

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI TORINO

COMUNE DI BUSSOLENO

SCUOLA SECONDARIA DI 1° GRADO
"E. FERMI"

VERIFICHE STATICHE

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO
SULLE INDAGINI
(D.M. 14/01/2008)

A blue ink signature is written over a circular professional stamp. The stamp contains the text: "ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE", "MASSIMO CECCUCCI", "GEOLOGO", "A.P. SEZ. A", and "N. 475". The outer ring of the stamp reads "ALBO PROFESSIONALE".

Dott. Geol. Massimo Ceccucci

APRILE 2013

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI TORINO

COMUNE DI BUSSOLENO

SCUOLA SECONDARIA DI 1° GRADO E. FERMI

VERIFICHE STATICHE

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO
SULLE INDAGINI
(D.M. 14/01/2008)

APRILE 2013

INDICE

PREMESSA	1
1. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	2
1.1 <i>Inquadramento normativo</i>	2
1.2 <i>Inquadramento geografico</i>	4
1.3 <i>Inquadramento geomorfologico e geologico</i>	4
2. IDROGRAFIA DI SUPERFICIE E ASSETTO IDROGEOLOGICO	6
3. PERICOLOSITÀ DELL'AREA	7
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE	8
4.1 <i>Pozzetti geognostici</i>	9
4.2 <i>Prove penetrometriche dinamiche</i>	11
4.2.1 <i>Generalità</i>	11
4.2.2 <i>Risultati</i>	12
4.3 <i>Indagine sismica MASW</i>	16
4.3.1 <i>Modalità esecutiva</i>	16
4.3.2 <i>Strumentazione utilizzata</i>	17
4.3.3 <i>Risultati indagine</i>	17
5. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE, MODELLO GEOTECNICO E AZIONE SISMICA	21
5.1 <i>Assetto litostratigrafico locale</i>	21
5.2 <i>Modello geotecnico del sottosuolo</i>	23
5.3 <i>Azione Sismica</i>	24
5.3.1 <i>Categoria del sottosuolo</i>	24
5.3.2 <i>Condizioni topografiche</i>	24
6. CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE	24

PREMESSA

Il presente studio è stato realizzato su incarico del Comune di Bussoleno (determinazione num. 78-33 del 21/02/2013) a supporto delle verifiche statiche attinenti l'edificio scolastico "E. Fermi" sito in Via Don Prinetto n. 2 nel Comune di Bussoleno (TO).

La finalità dello studio è la definizione del modello geotecnico del sottosuolo e il riconoscimento del profilo stratigrafico per la definizione dell'azione sismica quali elementi necessari per le verifiche strutturali.

Per ottenere tali elementi i giorni 8 e 9 aprile 2013 è stata realizzata una campagna di indagini che ha comportato l'esecuzione di:

- *n. 2 pozzetti geognostici;*
- *n. 5 prove penetrometriche dinamiche;*
- *n. 1 indagine sismica di tipo MASW.*

L'elaborato ottempera alle disposizioni indicate nel D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) per quanto attiene alle indagini geologico-tecniche e alla classificazione sismica del territorio.

Quanto espresso nel seguito riassume i risultati delle indagini condotte e le osservazioni raccolte in sito e fa altresì riferimento a quanto indicato nella documentazione reperita presso l'Ufficio Tecnico Comunale, nelle tavole di progetto fornite dal Committente e nella documentazione bibliografica disponibile.



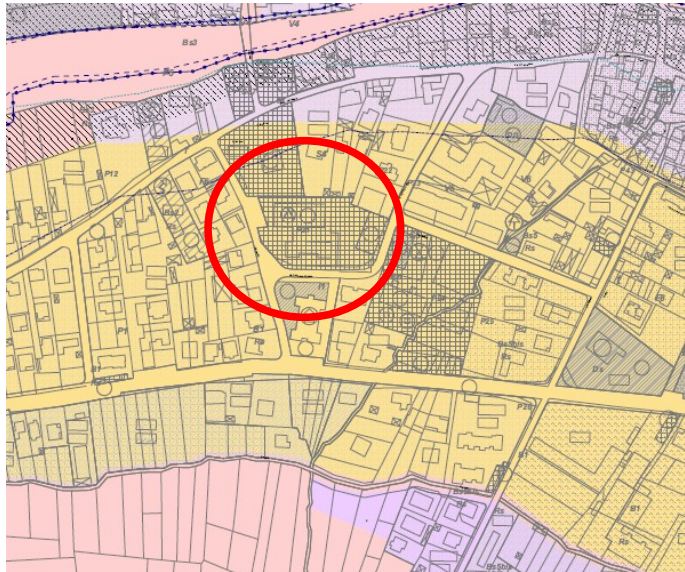
Susa, 30 aprile 2013

Dott. Geol. Massimo Ceccucci

1 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

1.1 Inquadramento normativo

Nella Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica, elaborato redatto dalla Sea Consulting a firma del dott. geol. D. Fontan, il polo scolastico è perimetrato entro la Classe II z2 (figura 1).



Classe II z2

Aree ricadenti su settori di conoidi stabilizzati in cui il fattore penalizzante è la possibile presenza di pochi centimetri di acqua.

*Figura 1. Pericolosità geomorfologica nel settore in studio
(PRGC – Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica)*

In tale classe sono comprese le aree nelle quali esistono condizioni di moderata pericolosità geomorfologica, derivanti dalla scarsa conoscenza della stratigrafia dei terreni di fondazione e della posizione della falda superficiale, che possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici dettati dal DM 11/03/88, dal DM 14/09/2005 e dal D.M. 14/01/2008 e/o la realizzazione di interventi di sistemazione idrogeologica realizzati, a livello di progetto esecutivo, nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.

In questo contesto (conoide alluvionale) il fattore penalizzante è la potenziale presenza di una lama d'acqua (di pochi centimetri di altezza) che, data la pendenza (compresa tra 3° e 7°), potrebbe essere localmente a media energia e depositare materiale fine.

Nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), in riferimento all' Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici (Delimitazione aree in dissesto) la superficie non è perimetrata all'interno delle aree in dissesto (figura 2).

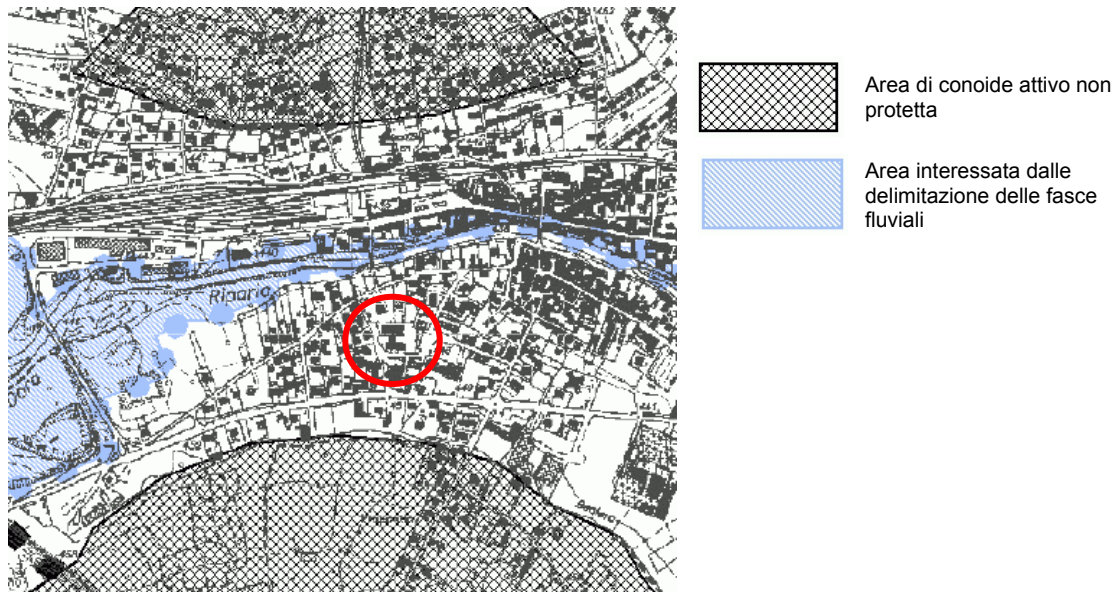


Figura 2. Delimitazione delle aree in dissesto
Estratto da: PAI - Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici. F° 154 sez. IV – Susa

Per quanto attiene le Fasce Fluviali della Dora Riparia, così come definite nelle tavole redatte dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, l'areale è esterno alle aree inondabili (figura 3).



Figura 3. Delimitazione delle fasce fluviali
Estratto da: PAI - Tavole di delimitazione delle fasce fluviali. F° 154 sez. IV – Susa

Secondo quanto definito nella L.R. 9 agosto 1989 n. 45, la superficie di intervento non è inclusa entro le aree soggette a vincolo per scopi idrogeologici. Il Comune di Bussoleno, in merito a quanto indicato nell'OPCM 3274/03 e s.m.i., è inserito nella classe sismica 3.

1.2 Inquadramento geografico

L'edificio scolastico si pone all'intersezione tra Via Don Carlo Prinetto e Via Luigi Tonelli nel settore sud-occidentale del concentrico cittadino.

