

PROVINCIA DI BIELLA
COMUNE DI BIELLA

**ADEGUAMENTO TECNICO DELLA FUNICOLARE
TERRESTRE BIELLA PIANO - BIELLA PIAZZO
(REVISIONE GENERALE 40° ANNO E AMMODERNAMENTO)**



indagine geologica

"prima fase" - aprile 2015

elaborato IG.1

**INQUADRAMENTO GEOLOGICO
ED INDAGINI GEOGNOSTICHE**

1. Oggetto

L'amministrazione comunale di Biella, con determinazione di impegno n. pg/166 del 11/03/2015 del Dirigente del Settore 9 - Edilizia Pubblica e Impianti, Arredo Urbano, Parchi e Giardini e Cimiteri, ha dato incarico al sottoscritto Gabriele Francini geologo per le prestazioni professionali relative alla prima fase dell'indagine geologica a corredo del progetto "ADEGUAMENTO TECNICO DELLA FUNICOLARE TERRESTRE BIELLA PIANO - BIELLA PIAZZO (REVISIONE GENERALE 40° ANNO E AMMODERNAMENTO)".

La prima fase dell'indagine consiste nell'inquadramento geologico-geomorfologico e nella esecuzione, assistenza ed interpretazione delle indagini geognostiche e si articola nei seguenti allegati:

IG.1 Inquadramento geologico ed indagini geognostiche

IG.2 Tavola di inquadramento geologico

IG.3 Tavola delle indagini geognostiche

2. Inquadramento geologico

Fascia di transizione tra l'alta pianura biellese ed i primi rilievi, dati da un insieme di superfici pianeggianti terrazzate del Quaternario Inferiore. Gli altopiani, che sovrastano di circa un centinaio di metri la pianura fondamentale, sono ridotti a lembi smembrati e profondamente incisi dai corsi d'acqua attuali, in fase di attiva erosione di fondo ove non siano giunti ad intaccare il substrato roccioso.

Il materasso alluvionale grossolano ricoperto da una coltre limosa, data da depositi di origine eolica (loess), talora rimaneggiati od interessati da livelli di paleosuoli e, al piede del rilievo collinare (ubicazione area in oggetto) da materiali colluviali legati al disfacimento del rilievo stesso. Quest'ultimo, come accennato, è costituito da lembi residui delle antiche superfici anch'esse di deposizione alluvionale che a partire dal Quaternario Inferiore caratterizzarono il bordo meridionale del territorio montano. Qui i depositi alluvionali sono ora relegati ai pianalti sommitali di dorsali rocciose. Questi depositi si distinguono dai precedenti in quanto interessati da fenomeni di alterazione maggiormente pervasivi, così come le relative coltri loessiche risultano diffusamente ferrettizzate. Localmente, in dipendenza della estesa ed antica urbanizzazione, possono aversi materiali di riporto o legati a rimaneggiamento antropico.

L'ossatura delle dorsali è data dal substrato litoide costituito da rocce cristalline massicce quali dioriti e migmatiti. Potenti le coperture eluviali (cioè di alterazione della roccia in situ), caratterizzate da un'elevata componente fine con una potenza che può raggiungere e superare sino la decina di metri, in corrispondenza di fasce di fratturazione o di disturbi tettonici.

Per una migliore comprensione di quanto sopra descritto si rimanda all'elaborato IG.2.

3. Caratterizzazione primo sottosuolo

3.1 Criteri delle indagini geognostiche

Al fine di caratterizzare primo sottosuolo ed in particolare determinare lo spessore delle coltri sciolte superficiali, si proceduto all'esecuzione di:

- serie di prove penetrometriche dinamiche leggere
- numero 2 Analisi Maws
- numero 2 tomografie sismiche a rifrazione.

3.2 Prove penetrometriche

3.2.1 Macchinario utilizzato - Modalità della prova

Penetrometro dinamico leggero modello SUNDA DL 30, con le seguenti caratteristiche costruttive: sezione punta conica 10 cm²; peso del maglio 30 kg; altezza di caduta 20 cm. Lettura del numero di colpi del maglio in corrispondenza di un avanzamento di 10 cm nel sottosuolo. Tale lettura è indicata con N nei diagrammi delle prove, dove il numero dei colpi è riportato in funzione della profondità .

3.2.2 Dati rilevati

Le prove sono state effettuate presso i piloni 03, 05, 07, 08 e 13 e protratte sino ad una profondità comprese tra 8 e 10 m. Per una analisi dei dati rilevati si rimanda ai grafici di riferimento delle prove riportati in allegato (NB le prove al pilone 5 e 7 risentono di attrito laterale che incrementa N con la profondità), mentre per la ricostruzione litostratigrafica si veda l'elaborato IG.3. In sintesi le prove ai piloni 03, 05, 07 e 08 indicano la presenza della alterazione del substrato roccioso (litotipi dioritici osservati direttamente negli scavi esplorativi delle fondazioni al pilone 07), una volta superata la coltre di riporti e colluvi (N nullo), mentre la prova al pilone 13 segnala la presenza materiali grossolani eterometrici (depositi alluvionali).

3.3 Prove MASW – ReMi

3.3.1 Modalità delle prove

Analisi MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves):

- individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente;

- interpretazione delle misure effettuate avviene attraverso appositi programmi di calcolo che ricostruiscono la distribuzione delle velocità delle onde di taglio (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico

Metodo ReMi (Refraction Microtremor):

- permette di derivare il profilo medio delle V_{s30} usando unicamente il rumore ambientale rilevato da un normale sismografo con geofoni verticali a rifrazione standard (le sorgenti sismiche consistono in "rumori ambientali", o microtremori, costantemente generati da disturbi naturali o artificiali); a seconda delle proprietà dei materiali presenti, il metodo può determinare le velocità di onde di taglio fino ad un massimo di 100 metri di profondità;
- in combinazione con la tecnica MASW, permette di determinare l'andamento della velocità media delle onde di taglio con la profondità e quindi la categoria sismica del suolo di fondazione.

3.3.2 Dati rilevati

Gli stendimenti delle prove geofisiche di cui sopra hanno interessato il terreno al di sotto della linea di corsa della funicolare, tra i piloni 03 e 09 (stendimento "rotaie") e la strada denominata Costa del Piazza, in corrispondenza dell'attraversamento della funicolare (stendimento "strada"). Per una analisi di dettaglio dei dati rilevati si rimanda ai certificati allegati, mentre qui si pone in evidenza il valore della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri (V_{s30}) che nel primo caso è pari a 367 m/s, nel secondo caso è pari a 278 m/s. Tali valori determinano la caratterizzazione fisica e geotecnica del suolo di fondazione (NTC DM 14 gennaio 2008):

- in corrispondenza dello stendimento "rotaie" i terreni di fondazione sono ricondotti alla categoria B;
- in corrispondenza dello stendimento "strada" i terreni di fondazione sono ricondotti alla categoria C.

3.4 Tomografia sismica a rifrazione

3.4.1 Modalità delle prove

Indagine sismica a rifrazione. Le onde sismiche dipendono dalla densità e dalla rigidità del materiale attraversato ovvero da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche dei materiali indagati. Il comportamento della propagazione delle onde in un mezzo rispetta la legge di Snell che regola i fenomeni di rifrazione e riflessione a cui sono soggette le onde sismiche quando attraversano sismo-strati a caratteristiche diverse.

Lo svolgimento della prova consiste nel generare un'onda sismica di compressione (energizzazione) e registrarne l'arrivo tramite geofoni di superficie disposti in linea e ad intervalli noti.

L'interpretazione delle misure registrate si basa sull'analisi del tempo impiegato dall'onda generata a raggiungere ciascun geofono. Per poter ricostruire le variazioni della geometria di ciascun orizzonte rifrattore è necessario eseguire più energizzazioni in punti diversi mantenendo invariata la geometria dei geofoni.

3.4.2 Dati rilevati

In concomitanza con indagine MAWS-ReMi di cui sopra e lungo le medesime linee di stendimento si sono eseguiti due profili tomografici sismici finalizzati alla determinazione dello spessore delle coperture e all'individuazione di strutture morfologiche sepolte.

In allegato sono riportati i modelli bidimensionali di velocità del sottosuolo che soddisfano i valori sperimentali acquisiti con le varie energizzazioni.

4. Allegati

Costituiscono parte integrante della presente relazione gli allegati di seguito elencati:

- **certificati prove penetrometriche in numero di 5**
- **certificati prove MASW – ReMi in numero di 2**
- **Tomografia sismica a rifrazione in numero di 2**

APRILE 2015

Dottor Geologo
FRANCINI GABRIELE

Via Cavour, 23 - Ronco Biellese (BI)

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE LEGGERE

FUNICOLARE BIELLA PIAZZO

GRAFICI DI RIFERIMENTO

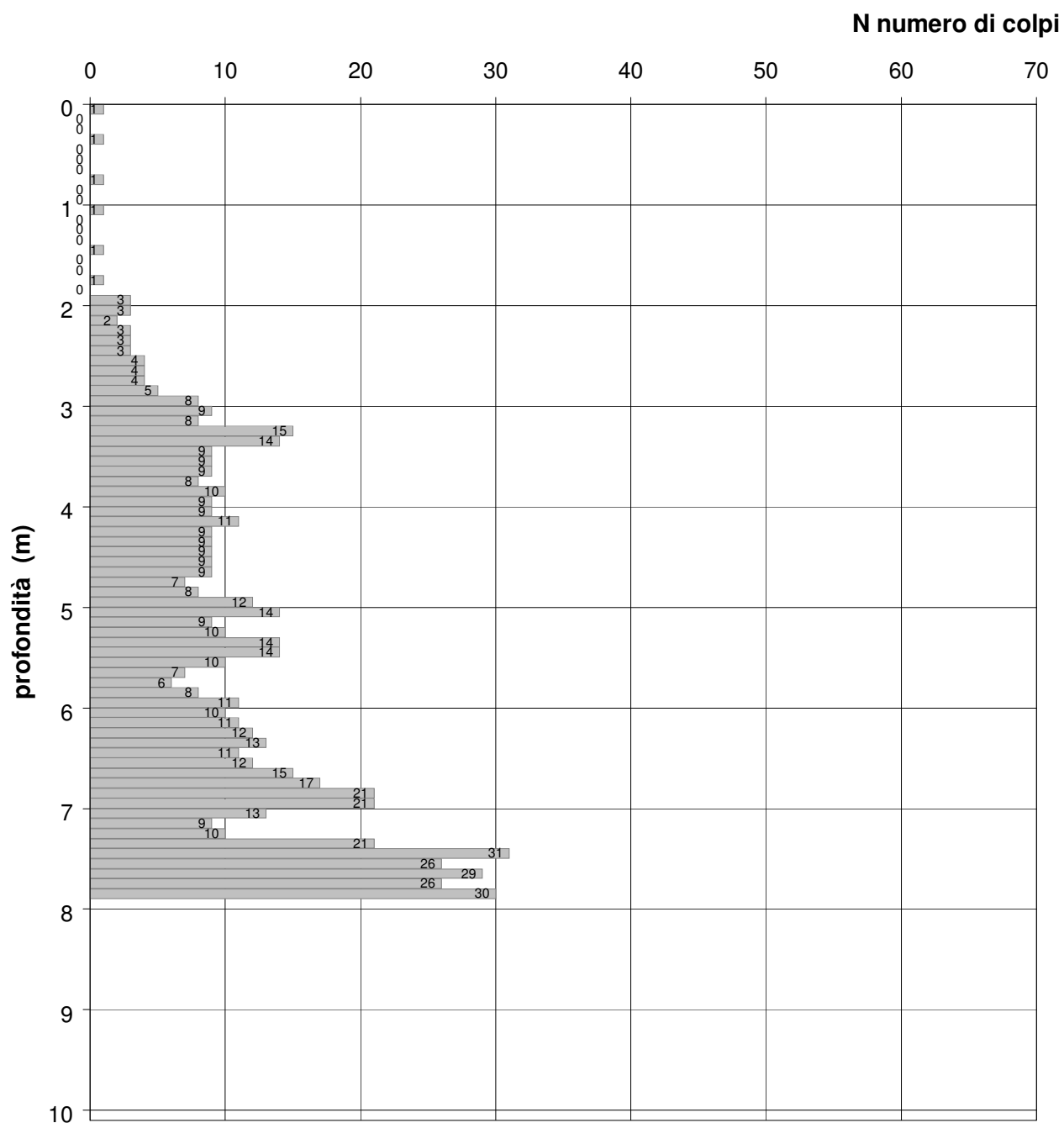
09 aprile 2015

S.T.I. "Servizi Tecnici Integrati" S.r.l.

13900 BIELLA (BI) Via Candelo, 56 • tel. – fax. 015 8493851 • cell. 335 260873

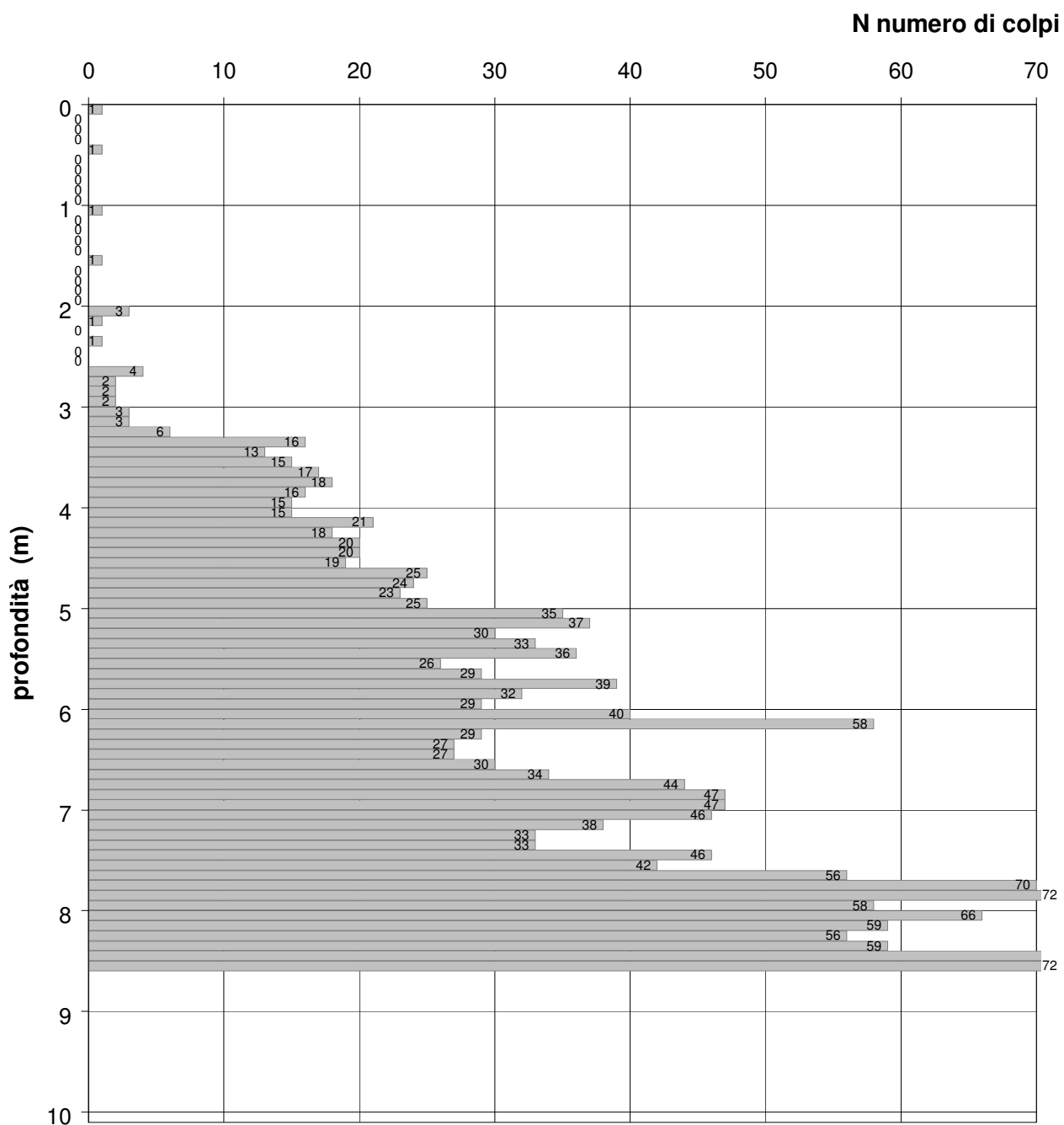
E-mail: info@stibiella.it - PEC: postmaster@pec.stibiella.it - INTERNET: www.stibiella.it

C.F. – P. IVA 01836320026 • C.C.I.A.A. BIELLA n.01836320026 Capitale sociale € 38.700,00 i.v.



