

Comune di BOVISIO



MASCIAGO (Milano)

Sede : BOVISIO MASCIAGO, Piazza Biraghi n. 3

REDATTORI

SF Studio Frati
geologia applicata

Via P. M. Faverio n° 4
22079 Villa Guardia CO

Tel e fax 031-563148
E-mail frati@geologi.it

VISTO REDATTORI



COMMITTENTE

AMMINISTRAZIONE COMUNALE
DI BOVISIO MASCIAGO
(Provincia di Milano)

VISTO COMMITTENTE

DATA EMISSIONE

Maggio 2006

PROGETTO

Studio geologico del territorio comunale

secondo i criteri della D.g.r. 22 dicembre 2005 - n°8/1566

OGGETTO

INDAGINE SISMICA DI 2° LIVELLO

| REV.N. | DATA | NOTE REVISIONE |
|--------|------|----------------|
| 01 | - | - |
| 02 | - | - |
| 03 | - | - |

INDICE

| | | |
|---|---------------------------------|----|
| 1 | PREMESSA..... | 2 |
| 2 | METODOLOGIA DI RIFERIMENTO..... | 3 |
| 3 | INDAGINI SVOLTE..... | 5 |
| 4 | DISCUSSIONE DEI RISULTATI..... | 8 |
| 5 | CONCLUSIONI..... | 12 |

ALLEGATI

- Figura 1 : Ubicazione del sito di indagine R01
- Figura 2 : Ubicazione del sito di indagine R02
- Figure 3a e 3b : Risultati indagine sismica area R01
- Figure 4a e 4b : Risultati indagine sismica area R02

- Diagrammi delle prove penetrometriche

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'incarico di aggiornamento dello Studio Geologico Comunale secondo i nuovi criteri stabiliti dalla l.r. 12/05 (legge per il governo del territorio) si è reso necessario procedere al 2° livello di approfondimento sismico.

A seguito dei contatti intercorsi con il Responsabile del Settore Servizi Territoriali del comune di Bovisio Masciago è stato deciso di procedere al secondo livello di analisi per le seguenti aree:

1. Area denominata R01: Polo scolastico di P.za Montessori – Via Bertacciola;
2. Area denominata R02: Scuola elementare Centro polifunzionale.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati ottenuti.

2 METODOLOGIA DI RIFERIMENTO

La metodologia utilizzata per la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a) è quella riportata nella D.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12*”

L’applicazione del 2° livello consente l’individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (F_a calcolato superiore a F_a di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree, in fase di progettazione, si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

Di seguito vengono riportati i valori di soglia forniti dal Politecnico di Milano per il comune di Bovisio Masciago.

| CATEGORIA DI SUOLO | FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Intervallo di periodo 0.5-1.5 s | FATTORE DI AMPLIFICAZIONE Intervallo di periodo 0.1-0.5 s |
|--------------------|---|---|
| A | 1,6 | 1,1 |
| B,C,E | 2,4 | 1,5 |
| D | 4,0 | 1,6 |

Fattori di amplificazione per periodi e suoli differenti

Per quanto riguarda le categorie di suolo si rimanda alla definizione riportata nelle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI.

- A – *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali livelli di alterazione superficiale con spessore massimo pari a 5m.
- B – *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa).

- C – *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < Cu < 250kPa$).
- D – Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s ($NSPT < 15$, $Cu < 70kPa$).
- E – *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s.

Per quanto riguarda gli intervalli di periodo, si ricorda che l'intervallo tra 0.1 e 0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5 e 1.5 s si riferisce a strutture più alte e flessibili.

3 INDAGINI SVOLTE

L'applicazione del secondo livello di approfondimento sismico necessita la conoscenza di alcuni parametri fondamentali quali la stratigrafia litologica e geofisica del sito. Per la ricostruzione di tali informazioni sono state effettuate delle indagini specifiche nei due lotti in esame.

Le indagini svolte sono:

1. *Prospezione geofisica tramite "Refraction Microtremor" (Re.Mi.);*
2. *Indagini penetrometriche.*

3.1 – PROSPEZIONI GEOFISICHE

La tecnica di prospezione "Refraction Microtremor" (Re.Mi.) capovolge il concetto comune del parametro "segnale-disturbo", per il quale tradizionalmente il primo (segnale) ha necessità di essere rilevato in condizioni favorevoli, quindi, in assenza o scarsità di rumore. Viceversa, in presenza di forte rumore di fondo (es. ambiente urbano), le tradizionali rilevazioni sismiche hanno sempre trovato una condizione di difficile applicazione a causa della difficoltà di discriminare il segnale dal rumore.

Con questa nuova tecnica, il disturbo ovvero il "noise" ambientale diventa il segnale utilizzato per la caratterizzazione sismica. Sono i microtremori (rumore di fondo generato dal traffico stradale, ferroviario e comunque il rumore presente costantemente in ambito urbanizzato) a costituire la sorgente di energia utile allo scopo.

Numerose sperimentazioni hanno consentito di appurare che le registrazioni del rumore di fondo ambientale, effettuate con uno stendimento sismico normalmente utilizzato per la sismica a rifrazione, possono essere utilizzate, con opportune procedure di acquisizione e elaborazione, per stimare la velocità delle onde di taglio (V_s) fino a profondità che possono essere superiori a 100 m, con una precisione del 15%.

La metodologia d'indagine più adatta per la determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s è stata proposta e sperimentata da J.N.Louie del Seismological Laboratory and Dept. of Geological Sciences dell'Università del Nevada, ed è basata su due aspetti fondamentali:

- uno pratico, rappresentato dal fatto che alcuni sistemi di acquisizione di sismica a rifrazione (con dinamica a 24 bit) sono in grado di registrare onde di superficie con frequenze fino a 2 Hz per intervalli di tempo sufficientemente lunghi (30 s);

- uno teorico, sulla base del quale una semplice trasformata bidimensionale (p-f) slowness-frequency della registrazione di un rumore di fondo (microtremor) è in grado di separare le onde di Rayleigh (onde di superficie) da altri tipi di onde che compongono il sismogramma, rendendo possibile il riconoscimento delle vere velocità di fase dalle velocità apparenti.

L'acquisizione dei dati per la definizione della V_s è stata svolta, in entrambe le aree, tramite l'acquisizione e la registrazione del noise ambientale impiegando geofoni da 14Hz ed un acquisitore digitale multicanale a 24 canali con dinamica a 24bit.

Sono stati acquisiti n. 2 sondaggi, uno per ogni area, costituiti da stendimenti sismici da 24 geofoni equispaziati di 5m. Per ogni profilo sono stati raccolti 10 records di lunghezza 30 s con campionamento ogni 2 ms. L'ubicazione dei punti di indagine è riportato nella planimetria in allegato.

La procedura di elaborazione adottata per la classificazione dei profili del suolo di fondazione ha utilizzato la tecnica sopra descritta utilizzando il pacchetto software SeisOpt Re.Mi. 2.0 prodotto dalla Optim Software LLC.

Come prima fase è stata eseguita un'analisi spettrale del sismogramma che ha consentito di elaborare una immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono.

Da tale elaborazione è stata poi estrapolata la curva di attenuazione del segnale caratteristico e in funzione del suo andamento (curva di dispersione) si è risaliti alla stratigrafia sismica in termini di velocità delle onde di taglio (V_s).

Il risultato finale dell'elaborazione consiste, quindi, nella rappresentazione grafica dell'andamento delle V_s con la profondità.

3.2 – INDAGINI PENETROMETRICHE

Al fine di caratterizzare da un punto di vista geotecnico i terreni presenti nell'area denominata R01 dove è in previsione la realizzazione di un nuovo edificio scolastico, si sono eseguite due prove penetrometriche di tipo dinamico, la cui ubicazione è riportata nella Figura 1 in allegato.