La superficie occupata si pone ad una quota media di circa 445 m s.l.m. e cartograficamente ricade:

- nel foglio 55 della cartografia IGM alla scala 1:100.000;
- nel foglio 154 della cartografia IGM alla scala 1:50.000;
- nel foglio 55 III N.E. della cartografia IGM alla scala 1:25.000;
- nella sezione 154060 della cartografia tecnica regionale alla scala 1:10.000 (figura 4);
- nell'elemento 154061 della cartografia tecnica provinciale alla scala 1:5.000;
- nel foglio 18 particella n° 70 della cartografia tecnica catastale.

1.3 Inquadramento geomorfologico e geologico

Il sito considerato si posiziona a livello del fondovalle, nel settore ove il conoide del torrente Gerardo sfuma entro la piana alluvionale della Dora Riparia. In tale ambito la piana alluvionale presenta una larghezza di circa 1,5 km e la sua morfologia ai margini è condizionata dalle ondulazioni che caratterizzano i due apparati detritici che lateralmente la delimitano: il conoide del Torrente Gerardo a sud e quello del torrente Moletta a nord.

Nell'ambito del polo scolastico la superficie immerge blandamente verso nord secondo le pendenze che, in generale, caratterizzano le porzioni marginali dell'imponente apparato detritico (figura 5).

Litologicamente il conoide è definito da sedimenti grossolani: ghiaie e ghiaie ciottolose sabbioso-ghiaiose.

Frequente la presenza di massi ciclopici a testimoniare l'elevata energia di trasporto della corrente e la violenza degli episodi di piena che in passato hanno interessato il corso d'acqua.

In profondità i sedimenti torrentizi si interdigitano con le alluvioni della Dora Riparia anch'esse, in questo ambito, caratterizzate da una *facies* grossolana costituita essenzialmente da ghiaie con ciottoli in matrice sabbiosa debolmente limosa.

Il substrato roccioso, posizionato a diverse decine di metri di profondità dall'attuale piano campagna, è costituito dai termini dell'Unità Tettonometamorfica del Dora Maira.

Tale unità è composta da un basamento pretriassico (costituito sia da orto che da paraderivati) e dalle sue coperture mesozoiche (complesso di Pavaglione e Complesso di Foresto-Chianocco-M. Molaras). Litologicamente le unità di copertura sono rappresentate da marmi, metadolomie, calcescisti e quarziti mentre il basamento da micascisti a granato e cloritoide e da gneiss fengitici.

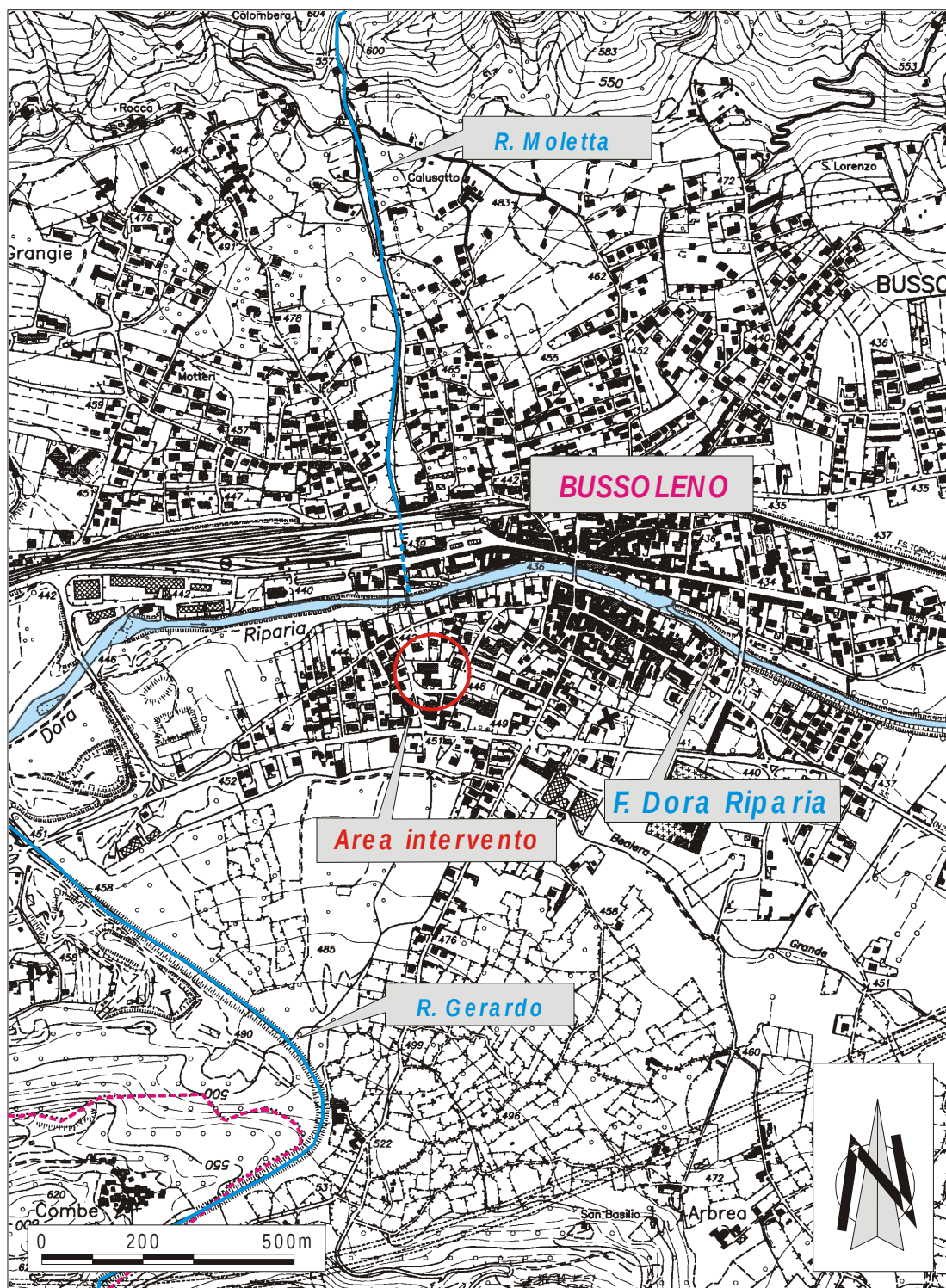


Figura 4. Corografia di inquadramento generale dell'area di intervento
CTR_Raster alla scala 1:10.000 F. n° 154060 (modificato)

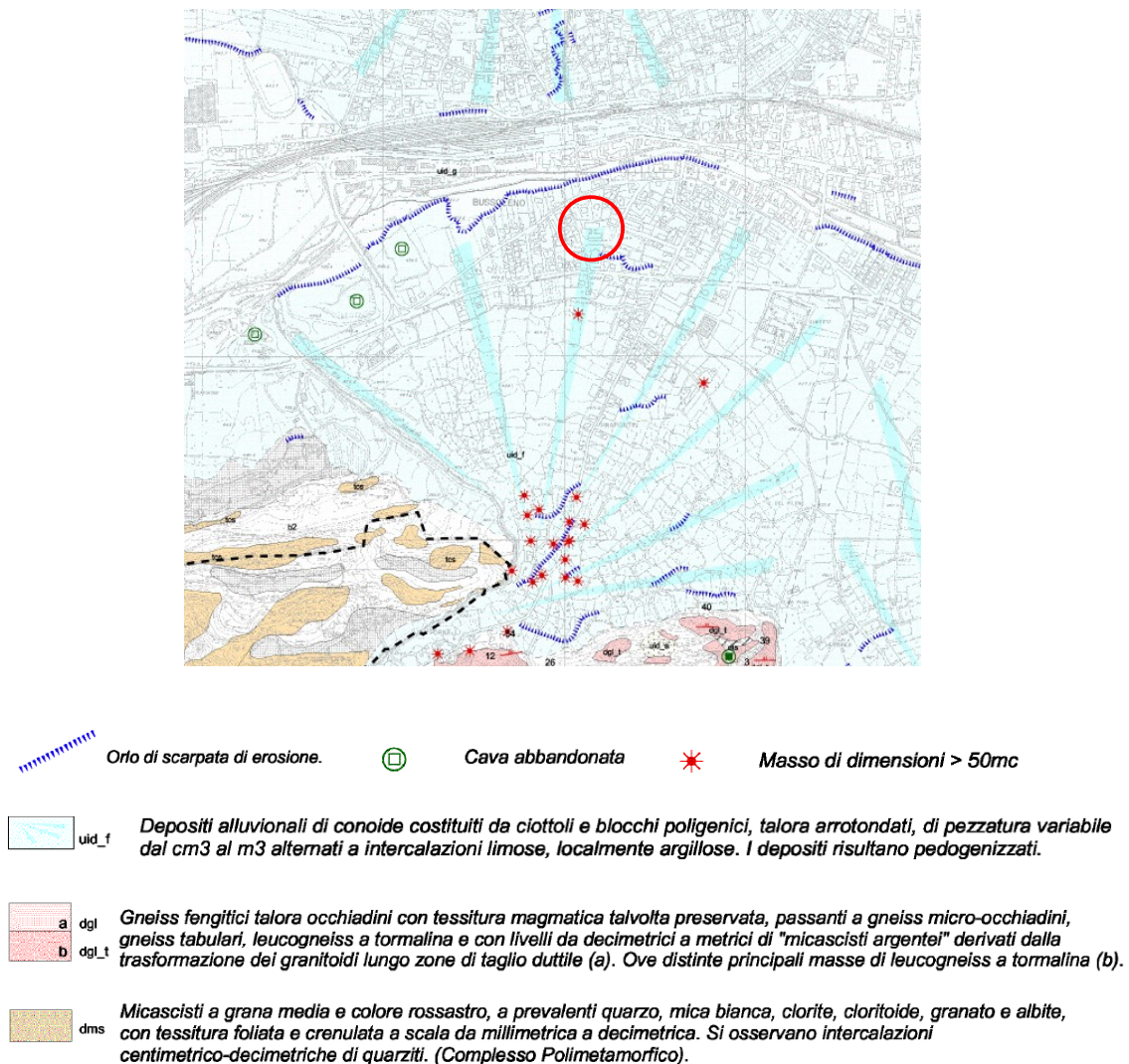


Figura 5. Schema Geologico. (PRGC – Carta geologica-strutturale e litotecnica)

2. IDROGRAFIA DI SUPERFICIE E ASSETTO IDROGEOLOGICO

Nell'ambito del settore in oggetto la linea di drenaggio principale è rappresentata dalla Dora Riparia, corso d'acqua che scorre circa 150 m a nord della scuola. In tale settore il corso d'acqua presenta alveo generalmente monocursale rettilineo.