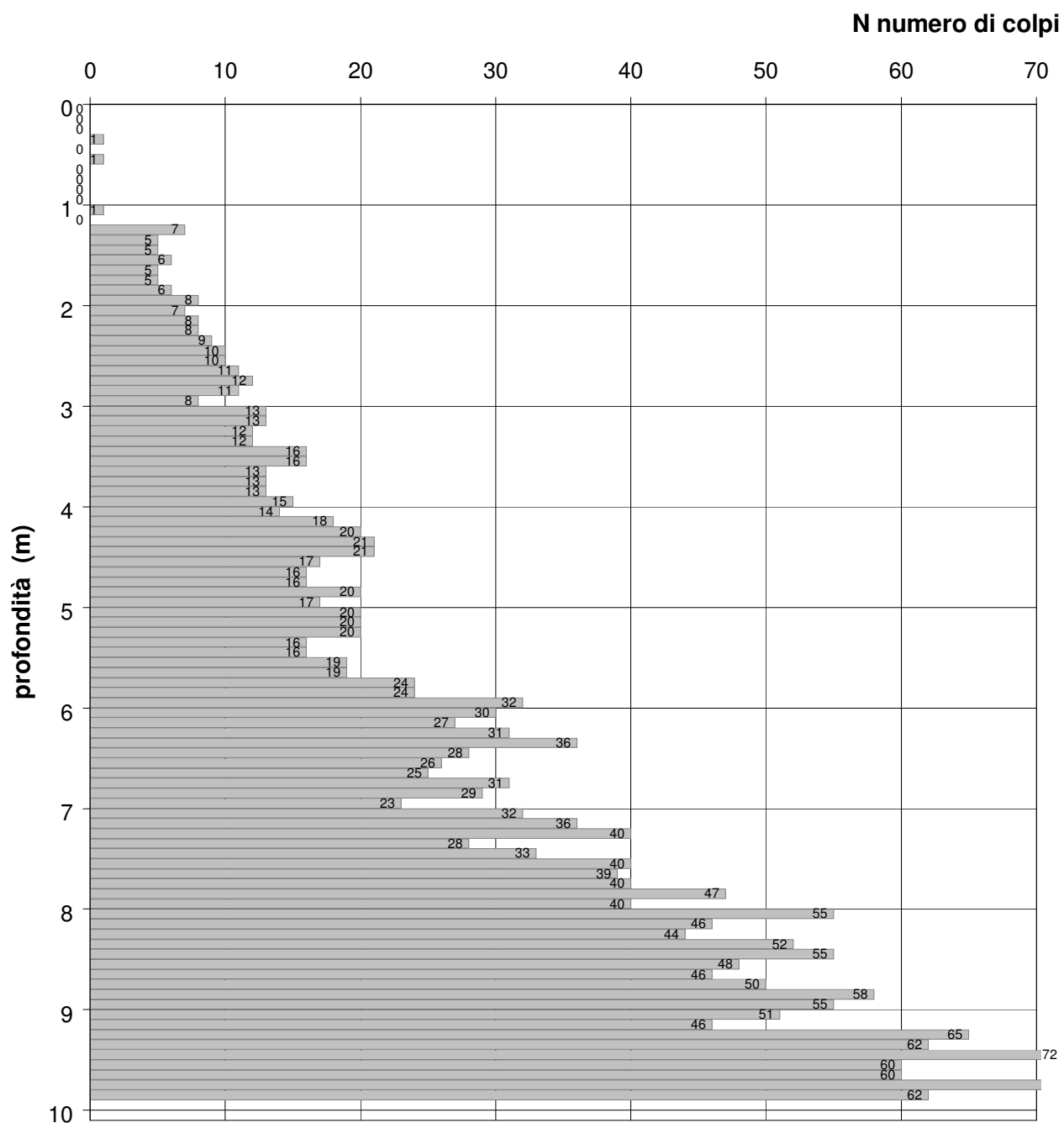
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LEGGERA

COMMITTENTE: Dott. Geologo Francini Gabriele
LOCALITA' PROVA: Funicolare Biella Piazza
DATA: 9 aprile 2015
PROVA PILONE 03
MACCHINARIO: SUNDA DL 30
PRESENZA DI ACQUA: NO



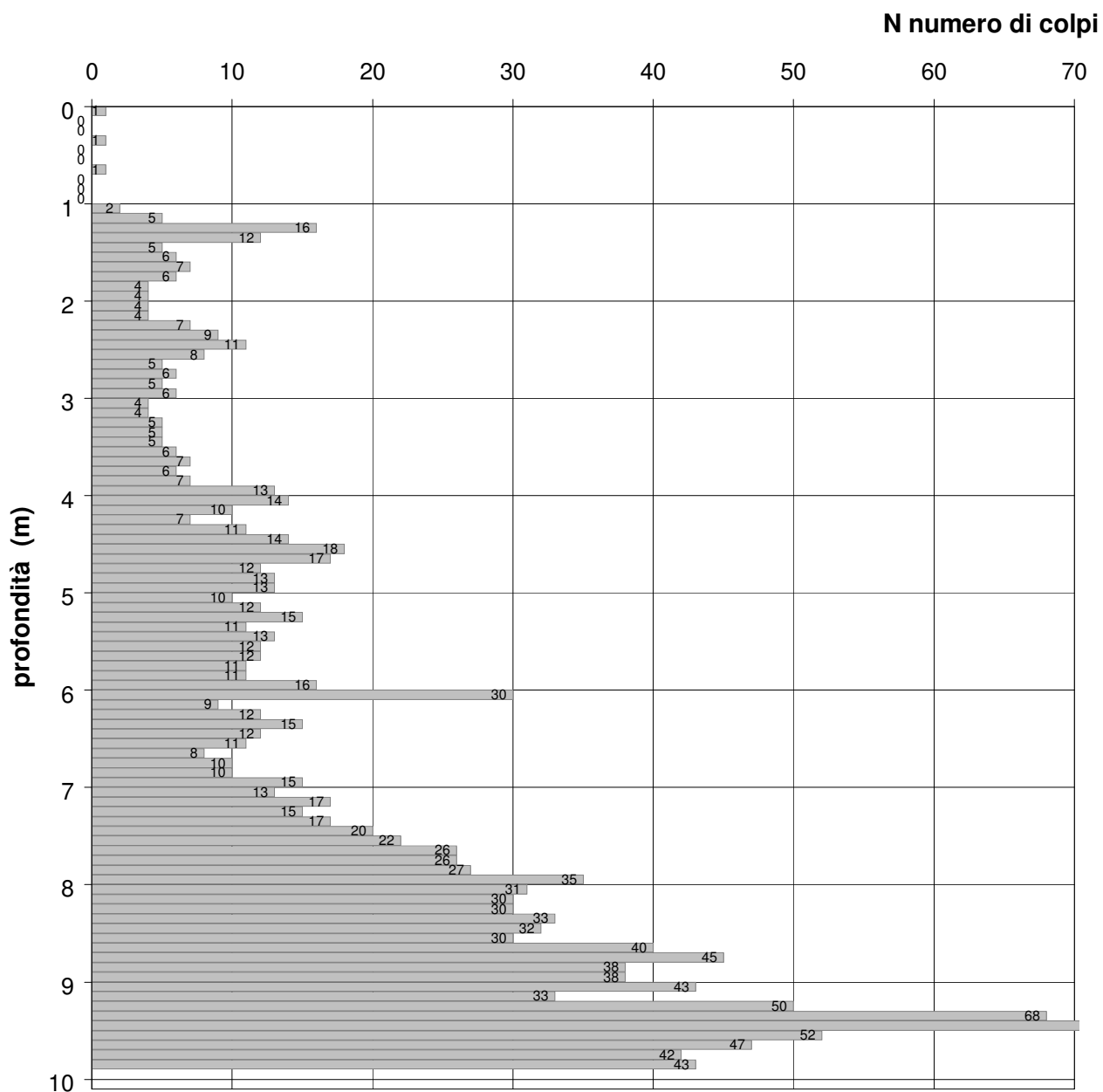
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LEGGERA

COMMITTENTE: Dott. Geologo Francini Gabriele
LOCALITA' PROVA: Funicolare Biella Piazza
DATA: 9 aprile 2015
PROVA PILONE 05
MACCHINARIO: SUNDA DL 30
PRESENZA DI ACQUA: NO



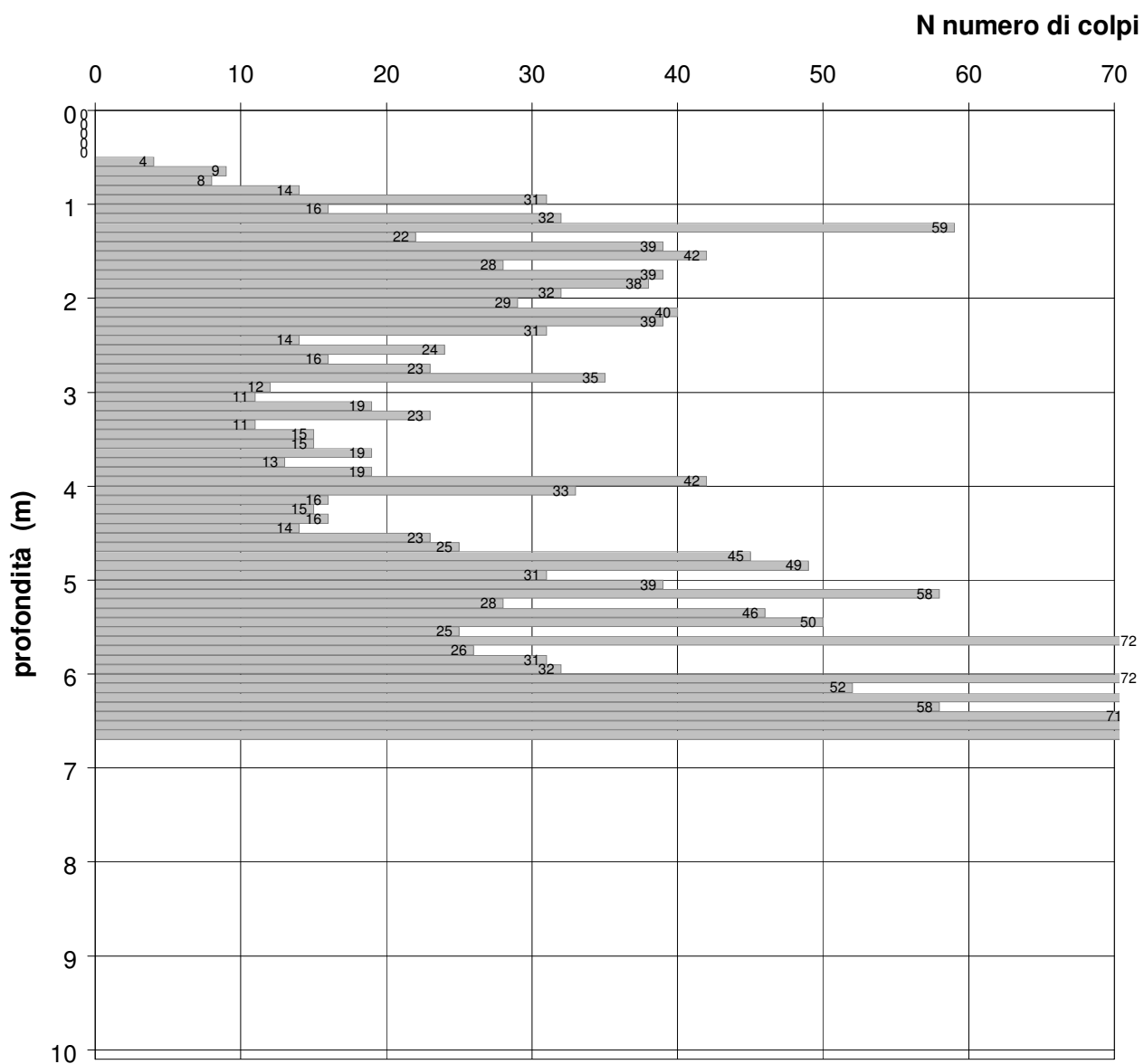
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LEGGERA

COMMITTENTE: Dott. Geologo Francini Gabriele
LOCALITA' PROVA: Funicolare Biella Piazza
DATA: 9 aprile 2015
PROVA PILONE 07
MACCHINARIO: SUNDA DL 30
PRESENZA DI ACQUA: NO



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LEGGERA

COMMITTENTE: Dott. Geologo Francini Gabriele
LOCALITA' PROVA: Funicolare Biella Piazza
DATA: 9 aprile 2015
PROVA PILONE 08
MACCHINARIO: SUNDA DL 30
PRESENZA DI ACQUA: NO



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LEGGERA

COMMITTENTE: Dott. Geologo Francini Gabriele
LOCALITA' PROVA: Funicolare Biella Piazza
DATA: 9 aprile 2015
PROVA PILONE 13 - PARTENZA PROVA DA -30 CM DOPO RIMOZIONE SELCIATO
MACCHINARIO: SUNDA DL 30
PRESENZA DI ACQUA: NO



FUNICOLARE BIELLA PIAZZO
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE LEGGERE
SCHEMA INDICATIVO



Risultati delle analisi MASW e ReMi

Autore: Giovanni Rodina
Sito: Biella Funicolare
Stendimento: "Rotaie"
Data: 14 aprile 2015



1 - Dati sperimentali

| | |
|--|--------|
| Numero di ricevitori..... | 24 |
| Numero di campioni temporali..... | 1500 |
| Passo temporale di acquisizione | 1ms |
| Numero di ricevitori usati per l'analisi | 24 |
| L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... | 0ms |
| L'intervallo considerato per l'analisi termina a | 1499ms |
| I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi) | |

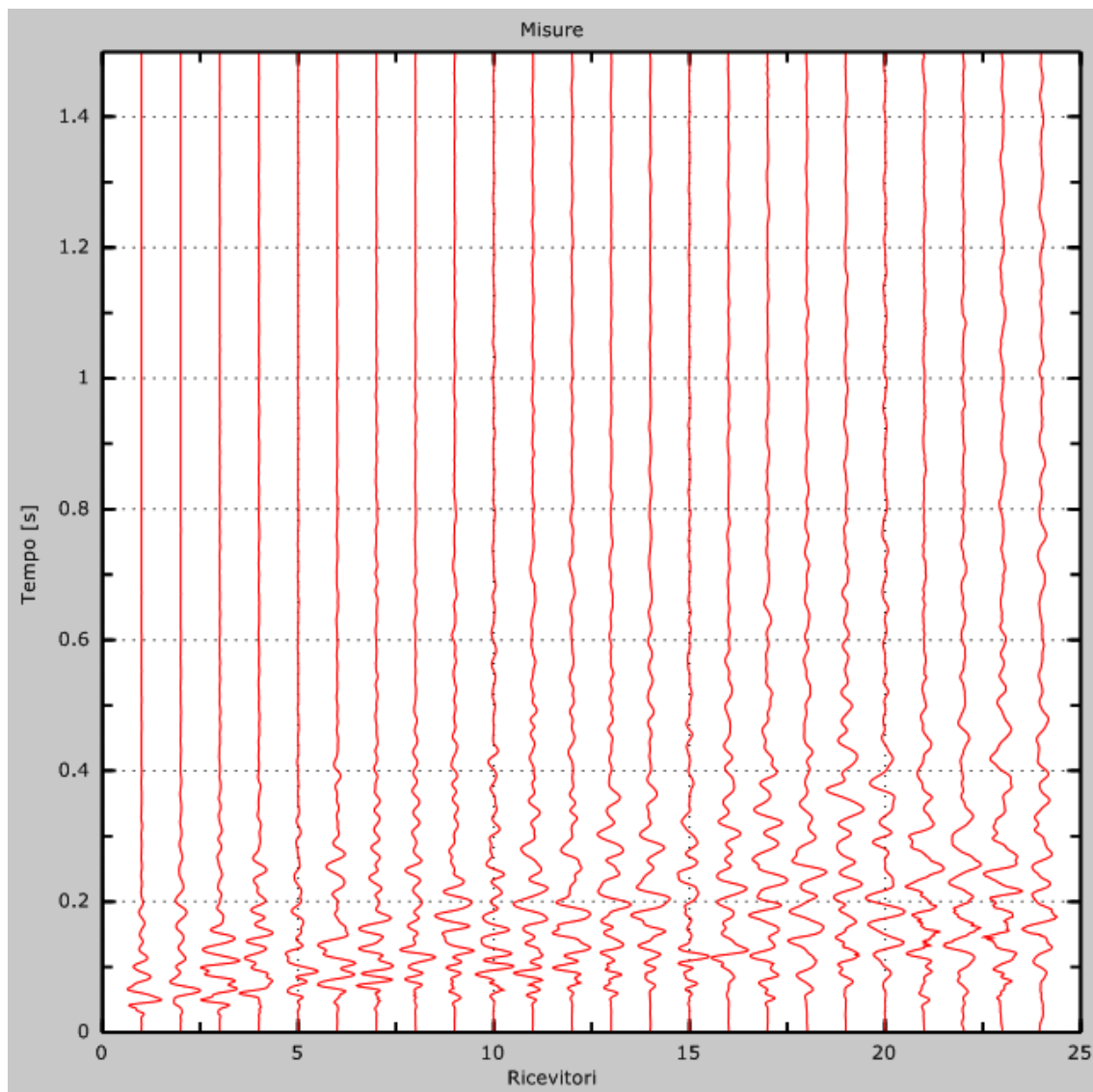


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz

Frequenza iniziale 2Hz

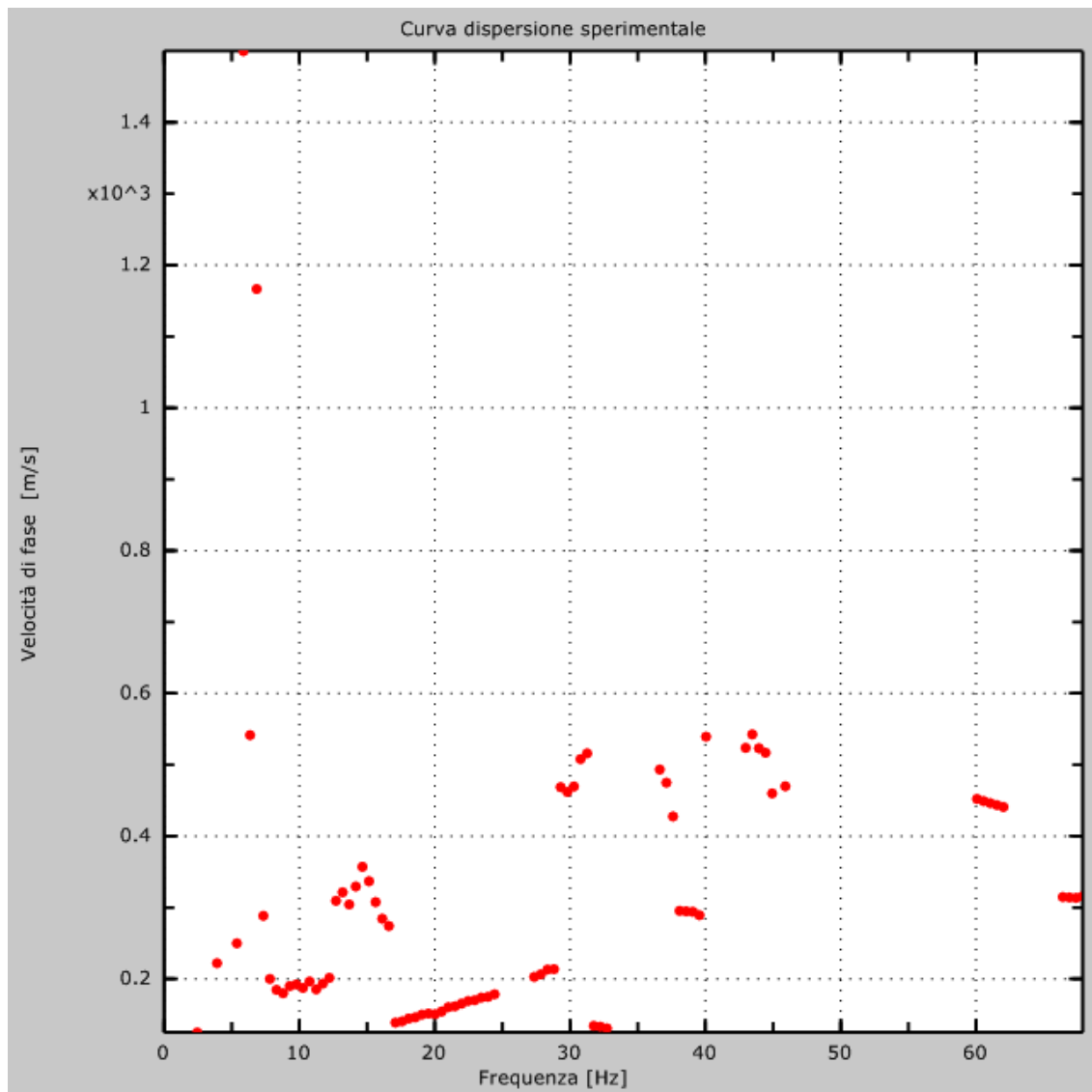


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori..... 12
Numero di campioni temporali..... 3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 179998ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