La prova penetrometrica dinamica continua (DPSH) consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno dal piano campagna una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta prolungabile mediante l'aggiunta di successivi spezzoni.

L'infissione avviene per battitura facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso standard.

Durante l'esecuzione della prova viene contato il numero di colpi (Nspt) necessario all'avanzamento dell'asta per tratti successivi di 30 cm.

Questo tipo d'indagine ha il pregio di fornire informazioni continue sulla resistenza alla penetrazione dinamica , ma presenta il grosso difetto di non dare indicazioni precise circa la natura litologica del terreno investigato.

Per questo lavoro è stato utilizzato un penetrometro, installato su di un cingolato semovente, con le seguenti caratteristiche tecniche.

- *peso del maglio: 63,5 kg*
- *altezza di caduta: 75 cm*
- *angolo al vertice punta conica: 60°*
- *diametro punta conica: 51 mm*
- *diametro aste: 32 mm*

Durante l'esecuzione delle prove non è stata osservata la presenza di acque d'infiltrazione fino alle profondità investigate.

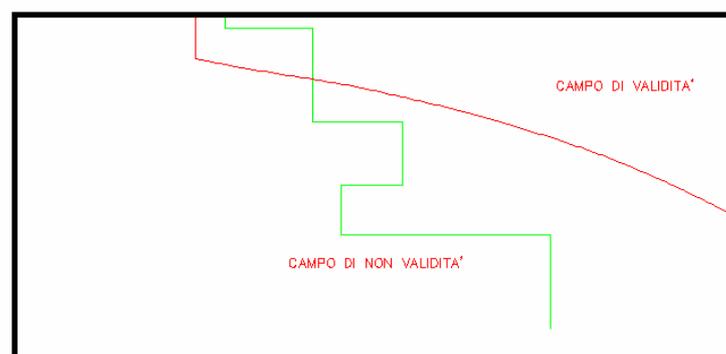
Dall'analisi delle indagini condotte è stato possibile verificare che i risultati ottenuti non sono del tutto compatibili con i risultati geofisici. In particolare la correlazione tra l'Nspt e la Vs proposta sul Testo Unico sulle Costruzioni non risulta verificata dalle presenti indagini.

Per la ricostruzione della stratigrafia sismica delle aree di interesse si sono quindi utilizzati unicamente i dati forniti dalle indagini geofisiche in quanto ritenuti più idonei.

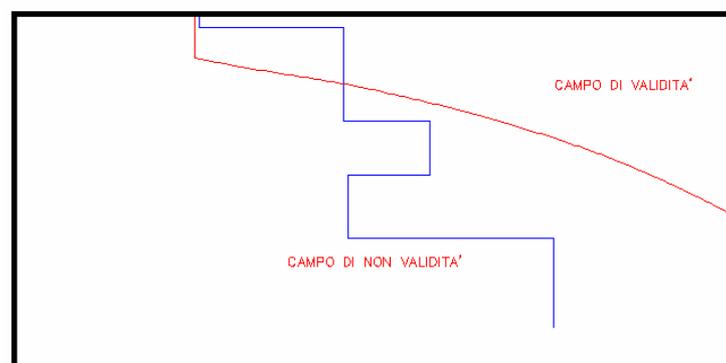
4 DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Dai risultati delle indagini condotte è stato possibile utilizzare la procedura riportata nella normativa di riferimento.

Come prima cosa si è verificata la validità della scheda di riferimento per litologie prevalentemente ghiaiose (litologia che caratterizza l'area in esame). Sovrapponendo le due stratigrafie geofisiche (sito R01 e sito R02) con la curva della scheda di riferimento per litologie ghiaiose (indicata in rosso nelle figure seguenti), si è osservato che l'andamento delle Vs con la profondità (indicato in verde per l'area R01 e in blu per l'area R02 nelle figure seguenti) non ricadeva nel campo di validità.



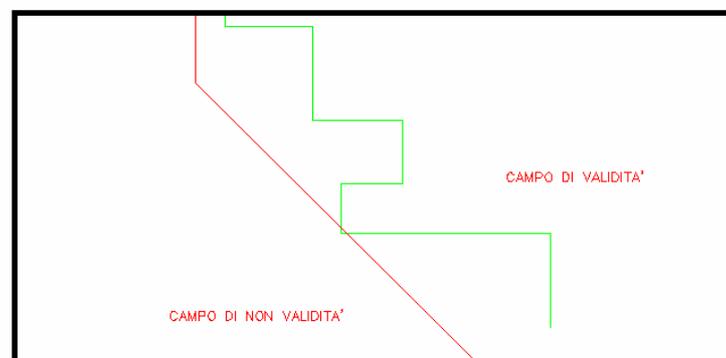
Verifica della validità del modello per litologia ghiaiosa
Area R01 - NON VERIFICATO



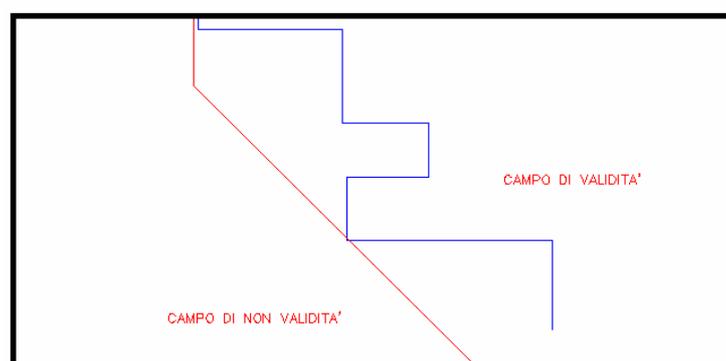
Verifica della validità del modello per litologia ghiaiosa
Area R02 - NON VERIFICATO

La Regione, in questa prima fase, ha fornito un numero limitato di schede di riferimento (n° 5) sulla base della litologia prevalente dei terreni. A volte, come nel nostro caso, tali schede non riescono a rappresentare la stratigrafia geofisica ricostruita, quindi è necessario effettuare delle semplificazioni. La Regione per queste situazioni accetta l'utilizzo di schede che non corrispondono alla litologia dei terreni ma che presentano un andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata dall'indagine.

In entrambi i siti indagati, l'andamento delle Vs con la profondità risulta verificato con la scheda tipo 2 di litologia limoso-sabbiosa.



Verifica della validità del modello per litologia limoso-sabbiosa tipo2
Area R01 - VERIFICATO



Verifica della validità del modello per litologia limoso-sabbiosa tipo2
Area R02 - VERIFICATO

Definita la scheda di riferimento più opportuna, si è ricavato il periodo proprio del sito (T) sulla base della seguente relazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V s_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Per i due siti in esame si sono così ricavati i seguenti valori.

$$T_{(R01)} = 0,33$$

$$T_{(R02)} = 0,31$$

Successivamente, sono stati determinati i valori di Fa per le due situazioni limite contraddistinte dai due intervalli di periodo.

INTERVALLO 0.1 / 0.5 S – Strutture basse e rigide

AREA R01

Considerando la curva 3 (curva di colore blu), sulla base dello spessore e della Vs dell'orizzonte superficiale, si ottiene un $Fa = 1,82$ che risulta maggiore del valore di soglia fornito dal Politecnico di Milano pari a 1,5.

L'analisi effettuata ha definito la necessità del 3° livello di approfondimento sismico in fase di progettazione di edifici strategici e rilevanti.

AREA R02

Considerando la curva 3 (curva di colore blu) sulla base dello spessore e della Vs dell'orizzonte superficiale si ottiene un $Fa = 1,8$ che risulta maggiore del valore di soglia fornito dal Politecnico di Milano pari a 1,5.

