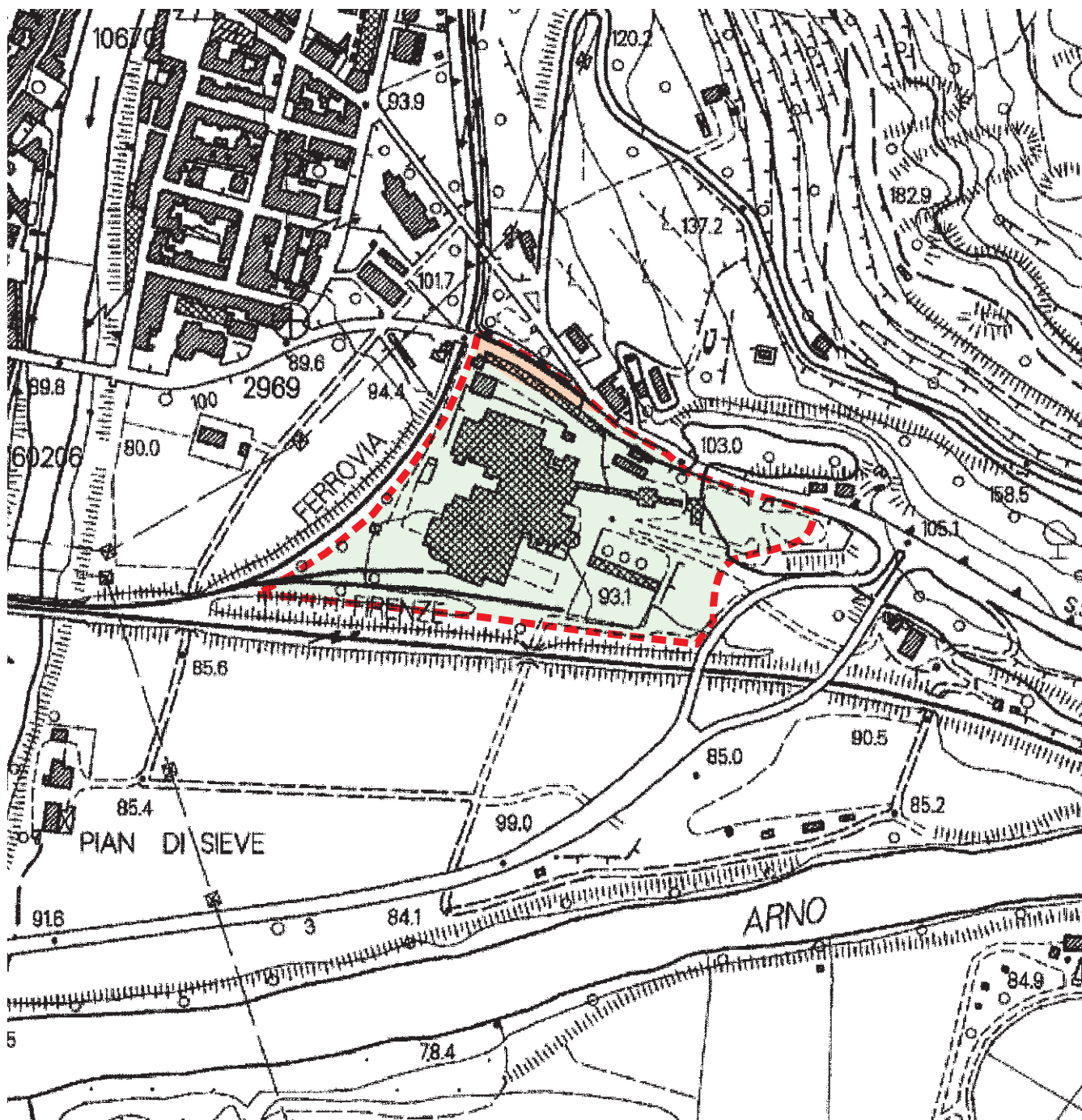
-  2001 - z1 (> 15° possibili effetti topografici)
-  2004 - z4
-  2018 - z18
-  2025 - z25