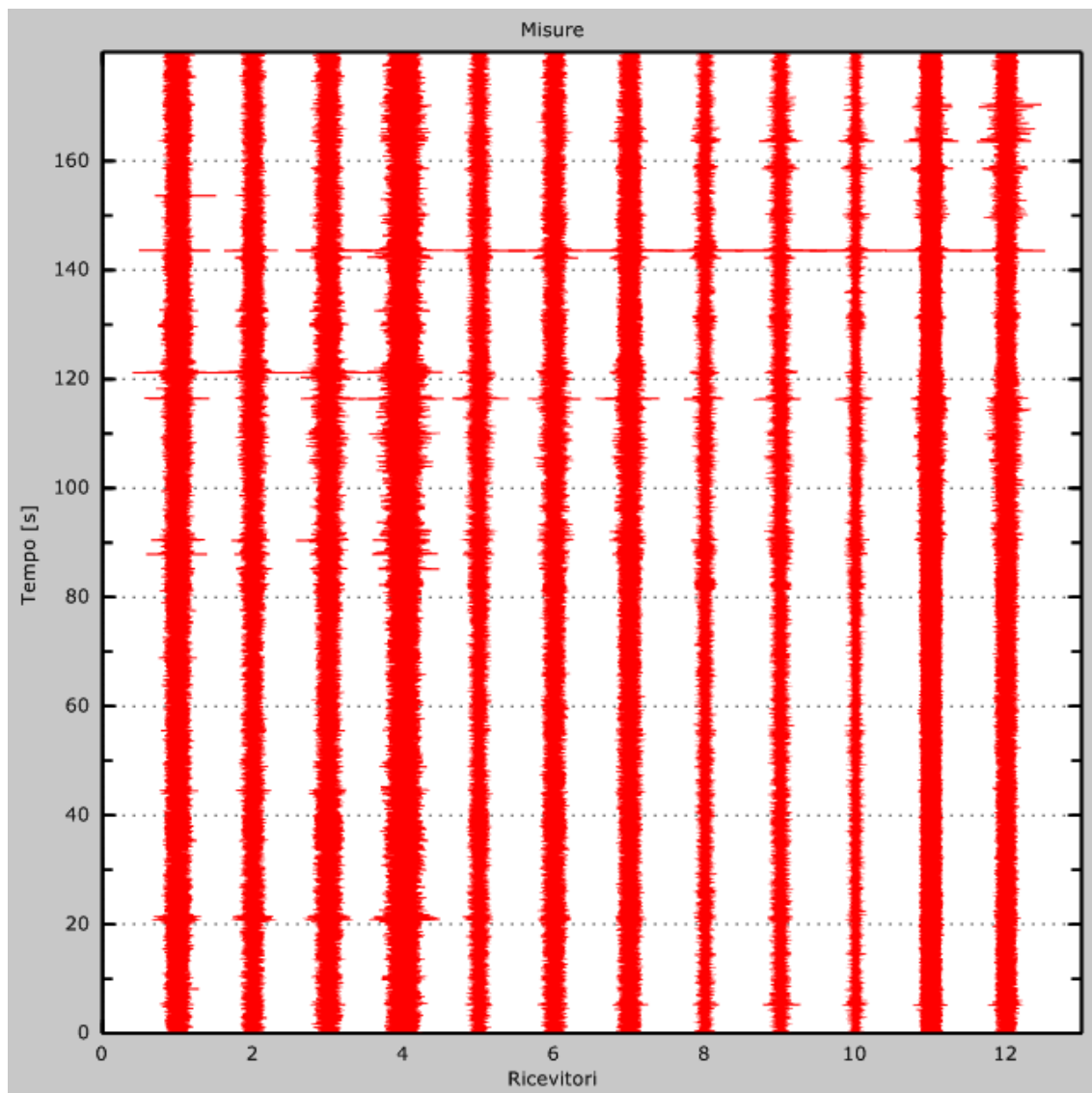


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

| Freq. [Hz] | V. fase [m/s] | V. fase min [m/s] | V. fase Max [m/s] |
|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 6.28737 | 526.681 | 417.031 | 636.332 |
| 8.83789 | 181 | 162.9 | 199.1 |
| 12.2803 | 217.8 | 196.02 | 239.579 |
| 15.7227 | 303.05 | 272.745 | 333.355 |
| 19.165 | 150.379 | 135.341 | 165.417 |
| 22.6074 | 169.469 | 152.522 | 186.416 |
| 28.0201 | 216.005 | 191.638 | 240.372 |
| 38.8414 | 307.38 | 276.922 | 337.839 |
| 43.2617 | 535.134 | 481.62 | 588.647 |
| 60.4736 | 449.715 | 404.743 | 494.686 |
| 67.3584 | 313.666 | 282.299 | 345.032 |

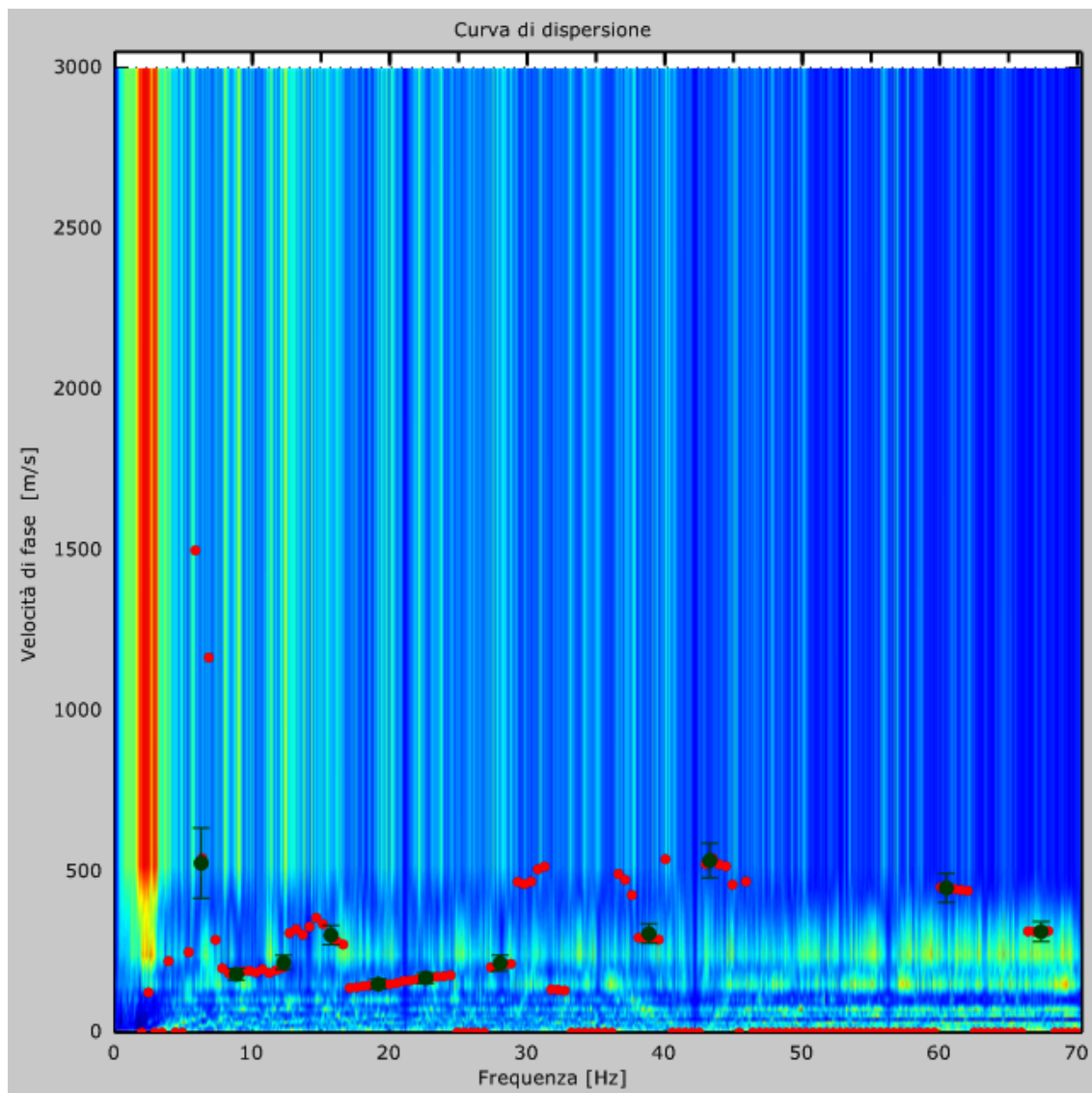


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

| | |
|---|---------------|
| Numero di strati (escluso semispazio) | 9 |
| Spaziatura ricevitori [m] | 2m |
| Numero ricevitori | 24 |
| Numero modi | 1 |
| Numero iterazioni | 1 |
| Massimo errore [%] | 2.000000e-001 |

Strato 1

| | |
|------------------------------------|---------|
| h [m] | 2 |
| z [m] | -2 |
| Densità [kg/m ³] | 1850 |
| Poisson | 0.36 |
| Vs [m/s] | 350 |
| Vp [m/s] | 684.19 |
| Vs min [m/s] | 320 |
| Vs max [m/s] | 380 |
| Falda non presente nello strato | |
| Vs fin.[m/s] | 320.000 |

Strato 2

| | |
|------------------------------------|---------|
| h [m] | 3 |
| z [m] | -5 |
| Densità [kg/m ³] | 1847 |
| Poisson | 0.38 |
| Vs [m/s] | 340 |
| Vp [m/s] | 704.64 |
| Vs min [m/s] | 310 |
| Vs max [m/s] | 370 |
| Falda non presente nello strato | |
| Vs fin.[m/s] | 310.000 |

Strato 3

| | |
|------------------------------------|---------|
| h [m] | 3 |
| z [m] | -8 |
| Densità [kg/m ³] | 1814 |
| Poisson | 0.40 |
| Vs [m/s] | 240 |
| Vp [m/s] | 655.13 |
| Vs min [m/s] | 210 |
| Vs max [m/s] | 270 |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 267.456 |

Strato 4

| | |
|-----------------------------------|---------|
| h [m] | 4 |
| z [m] | -12 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1800 |
| Poisson..... | 0.42 |
| Vs [m/s] | 220 |
| Vp [m/s]..... | 673.15 |
| Vs min [m/s] | 190 |
| Vs max [m/s]..... | 250 |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s]..... | 250.000 |

Strato 5

| | |
|-----------------------------------|---------|
| h [m] | 4 |
| z [m] | -16 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1800 |
| Poisson..... | 0.42 |
| Vs [m/s] | 340 |
| Vp [m/s]..... | 996.26 |
| Vs min [m/s] | 310 |
| Vs max [m/s]..... | 370 |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s]..... | 370.000 |

Strato 6

| | |
|-----------------------------------|---------|
| h [m] | 5 |
| z [m] | -21 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1800 |
| Poisson..... | 0.44 |
| Vs [m/s] | 420 |
| Vp [m/s]..... | 1374.77 |
| Vs min [m/s] | 390 |
| Vs max [m/s]..... | 450 |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s]..... | 450.000 |

Strato 7

| | |
|-----------------------------------|---------|
| h [m] | 5 |
| z [m] | -26 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1837 |
| Poisson..... | 0.36 |
| Vs [m/s] | 550 |
| Vp [m/s]..... | 1160.50 |
| Vs min [m/s] | 520 |
| Vs max [m/s]..... | 580 |
| Strato non alluvionale | |

Vs fin.[m/s]..... 542.775

Strato 8

h [m] 6

z [m] -32

Densità [kg/m³]..... 1843

Poisson..... 0.38

Vs [m/s] 520

Vp [m/s]..... 1250.17

Vs min [m/s] 490

Vs max [m/s]..... 550

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]..... 550.000

Strato 9

h [m] 0

z [m] -∞

Densità [kg/m³]..... 1903

Poisson..... 0.32

Vs [m/s] 560

Vp [m/s]..... 1146.75

Vs min [m/s] 530

Vs max [m/s]..... 590

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]..... 590.000

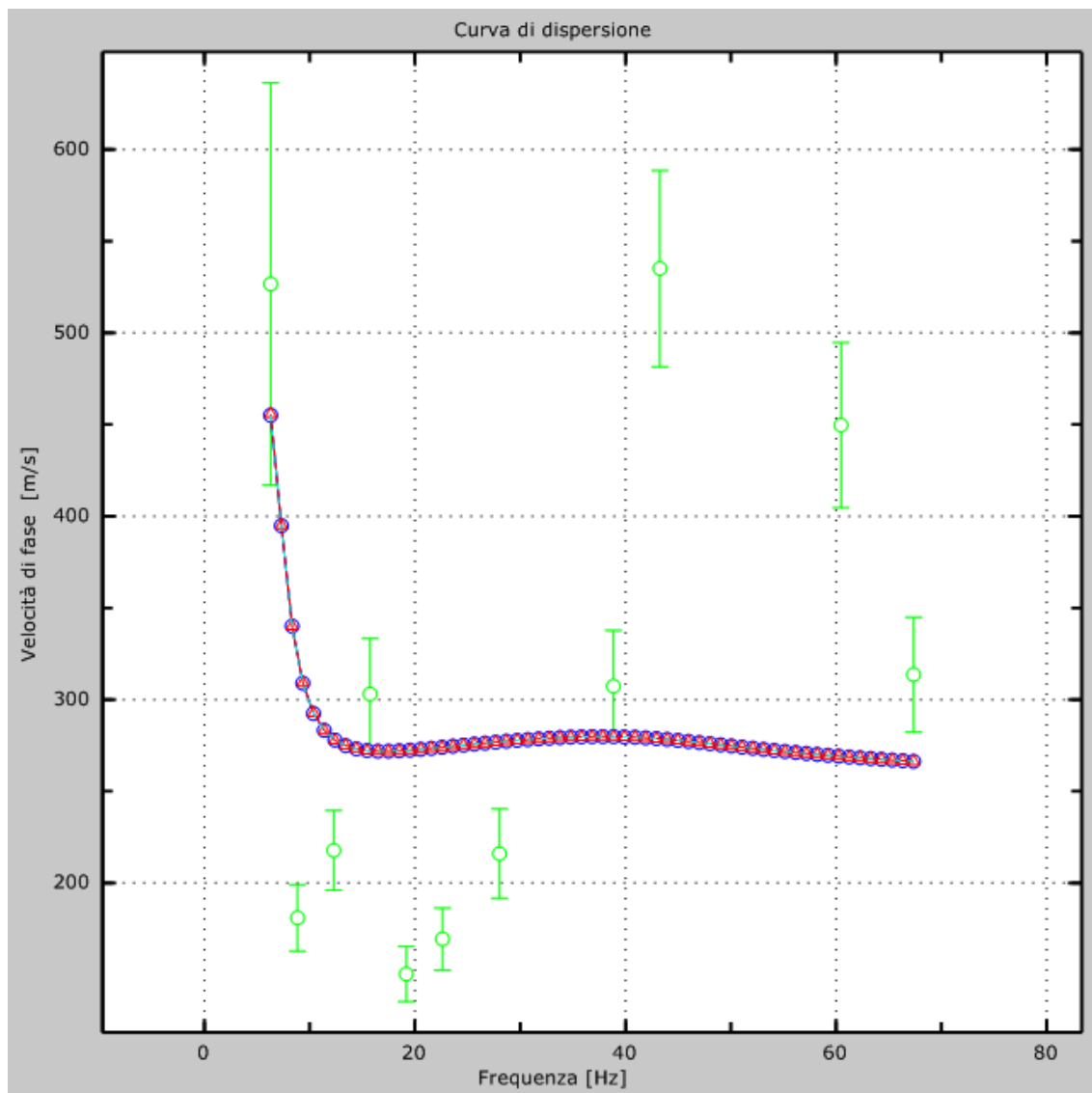


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

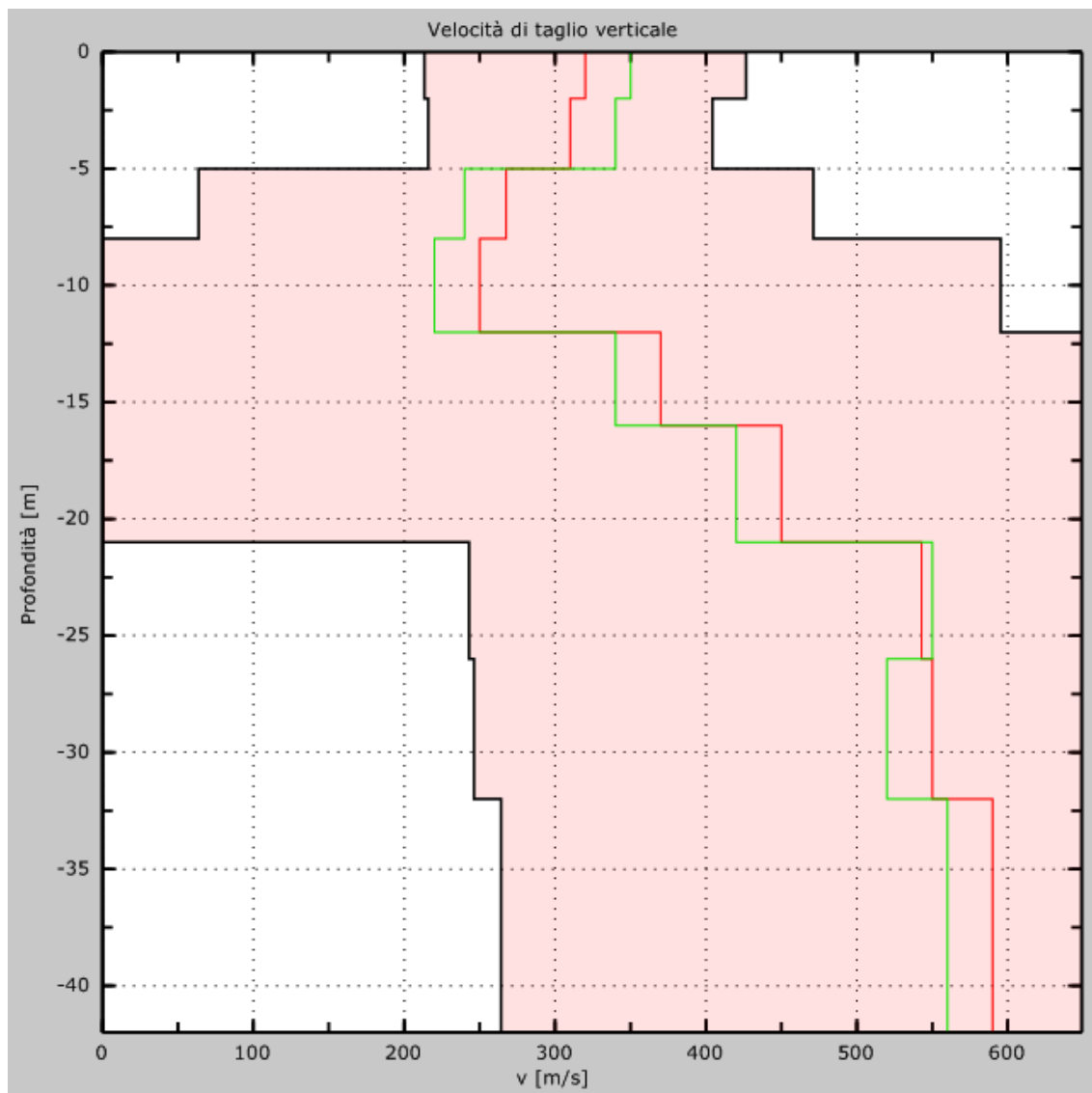


Figura 6: Velocità di taglio verticale – velocità iniziale (verde), velocità finale (rosso)

6 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m] 0

V_{s30} [m/s] 367

La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

L'unità geotecnica dello strato rigido non è stata rilevata.