L'analisi effettuata ha definito la necessità del 3° livello di approfondimento sismico in fase di progettazione di edifici strategici e rilevanti.

INTERVALLO 0.5 / 1.5 S – Strutture alte e flessibili

AREA R01

Considerando la curva di riferimento (curva rossa) si ottiene un $Fa = 1,31$ che risulta inferiore del valore di soglia fornito dal Politecnico di Milano pari a 2,4.

L'analisi effettuata ha definito che i valori di Fa sono sufficienti a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

AREA R02

Considerando la curva di riferimento (curva rossa) si ottiene un $Fa = 1,28$ che risulta inferiore del valore di soglia fornito dal Politecnico di Milano pari a 2,4.

L'analisi effettuata ha definito che i valori di Fa sono sufficienti a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

5 CONCLUSIONI

La presente indagine sismica di 2° livello ha evidenziato quanto segue.

Le schede litologiche di riferimento riportate sulla delibera regionale non risultano sufficienti ad una corretta caratterizzazione dei siti in esame. Le aree indagate, infatti, sono sicuramente interessate dalla presenza di depositi ghiaiosi, mentre la restituzione grafica della stratigrafia sismica risulta all'interno del campo di validità solo se si fa riferimento alla scheda della litologia limoso-sabbiosa.

Dall'analisi delle diverse indagini condotte (geofisiche e penetrometriche) è stato possibile verificare che i risultati ottenuti non risultano del tutto compatibili. In particolare, la correlazione tra l'Nspt e la Vs proposta sul Testo Unico sulle Costruzioni non risulta verificata.

In considerazione di quanto sopra esposto si ritiene necessario prevedere un aggiornamento della presente indagine di 2° livello a seguito di nuove indicazioni regionali. In particolare, si ritiene opportuno verificare eventuali nuove schede di riferimento per ottenere una migliore compatibilità con la litologia presente.

Villa Guardia, 16 maggio 2006

Dott. Geologo
Frati Stefano



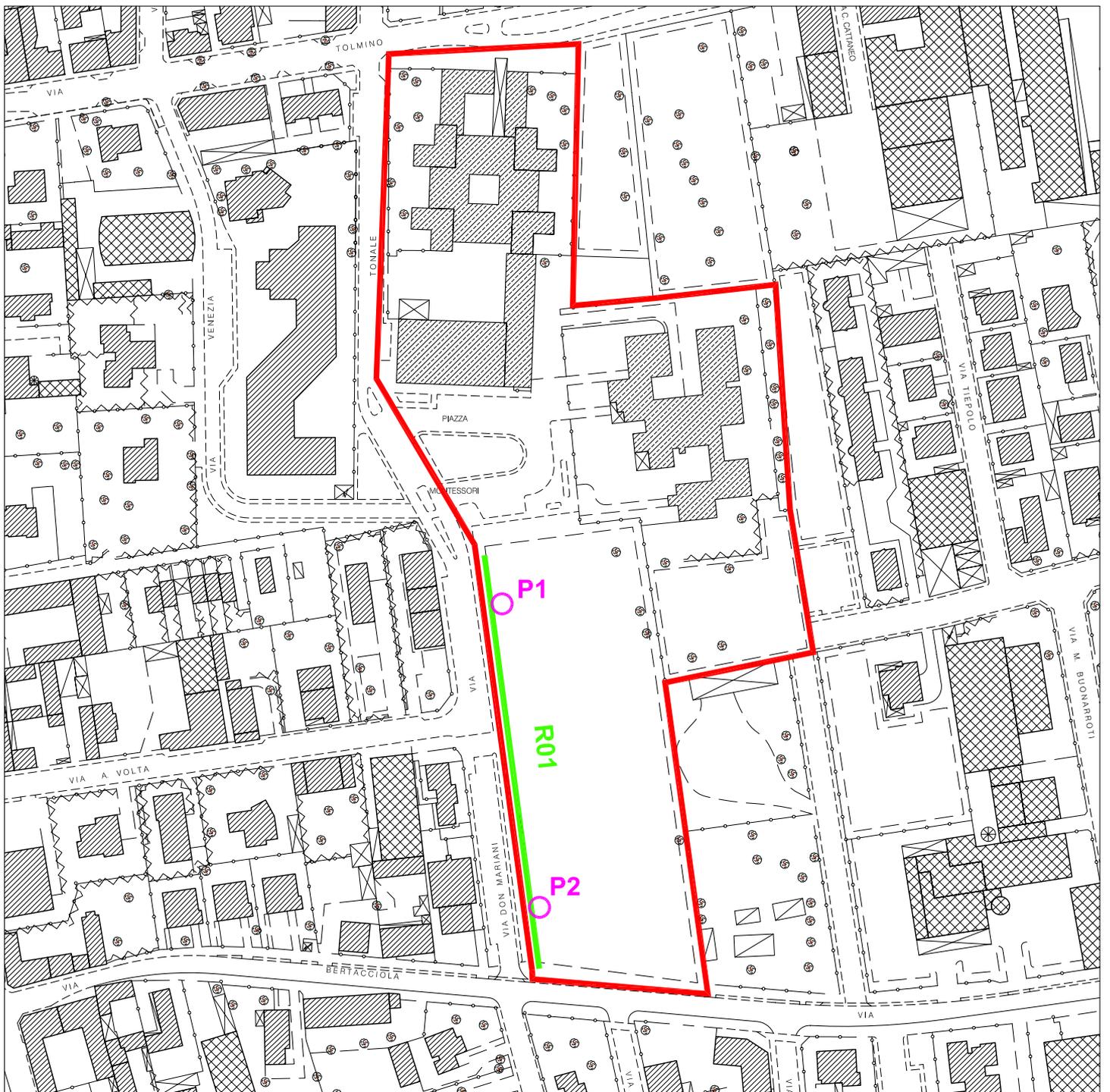


Figura 1 - Ubicazione del sito di indagine R01
 Polo scolastico P.zza Montessori - Via Bertacciola
 Scala 1:2.000

INDAGINI SVOLTE

 Tracciato stendimento Re.Mi.