Il settore in studio, tuttavia, attiene al conoide del Gerardo il cui alveo, attualmente, scorre circa 1 km ad ovest dell'edificio scolastico.

Il conoide è poi interessato da una fitta rete di canalizzazioni artificiali che fanno riferimento alla *Bealera Grande* e che distribuiscono le acque a settori sterili per quanto riguarda la presenza di risorse idriche superficiali da destinare a fini irrigui.

Da un punto di vista idrogeologico il tema fondamentale è la presenza di un acquifero a permeabilità primaria, corrispondente al corpo sedimentario definito dal conoide quaternario del Gerardo e dal materasso alluvionale della Dora Riparia. Questo è sede di una falda freatica, comunicante con la rete idrografica superficiale che direttamente la alimenta, caratterizzata da oscillazioni marcate e strettamente connesse alle variazioni stagionali di piovosità e portata dei corsi d'acqua.

Le informazioni collezionate (Banca Dati ARPA Piemonte e sondaggi censiti nell'archivio comunale) indicano in oltre 4 m il valore della soggiacenza nell'ambito della porzione di fondovalle considerata (figura 6).

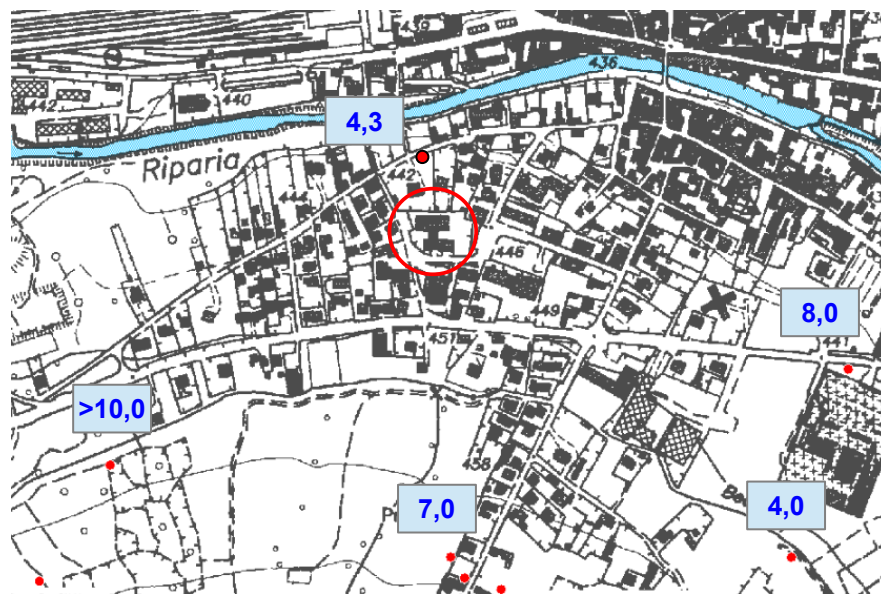


Figura 6. Soggiacenza della falda freatica nell'ambito del settore in studio

3. PERICOLOSITÀ DELL'AREA

La pericolosità che attiene ai processi attesi è da ricondurre alla possibilità che, in concomitanza dello sviluppo di fenomeni meteorici eccezionali per intensità e durata, possano innescarsi processi alluvionali in grado di interferire con l'areale in studio.

Le problematiche connesse alla dinamica torrentizia del Gerardo sono connesse alla possibilità che in ambito al conoide possa prodursi la divagazione delle acque al di fuori dell'alveo ordinario. In tali frangenti la pericolosità dell'evento aumenta sensibilmente qualora, durante il passaggio della piena, si verificano fenomeni di trasporto in massa in grado di dare origine a vere e proprie colate detritiche. Queste fenomenologie (identificate in letteratura con il termine di *debris flows*) si verificano quando, sui versanti o nei solchi ripidi soggetti a rapida erosione per la presenza di terreni poco coerenti,

l'acqua si mescola al fango o a pietre, in modo da formare una miscela dotata di notevole densità media e di grande forza viva a causa della sua velocità. Il fenomeno si produce in seguito a piogge forti con intenso dilavamento accompagnato da frane.

Per quanto attiene alla pericolosità dei processi della Dora Riparia, le verifiche idrauliche condotte dall'Autorità di Bacino del Fiume Po evidenziano come nel caso di fenomenologie estreme i flussi possano inondare quasi completamente il fondovalle principale spingendosi sino a lambirne i settori più laterali e risparmiando solamente quelli topograficamente più rilevati e afferenti ai conoidi dei tributari laterali.

In occasione dell'evento alluvionale del 2000 il sito in oggetto non è stato raggiunto dalle acque fuoriuscite dalla rete idrografica che peraltro ha interferito con una significativa porzione del concentrico (figura 7). Analogamente, in riferimento agli episodi alluvionali successivi (maggio 2008 e aprile 2009), non si sono prodotte criticità degne di nota.

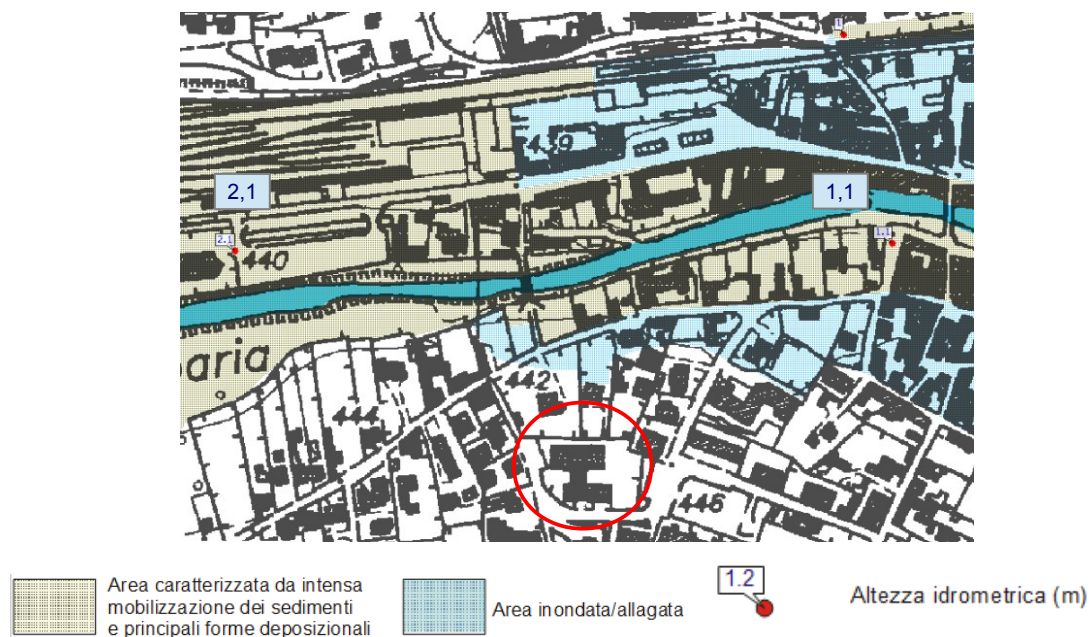


Figura 7. Evento alluvionale ottobre 2000

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per definire l'assetto litostratigrafico del sottosuolo e il modello geotecnico, i giorni 8 e 9 aprile 2013 è stata condotta una campagna di indagini che ha comportato la realizzazione di (figura 8):

- n. 2 pozzetti geognostici;
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 1 stendimento sismico con tecnica MASW.