Tipo di suolo B

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Risultati delle analisi MASW e ReMi

Autore: Giovanni Rodina
Sito: Biella Funicolare
Stendimento: “Strada”
Data: 14 aprile 2015



1 - Dati sperimentali

| | |
|--|--------|
| Numero di ricevitori..... | 24 |
| Numero di campioni temporali..... | 1500 |
| Passo temporale di acquisizione | 1ms |
| Numero di ricevitori usati per l'analisi | 24 |
| L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... | 0ms |
| L'intervallo considerato per l'analisi termina a | 1499ms |
| I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi) | |

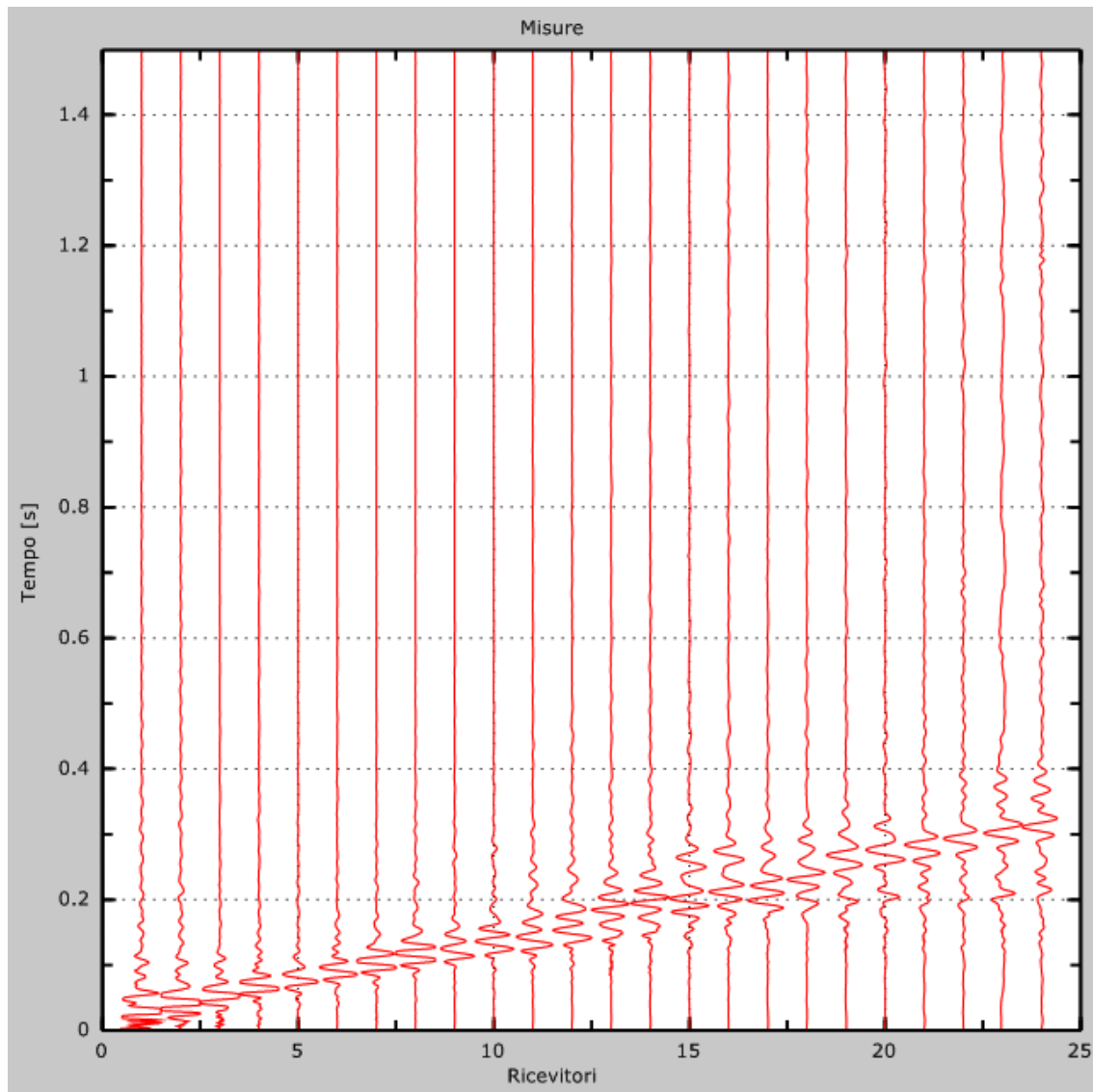


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 58Hz

Frequenza iniziale 2Hz

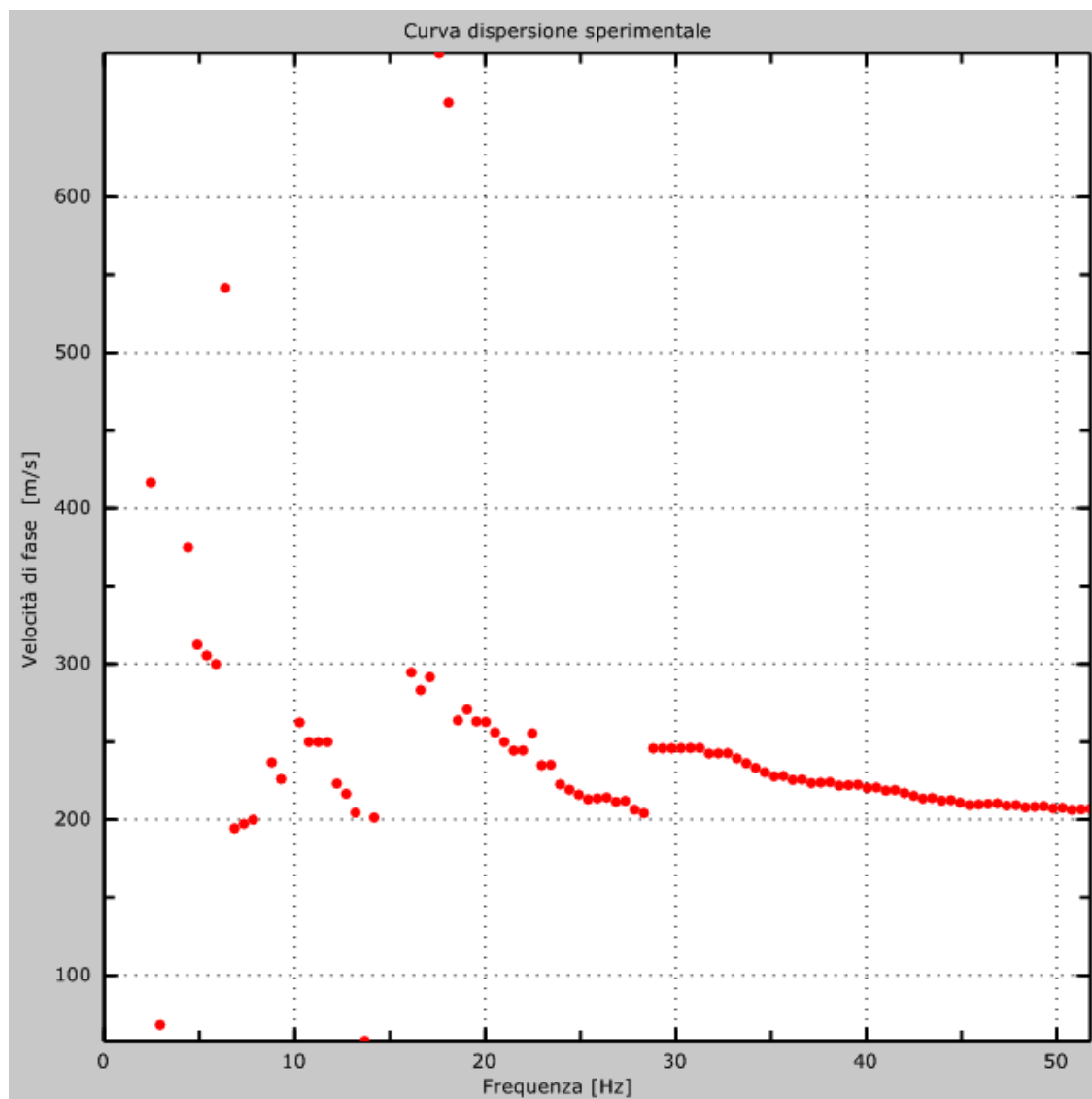


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori..... 12
Numero di campioni temporali..... 3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a59998ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

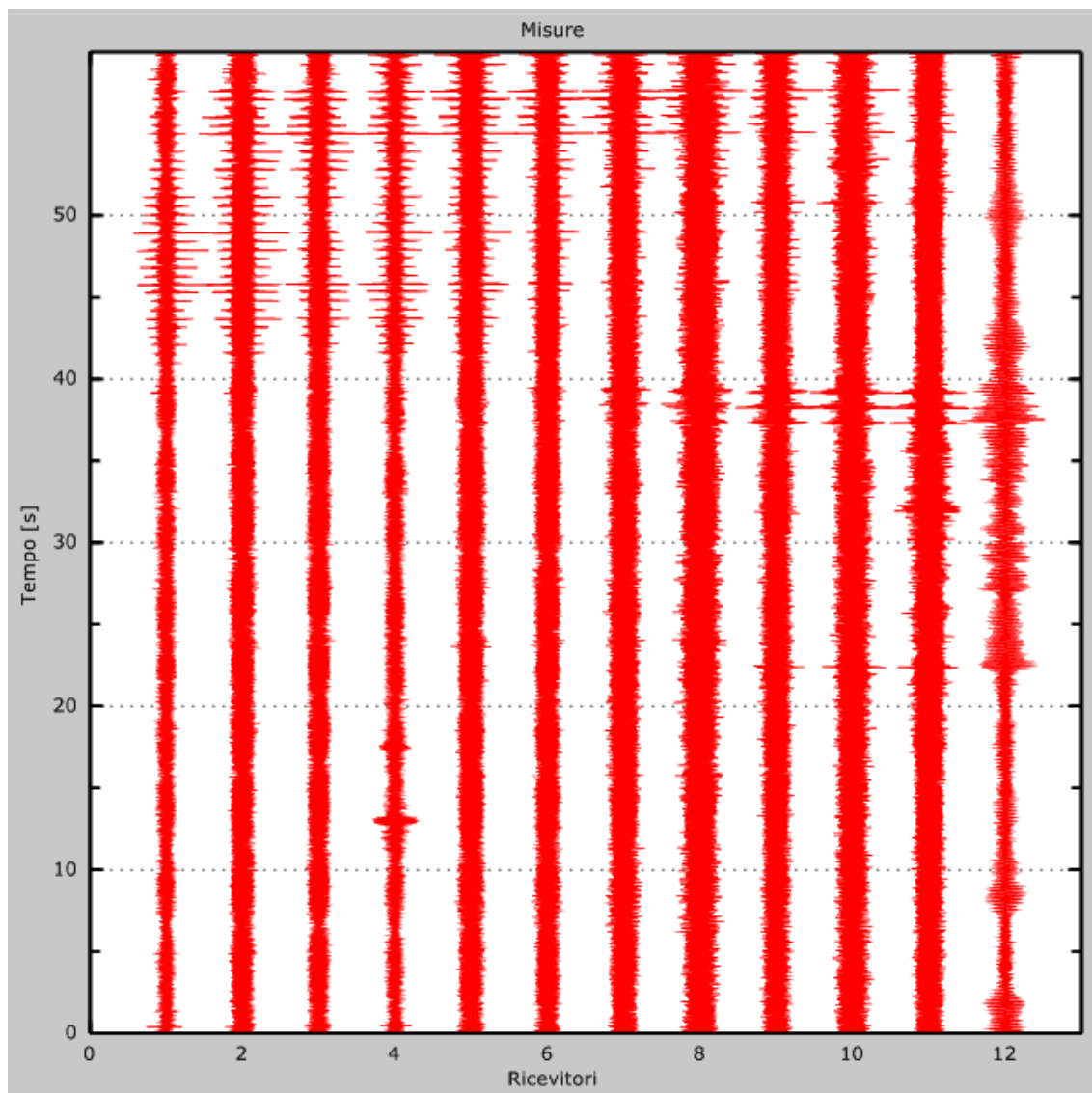


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

| Freq. [Hz] | V. fase [m/s] | V. fase min [m/s] | V. fase Max [m/s] |
|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 2.43851 | 423.604 | 378.565 | 468.643 |
| 4.78516 | 325 | 292.5 | 357.5 |
| 7.61719 | 198.947 | 179.053 | 218.842 |
| 10.4492 | 257.5 | 231.75 | 283.25 |
| 13.2813 | 175.207 | 157.686 | 192.727 |
| 16.1133 | 294.643 | 265.179 | 324.107 |
| 18.9453 | 269.444 | 242.5 | 296.389 |
| 21.7773 | 244.517 | 220.065 | 268.969 |
| 24.6094 | 218.02 | 196.218 | 239.822 |
| 27.4414 | 211.001 | 189.901 | 232.101 |
| 30.2734 | 246.032 | 221.429 | 270.635 |
| 33.1055 | 240.1 | 216.09 | 264.11 |
| 35.9375 | 226.616 | 203.954 | 249.277 |
| 38.7695 | 222.035 | 199.831 | 244.238 |
| 41.6016 | 218.692 | 196.823 | 240.561 |
| 44.4336 | 212.617 | 191.355 | 233.879 |
| 47.2656 | 209.347 | 188.412 | 230.281 |
| 50.0977 | 207.524 | 186.771 | 228.276 |

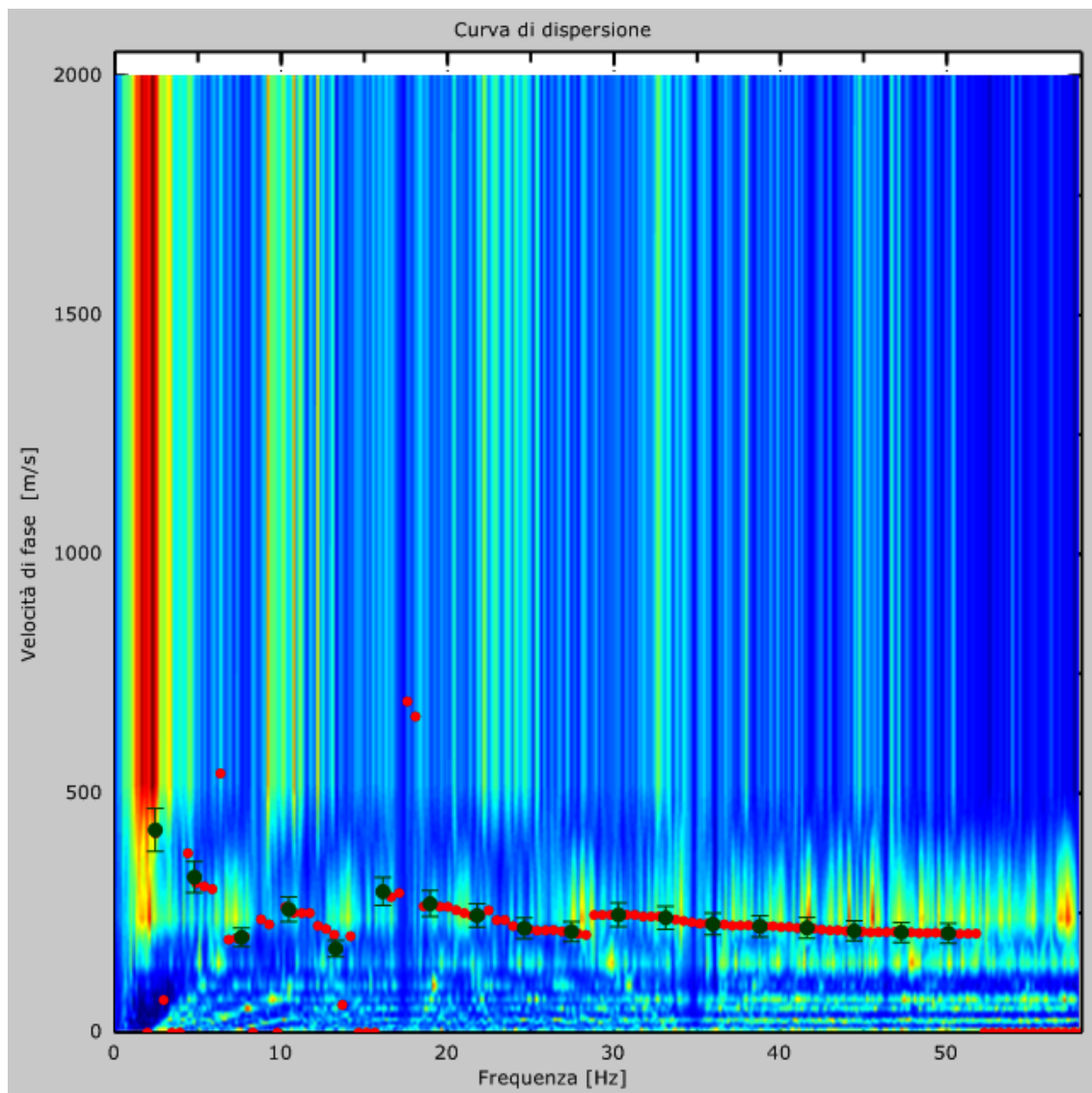


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

| | |
|---|---------------|
| Numero di strati (escluso semispazio) | 9 |
| Spaziatura ricevitori [m] | 2m |
| Numero ricevitori | 24 |
| Numero modi | 1 |
| Numero iterazioni | 1 |
| Massimo errore [%] | 1.000000e-001 |

Strato 1

| | |
|------------------------------------|---------|
| h [m] | 2 |
| z [m] | -2 |
| Densità [kg/m ³] | 1849 |
| Poisson | 0.42 |
| Vs [m/s] | 210 |
| Vp [m/s] | 606.92 |
| Vs min [m/s] | 180 |
| Vs max [m/s] | 240 |
| Falda non presente nello strato | |
| Vs fin.[m/s] | 225.404 |

Strato 2

| | |
|------------------------------------|---------|
| h [m] | 3 |
| z [m] | -5 |
| Densità [kg/m ³] | 1865 |
| Poisson | 0.42 |
| Vs [m/s] | 240 |
| Vp [m/s] | 670.12 |
| Vs min [m/s] | 210 |
| Vs max [m/s] | 270 |
| Falda non presente nello strato | |
| Vs fin.[m/s] | 248.878 |

Strato 3

| | |
|------------------------------------|---------|
| h [m] | 3 |
| z [m] | -8 |
| Densità [kg/m ³] | 1883 |
| Poisson | 0.40 |
| Vs [m/s] | 300 |
| Vp [m/s] | 661.36 |
| Vs min [m/s] | 270 |
| Vs max [m/s] | 330 |
| Falda non presente nello strato | |
| Vs fin.[m/s] | 270.000 |

Strato 4

| | |
|-----------------------------------|---------|
| h [m] | 4 |
| z [m] | -12 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1876 |
| Poisson..... | 0.40 |
| Vs [m/s] | 285 |
| Vp [m/s]..... | 658.06 |
| Vs min [m/s] | 250 |
| Vs max [m/s]..... | 310 |
| Falda non presente nello strato | |
| Vs fin.[m/s]..... | 268.651 |

Strato 5

| | |
|-----------------------------------|---------|
| h [m] | 4 |
| z [m] | -16 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1849 |
| Poisson..... | 0.42 |
| Vs [m/s] | 210 |
| Vp [m/s]..... | 646.22 |
| Vs min [m/s] | 180 |
| Vs max [m/s]..... | 240 |
| Falda non presente nello strato | |
| Vs fin.[m/s]..... | 240.000 |