 P1 Prova penetrometrica dinamica

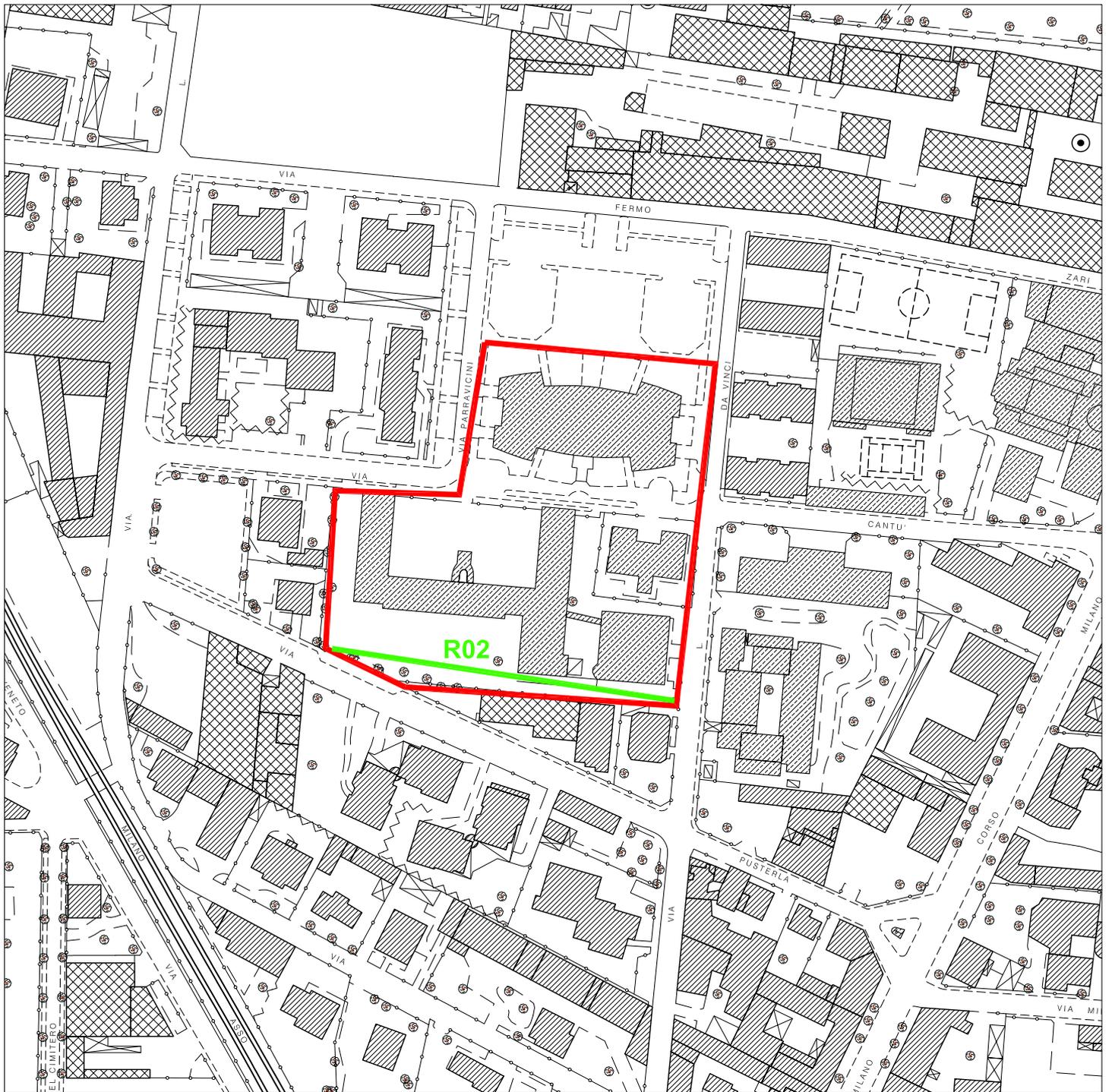


Figura 2 - Ubicazione del sito di indagine R02
Scuola elementare e centro polifunzionale
Scala 1:2.000

INDAGINI SVOLTE

 Tracciato stendimento Re.Mi.

OGGETTO:

Caratterizzazione sismica
Polo scolastico P.zza Montessori - Via Bertacciola

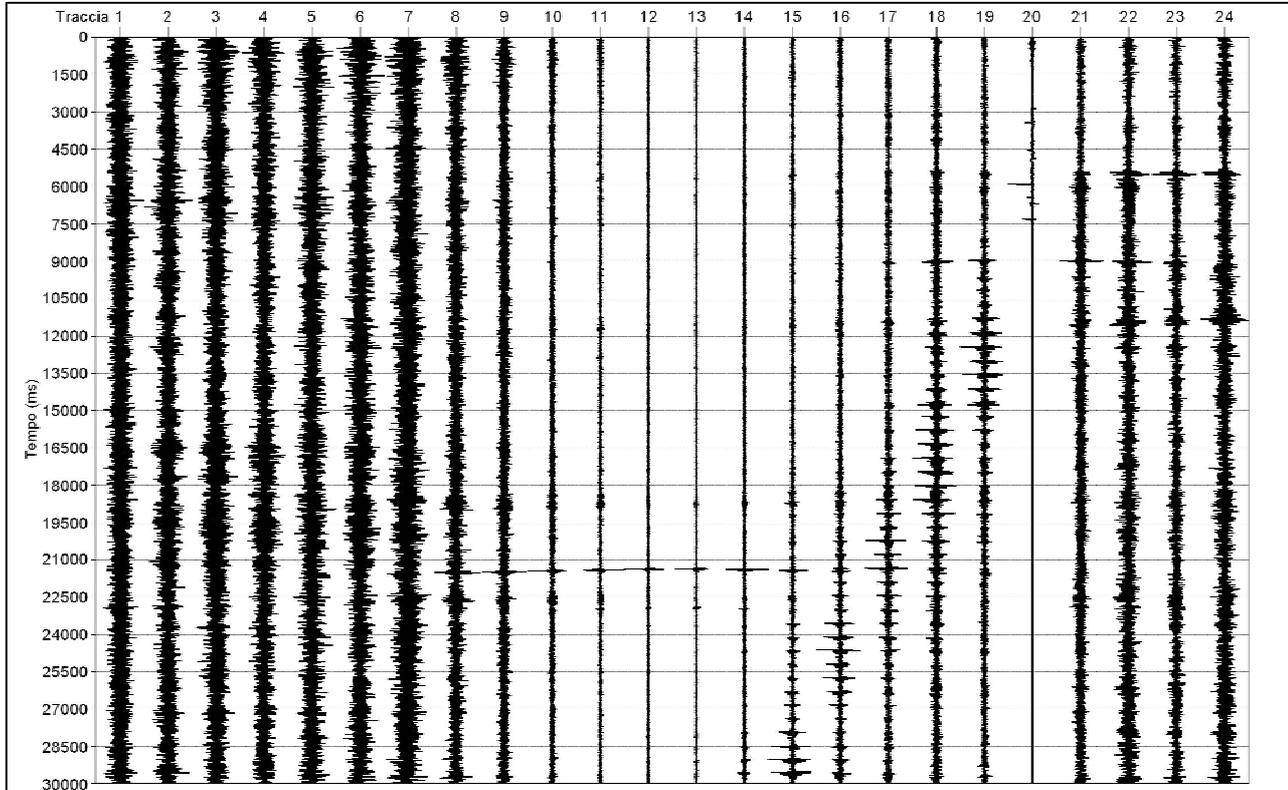
COMMITTENTE:

SF Studio Frati
geologia applicata

REFRACTION MICROTREMORS Re.Mi.