Zona di attenzione per instabilità

-  3022 - ZA4FR\_Q
-  3070



Zona interessata dall'intervento



CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

1:5.000



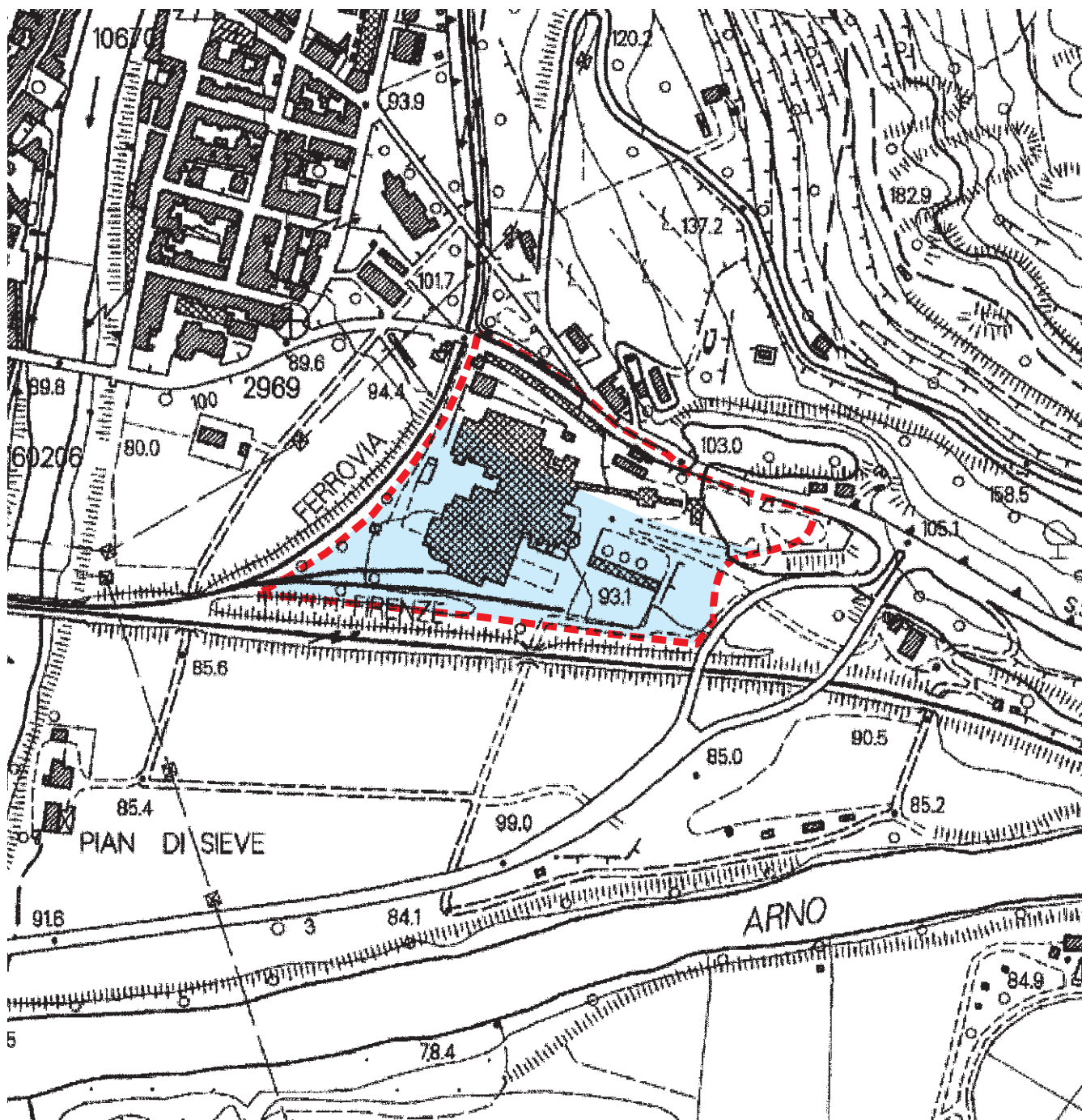
PERICOLOSITA' ELEVATA: area dove è presente la fascia di influenza di una frana quiescente, con potenziale instabilità connessa a giacitura, acclività, a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, a processi fluviali o degrado di carattere antropico.



PERICOLOSITA' MEDIA: area in cui dalla valutazione degli elementi geomorfologici, litologici, giacaturali risulta una bassa propensione al dissesto.