Strato 6

| | |
|-----------------------------------|---------|
| h [m] | 5 |
| z [m] | -21 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1854 |
| Poisson..... | 0.42 |
| Vs [m/s] | 220 |
| Vp [m/s]..... | 673.15 |
| Vs min [m/s] | 190 |
| Vs max [m/s]..... | 250 |
| Falda non presente nello strato | |
| Vs fin.[m/s]..... | 250.000 |

Strato 7

| | |
|-----------------------------------|--------|
| h [m] | 5 |
| z [m] | -26 |
| Densità [kg/m ³]..... | 1882 |
| Poisson..... | 0.38 |
| Vs [m/s] | 320 |
| Vp [m/s]..... | 795.56 |
| Vs min [m/s] | 290 |
| Vs max [m/s]..... | 350 |
| Falda non presente nello strato | |

Vs fin.[m/s]..... 350.000

Strato 8

h [m] 6

z [m] -32

Densità [kg/m³]..... 1905

Poisson..... 0.38

Vs [m/s] 370

Vp [m/s]..... 909.21

Vs min [m/s] 340

Vs max [m/s]..... 400

Falda non presente nello strato

Vs fin.[m/s]..... 400.000

Strato 9

h [m] 0

z [m] -∞

Densità [kg/m³]..... 1928

Poisson..... 0.33

Vs [m/s] 480

Vp [m/s]..... 928.58

Vs min [m/s] 450

Vs max [m/s]..... 510

Falda non presente nello strato

Vs fin.[m/s]..... 467.744

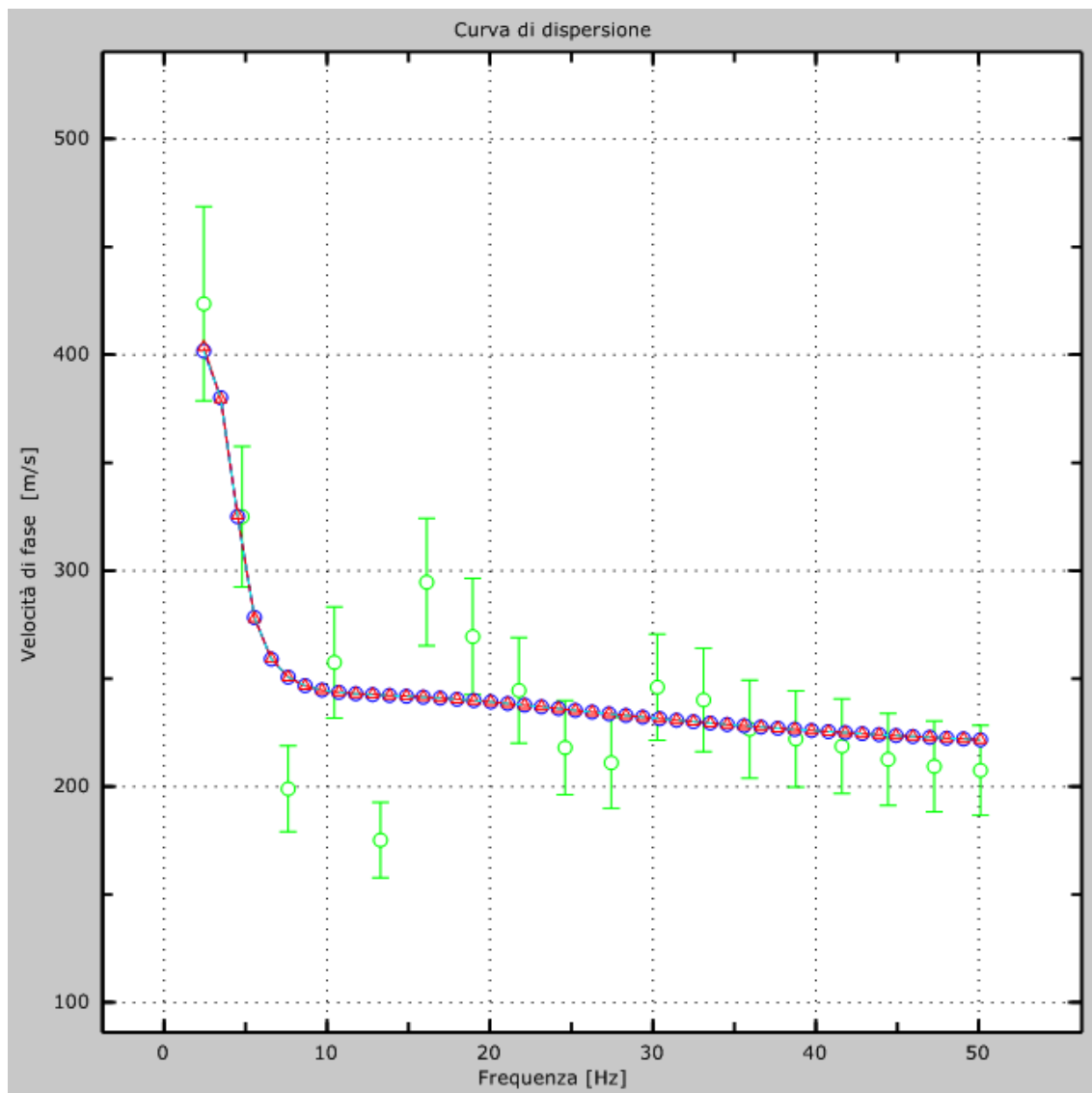


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

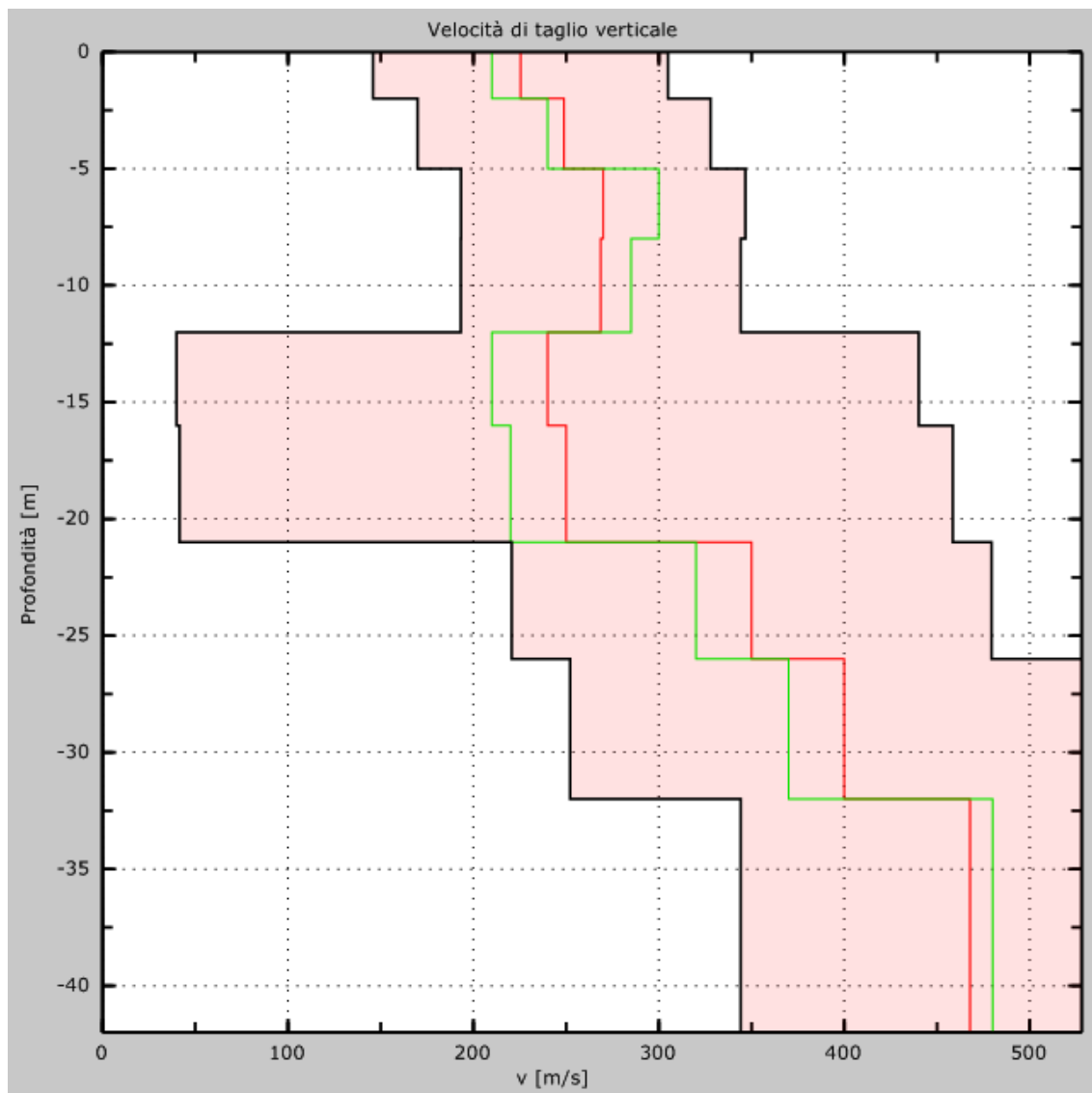


Figura 6: Velocità di taglio verticale – velocità iniziale (verde), velocità finale (rosso)

6 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m] 0

V_{s30} [m/s] 278

La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

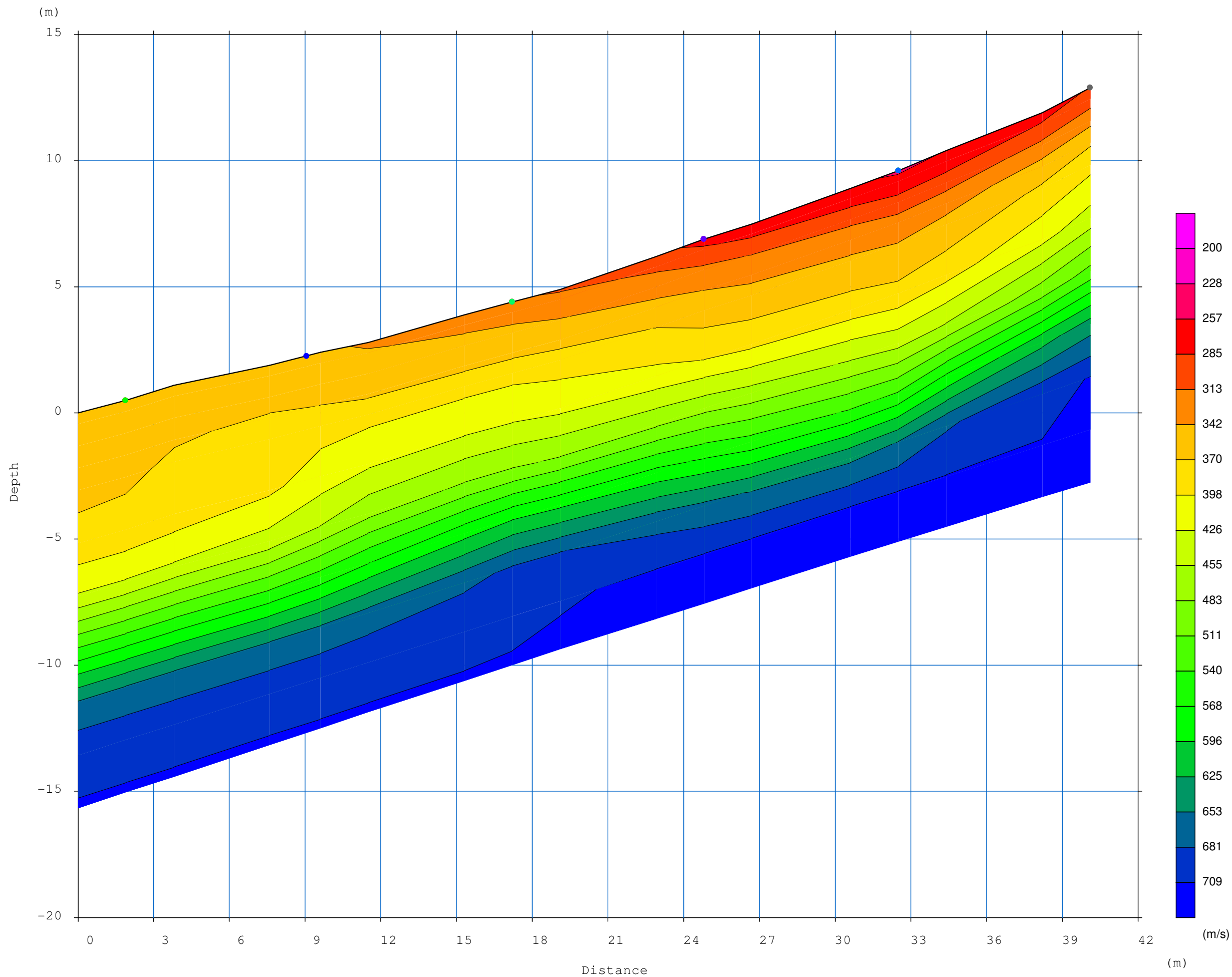
L'unità geotecnica dello strato rigido non è stata rilevata.

Tipo di suolo C

Tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente 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 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

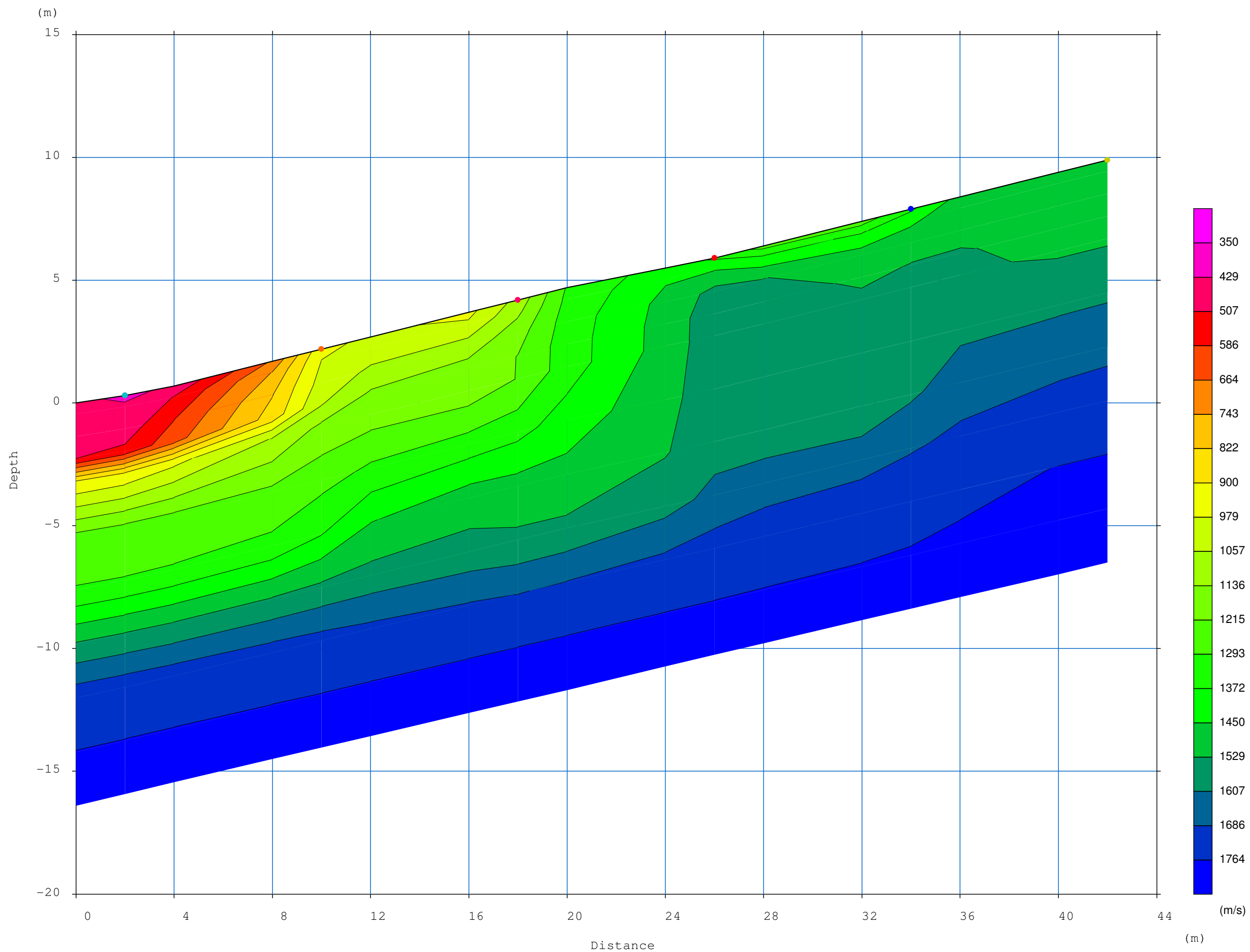
Tomografia sismica a rifrazione

Autore: Giovanni Rodina
Sito: Biella Funicolare
Stendimento: "Rotaie"
Data: 14 aprile 2015



Tomografia sismica a rifrazione

Autore: Giovanni Rodina
Sito: Biella Funicolare
Stendimento: “Strada”
Data: 14 aprile 2015



PROVINCIA DI BIELLA
COMUNE DI BIELLA

ADEGUAMENTO TECNICO DELLA FUNICOLARE
TERRESTRE BIELLA PIANO - BIELLA PIAZZO
(REVISIONE GENERALE 40° ANNO E AMMODERNAMENTO)



indagine geologica

"prima fase" - aprile 2015

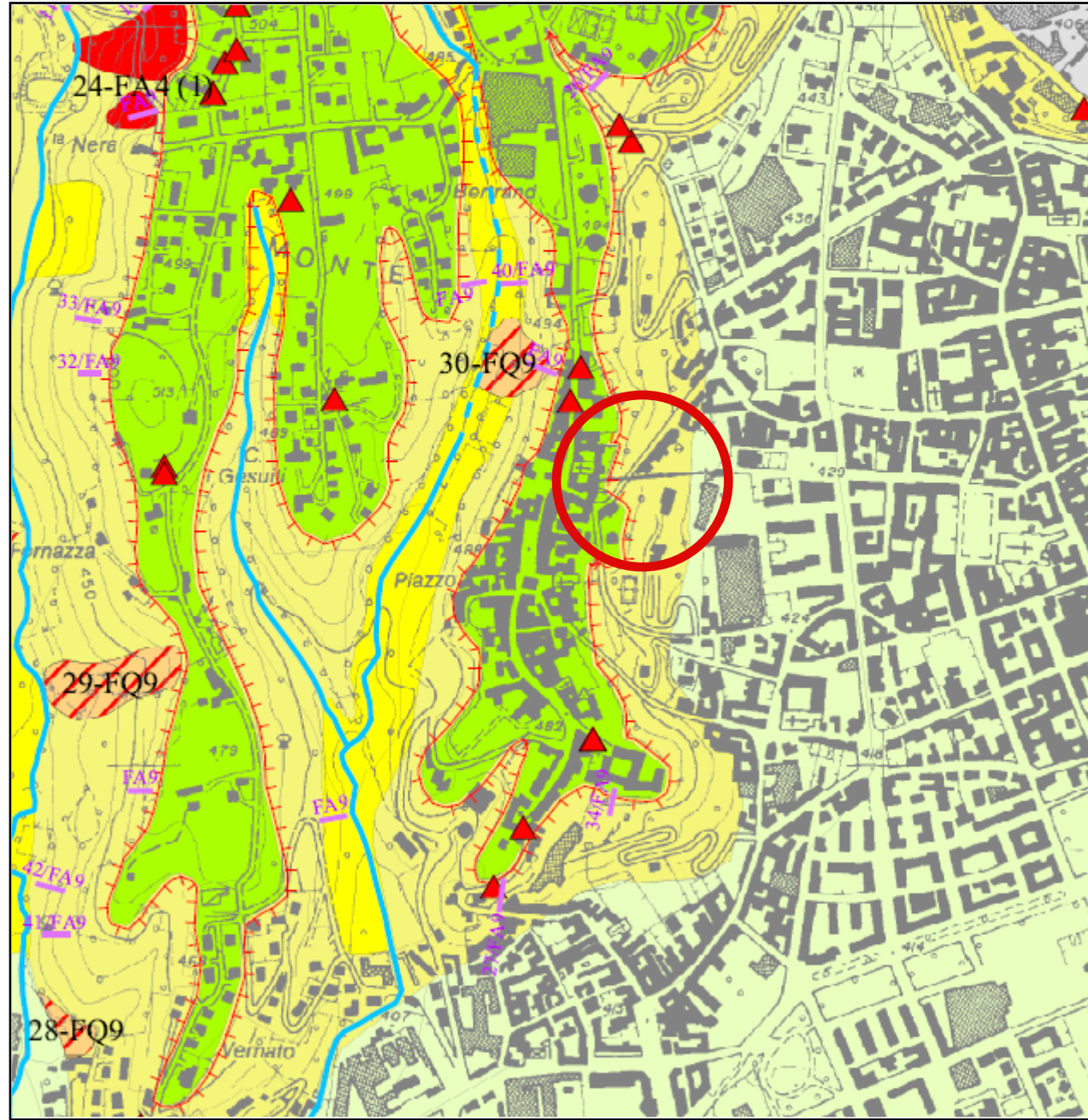
elaborato IG.2
TAVOLA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO

PRGC - CARTA GEOLOGICA - SCALA 1:10:000



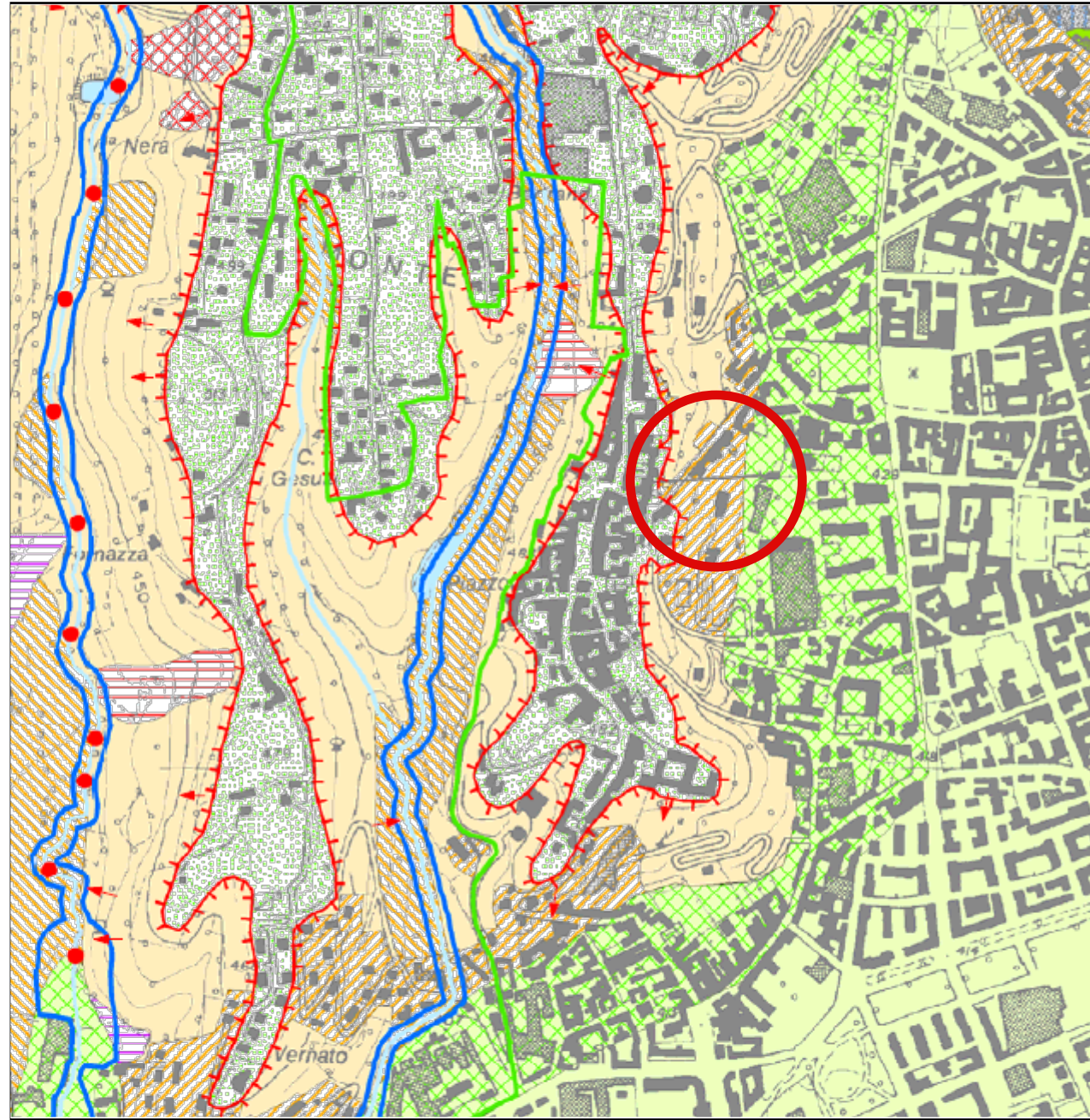
- 6 - Depositi terrazzati prevalentemente ghiaioso-ciottolosi ricoperti da uno strato di alterazione argilloso di colore grigio-bruno (Fluvioglaciale Würm) e terrazzi alluvionali della Valle Oropa.
- 8 - Fluvioglaciale Riss: depositi terrazzati prevalentemente ghiaioso-ciottolosi ricoperti da uno strato di alterazione argilloso di colore giallo-ocraceo (dello spessore massimo di 3 m) e da una coltre di copertura di tipo lössico.
- 9 - "Villafranchiano": depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi ricoperti da una coltre di alterazione argillosa di colore bruno-rossastro (dello spessore medio di 4 m) e da una coltre di copertura di tipo lössico, costituenti gli altopiani di raccordo tra la pianura biellese ed il retrostante territorio montano.
- 11 - Dioriti quarziferi biotitico-anfibolico-piroseniche a grana media, di colore verdastro, con frequenti filoni e sacche di rocce più acide e fasce di rocce anfiboliche e diafforistiche.

PRGC - CARTA GEOMORFOLOGICA - SCALA 1:10:000



- Porzioni sommitali dei ripiani terrazzati presenti nel settore collinare del territorio comunale, da subpianeggianti ad acclività modesta.
- Area da sufficientemente stabile a potenzialmente instabile, generalmente dotata di acclività elevata, modellata prevalentemente in depositi alluvionali a vario grado di cementazione (e subordinatamente in roccia), potenzialmente soggetta ad erosione ed a franamenti di materiali detritici in genere localizzati e, più raramente, ad eventi franosi talora di entità più rilevante. Questa unità coincide essenzialmente con le scarpate acclivi che delimitano i pianalti, al cui interno sono prevalentemente ubicate le situazioni di instabilità gravitativa dell'intero territorio comunale. In concomitanza di eventi meteorologici particolarmente intensi, le caratteristiche clivometriche e geotecniche di questa unità rappresentano fattori predisponenti per l'innescio di movimenti gravitativi, per lo più di piccole dimensioni, in genere corrispondenti a colamenti veloci e/o a frane per saturazione e fluidificazione della copertura detritica.
- Area da mediamente stabile a potenzialmente instabile, caratterizzata da morfologia irregolare, a media acclività, talora con contropendenze o zone di ristagno idrico, caratterizzata dalla presenza di una coltre generalmente potente di materiali eluvio-colluviali con scadenti caratteristiche geotecniche.
- FQ. Frana quiescente cartografabile.
- Principali orli di scarpata di terrazzo.

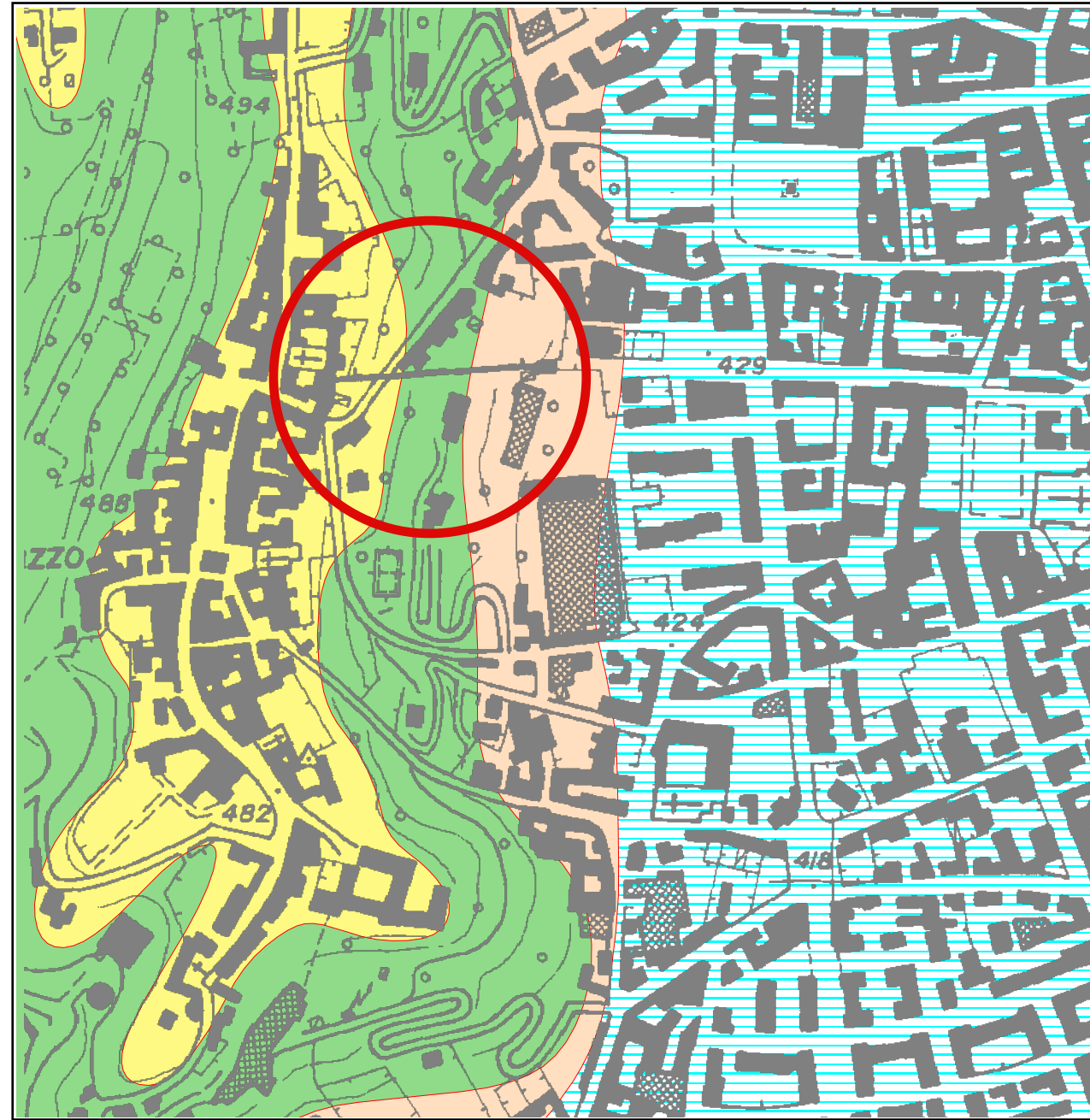
PRGC - CARTA DI SINTESI - SCALA 1:10:000



Classi di normativa geologica di PRG:

- classe IIa.2
- classe IIc.1
- classe IIc.2
- classe III
- classe III a.Fq
- classe III a.Ee
- Orlo di scarpata che delimita i pianalti

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA - SCALA 1:5:000



- Litologia
 - Depositi alluvionali molto grossolani, con copertura limosa
 - Depositi alluvionali ad elementi alterati, con coperture di limi ferrettizzati
 - Sustrato dioritico: coltri colluviali
 - alterazione eluviale e localizzati affioramenti lapidei
- Morfologia
 - Terrazzo alluvionale (Biella)
 - Sommità di dorsale, lembo di pianalto alluvionale (Piazzo)
 - Raccordo tra fianco di dorsale e piana
 - Fianco di dorsale, pendio di media acclività.

PROVINCIA DI BIELLA
COMUNE DI BIELLA

**ADEGUAMENTO TECNICO DELLA FUNICOLARE
TERRESTRE BIELLA PIANO - BIELLA PIAZZO
(REVISIONE GENERALE 40° ANNO E AMMODERNAMENTO)**



indagine geologica

"seconda fase" - settembre 2015

**elaborato IG.4
RELAZIONE GEOLOGICA**

1. OGGETTO

L'amministrazione comunale di Biella, con determinazione di impegno n. PG/611 del 12/08/2015 del Dirigente del Settore 9 - Edilizia Pubblica e Impianti, Arredo Urbano, Parchi e Giardini e Cimiteri, ha dato incarico al sottoscritto Gabriele Francini geologo per le prestazioni professionali relative alla seconda fase dell'indagine geologica a corredo del progetto "ADEGUAMENTO TECNICO DELLA FUNICOLARE TERRESTRE BIELLA PIANO - BIELLA PIAZZO (REVISIONE GENERALE 40° ANNO E AMMODERNAMENTO)".

La seconda fase dell'indagine consiste nella stesura della relazione geologica sulla base degli elementi raccolti nella prima fase e si compone di un unico elaborato denominato **IG.4 Relazione geologica**.

La presente relazione fa espresso riferimento e rimando a quanto riportato negli elaborati della prima fase, di seguito elencati:

IG.1 Inquadramento geologico ed indagini geognostiche

IG.2 Tavola di inquadramento geologico

IG.3 Tavola delle indagini geognostiche

2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1 Inquadramento geologico

Fascia di transizione tra l'alta pianura biellese ed i primi rilievi, dati da un insieme di superfici pianeggianti terrazzate del Quaternario Inferiore. Gli altopiani, che sovrastano di circa un centinaio di metri la pianura fondamentale, sono ridotti a lembi smembrati e profondamente incisi dai corsi d'acqua attuali, in fase di attiva erosione di fondo ove non siano giunti ad intaccare il substrato roccioso.

Il materasso alluvionale grossolano ricoperto da una coltre limosa, data da depositi di origine eolica (loess), talora rimaneggiati od interessati da livelli di paleosuoli e, al piede del rilievo collinare (ubicazione area in oggetto) da materiali colluviali legati al disfacimento del rilievo stesso. Quest'ultimo, come accennato, è costituito da lembi residui delle antiche superfici anch'esse di deposizione alluvionale che a partire dal Quaternario Inferiore caratterizzarono il bordo meridionale del territorio montano. Qui i depositi alluvionali sono ora relegati ai pianalti sommitali di dorsali rocciose. Questi depositi si distinguono dai precedenti in quanto interessati da fenomeni di alterazione maggiormente pervasivi, così come le relative coltri loessiche risultano diffusamente ferrettizzate. Localmente, in dipendenza della estesa ed antica urbanizzazione, possono aversi materiali di riporto o legati a rimaneggiamento antropico.

L'ossatura delle dorsali è data dal substrato litoide costituito da rocce cristalline massicce quali dioriti e migmatiti. Potenti le coperture eluviali (cioè di alterazione della roccia in situ), caratterizzate da un'ele-

vata componente fine con una potenza che può raggiungere e superare sino la decina di metri, in corrispondenza di fasce di fratturazione o di disturbi tettonici.

Per una migliore comprensione di quanto sopra descritto si rimanda all'elaborato IG.2.

2.2 Area di interesse

2.2.1 Ubicazione - Morfologia

Versante orientale della dorsale collinare del Piazzo, pendio che da 490 m di quota si raccorda con la sottostante piana di Biella, nel suo estremo settore tra nord-occidentale posto a 430 m. Area interamente interessata da modifiche antropiche con strade, edificati e relative pertinenze. Qui sorge la funicolare che collega Biella Piano a Biella Piazzo, progettata dell'Ing. Eugenio Vaccarino ed inaugurata il 06 Dicembre 1885, che con due cabine collegate da una fune in acciaio di circa 30 mm collega le due parti della città con un percorso di 175 metri ed una pendenza del 34%. Originariamente ad acqua l'impianto venne in seguito elettrificato e quindi profondamente ristrutturato con computerizzazione della linea nel 1995 (dati Atap).

2.2.3 Acque

Il settore in esame è completamente esterno all'attuale reticolo idrografico e soggetto al solo dilavamento delle acque meteoriche, la cui raccolta e smaltimento sono interamente legati alla regimazione artificiale (fognature, canalette e fossi), stante la antropizzazione del sito. Per quanto attiene le acque sotterranee esiste la possibilità che una falda temporanea strettamente legata alle precipitazioni permei le coltri sciolte superficiali, questa viene naturalmente drenata verso la bse del pendio (durante l'esecuzione delle prove in sito, spinte sino a -10 m, non si è mai rilevata la presenza di acqua)

2.2.4 Stabilità dei pendii

Nel settore in esame il pendio si presenta interamente modificato dall'insediamento antropico e la sua stabilità puntuale è legata ai manufatti di sostegno e/o contenimento su di esso presenti ed alla condizione di efficienza degli stessi.