R01

REGISTRAZIONE SISMICA



ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE

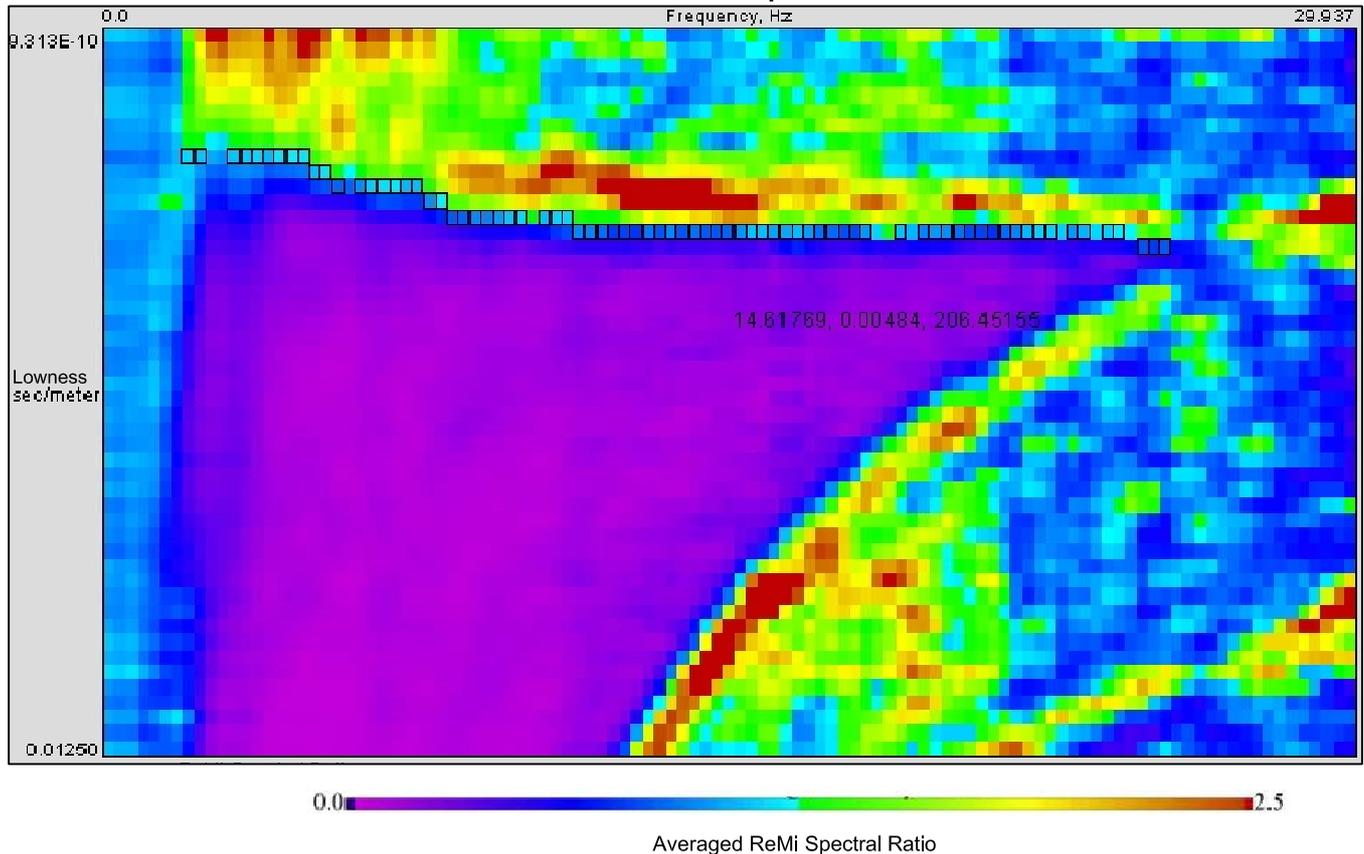


Figura 3a

REFRACTION MICROTREMORS Re.Mi.

R01

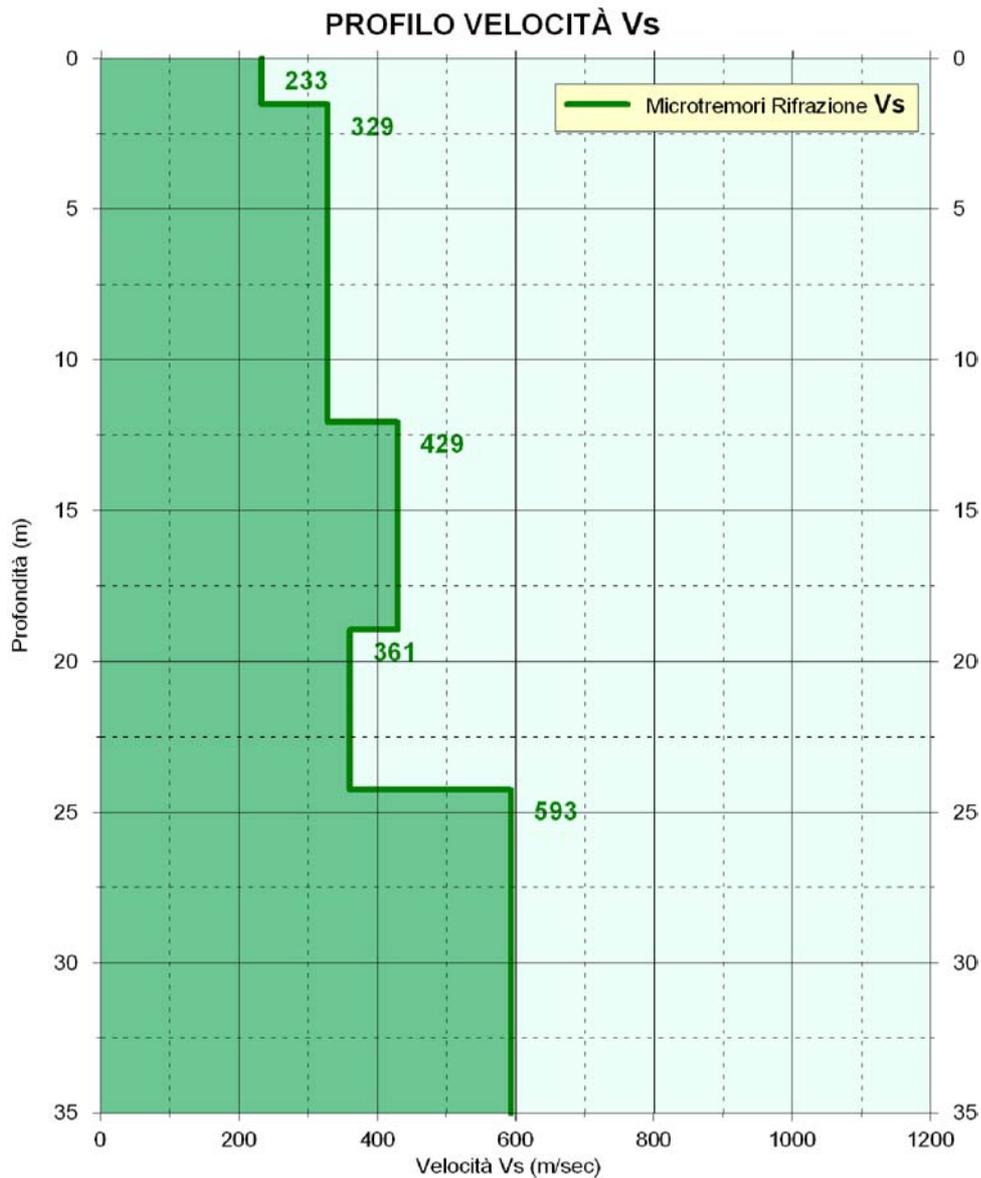
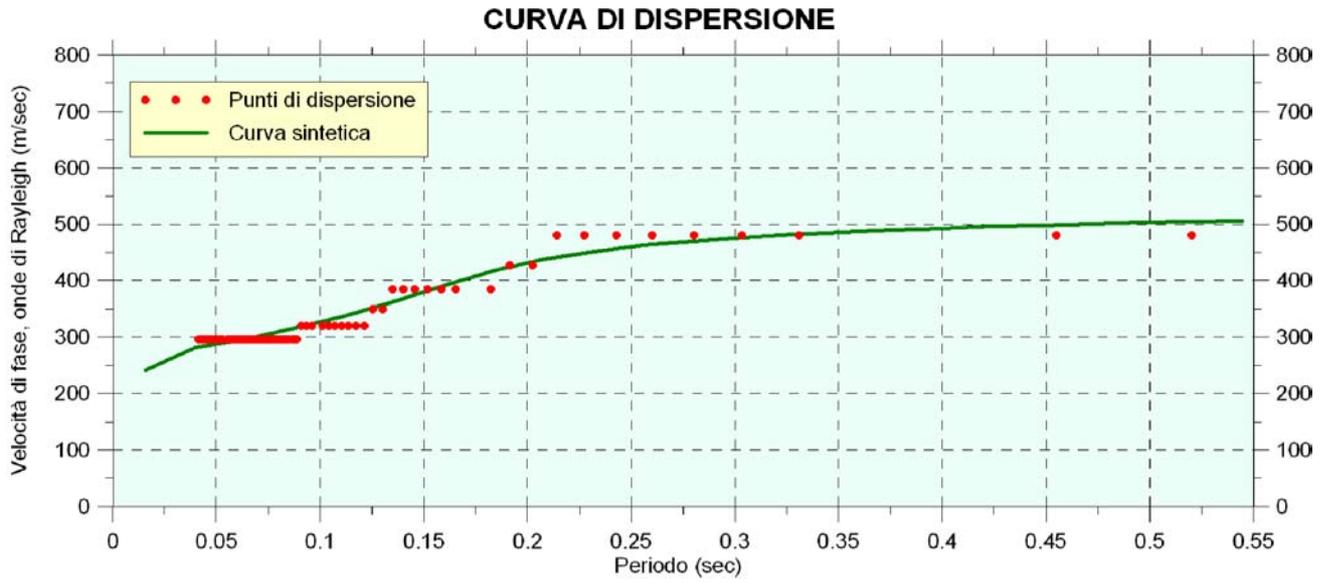
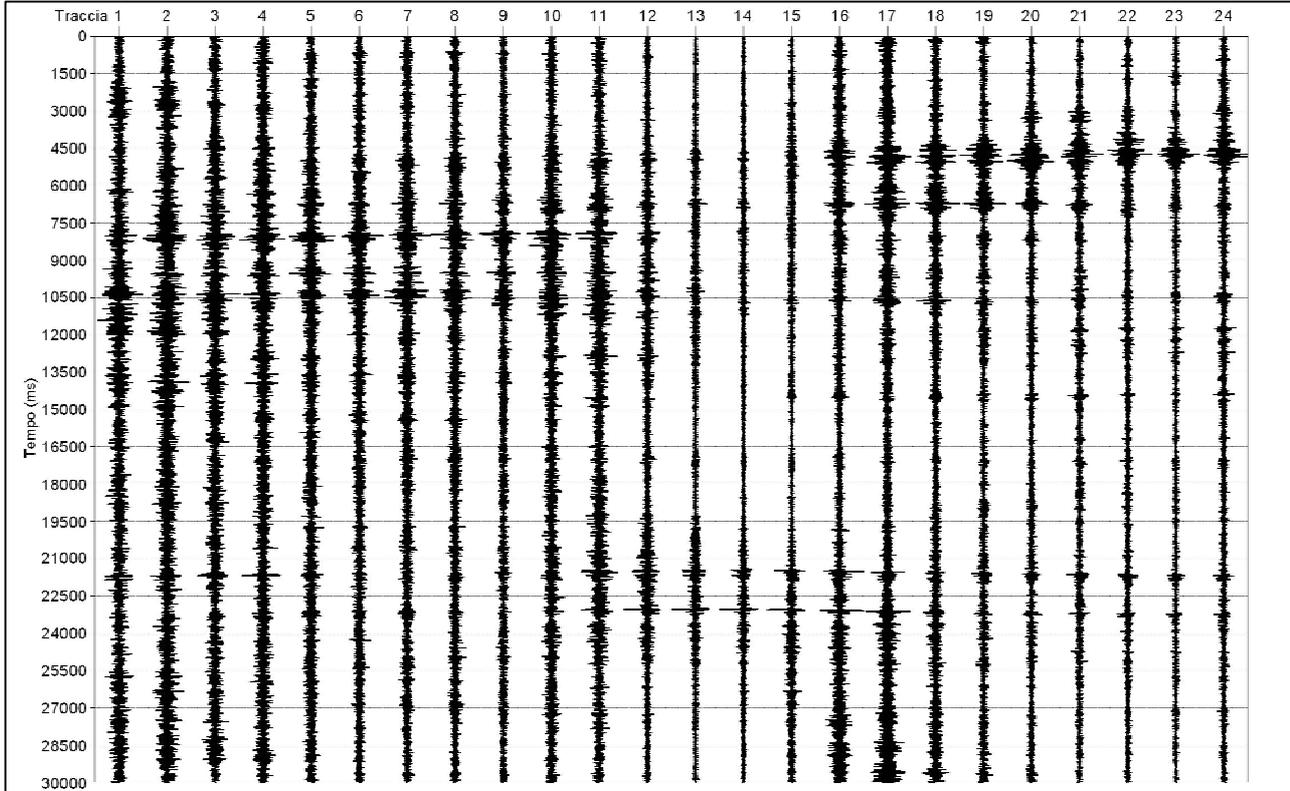