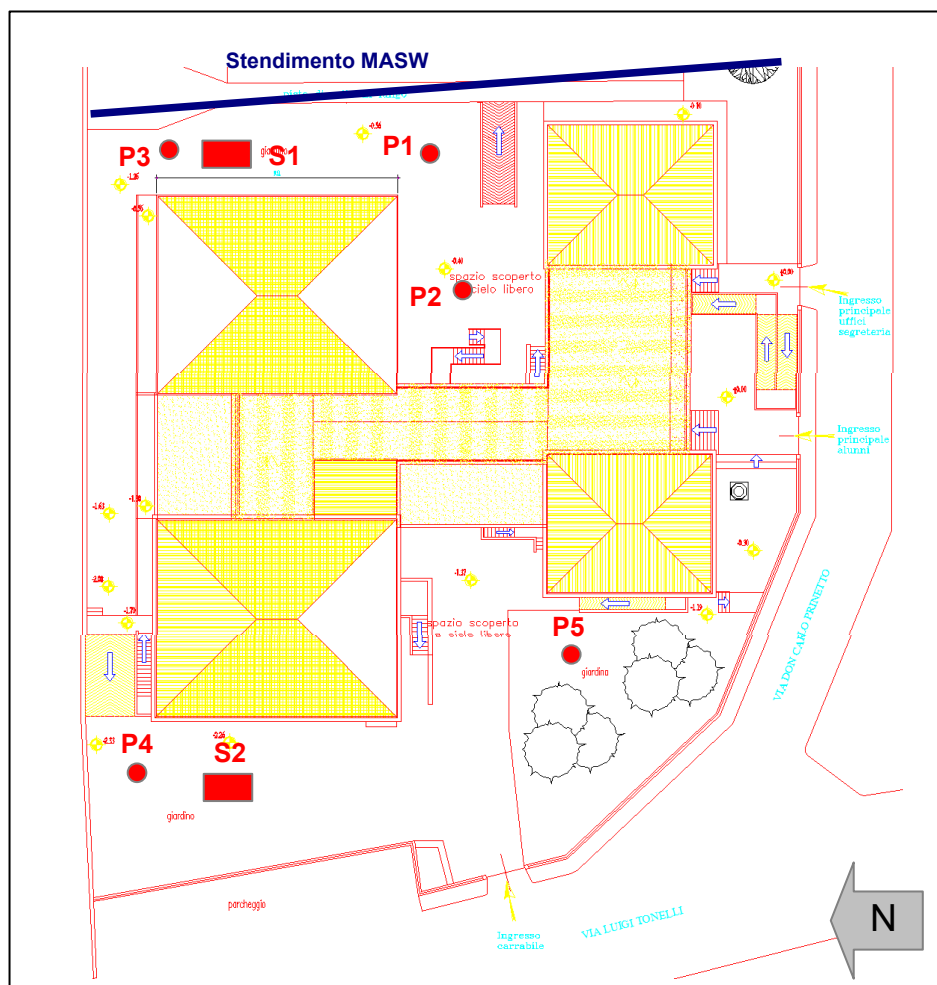


Figura 8. Indagini Geognostiche

4.1 Pozzetti geognostici

In numero di 2 sono stati realizzati nell'immediatezza dell'aula di musica e della palestra. Spinti sino a circa 3 m di profondità dal p.c. Hanno permesso di riconoscere le seguenti stratigrafie (figura 9):

Pozzetto S1

- 0,00 – 0,50 m: *suolo limoso bruno e riporto ghiaioso con laterizi in matrice sabbiosa;*
- 0,50 – 1,90 m: *sabbia limosa grigio-bruna;*
- 1,90 – 3,20 m: *blocchi (> 1m) con ciottoli in matrice ghiaioso-sabbiosa a tratti limosa di colore grigio.*

Pozzetto S2

- 0,00 – 0,50 m: *suolo limoso bruno;*
- 0,50 – 1,00 m: *laterizi;*
- 1,00 – 2,00 m: *sabbia limosa grigio-bruna;*
- 2,00 – 3,30 m: *blocchi (0,6 m) con ciottoli in matrice ghiaioso-sabbiosa a tratti limosa di colore grigio.*



Figura 9. Pozzetti ispettivi

4.2 Prove penetrometriche dinamiche

4.2.1 Generalità

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi Δ) misurando il numero di colpi N necessari al suo avanzamento. Le prove sono molto diffuse ed utilizzate data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

L'elaborazione e interpretazione delle informazioni raccolte consente di parametrizzare il suolo attraversato, permettendo di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati. La prova permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, deve comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si riporta la suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

Tipo Sigla di riferimento Peso della massa M (kg) Prof.max indagine battente (m)			
Leggero	DPL (Light)	$M < 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25
Super pesante	DPSH(Super Heavy)	$M > 60$	25

Nel caso in esame è stato utilizzato il Sistema PENNI30 dotato delle seguenti caratteristiche:

Peso Massa battente	M	30 kg
Altezza di caduta libera	H	0,20 m
Peso sistema di battuta	P_p	12 kg
Diametro punta conica		3,56 cm
Area di base punta	A	10 cm ²
Lunghezza delle aste		1 m
Peso aste a metro		2,9 kg
Diametro aste		2,2 cm
Profondità giunzione prima asta	P	0,90 m
Avanzamento punta		0,10 m
Rivestimento/fanghi		No
Angolo di apertura punta		60°

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{SPT} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{SPT} .

Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = N/A$$

Dove (E. Pasquini 1983):

$$\alpha = \frac{m1 \cdot h1 \cdot e2 \cdot A2}{m2 \cdot h2 \cdot e1 \cdot A1}$$

in cui il pedice 1 si riferisce alla prova eseguita con un penetrometro SPT il pedice 2 si riferisce alla prova eseguita con il penetrometro Penni 30.

m = peso massa battente;

h = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

e = passo di avanzamento.

Il coefficiente teorico di energia tra le prove SPT e le prove realizzate con il penetrometro Penni30 è pertanto:

$$A = 1,32$$

ovvero:

$$N_{SPT} = N/1,32$$

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi :

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico *Dynamic Probing* della GeoStru Software.

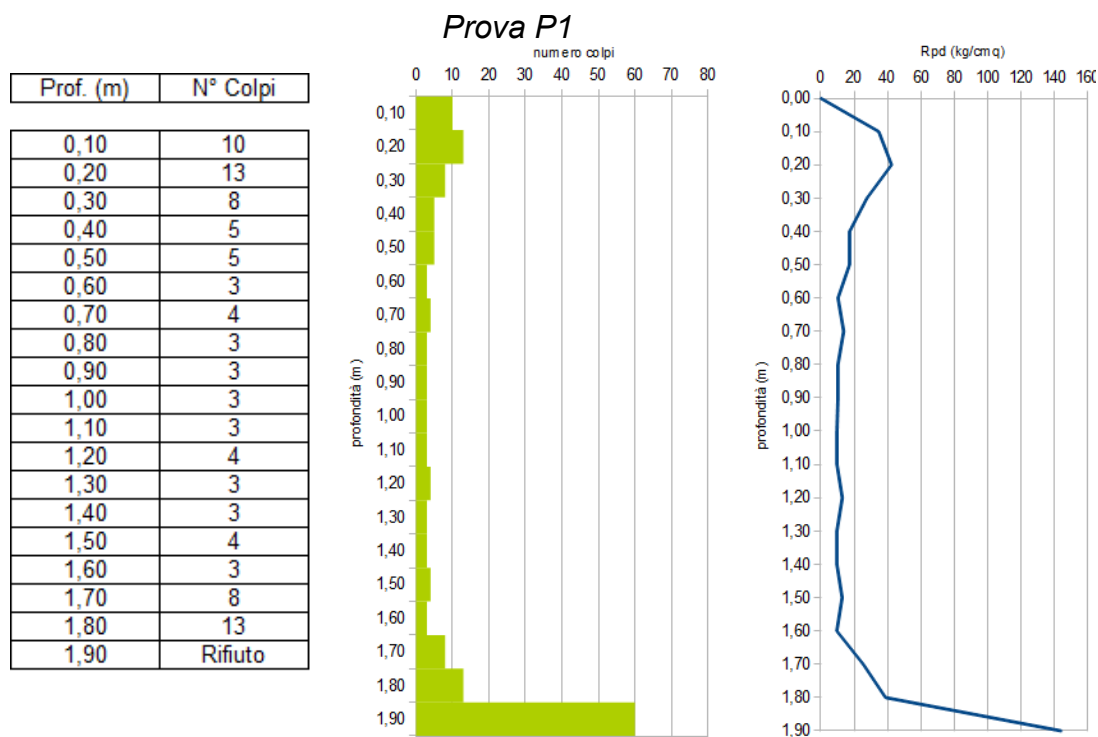
4.2.2 Risultati

Le prove sono state eseguite perimetralmente all'edificio (figura 10). La profondità massima raggiunta è stata pari a 2,6 m, la minima 1,80 m. Nel seguito per ciascuna prova si riporta una tabella con il numero di colpi per

avanzamento della punta pari a 10 cm e una scheda nella quale è riportato il valore della resistenza dinamica R_{pd} (kg/cm²).