3 CARATTERIZZAZIONE PRIMO SOTTOSUOLO

3.1 Dati esistenti

La ricerca dei dati di caratterizzazione del primo sottosuolo legata ad opere pubbliche realizzate in passato nell'area in esame, ha permesso l'osservazione dei materiali di seguito elencati ed ubicati in planimetria nell'elaborato IG3:

- sondaggi a carotaggio continuo con stratigrafia nota:

| | | | |
|-------|-------|-------------|----------------------|
| sigla | A | descrizione | NUOVA BIBLIOTECA |
| | B C D | | PARCHEGGIO BOGLIETTI |

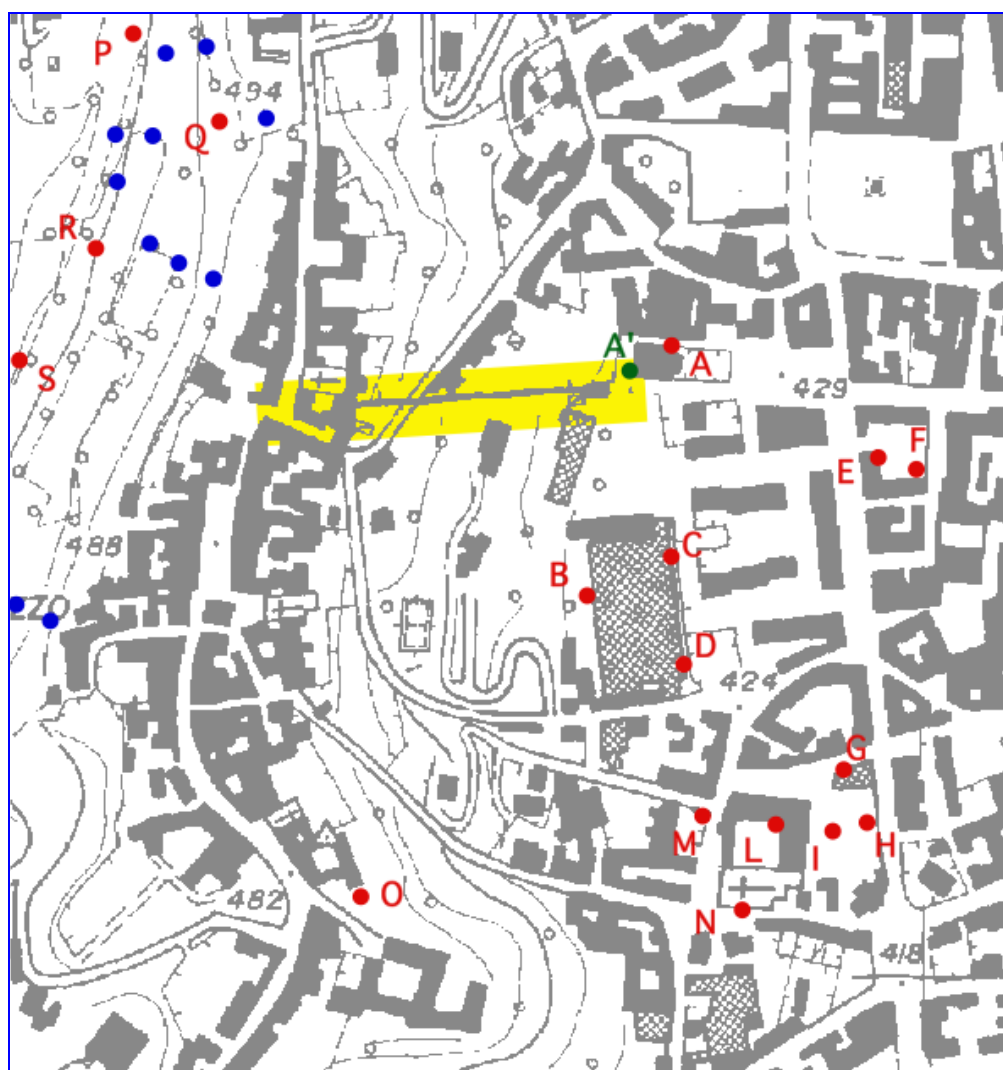
| | |
|---------|------------------------------------|
| E F | BIBLIOTECA |
| G H | ARCHIVIO DI STATO |
| I L M | CHIOSTRO DI S. SEBASTIANO |
| N | CHIESA DI S. SEBASTIANO |
| O | PALAZZO FERRERO |
| P Q R S | VIABILITÀ IN PROGETTO OVEST PIAZZO |

- scavi esplorativi:

| | | | |
|-------|----|-------------|------------------|
| sigla | A' | descrizione | NUOVA BIBLIOTECA |
|-------|----|-------------|------------------|

- prove penetrometriche dinamiche:

| | | | |
|-------|----|-------------|---|
| sigla | .. | descrizione | VIABILITÀ IN PROGETTO OVEST PIAZZO (11 prove) |
|-------|----|-------------|---|



Ubicazione dati esistenti

Le risultanze delle indagini di cui sopra confermano il quadro geologico generale noto ed in particolare gli elementi emersi dai sondaggi A, B, C, D, O e dagli scavi A' supportano e completano quanto emerso dalle indagini attuali (alle pagine successive si riportano le stratigrafie dei sondaggi denominati A, B ed O che caratterizzano il piede e la sommità del pendio in esame).



COMMITTENTE: CITTA' DI BIELLA
LOCALITA': Biella-Biblioteca Curiel
metodo perforazione: carotaggio continuo
diam. perf.: 101/127 mm
quota inizio: p.c.

SONDAGGIO N. S1
COMMESSA N. C 922
Resp. Sito :Dott. R. Giacometti
Sondatore :Sig. N. Stojkovski

Data: dal 04.12.2012 al: 05.12.2012

| Data | Profondità | Stratigrafia | Scala 1:100 | Descrizione | Carotaggio | Manovre carot. | N° S.P.T. | Piezom. |
|----------|------------|--------------|-------------|---|------------|----------------|-----------|---------|
| 04/12/12 | 0.80 | | 1 | Pavimentazione bituminosa e riporto stradale. | | 0.80 | | |
| | 1.00 | | 2 | | | 1.00 | 2-2-3 | |
| | 1.40 | | 3 | | | 1.40 | | |
| | 2.00 | | 4 | Riporto di fine sabbioso: noccia con localmente sabbia limosa dello stesso colore con frammenti di mattoni. | | 2.00 | 2-1-2 | |
| | 3.40 | | 5 | | | 3.00 | 1-2-4 | |
| | 4.40 | | 6 | | | 4.40 | | |
| | 6.00 | | 7 | Limo argilloso con sconsuetudine varicolori e frustoli nerastri. Presenza sul fondo di elementi litici Ø max 5 cm, laterali e sfetti. | | 6.00 | 2-5-8 | |
| | 7.00 | | 8 | | | 7.00 | | |
| | 7.50 | | 9 | | | 7.50 | | |
| | 8.60 | | 10 | Ghiaia eterometrica Ø max 6 cm, poligenica, subarrendata, ciottoli Pul. max 30 cm e sabbia media, grigia. | | 8.60 | | |
| | 9.80 | | 11 | | | 9.80 | | |
| | 10.50 | | 12 | | | 10.50 | | |
| | 11.00 | | 13 | | | 11.00 | | |
| 05/12/12 | 13.00 | | 14 | Substrato granitico, grigio, fratturato. | | 13.00 | | |
| | 15.00 | | 15 | FINE SONDAGGIO | | 15.00 | | |

Installato piezometro Ø 2" da p.c. a fondo foro.

| Data | Letture acqua |
|----------|---------------|
| 05/12/12 | -5.35 mt |

Il Direttore Responsabile
Dott. Geo. R. Giacometti

R. Giacometti

dal
emissione certificata
14/12/2012

Il Responsabile di Sito
Dott. Geo. R. Giacometti

R. Giacometti


Dati esistenti: stratigrafia Sondaggio A



| | |
|---|-------------------------------------|
| COMMITTENTE: CITTA' DI BIELLA | SONDAGGIO N. S1 |
| LOCALITA': Biella-Ex magnificio Boglietti | COMMESSA N. C 922 |
| metodo perforazione: carotaggio continuo | Resp. Sito :Dott. R. Giacometti |
| diam. perf.: 101/127 mm | Sondatore :Sig. N. Stojkovski |
| quota inizio: p.c. | Data: dal 26.11.2012 al: 29.11.2012 |

| Data | Profondita' | Stratigrafia | Scala 1:100 | Descrizione | Carotaggio | Manovre carot. | N.° S.P.T. | Piezom. |
|------|-------------|--------------|-------------|---|------------|----------------|------------|---------|
| | 0.80 | | | Pavimentazione bituminosa a riporto stradale. | | 0.40 | | |
| | 1.00 | | | Limo argilloso, nodulo aranciate con sciezzature grigie. | | | | |
| | | | | | | 2.10 | | |
| | 2.50 | | | Limo sabbioso da nodulo a grigie con ghiaia eterometrica Ø max 3-4 cm, poligenica, subarrotondata. | | 2.50 | | |
| | | | | | | 3.00 | | |
| | 3.40 | | | Limo e sabbia o sabbia limosa, nodulo-ocrea con ghiaia eterometrica Ø max 6 cm, poligenica, subarrotondata. | | 3.40 | | |
| | | | | | | 3.80 | | |
| | | | | Serie di ciottoli Pol. max 40 cm e ghiaia eterometrica Ø max 6 cm, poligenica, subarrotondata. | | 4.40 | | |
| | 4.80 | | | | | | | |
| | | | | Sabbia limosa da grigie a nodulo-ocrea con ghiaia eterometrica Ø max 5 cm, poligenica, subarrotondata. | | 6.00 | 4-7-12 | |
| | 6.00 | | | | | | | |
| | | | | Limo sabbioso da aranciate a nodulo-verdastro, passante localmente a sabbia limosa dello stesso colore. | | 7.50 | | |
| | 7.50 | | | | | | | |
| | | | | | | 9.00 | 25-76-22 | |
| | | | | | | 10.00 | | |
| | | | | | | 11.00 | | |
| | | | | Sabbione arcuato di alterazione del substrato costituito da sabbia limosa varicolori. | | 12.00 | 15-28-22 | |
| | | | | | | 14.40 | | |
| | 15.00 | | | FINE SONDAGGIO | | 15.00 | | |

Dati esistenti: stratigrafia Sondaggio B

| | | | | | | | |
|---|--|---|--|--|--|--|--|
|  <p>Decreto di autorizzazione n. 4865 del 04/06/2010 per esercizio e certificazione di indagini geotecniche e prove in sito ai sensi dell'art. 50 del D.P.R. n. 380/01</p> | | <p>Mod. 7.5.4 rev. 00 RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE UNI EN ISO 22476-1:2007 UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004</p> | | | | <p>SONDAGGIO</p> <p>S1</p> | |
| <p>Committente Comune di Biella</p> | | <p>Cantiere Sondaggio geognostico e monitoraggio inclinometrico area Torre / Cinta muraria.</p> | | | | <p>Pagina 1 di 1</p> | |
| <p>Località Biella - loc. Piazza - area verde Palazzo Ferrero.</p> | | <p>Commissa n. 13001-58</p> | | | | <p>Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. Giorgio Sala</p> | |
| <p>Perforazione inizio: 25/11/2013 fine: 27/11/2013 Sonda: Com. MCT450P Unimog</p> | | <p>Coordinate: N= 45°33'49.75" E= 08°02'48.33" Scala 1:100</p> | | | | <p>Lo Sperimentatore Dr. A. Cantù</p> | |
| <p>Accettazione n. 13001-58 Certificato n. 13001-58/1 del 02/12/2013</p> | | | | | | | |

| profondità dal p.c. [m] | potenza dello strato [m] | sezione stratigrafica | descrizione litologica | falda | metodo e diam. di perforazione | diametro rivestimenti | percentuale di carotaggio | piezometro tubo aperto | inclinometro | S.P.T. | pocket penetrometer | pocket vane test | campioni indisturbati | campioni rimaneggiati | permeabilità [m/s] |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|---|-------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------|----------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 0.00 | 6.30 | | Terreno di riporto sabbioso-ghiaioso con frustoli vegetali ed apparati radicali ad inizio strato e numerosi frammenti lateritici centimetrici, generalmente poco addensato. | | | | | | | 3.00 6-7-7 | | | | | |
| 6.30 | 8.20 | | Limo sabbioso con clasti eterometrici di origine dioritica intensamente alterati, argillificati e sfatti, discreta ossidazione, da moderatamente consistente a consistente, colore nocciola. | | | | | | | 6.00 8-8-15 | | | 7.00 8-8-15 | | |
| 14.50 | 6.50 | | Diorite intensamente alterata, argillificata e sfatta in cui si riconosce spesso la tessitura originaria, discreta ossidazione talora intensa, da consistente a molto consistente, colore nocciola con screziature ocracee d'ossidazione. | | carotaggio continuo 101 mm semplice | 127 mm | 90-100 % | | | 9.00 11-21-35 | | | 10.00 9-9-15 | | |
| 21.00 | 3.00 | | Diorite intensamente alterata ed argillificata in cui si riconosce la tessitura originaria, discreta ossidazione talora intensa, da molto consistente a sublittoide, colore nocciola. | | | | | | | 12.00 22-24-26 | | | | | |
| 24.00 | 6.00 | | Diorite alterata con discreta ossidazione, generalmente sublittoide con subordinati livelli centimetrici lapidei, colore nocciola con screziature ocracee d'ossidazione. | | | | | | | 15.00 20-22-30 | | | | | |
| 30.00 | | | | | | | | | | 18.00 30-41-35 | | | | | |
| | | | | | | | | | | 21.00 40-R (5 cm) | | | | | |
| | | | | | | | | | | 24.00 36-42-R (2 cm) | | | | | |
| | | | | | | | | | | 27.00 R (4 cm) | | | | | |
| | | | | | | | | | | 30.00 R (3 cm) | | | | | |

FALDA NON RILEVATA
Discrete infiltrazioni d'acqua tra -3.00m e -6.00m dal p.c..

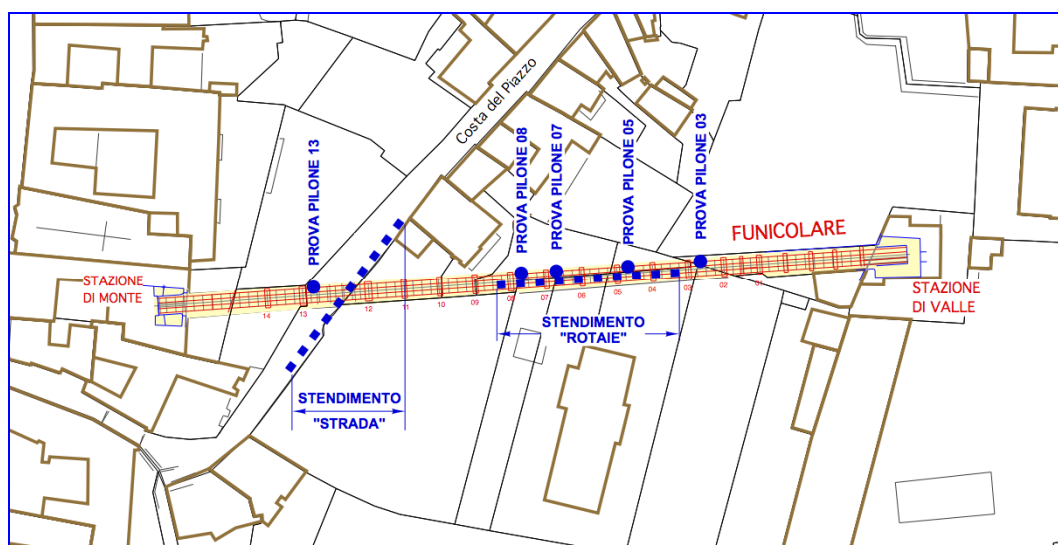
Dati esistenti: stratigrafia Sondaggio O

3.2 Indagini geonostiche

Nella “prima fase” di indagine, al fine di caratterizzare primo sottosuolo ed in particolare determinare lo spessore delle coltri sciolte superficiali, si è proceduto all'esecuzione di apposite indagini geonostiche consistenti in:

- serie di prove penetrometriche dinamiche leggere
- numero 2 Analisi Masw
- numero 2 tomografie sismiche a rifrazione

Per il dettaglio delle indagini si rimanda agli elaborati IG.1 e IG.3, mentre di seguito sono sintetizzati risultati ed interpretazioni delle stesse.



Ubicazione indagini geonostiche

3.2.1 Prove penetrometriche

Le prove sono state effettuate presso i piloni 03, 05, 07, 08 e 13 e protratte sino ad una profondità comprese tra 8 e 10 m. In sintesi le prove ai piloni 03, 05, 07 e 08 indicano la presenza della alterazione del substrato roccioso, litotipi dioritici osservati direttamente negli saggi ingegneristici delle fondazioni al pilone 07 (scavi esplorativi), una volta superata la coltre di riporti e colluvi, mentre la prova al pilone 13 segnala la presenza materiali grossolani eterometrici (depositi alluvionali ?).

Nel dettaglio la prova al pilone 08 mostra:

- 0 ÷ 1 m - colluvi, riporti e/o materiali rimaneggiati, con valori di N nulli
- 1 ÷ 8 m - substrato roccioso intensamente alterato (sabbie limose prevalenti), con valori per la maggior parte compresi in $10 < N < 20$
- 8 ÷ 10 m - substrato roccioso alterato (frammenti rocciosi con sabbie e limi), con valori di $N > 40$

Nel dettaglio la prova al pilone 13 mostra:

- 0 ÷ 1 m - colluvi, riporti e/o materiali rimaneggiati, con valori di N nulli o $N < 10$
- 1 ÷ 7 m - materiali granulari eterometrici (depositi alluvionali ciottolosi ?) con valori prevalenti $10 < N < 30$ e picchi $N > 40$

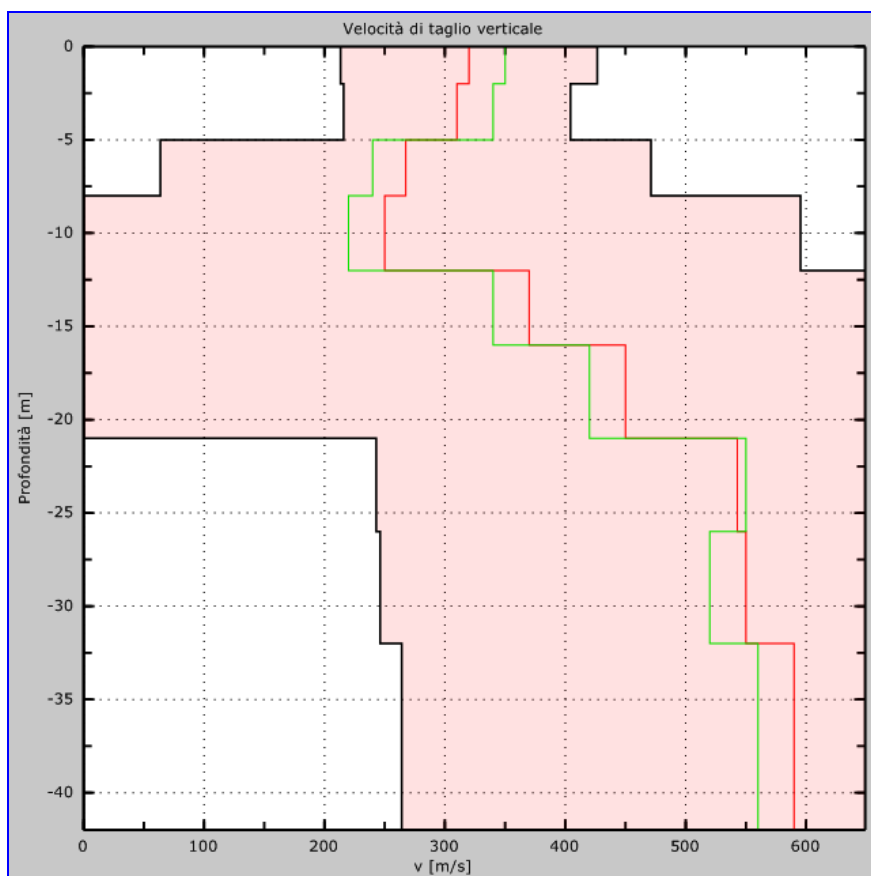
3.2.2 Prove MASW – ReMi

Gli stendimenti delle prove geofisiche hanno interessato il terreno al di sotto della linea di corsa della funicolare, tra i piloni 03 e 09 (stendimento “rotaie”) e la strada denominata Costa del Piazzo, in corrispondenza dell’attraversamento della funicolare (stendimento “strada”).