Figura 3b

REFRACTION MICROTREMORS Re.Mi.

R02

REGISTRAZIONE SISMICA



ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE

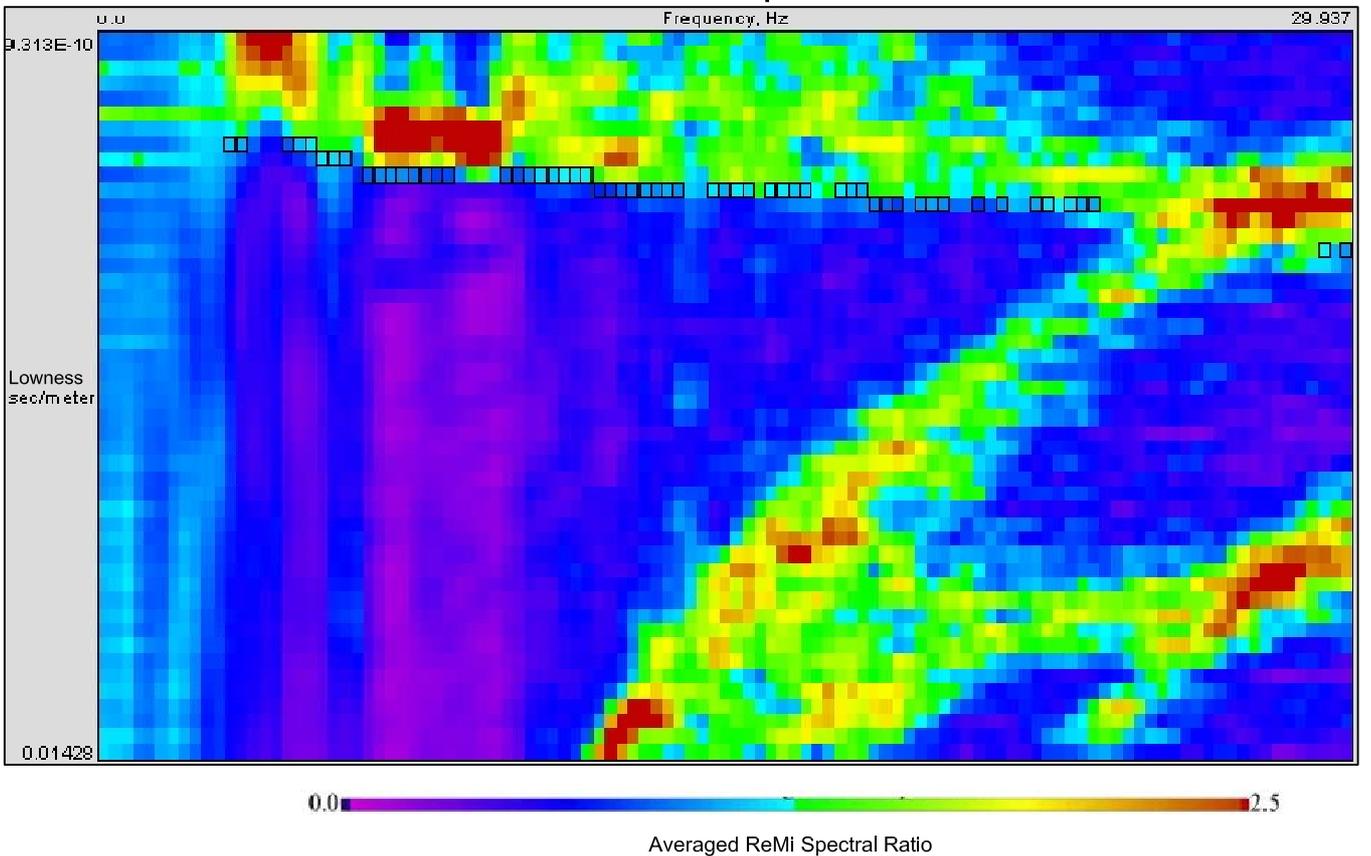
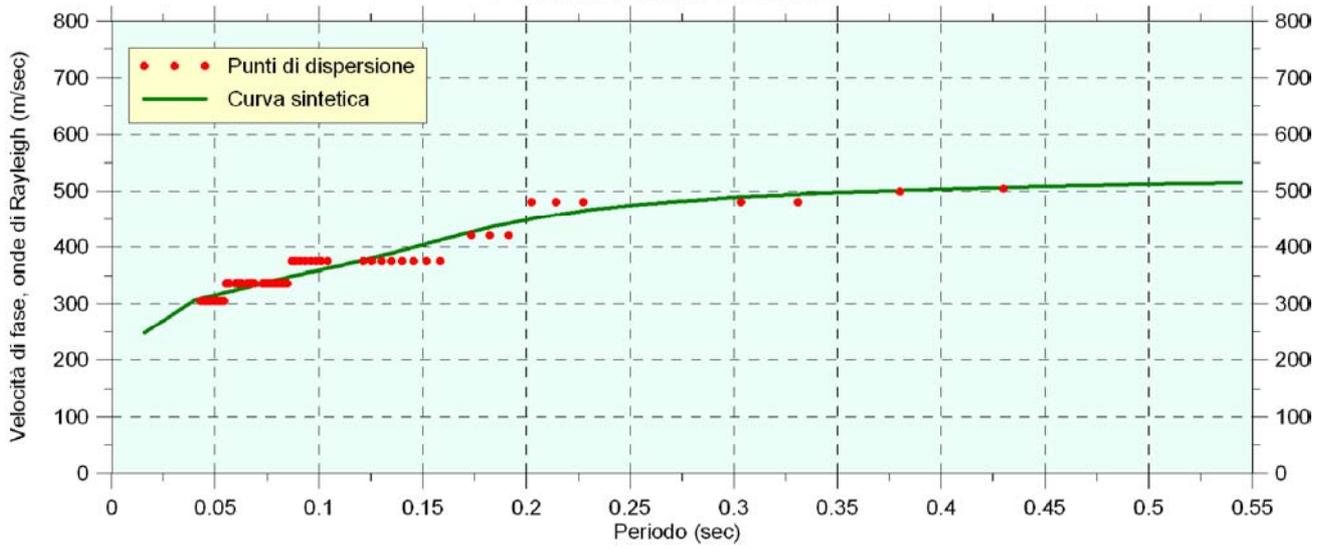


Figura 4a

REFRACTION MICROTREMORS Re.Mi.

R02

CURVA DI DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs

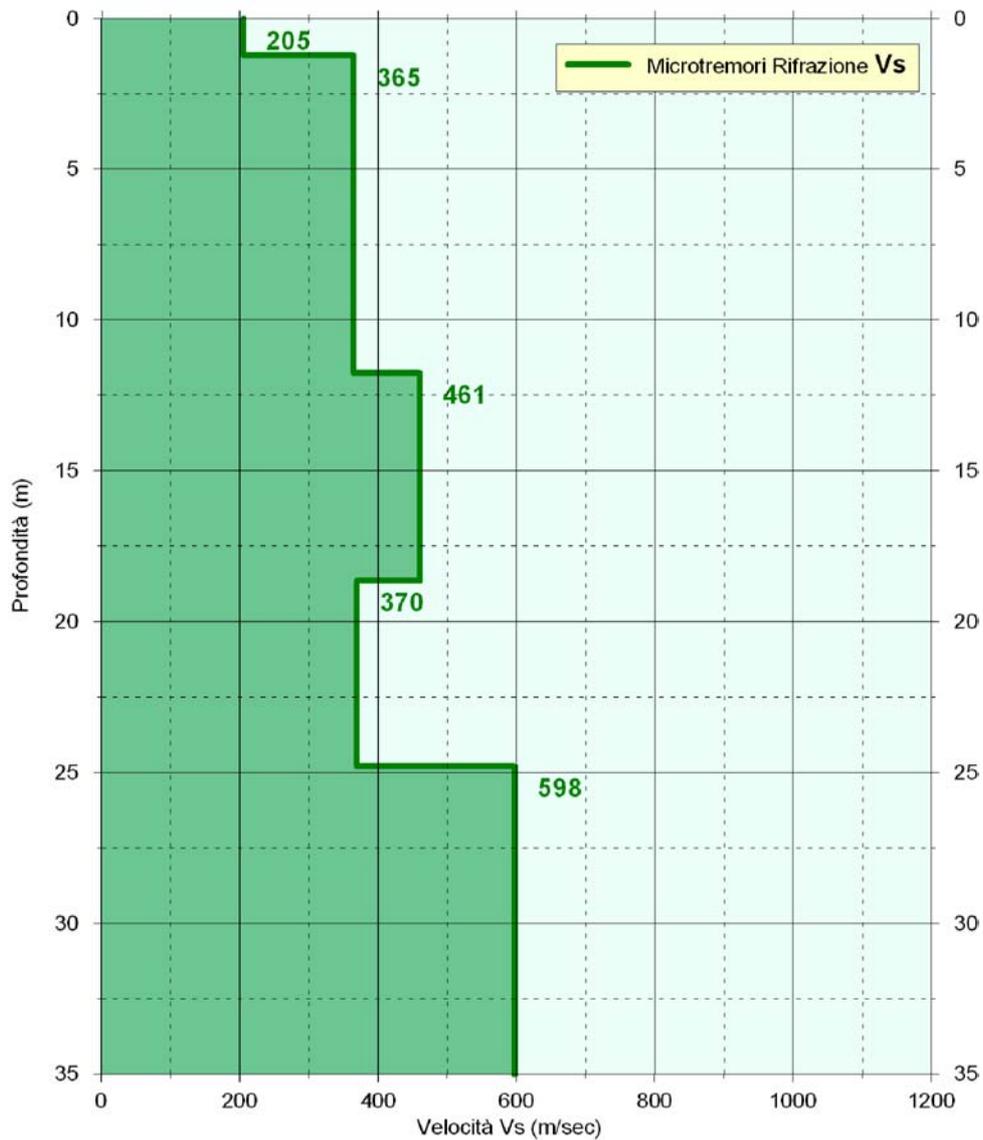
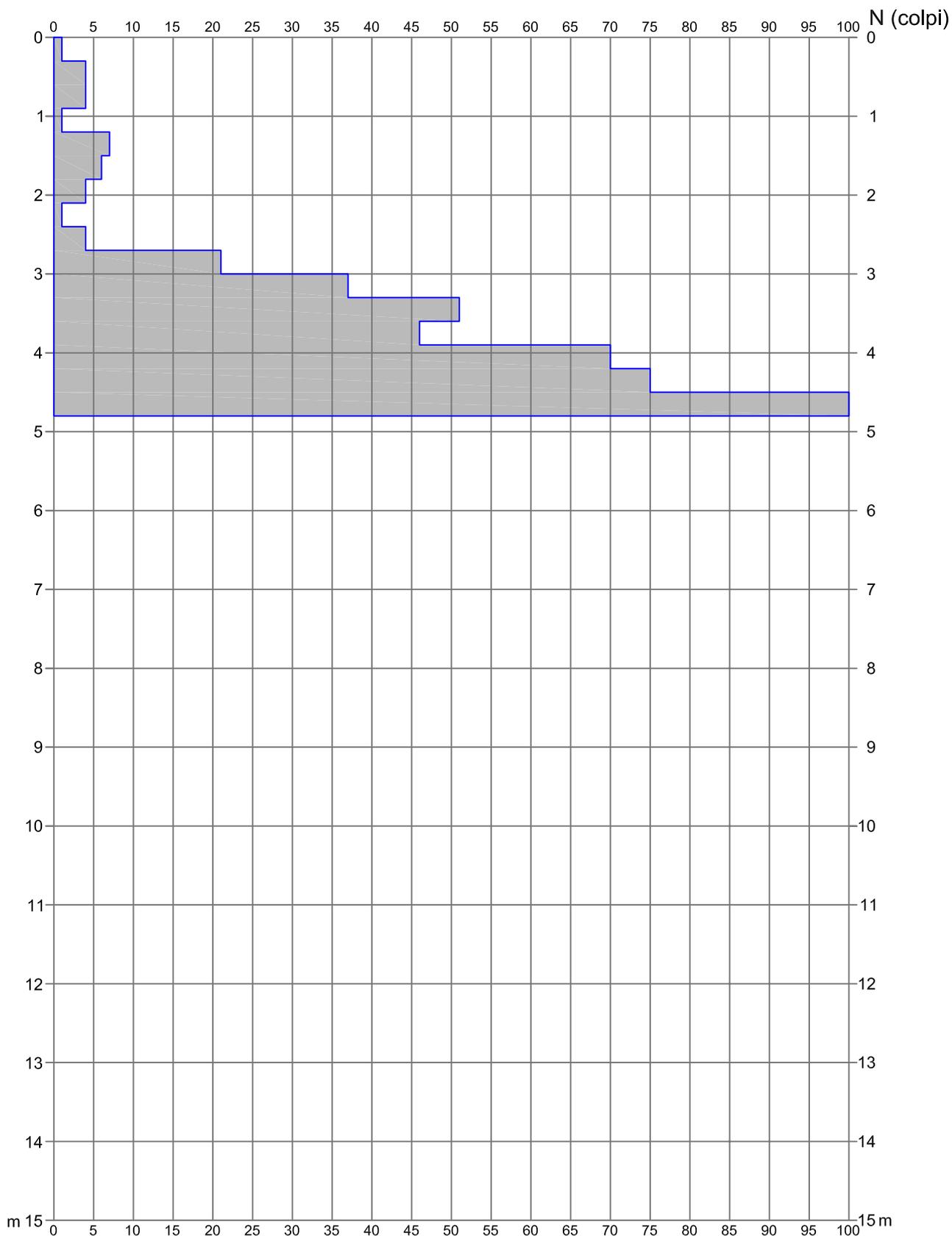