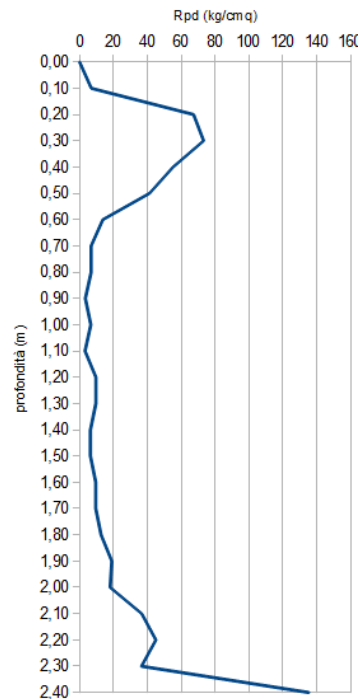
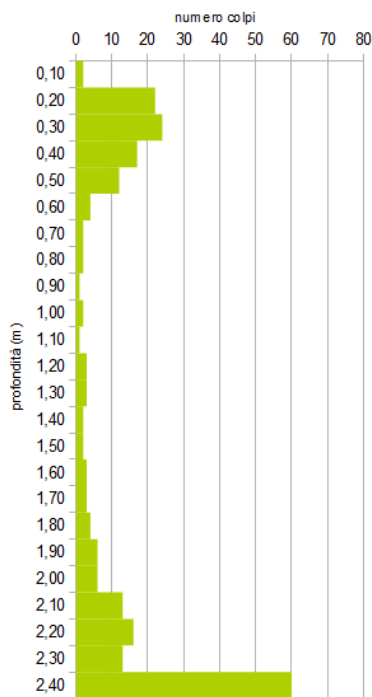


Figura 10. Esecuzione delle prove



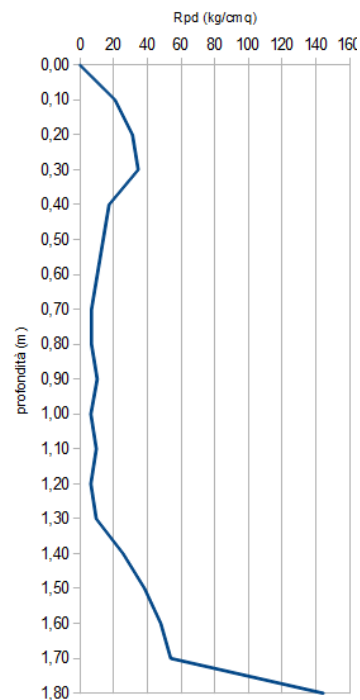
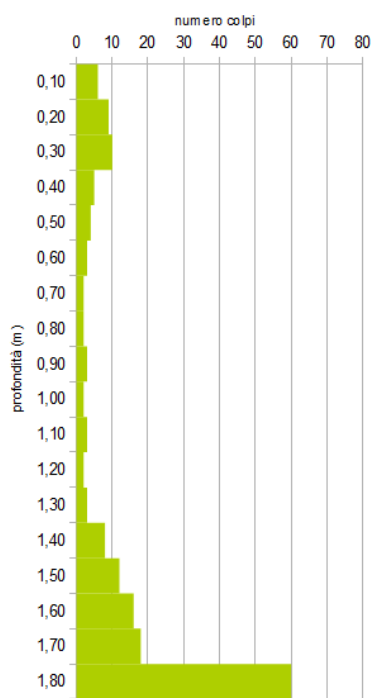
Prova P2

Prof. (m)	N° Colpi
0,10	2
0,20	22
0,30	24
0,40	17
0,50	12
0,60	4
0,70	2
0,80	2
0,90	1
1,00	2
1,10	1
1,20	3
1,30	3
1,40	2
1,50	2
1,60	3
1,70	3
1,80	4
1,90	6
2,00	6
2,10	13
2,20	16
2,30	13
2,40	Rifiuto

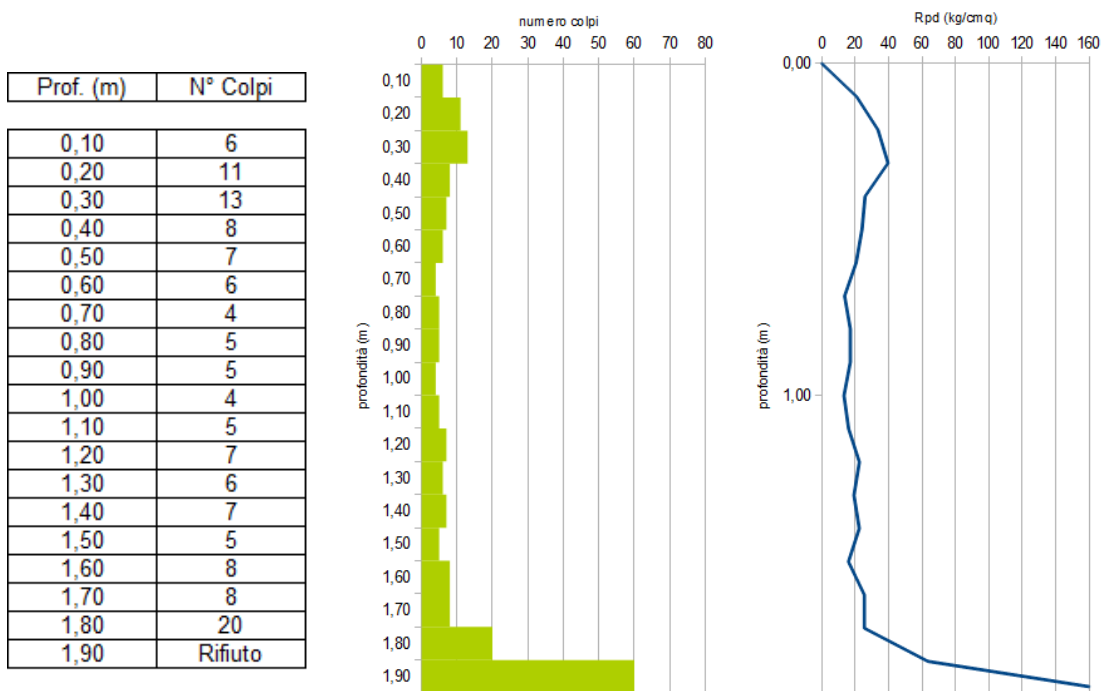


Prova P3

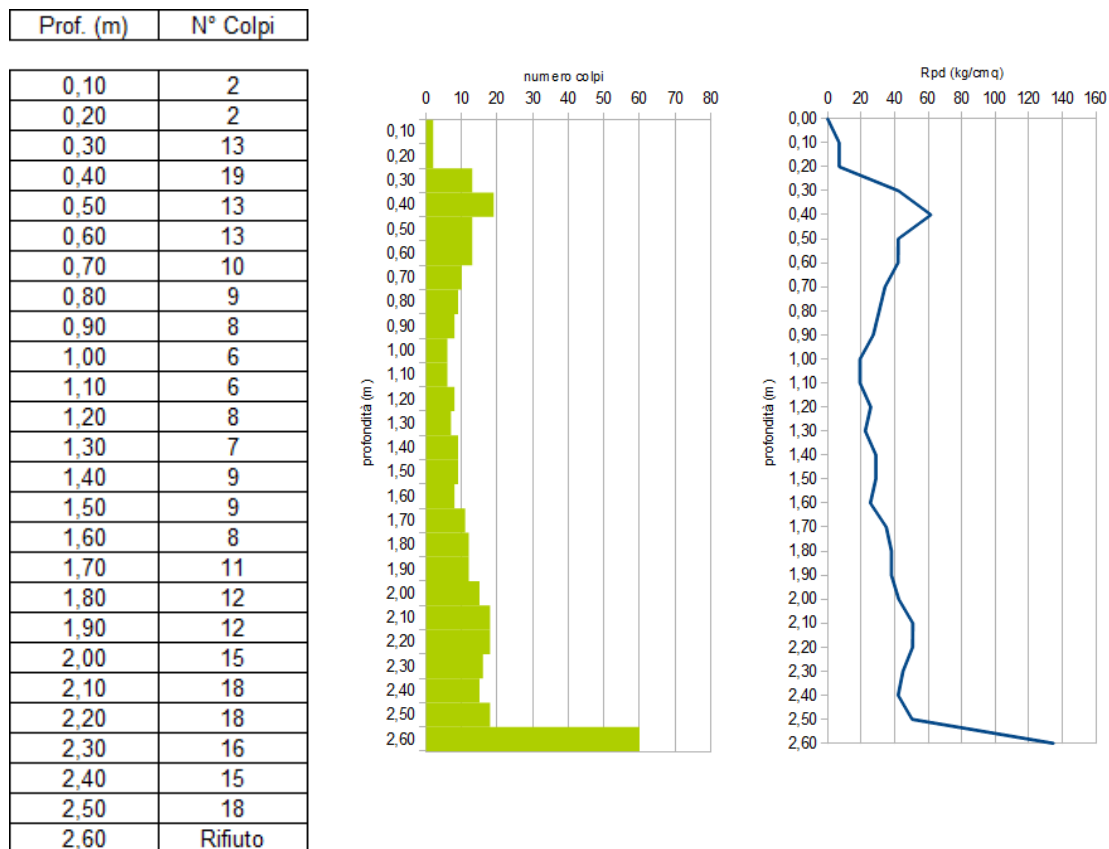
Prof. (m)	N° Colpi
0,10	6
0,20	9
0,30	10
0,40	5
0,50	4
0,60	3
0,70	2
0,80	2
0,90	3
1,00	2
1,10	3
1,20	2
1,30	3
1,40	8
1,50	12
1,60	16
1,70	18
1,80	Rifiuto



Prova P4



Prova P5



I dati collezionati hanno messo in risalto una situazione litostratigrafica confrontabile e conforme con quanto rilevato nei pozzetti geognostici:

- *strato 1*: definito da un orizzonte potente 50-100 cm con valori di resistenza dinamica compresa tra 20 e 40 kg/cm²;
- *strato 2*: definito da materiali sciolti individuati sino a circa 2 m di profondità e caratterizzati da Rpd <20 kg/cm²;
- *strato 3*: non sempre riconosciuto e potente al massimo 50 cm è definito da depositi con Rpd compresa tra 40 e 60 kg/cm²;
- *strato 4*: riconosciuto in generale a partire dai 2 m di profondità dal p.c. è costituito da un sedimento molto addensato (rifiuto alla penetrazione).