Lo stendimento “rotaie” ha messo in evidenza quanto segue:

- Da 0 fino a 5 metri circa, sono stati rilevati valori Vs prossimi a 320m/s, riferibili a materiali a granulometria fine.
- Tra 5 e 12 metri circa, sono stati rilevati valori Vs prossimi a 250m/s, riferibili a materiali poco addensati.
- Oltre 12 metri circa, sono stati rilevati valori Vs progressivamente crescenti compresi tra 370 e 590m/s, riferibili a materiali con una certa componente fine ma progressivamente più rigidi; le basse velocità non permettono la correlazione al substrato roccioso integro, tuttavia dato il loro progressivo e costante incremento potrebbero riferirsi ad una porzione superficiale alterata dello stesso

Il valore della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri (Vs30) è pari a 367 m/s, tale valore determina la caratterizzazione fisica e geotecnica dei terreni di fondazione (NTC DM 14 gennaio 2008) che sono ricondotti alla categoria B.

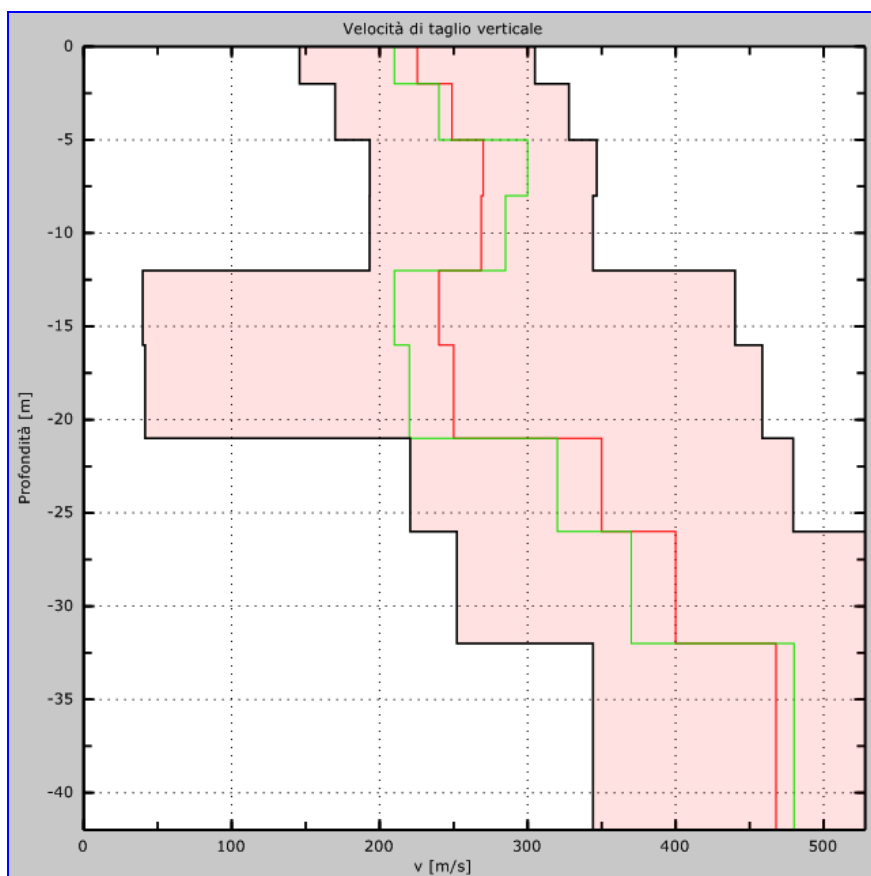


STENDIMENTO “ROTAIE”

Velocità di taglio verticale – velocità iniziale (verde), velocità finale (rosso)

Lo stendimento “strada” ha messo in evidenza quanto segue:

- Da 0 fino a 5 metri circa, sono stati rilevati valori Vs prossimi a 230m/s, riferibili a materiali a granulometria fine poco addensati.
 - Tra 5 e 12 metri circa, sono stati rilevati valori Vs prossimi a 270m/s, riferibili a materiali granulari poco addensati - addensati.
 - Tra 12 e 21 metri circa, sono stati rilevati valori Vs prossimi a 250m/s, riferibili a materiali granulari poco addensati.
 - Oltre 21 metri circa, sono stati rilevati valori Vs progressivamente crescenti compresi tra 350 e 470m/s, riferibili a materiali con una certa componente fine ma progressivamente più rigidi; le basse velocità non permettono la correlazione al substrato roccioso integro, tuttavia dato il loro progressivo e costante incremento potrebbero riferirsi ad una porzione superficiale alterata dello stesso.
 - I livelli a - 21 metri sono correlabili stratigraficamente ai livelli a - 12 metri dello stendimento "rotaie".
- Il valore della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri (Vs30) è pari a 278 m/s, tale valore determina la caratterizzazione fisica e geotecnica dei terreni di fondazione (NTC DM 14 gennaio 2008) che sono ricondotti alla categoria C.



STENDIMENTO "STRADA"

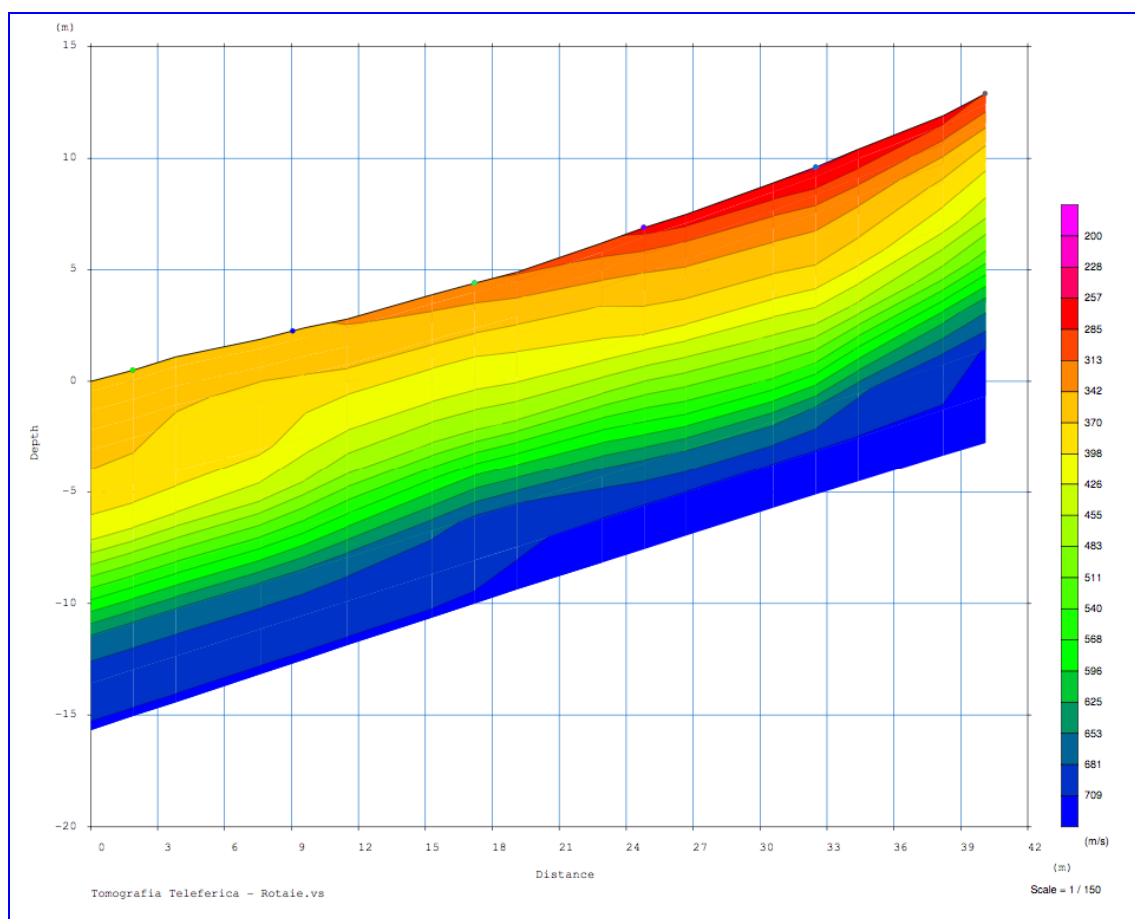
Velocità di taglio verticale – velocità iniziale (verde), velocità finale (rosso)

3.2.3 Tomografie sismiche a rifrazione

In concomitanza con indagine MAWS-ReMi di cui sopra e lungo le medesime linee di stendimento si sono eseguiti due profili tomografici sismici finalizzati alla determinazione dello spessore delle coperture e all'individuazione di strutture morfologiche sepolte.

Lo stendimento "rotaie" ha messo in evidenza quanto segue:

Nel caso in questione si evidenzia la netta prevalenza di bassi valori di velocità ($V_p < 400$ m/s) negli strati superficiali (5-6 metri di profondità) che corrispondono alla coltre superficiale poco consistente; a questo intervallo seguono termini progressivamente e costantemente più veloci ($400 < V_p < 600$ m/s) e a circa 11-12 metri di profondità si registrano velocità superiori a 650m/s lungo sismostrati più potenti.

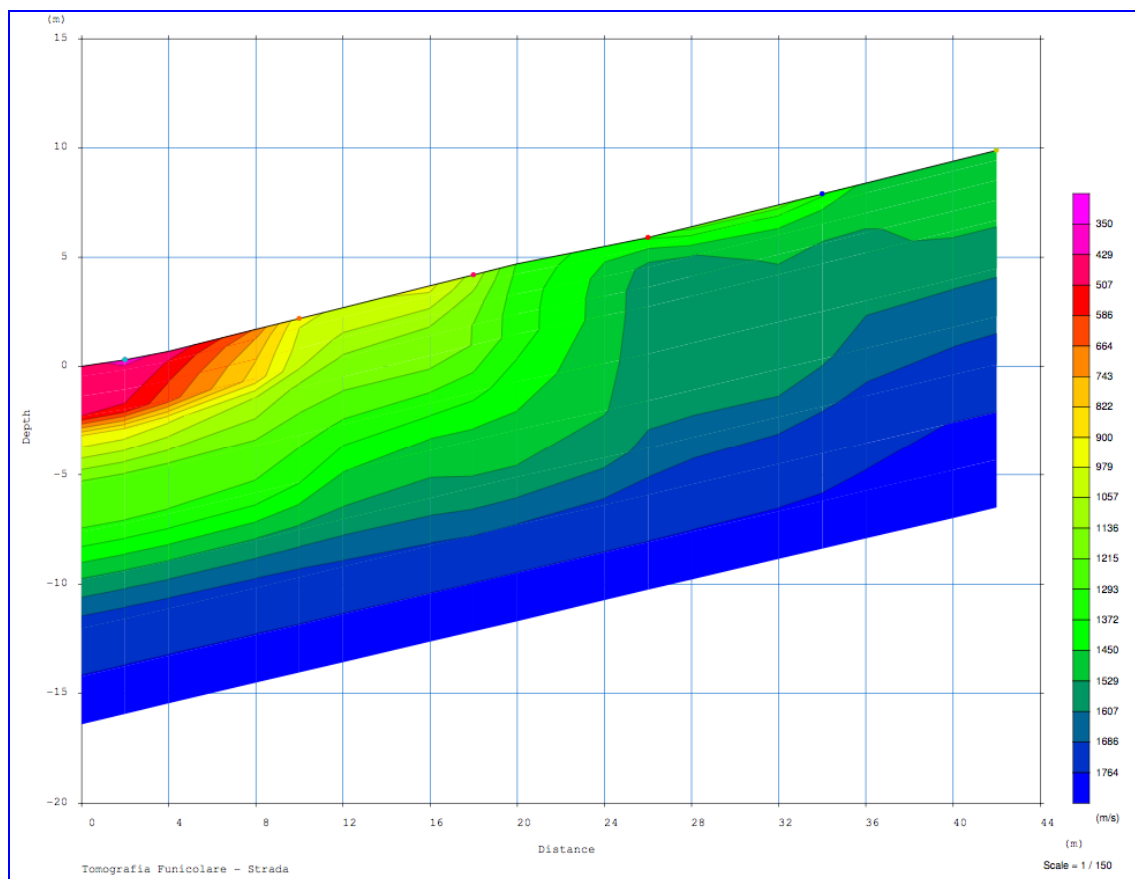


STENDIMENTO "ROTAIE" - Tomografia

Lo stendimento "strada" ha messo in evidenza quanto segue:

Si osservano velocità sensibilmente maggiori di quelle registrate lungo il precedente stendimento; tali dati sono da considerarsi anomali e causati da fattori locali legati alla pavimentazione stradale. In particolare il ciottolato si comporta come un sismostrato molto competente superficiale che genera onde dirette con velocità paragonabile a quelle rifratte confondendone i primi arrivi ai geofoni.

Sono in ogni caso possibili alcune considerazioni sulla base delle geometrie dei sismostrati generati: si rileva il quasi affioramento in superficie verso SW del sismostrato con velocità $1450 < V_p < 1600$ m/s (innalzamento del substrato o anomalia ?) e a partire da 11-12 metri di profondità si registrano sismostrati a potenza maggiore con andamento più rettilineo.



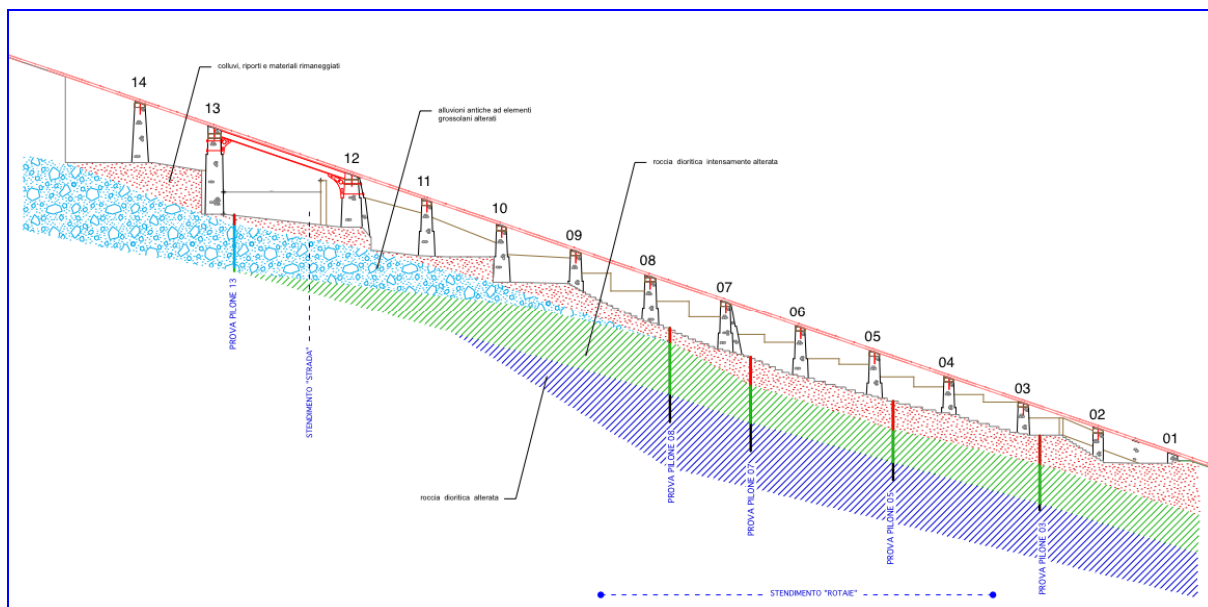
STENDIMENTO "STRADA" - Tomografia

3.3 Ricostruzione primo sottosuolo

L'elaborazione della totalità dei dati raccolti unitamente al rilievo geomorfologico di superficie, permettono una ricostruzione litostratigrafica del primo sottosuolo, in accordo con il quadro geologico generale noto.

Il piede e la parte medio bassa del versante di collegamento tra Biella ed il Piazzo vede la presenza, sotto una coltre di materiali sciolti (colluvi, riporti e terreni rimaneggiati) del substrato roccioso da profondamente alterato ad alterato, con miglioramento delle sue caratteristiche con la profondità. Nella parte alta del pendio, sempre superate le coltri sciolte superficiali, il sottosuolo è con ogni probabilità costituito dai depositi alluvionali grossolani propri del pianalto, che attornia il concentrico di Biella verso settentrione, qui ridotto ad un lembo conformato a guisa di dorsale su cui sorge il borgo del Piazzo.

Per maggior chiarezza a si rimanda al profilo litostratigrafico dell'elaborato IG.3, di seguito riportato in formato ridotto.



Profilo litostratigrafico (vedi elaborato IG3)

4 ELEMENTI GEOTECNICI

Sulla base dei dati raccolti e di quelli bibliografici, con criterio cautelativo:

- ai materiali granulari eterometrici (depositi alluvionali ciottolosi ?) rinvenuti da -1 a - 7 m nella prova al pilone 13 si possono associare i seguenti parametri:

- angolo di attrito 32-34°
- coesione nulla
- peso di volume 1950 Kg/mc

- al substrato roccioso intensamente alterato (sabbie limose prevalenti) rinvenuto nella prova al pilone 08 da - 1 a - 8 m si possono associare i seguenti parametri:

- angolo di attrito 28-30°
- coesione nulla
- peso di volume 1850 Kg/mc

- valori via via crescenti caratterizzano la roccia alterata ed il suo regolite, rinvenuto a partire da - 8 m nella prova al pilone 08.

Non è stata presa in considerazione la coltre di materiali sciolti (colluvi, riporti e terreni rimaneggiati), che caratterizza la porzione superficiale del pendio, in quanto da considerarsi da scadente a molto scadente sotto l'aspetto geomeccanico.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nella classificazione sismica il territorio comunale di Biella è compreso nella ZONA 4. Con riferimento ai § 3.2.2 del D.M. 14.1.2008 «Norme tecniche per le costruzioni» (da cui sono tratte le tabelle sotto riportate) e sulla scorta delle risultanze della presente indagine, la categoria di sottosuolo dell'area in esame, può essere così definita:

- al di sotto della linea di corsa della funicolare, tra i piloni 05 e 06 (mezzeria dello stendimento "rotaie") i terreni di fondazione sono ricondotti alla **categoria B**;
 - al di sotto della linea di corsa della funicolare, in corrispondenza la strada denominata Costa del Piazza (mezzeria dello stendimento "strada") i terreni di fondazione sono ricondotti alla **categoria C**.
- Per quanto attiene le condizioni topografiche l'intera area rientra nella **categoria T2**.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

| CATEGORIA | DESCRIZIONE |
|-----------|--|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina). |
| E | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s). |

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

| CATEGORIA | CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA |
|-----------|---|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

6. CONCLUSIONI

La relazione sopra esposta argomenta quanto emerso nelle prima e seconda fase dell'indagine geologica a corredo del progetto "ADEGUAMENTO TECNICO DELLA FUNICOLARE TERRESTRE BIELLA PIANO - BIELLA PIAZZO (REVISIONE GENERALE 40° ANNO E AMMODERNAMENTO)".

Gli elementi raccolti hanno permesso di caratterizzare il primo sottosuolo e di ipotizzare la ricostruzione litostratigrafica del pendio che collega il centro della città di Biella con l'antico quartiere del Piazzo, nel tratto interessato dalla linea di corsa della funicolare terrestre oggetto di intervento. Tale ricostruzione litostratigrafica bene si accorda con il quadro geologico generale noto, nel quale trova adeguati elementi convalidanti.

SETTEMBRE 2015