Area interessata dall'intervento



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

1:2.000



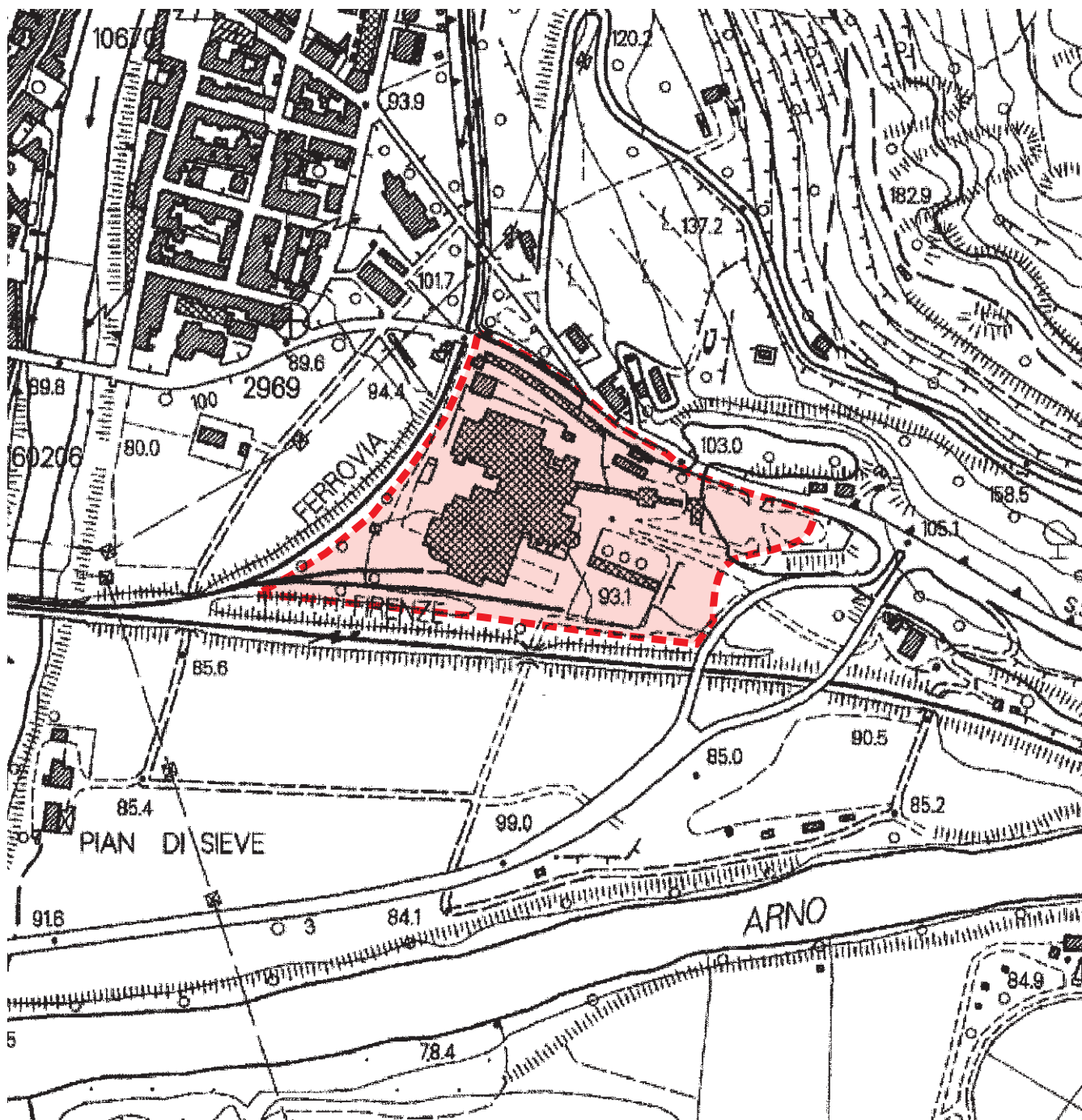
P.I.2 - media: area con pericolo di fenomeni di alluvionamento con tempi di ritorno superiore a 200 anni.



P.I.1 - bassa: area in situazione di alto morfologico



Area interessata dall'intervento



CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

1:5.000



PERICOLOSITA' ELEVATA: area suscettibile di amplificazione locali per contrasto di impedenza sismica entro alcune decine di metri o da instabilità di versante dovuta alla presenza di una frana quiescente.



Area interessata dall'intervento