4.3 Indagine sismica MASW

4.3.1 Modalità esecutiva

La metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva utile al calcolo del parametro Vs30 e basata sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo MASW consta di tre fasi (Roma, 2002):

- fase 1. prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
- fase 2. consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica;
- fase 3. consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

4.3.2 Strumentazione utilizzata

Per l'esecuzione dell'indagine (figura 11), effettuate dalla società *ENVI s.n.c.* di Torino, sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- sismografo digitale a 16 bit modello PASI 16SG24 con alimentazione esterna costituita da batteria 12 v, dotato di geofono starter utile alla valutazione di t_0 ;
- piastra quadrata in acciaio con lato pari a 20 cm e mazza da 10 kg;
- 24 geofoni a frequenza 4.5 Hz.

Nel sito in esame è stato predisposto uno stendimento a 24 geofoni con una spaziatura di 2 m; gli impulsi, realizzati in numero di 6, sono stati effettuati agli estremi della catena di geofoni. Per l'elaborazione dei dati acquisiti è stato utilizzato il Programma MASW2007.



Figura 11: Stendimento MASW

4.3.3 Risultati indagine

Nelle pagine di seguito sono riportati i grafici e le tabelle relative all'elaborazione della prova sismica. Nell'ordine sono elencati:

- *figura 12:* tracce misurate, spettro f-k e fitting delle curve di dispersione
- *figura 13:* curva di dispersione sperimentale;
- *figura 14:* curva di dispersione elaborata e profilo verticale Vs30.