Figura 4b

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA/PROFONDITA'

- Committente: Comune di Bovisio Masciago - data: 03/05/2006
- cantiere: Polo scolastico - quota inizio: piano campagna
- localit : Via Montessori - Via Bertacciola - prof. falda: non rilevata

Prova
P1



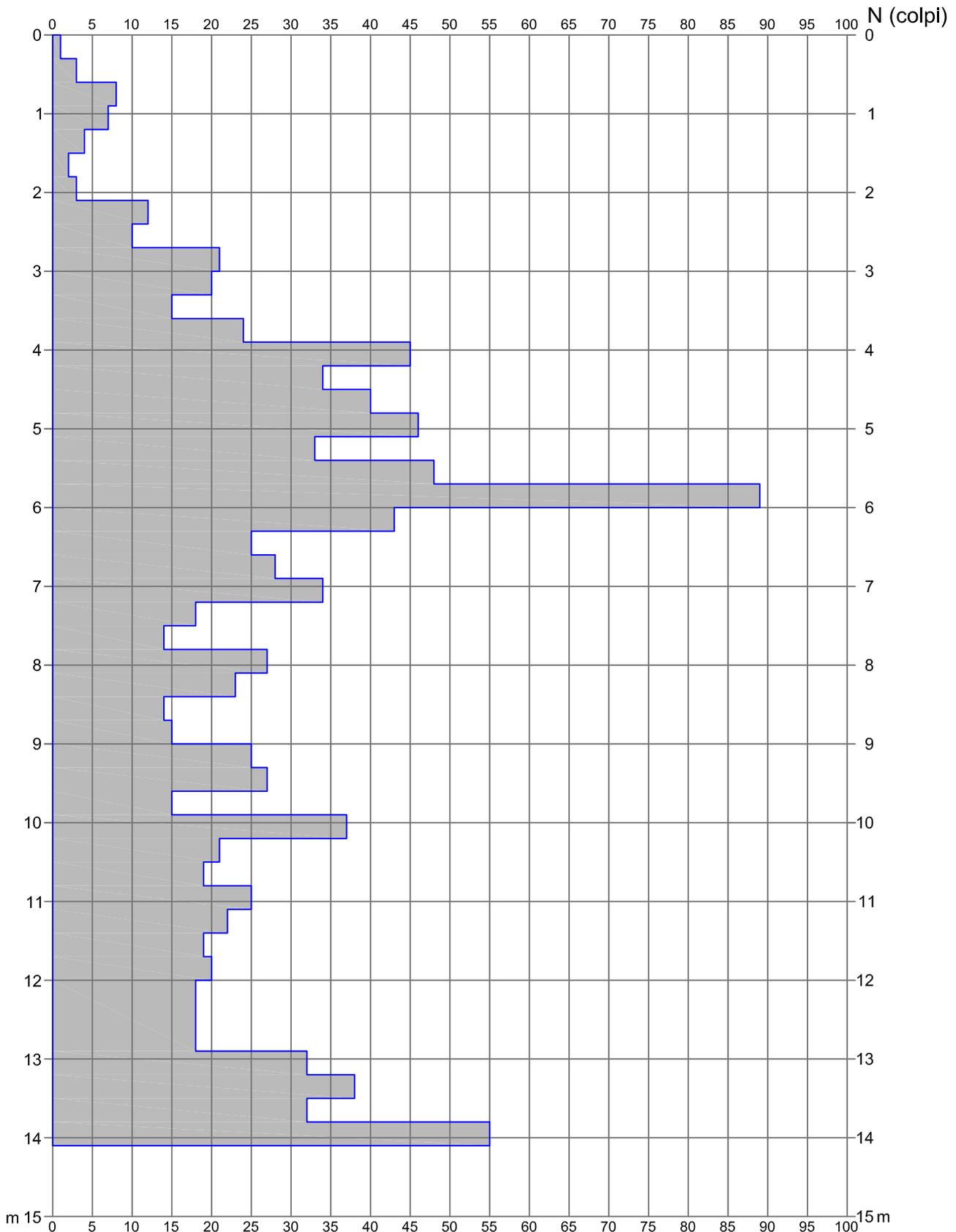
- PENETROMETRO DINAMICO tipo: TG 63-100 M-A.C
- M (massa battente)= 63,50 kg - H (h caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 20,43 cm²
- D (diametro punta)= 51,00 mm - Intervallo di misura = 30 cm - Uso rivestimento: NO

SF Studio Frati
geologia applicata

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA/PROFONDITA'

- Committente: Comune di Bovisio Masciago - data: 03/05/2006
 - cantiere: Polo scolastico - quota inizio: piano campagna
 - località: Via Montessori - Via Bertacciola - prof. falda: non rilevata

Prova
P2



- PENETROMETRO DINAMICO tipo: TG 63-100 M-A.C
 - M (massa battente)= 63,50 kg - H (h caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 20,43 cm²
 - D (diametro punta)= 51,00 mm - Intervallo di misura = 30 cm - Uso rivestimento: NO