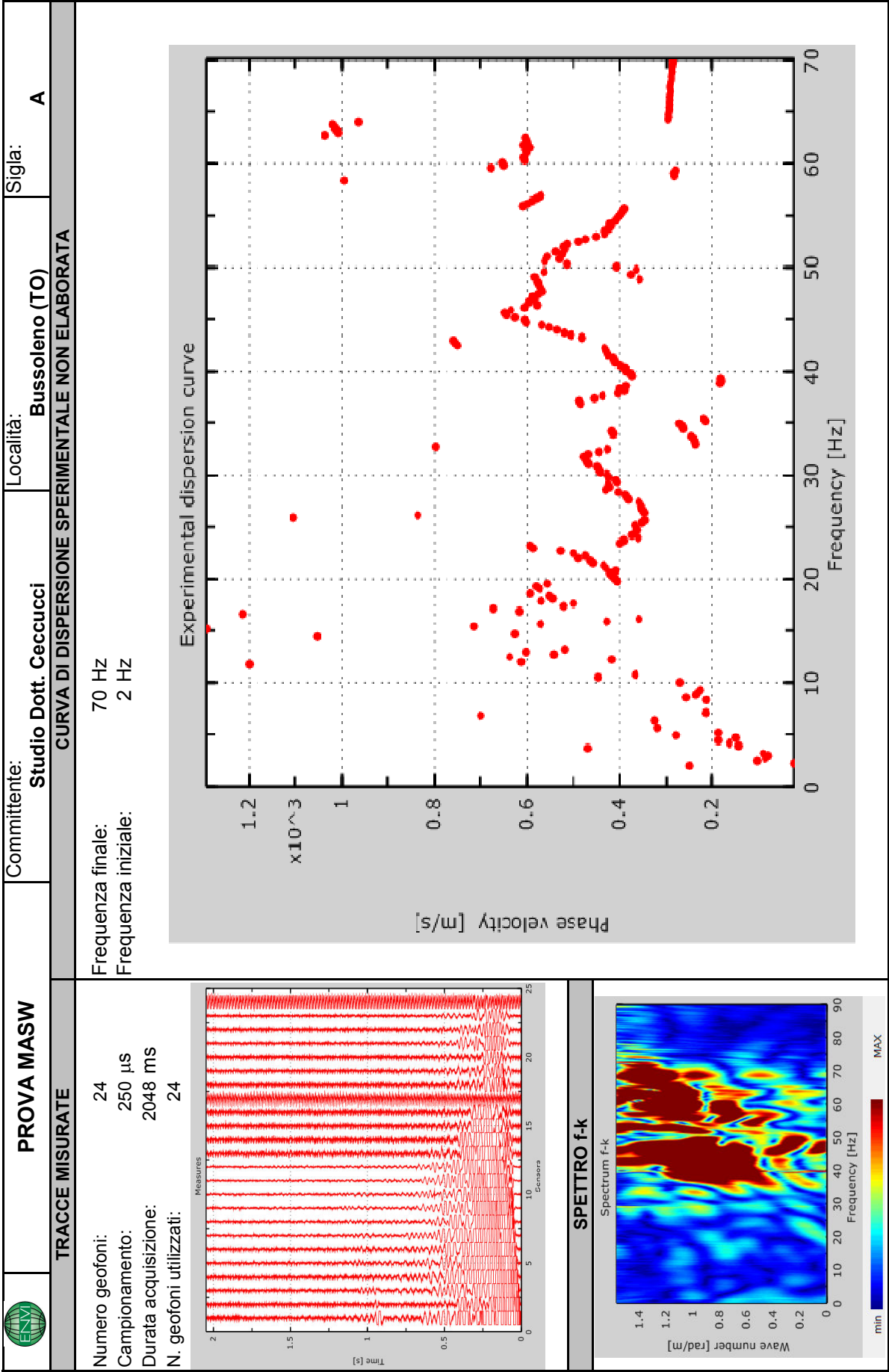


Figura 12

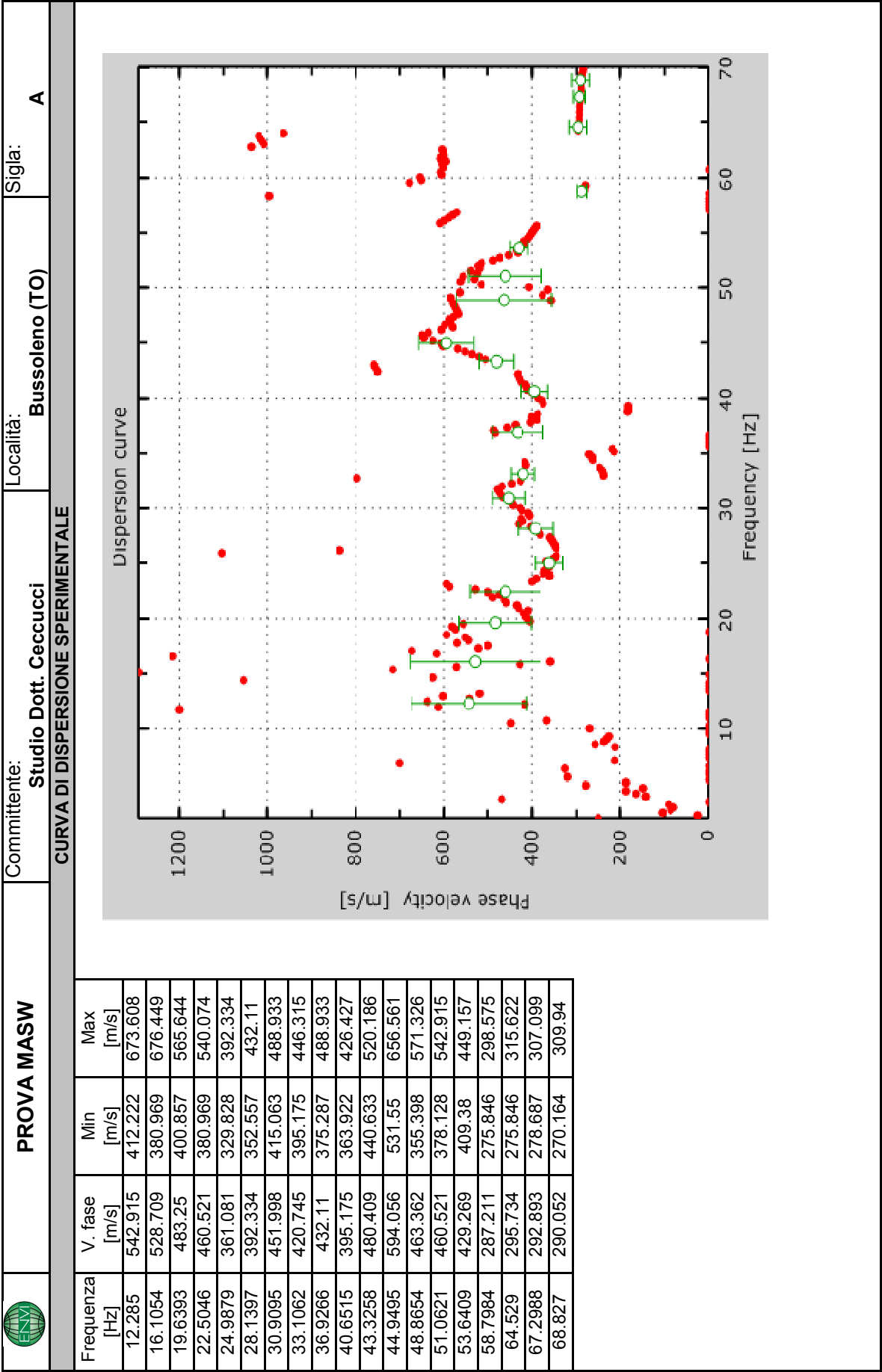


Figura 13

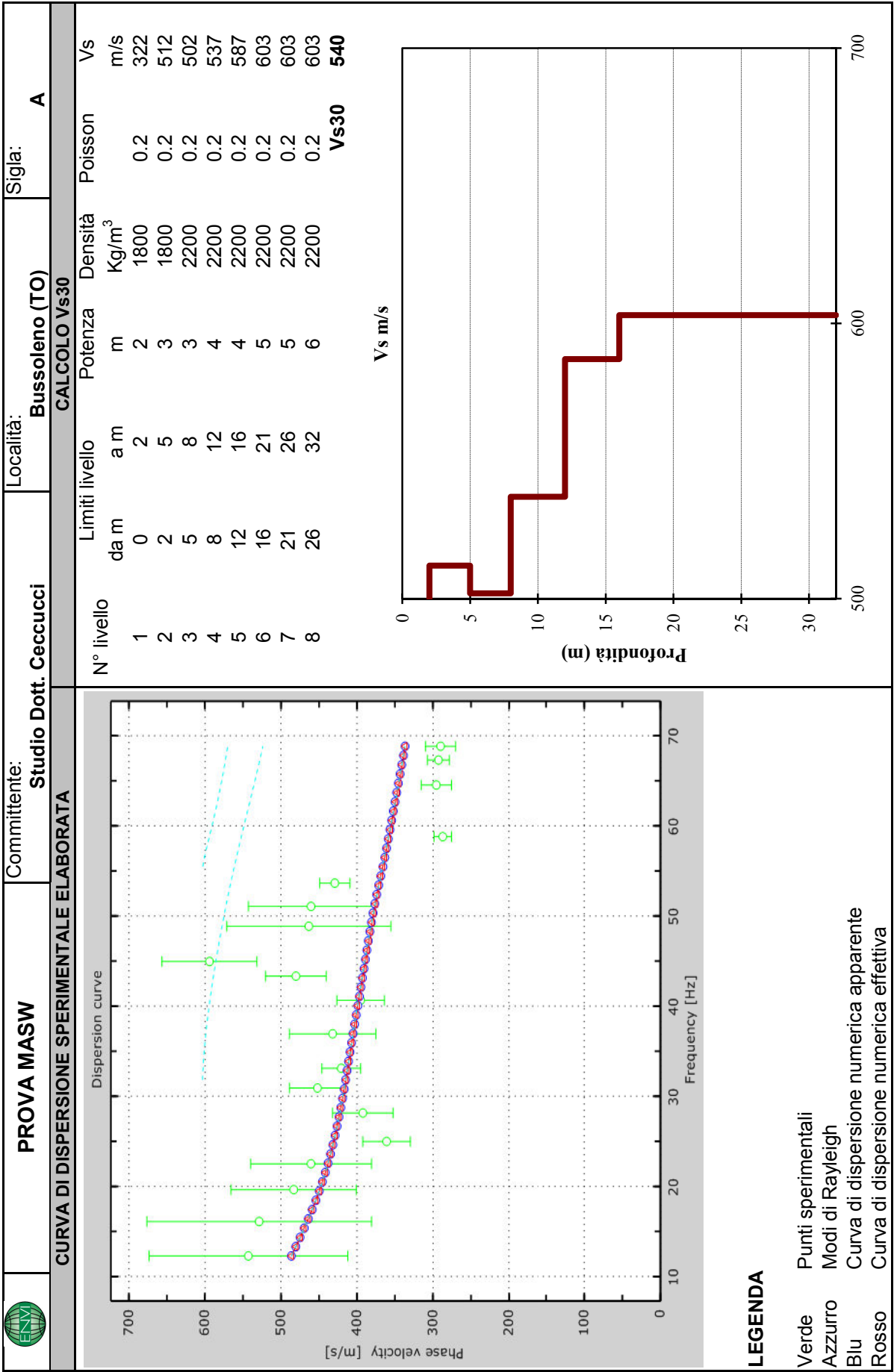


Figura14

Nella tabella seguente sono elencate le velocità e gli spessore caratteristici dei profili verticali che sono stati utilizzati nella determinazione del Vs30:

N° livello	Limiti livello		Vs m/s
	da m	a m	
1	0	2	322
2	2	5	512
3	5	8	502
4	8	12	537
5	12	16	587
6	16	32	603

Tabella 1. Velocità onde di taglio

Il Vs30, che rappresenta la velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio, nel sito in esame è risultato pari a **540 m/s**.

5. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE, MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO E AZIONE SISMICA

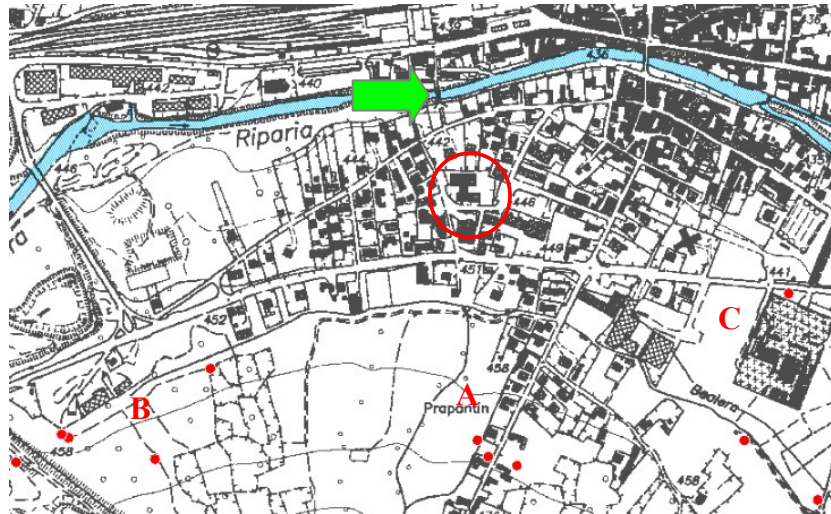
5.1 Assetto litostratigrafico locale

Per la definizione dell'assetto litostratigrafico del sottosuolo si fa riferimento ai risultati delle indagini direttamente condotte nell'ambito del sito in studio e alle indicazioni disponibili e riferite a sondaggi profondi realizzati nell'intorno significativo circostante dell'edificio scolastico.

Il profilo stratigrafico considera la presenza di un primo strato di riporto, potente fino ad 1 m ma generalmente attraversato per 30-50 cm, al quale segue un orizzonte sabbioso-limoso potente 1-2 m. In profondità, generalmente a partire dai 2 m dal p.c., si rinviene un orizzonte ghiaioso sabbioso di circa 50 cm di spessore al quale segue un potente strato costituito da blocchi e ciottoli in matrice ghiaioso-sabbiosa debolmente limosa.

Litologicamente gli elementi litici intercettati in fase di scavo – dei quali i maggiori hanno dimensioni superiori al m – sono costituiti da gneiss e micascisti. Il grado di sfericità dei ciottoli è basso, più elevato negli elementi di dimensioni minori, gli spigoli dei singoli elementi sono prevalentemente arrotondati.

Sondaggi profondi realizzati nell'intorno significativo circostante (figura 15) mettono in risalto la potenza dello strato ghiaioso-ciottoloso più profondo. Le stratigrafie relative a due terebrazioni realizzate in prossimità del ponte sulla Dora nel 2002 e spinte sino a 25 m di profondità dal p.c. lo hanno intercettato a partire dai 2 e 4 m di profondità. In tale frangente sono stati attraversati depositi sciolti costituiti da ghiaia (diam. max 6 cm), eterometrica poligenica, subarrotondata, ciottoli (diam. max 10 – 15 cm) e sabbia limosa medio grossa di colore da nocciola a grigia.



A

- 1.50 terreno vegetale limoso con ciottoli
- 4.20 trovanti e grossi ciottoli di micascisti
- 5.80 sabbia fine limosa inglobante trovanti ciottoli e ghiaie molto alterati
- 10.80 trovanti e ciottoli
- 14.50 calcescisti molto compatti con debole fratturazione

B

- 2.60 terreno vegetale sabbioso limoso con ciottoli
- 7.50 sabbia media grossolana con abbondante frazione limosa e rari ciottoli
- 9.00 ghiaia e trovanti in matrice sabbiosa

C

- 10.30 clasti e trovanti di calcescisti alterati in matrice limo sabbiosa
- 12.00 abbondante matrice sabbiosa micacea grossolana
- 23.00 clasti e trovanti di calcescisti alterati in matrice limo sabbiosa
- 23.20 livello di sabbia fine limosa debolmente addensata
- 26.00 clasti e trovanti di calcescisti alterati in matrice limo sabbiosa

*Figura 15. Stratigrafie semplificate (Banca Dati Geotecnica ARPA Piemonte)
La freccia in verde indica la posizione dei sondaggi citati nel testo e realizzati nel 2002*

5.2 Modello geotecnico del sottosuolo

I dati collezionati permettono di distinguere tre distinte unità geotecniche, dall'alto:

Unità 1: costituita da riporti grossolani mostra una potenza massima di circa 1 m e una forte anisotropia laterale e verticale. È contraddistinta da parametri geotecnici caratteristici nel complesso scadenti.

Unità 2 definita da terreni sabbioso-limosi soffici, si rinviene sino a circa 2 m di profondità. Dato il basso grado di addensamento presenta parametri geotecnici caratteristici nel complesso molto scadenti.

Unità 3: intercettata con continuità a partire da circa 2 m di profondità nel settore centrosettentrionale e dai 2,5 in quello meridionale, è rappresentata da sedimenti grossolani (blocchi con ciottoli in matrice ghiaioso-sabbiosa a tratti limosa) con grado di addensamento elevato. Presenta parametri geotecnici caratteristici buoni.

Ai fini della classificazione geotecnica i terreni in oggetto, data la presenza del tutto subordinata della frazione limoso-siltosa e la totale assenza di argilla, possono essere considerati non plastici.

I valori medi di N_{spt} , calcolati per ciascuna delle unità riconosciute partendo dai dati rilevati nel corso delle prove penetrometriche, sono mostrati nella tabella di seguito (tabella 1).

	Unità 1	Unità 2	Unità 3
Nspt	7	3	>50*

Tabella 1. Valori di N_{spt} calcolati per ciascuna unità. * rifiuto alla penetrazione

Sulla base dell'insieme delle informazioni raccolte i parametri geotecnici caratteristici delle unità indagate possono essere espressi con i valori indicati nella tabella seguente (tabella 2).

	Unità 1	Unità 2	Unità 3
Peso di Volume (γ)	17,65 kN/m ³	16.12 kN/m ³	19.61 kN/m ³
Peso di Volume Saturo (γ_s)	18,63 kN/m ³	17.23 kN/m ³	20,59 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio (ϕ')	28°	24°	38°
Coesione (c)	0 kPa	0 kPa	0 kPa
Modulo di Deformazione drenato (E')	245 kg/cm ²	214 kg/cm ²	500 kg/cm ²

Tabella 2. Parametri geotecnici caratteristici

La falda freatica non è stata intercettata in fase di indagine; le informazioni disponibili - colte nei sondaggi più profondi realizzati nell'intorno significativo

circostante - ne suggeriscono, nel sito in studio, una soggiacenza di circa 5,5 m.

5.3 Azione Sismica

5.3.1 Categoria del sottosuolo

In riferimento a quanto indicato nella vigente normativa per quanto inerente alla definizione dell'azione sismica di progetto e sulla base di quanto emerso dalle indagini realizzate (stendimento MASW $V_{s30}=540$ m/s) e dalle osservazioni condotte è possibile ascrivere i terreni costituenti il sottosuolo alla categoria "B". All'interno di tale classe sono infatti considerati (D.M. 14/01/2008 – tab 3.2.II Categorie di sottosuoli) le *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).*

5.3.2 Condizioni topografiche

L'assetto morfologico dei luoghi non è caratterizzato da condizioni particolari per le quali siano prevedibili fenomeni di accelerazione locale delle onde sismiche. In virtù di quanto indicato nella vigente normativa per quanto attiene l'azione sismica di progetto è possibile ascrivere le caratteristiche della superficie topografica alla categoria T1 (NTC, tab. 3.2.IV – Caratteristiche topografiche): *superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$.*

6. CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE

Lo studio condotto ha avuto lo scopo di ricostruire il modello geotecnico del sottosuolo e di rilevare i parametri utili per la modellazione dell'edificio scolastico in virtù delle previste verifiche strutturali.

L'osservazione dei luoghi in studio e del loro intorno significativo circostante, le risultanze delle indagini condotte, l'analisi di quanto contenuto nella documentazione bibliografica analizzata e degli schemi progettuali permette di trarre le seguenti considerazioni:

- 1) la scuola "E. Fermi" si pone nel settore marginale del conoide del rio Gerardo laddove i depositi che lo costituiscono si interdigitano con i sedimenti che definiscono la piana alluvionale della Dora Riparia. L'ambito è caratterizzato da bassa pericolosità geomorfologica risultando esterno alle fasce alluvionali del collettore principale e significativamente distante dall'alveo del suo tributario;
- 2) il modello geotecnico del sottosuolo riconosciuto (figura 16) considera la presenza di unità con caratteristiche scadenti sino a circa 2 m di

profondità dal p.c. (unità geotecniche 1 e 2). Oltre è presente un potente strato costituito da blocchi e ciottoli in matrice ghiaioso-sabbiosa a tratti limosa ben addensati, caratterizzato da buoni parametri geotecnici (unità geotecnica 3). In quest'ultima unità geotecnica, riconosciuta in tutti i settori indagati a partire da 1,8 – 2,6 m di profondità, si impostano le fondazioni dell'edificio scolastico;

- 3) le indagini condotte non hanno permesso di riconoscere la posizione della falda freatica. L'insieme delle informazioni collezionate, tuttavia, permette di ipotizzarne - nell'ambito del sito in studio - una soggiacenza di circa 5,5 m;
- 4) l'indagine sismica con metodologia MASW realizzata lungo il lato orientale dell'edificio scolastico ha permesso di calcolare un valore del parametro V_{s30} pari a 540 m/s. In riferimento a quanto indicato nella vigente normativa per quanto attiene alla definizione dell'azione sismica di progetto è quindi possibile ascrivere i terreni costituenti il sottosuolo alla categoria "B";
- 5) lo studio condotto ha permesso di escludere l'esistenza di anomalie stratigrafiche legate al sito in grado di amplificare gli effetti degli eventi sismici attesi. I dati censiti permettono, inoltre, di escludere la presenza di strati di terreno liquefacibili.

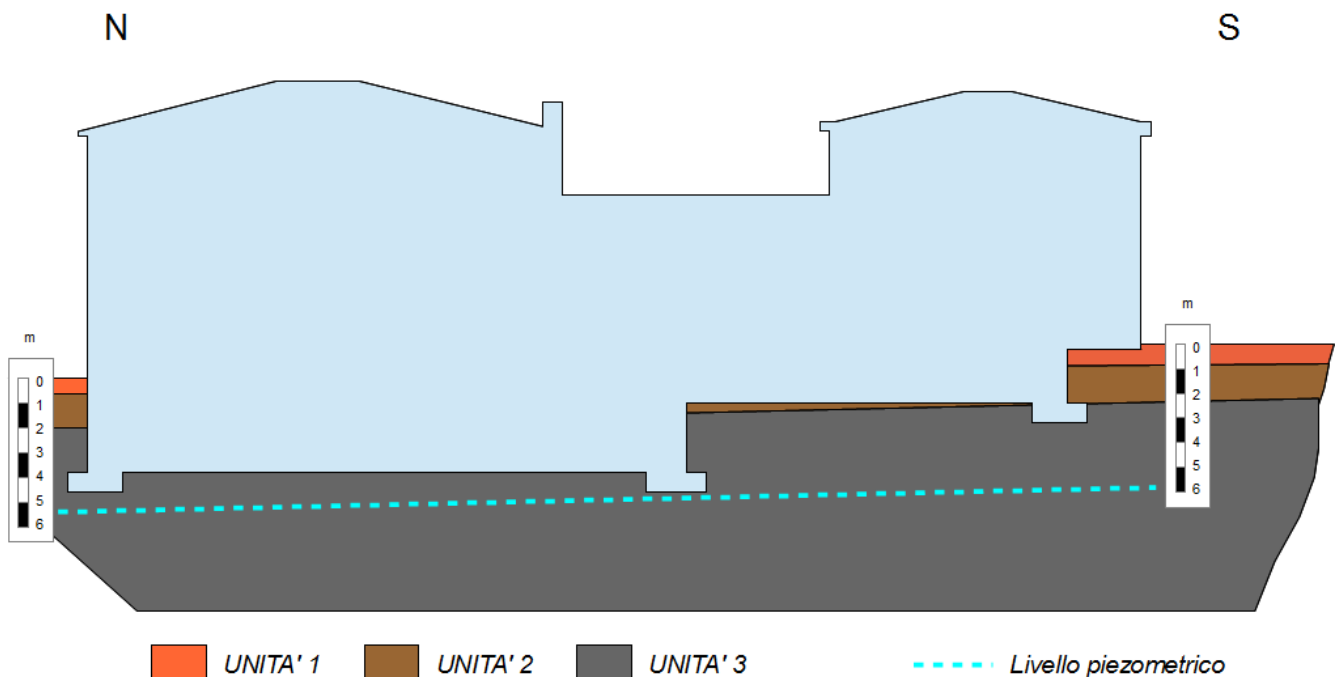


Figura 16. Modello geotecnico del sottosuolo

Le ipotesi formulate in questa sede possono essere fatte proprie dal Progettista nella redazione dei calcoli strutturali facenti parte integrante delle verifiche. A tal proposito è impegno dello scrivente - qualora ritenuto necessario - procedere con l'approfondimento mirato di ulteriori aspetti di natura geologico-tecnica.



Dott. Geol. Massimo Ceccucci

(n. 475 Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte)