

**COMUNE DI LOVERE**

**Provincia di Bergamo**

**STUDIO PRELIMINARE**

***AREA A GRAVE RISCHIO IDROGEOLOGICO EX L.267/98  
“CENTRO ABITATO DI LOVERE – LOC. CORNASOLA”  
OPERE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO  
E DI CONSOLIDAMENTO DELLA EX S.S. 42 DEL TONALE***

**RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

**IN LOCALITA' CORNASOLA**

*(lavoro commissionato dal Comune di Lovere al dr. geol. Sigala e dr.  
geol. Feriti)*

- ✓ **Allegato 1: Planimetria con ubicazione delle indagini – Scala 1:2000**
- ✓ **Allegato 2: Planimetria con rete di monitoraggio – Scala 1:2000**
- ✓ **Allegato 3: Carta degli affioramenti – Scala 1:2000**
- ✓ **Allegato 4: Sezioni stratigrafiche interpretative – Scala 1:1000**
- ✓ **Allegato 5: Stratigrafie e documentazione fotografica dei sondaggi**
- ✓ **Allegato 6: Prospezioni geofisiche in foro – Down Hole**

**COMUNE DI LOVERE**  
Provincia di Bergamo

Località Cornasola - Via Bragadino  
Viale Dante e Via Nazionale

**RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

REDAZIONE

**DOTT. GEOLOGO**  
**GIANPIERO FERITI**  
Via Colture 5/a  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

**DOTT. GEOLOGO**  
**VITTORIO SIGALA**  
Via De Gasperi, 28  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

ELABORATO

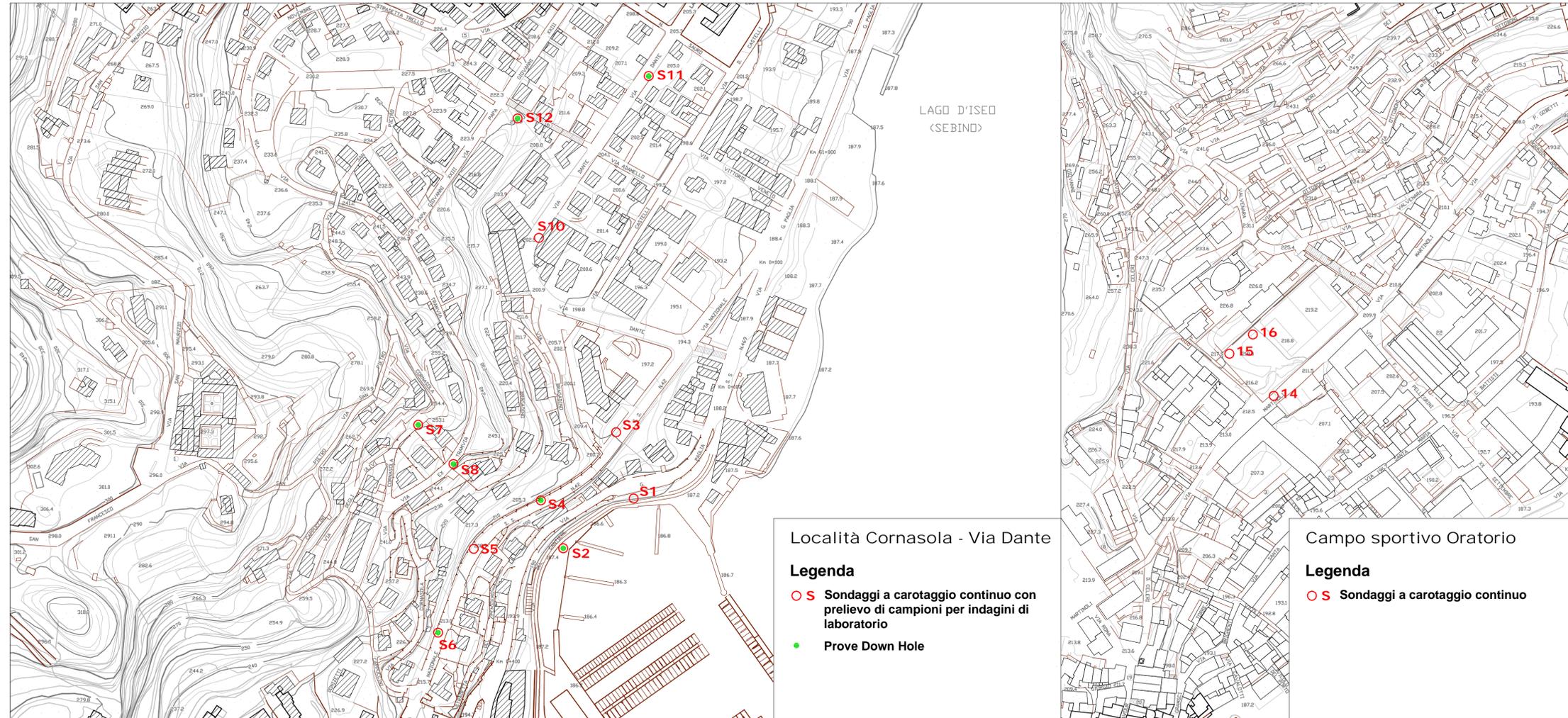
**PLANIMETRIA CON**  
**UBICAZIONE DELLE INDAGINI**

SCALA 1:2000

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	MOTIVO REVISIONE
/	Prima emissione	Luglio 2016	/

ALLEGATO N:

**1**



Località Cornasola - Via Dante

**Legenda**

- S Sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni per indagini di laboratorio
- Prove Down Hole

Campo sportivo Oratorio

**Legenda**

- S Sondaggi a carotaggio continuo

**COMUNE DI LOVERE**  
Provincia di Bergamo

Località Cornasola - Via Bragadino  
Viale Dante e Via Nazionale

**RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

REDAZIONE

**DOTT. GEOLOGO**  
**GIANPIERO FERITI**  
Via Colture 5/a  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

**DOTT. GEOLOGO**  
**VITTORIO SIGALA**  
Via De Gasperi, 28  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

ELABORATO

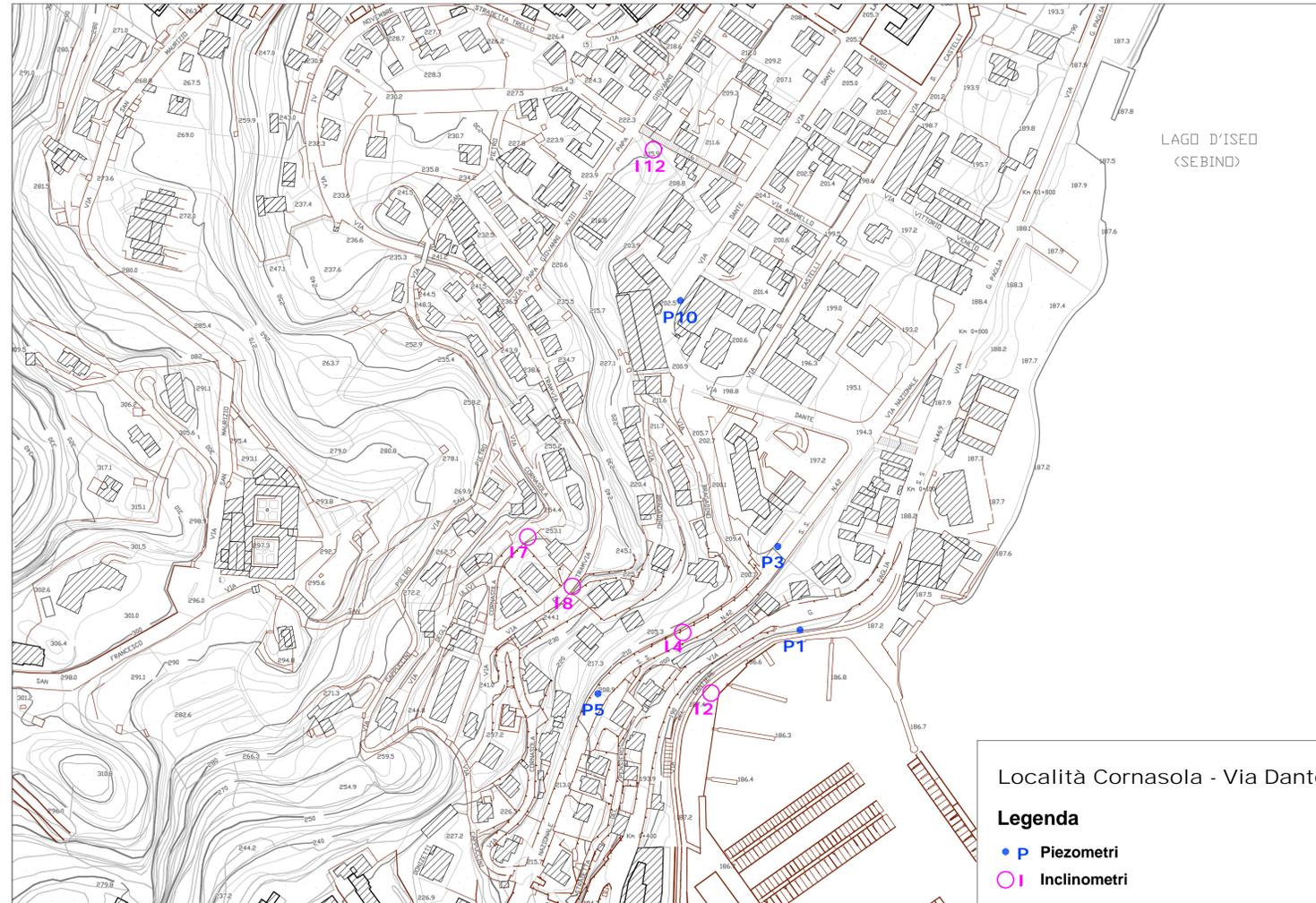
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLA  
RETE DI MONITORAGGIO INSTALLATA

ALLEGATO N:

**2**

SCALA 1:2000

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	MOTIVO REVISIONE
/	Prima emissione	Luglio 2016	/



**COMUNE DI LOVERE**  
Provincia di Bergamo

Località Cornasola - Via Bragadino  
Viale Dante e Via Nazionale

**RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

REDAZIONE

**DOTT. GEOLOGO**  
**GIANPIERO FERITI**  
Via Colture 5/a  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

**DOTT. GEOLOGO**  
**VITTORIO SIGALA**  
Via De Gasperi, 28  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

ELABORATO

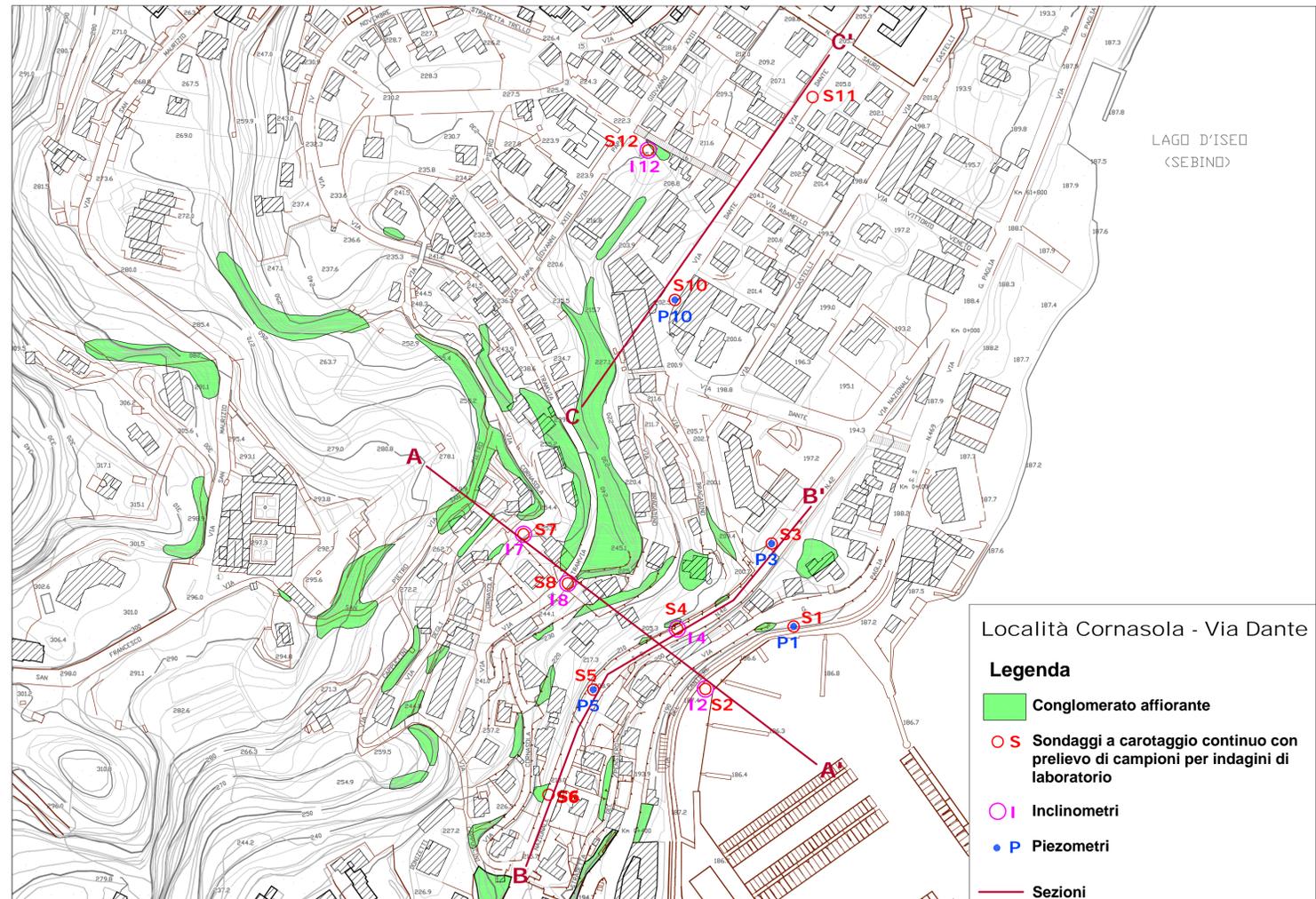
Carta degli affioramenti conglomeratici

ALLEGATO N:

**3**

SCALA 1:2000

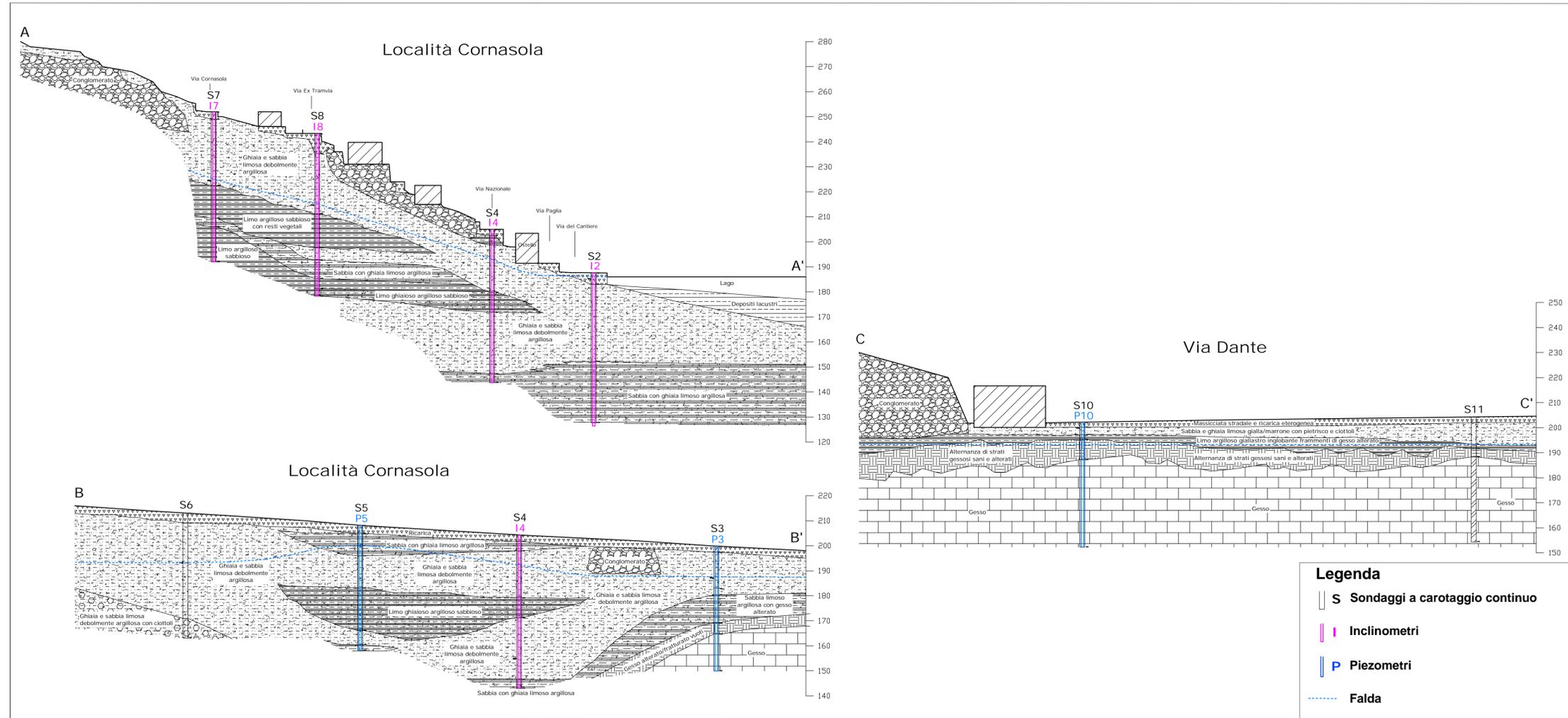
REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	MOTIVO REVISIONE
/	Prima emissione	Luglio 2016	/



**COMUNE DI LOVERE**  
Provincia di Bergamo

**Località Cornasola - Via Bragadino**  
**Viale Dante e Via Nazionale**

**RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**



REDAZIONE

**DOSS. GEOLOGO**  
**GIANPIERO FERITI**  
Via Colture 5/a  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

**DOSS. GEOLOGO**  
**VITTORIO SIGALA**  
Via De Gasperi, 28  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

ELABORATO

SEZIONI STRATIGRAFICHE  
INTERPRETATIVE

SCALA 1:2000

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	MOTIVO REVISIONE
/	Prima emissione	Luglio 2016	/

ALLEGATO N: **4**

# COMUNE DI LOVERE

Provincia di Bergamo

**Località Cornasola - Via Bragadino  
Viale Dante e Via Nazionale**

## RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

REDAZIONE

**DOTT. GEOLOGO  
GIANPIERO FERITI**

Via Colture 5/a  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

**DOTT. GEOLOGO  
VITTORIO SIGALA**

Via De Gasperi, 28  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

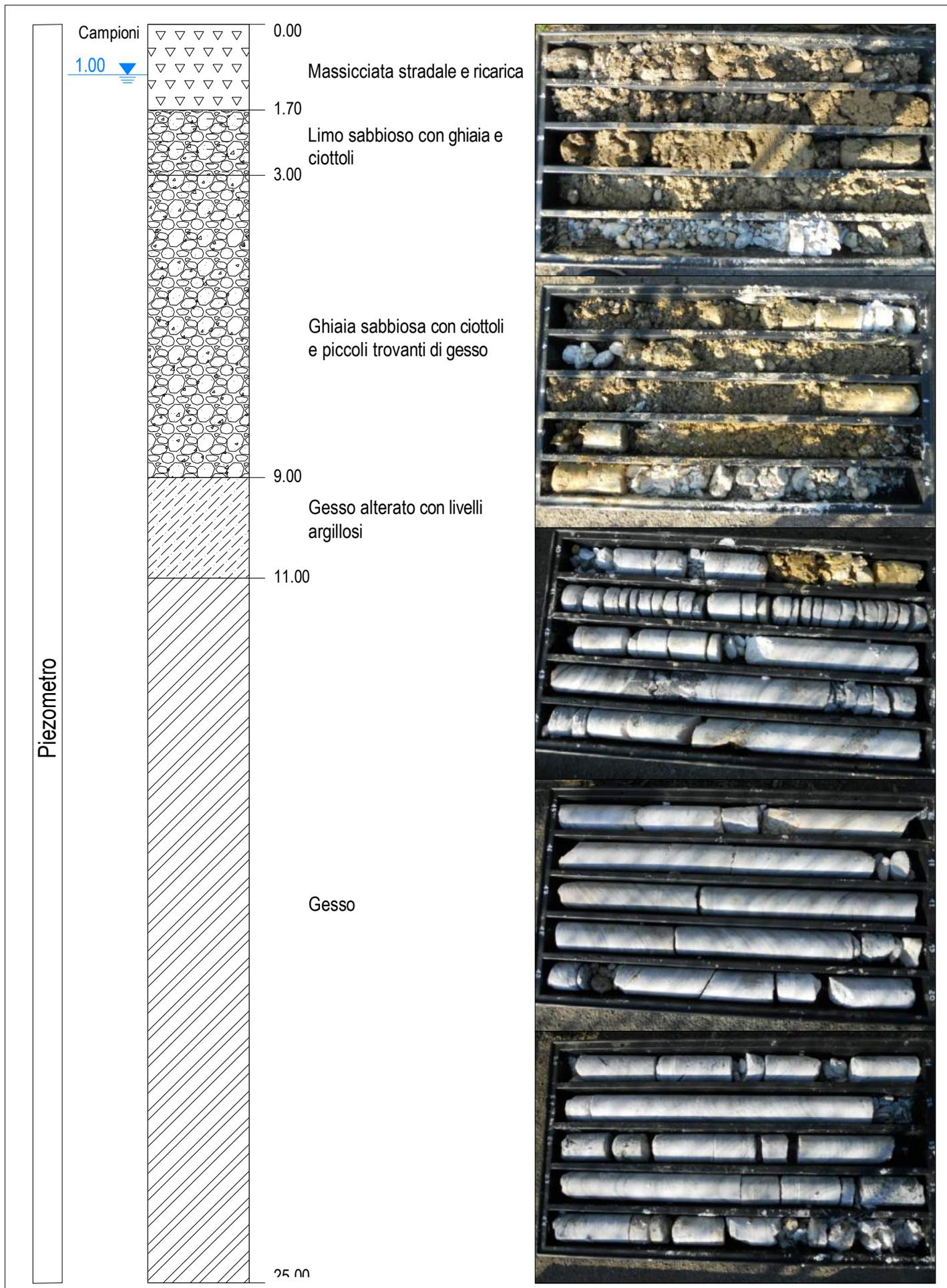
ELABORATO

**STRATIGRAFIE E DOCUMENTAZIONE  
FOTOGRAFICA DEI SONDAGGI**

ALLEGATO N:

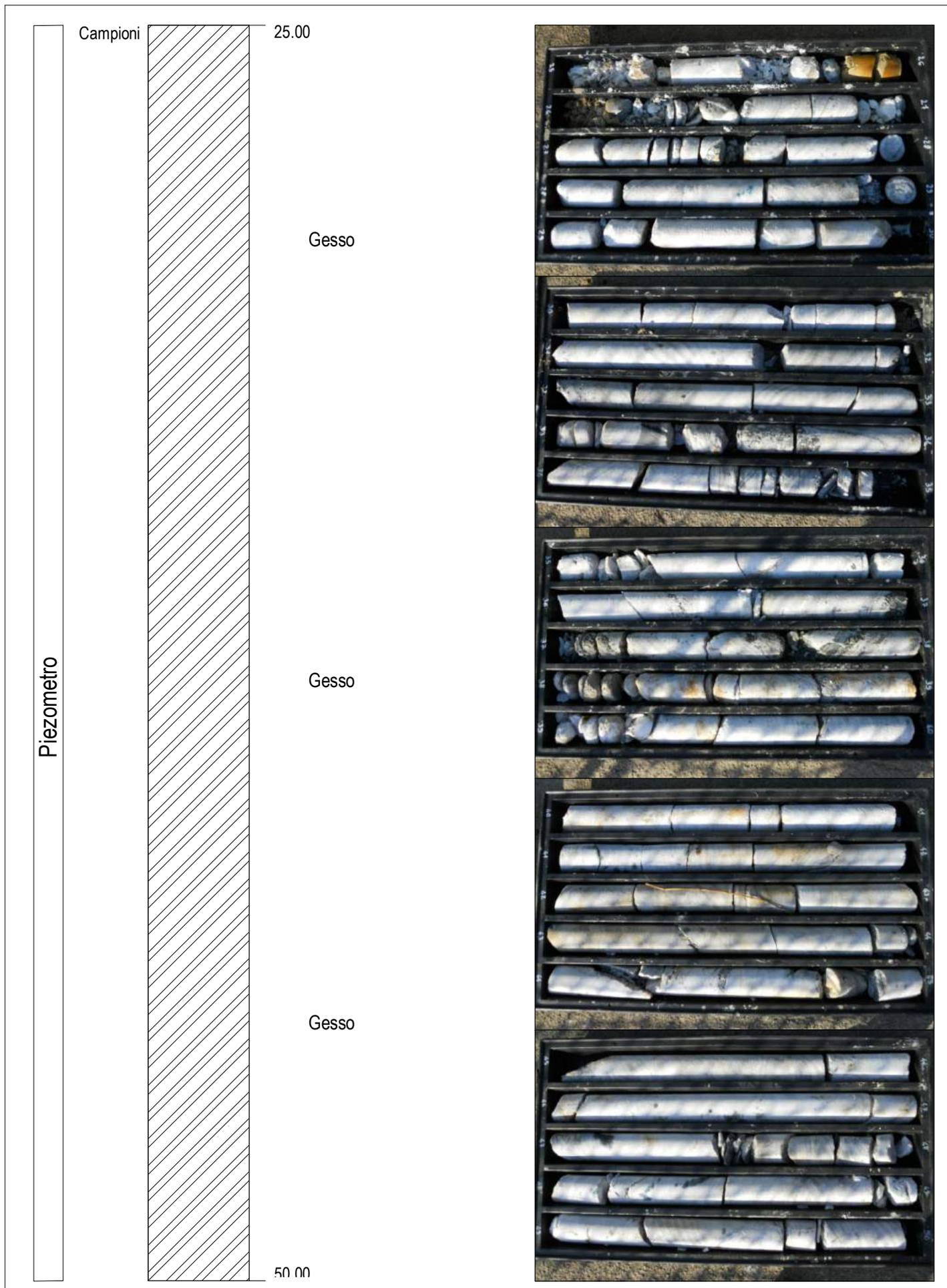
**5**

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	MOTIVO REVISIONE
/	Prima emissione	Luglio 2016	/



Comune di Lovere (Bg)  
 Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

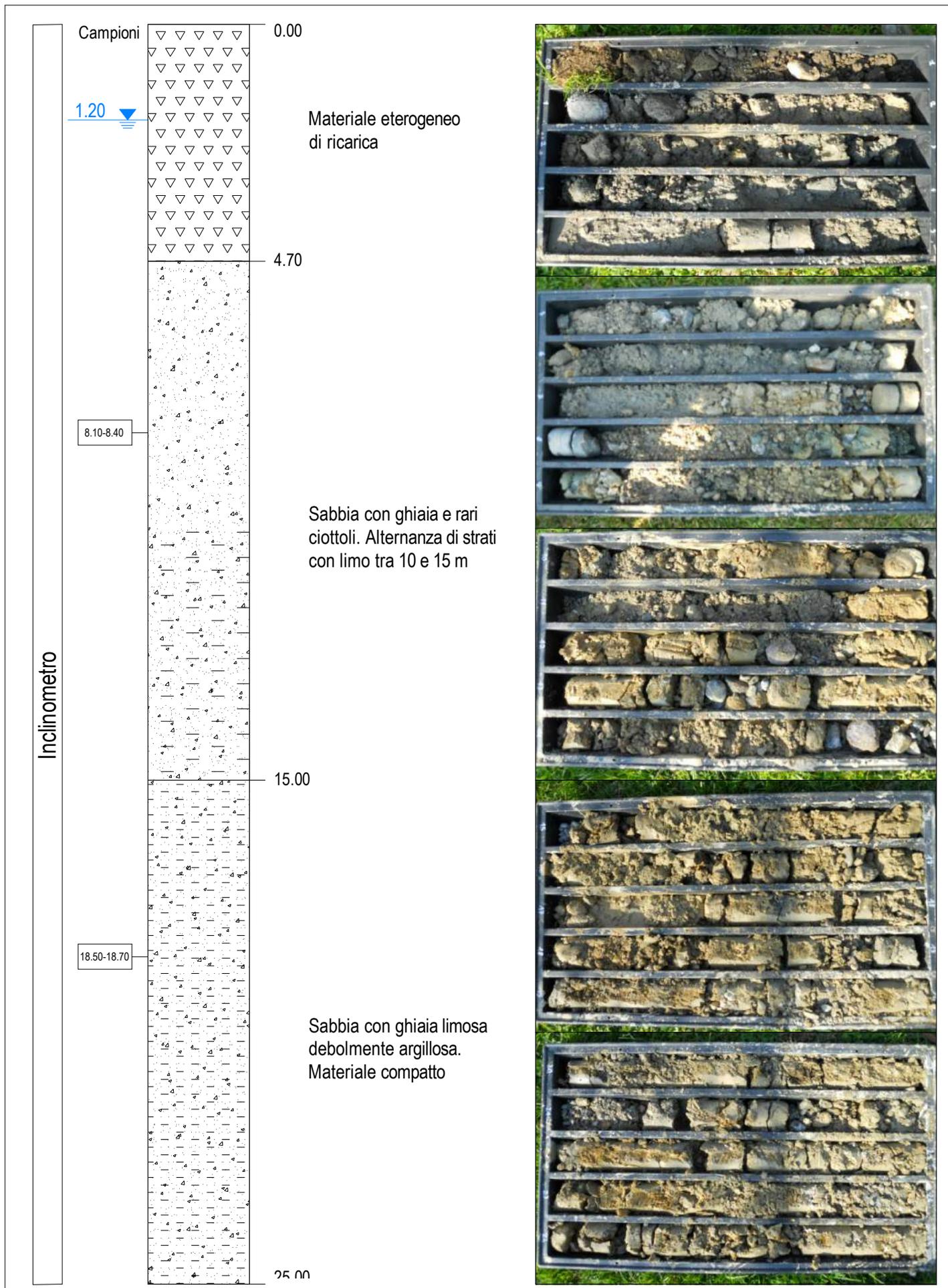
**SONDAGGIO S1 - Da 0.00 a 25.00 m**



Comune di Lovere (Bg)  
 Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S1 - Da 25.00 a 50.00 m**

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Siala



Comune di Lovere (Bg)  
 Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S2 - Da 0.00 a 25.00 m**

Inclinometro

Campioni

25.00

Ghiaia con sabbia limosa  
debolmente argillosa.  
Materiale compatto

32.40-32.60

35.60-35.70

35.50

Sabbia con limo ghiaiosa  
argillosa.  
Materiale compatto

50.00



Comune di Lovere (Bg)

Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

SONDAGGIO S2 - Da 25.00 a 50.00 m

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Sicala

Inclinometro

Campioni

50.00

55.00-55.20

Sabbia con limo ghiaiosa  
argillosa.  
Materiale compatto

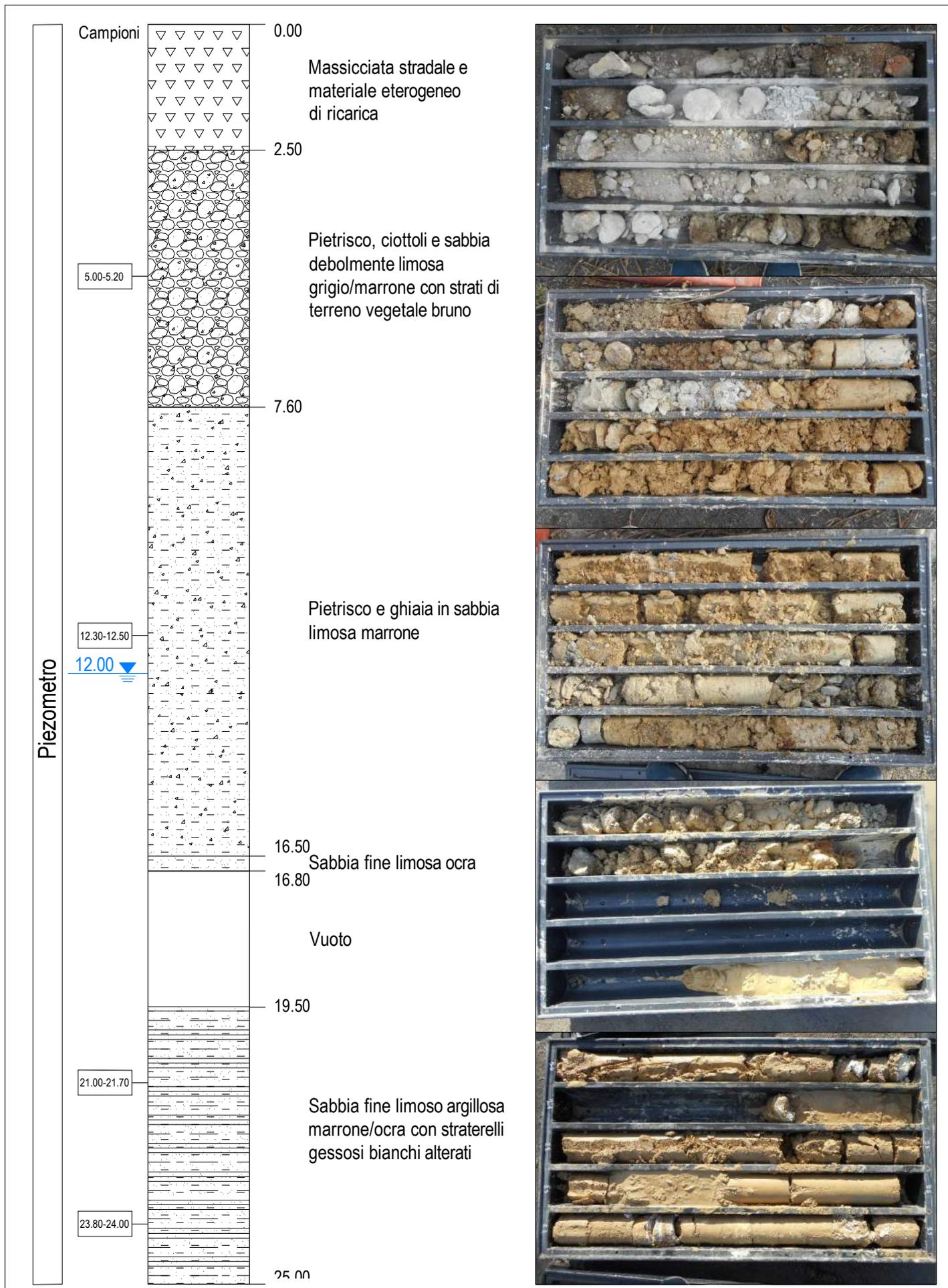
60.00



Comune di Lovere (Bg)  
Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S2 - Da 50.00 a 60.00 m**

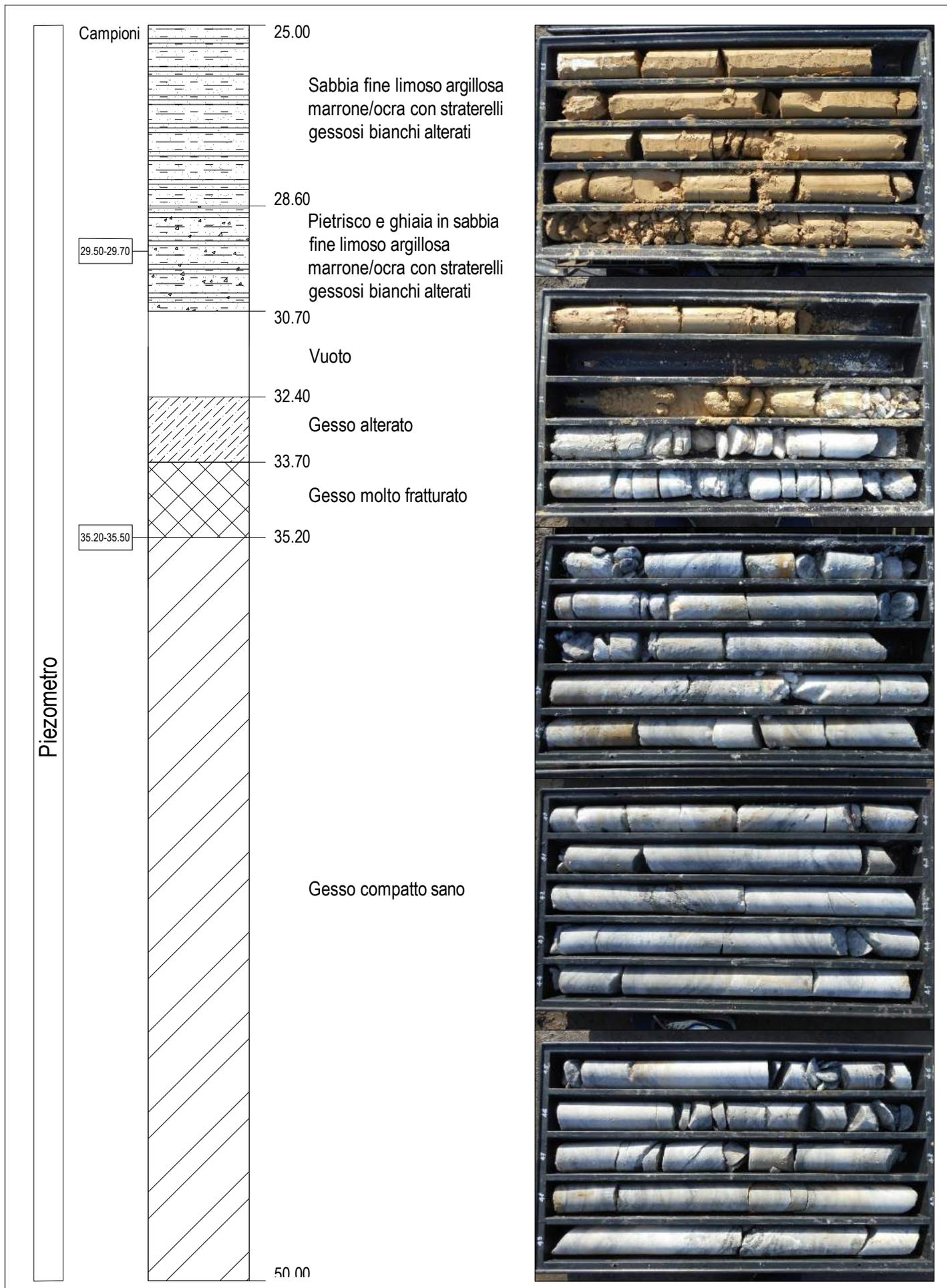
Dott. Geoloogo Gianpiero Feriti - Dott. Geoloogo Vittorio Sicala



Comune di Lovere (Bg)  
Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S3 - Da 0.00 a 25.00 m**

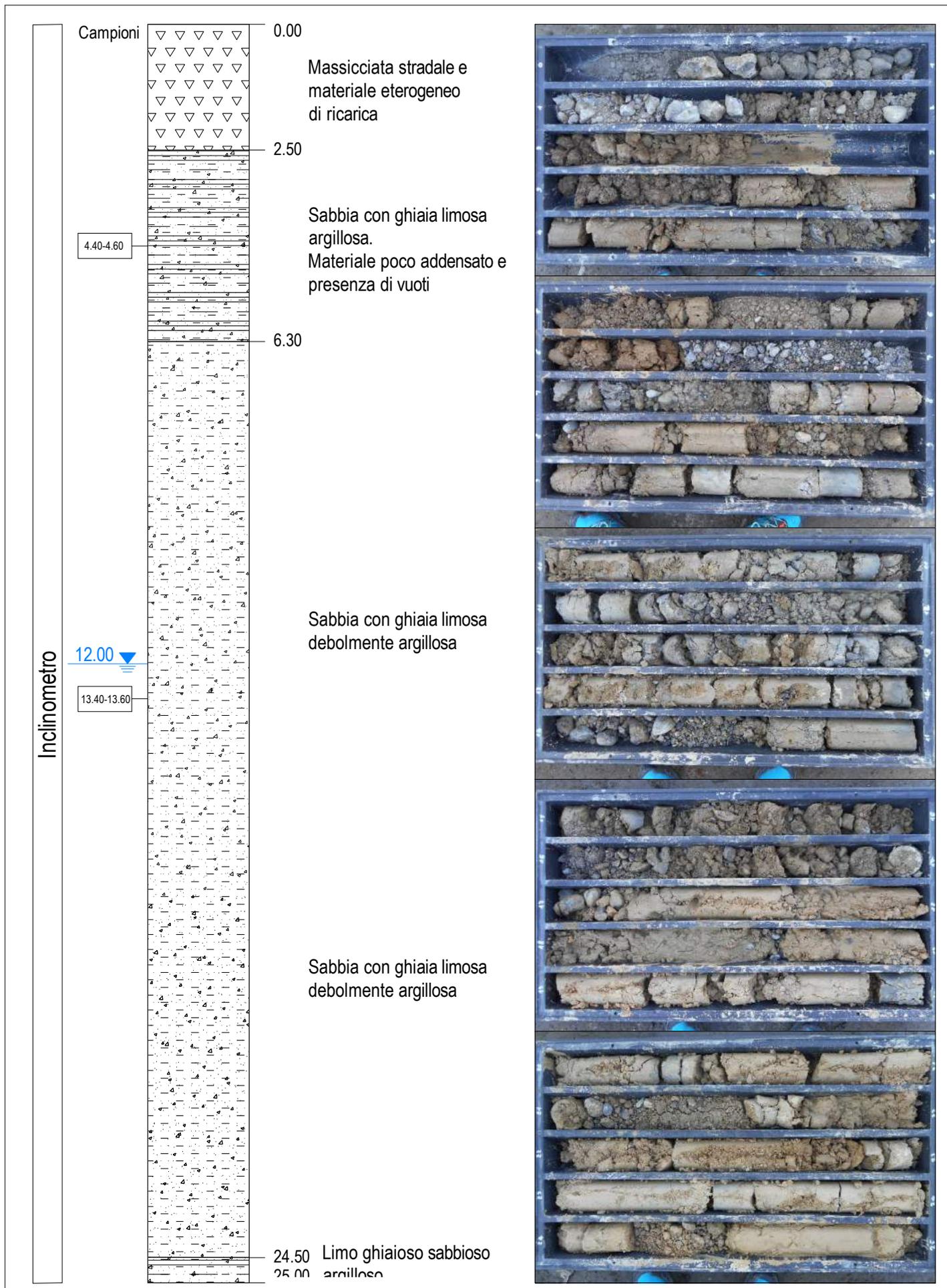
Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Siala



Comune di Lovere (Bg)  
 Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S3 - Da 25.00 a 50.00 m**

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Siala

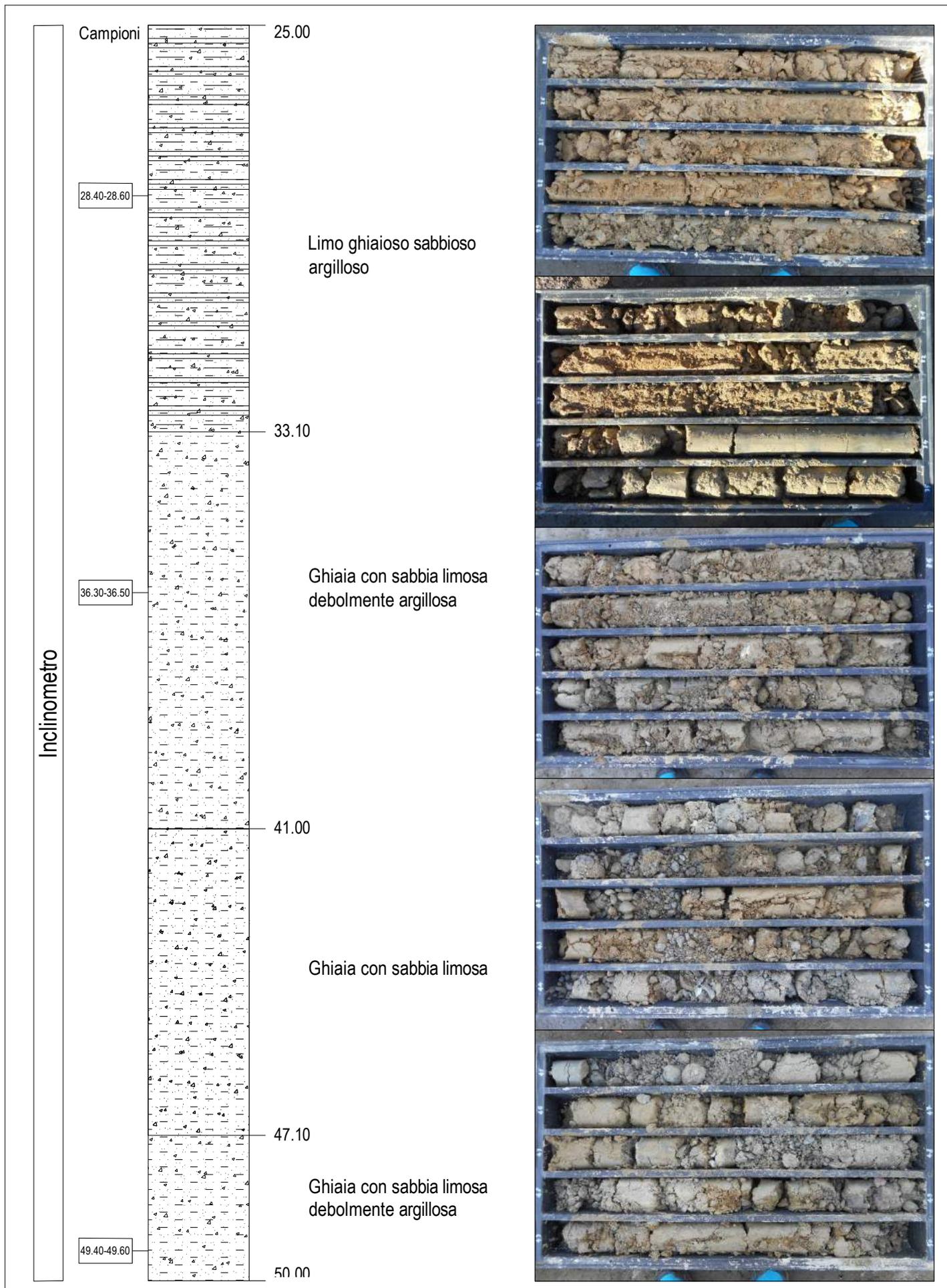


Comune di Lovere (Bg)

Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

SONDAGGIO S4 - Da 0.00 a 25.00 m

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Sicaia



Comune di Lovere (Bg)  
 Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S4 - Da 25.00 a 50.00 m**

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Sicaia

Inclinometro

Campioni

50.00

Ghiaia con sabbia limosa  
debolmente argillosa

57.70-58.00

57.70

Ghiaia con sabbia limosa  
argillosa

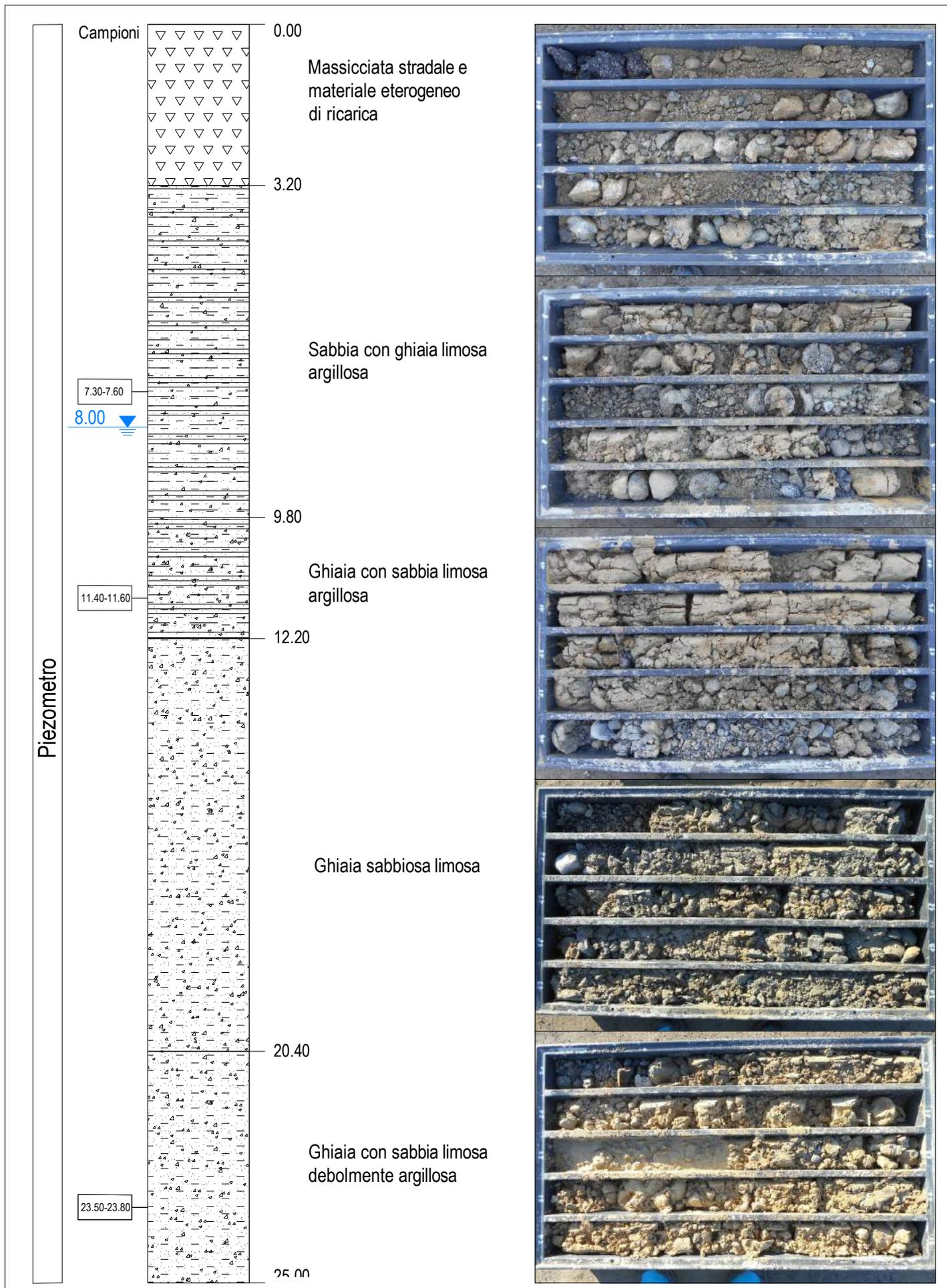
61.30



Comune di Lovere (Bg)  
Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

SONDAGGIO S4 - Da 50.00 a 60.00 m

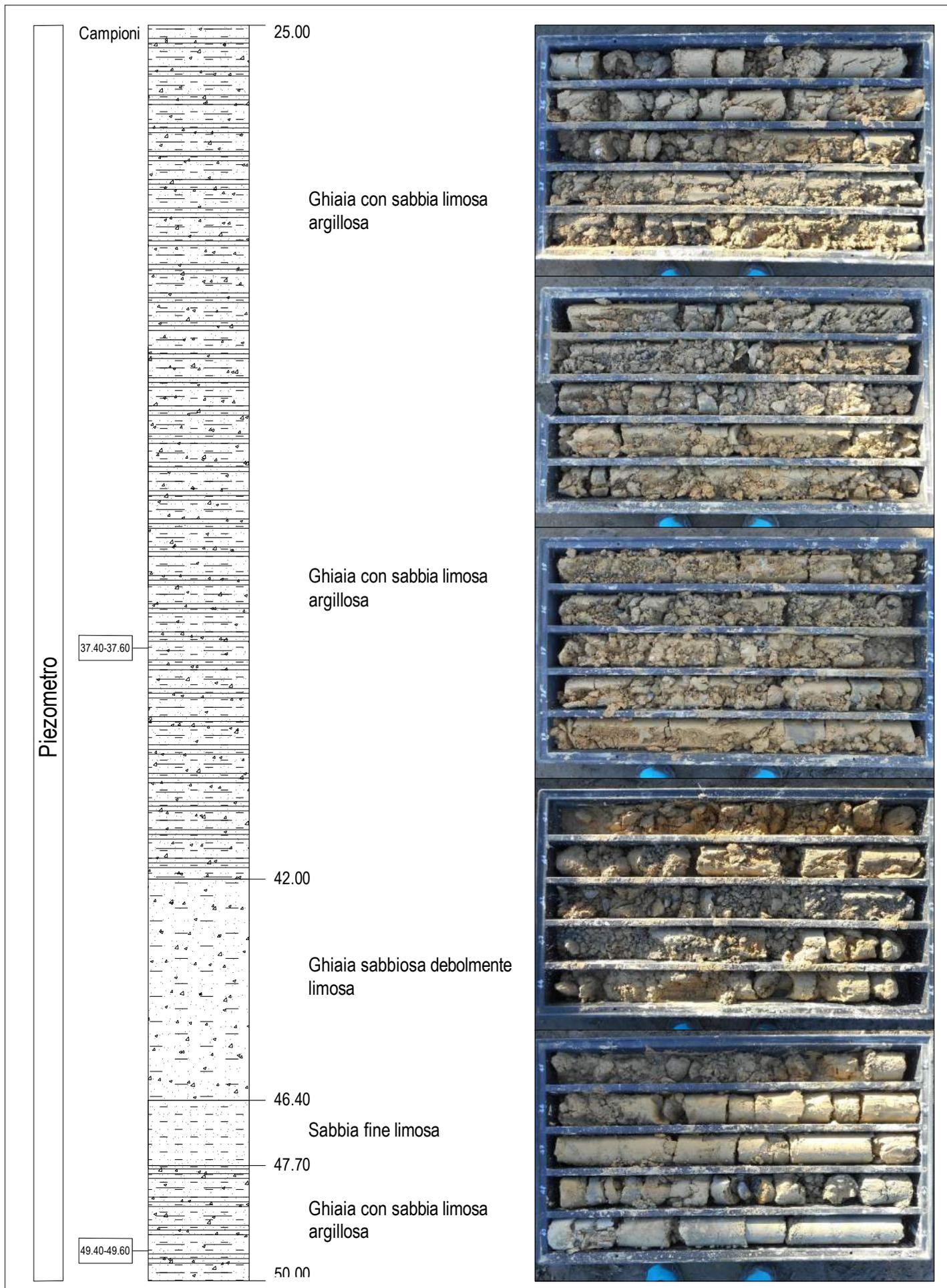
Dott. Geoloogo Gianpiero Feriti - Dott. Geoloogo Vittorio Siala



Comune di Lovere (Bg)  
 Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

SONDAGGIO S5 - Da 0.00 a 25.00 m

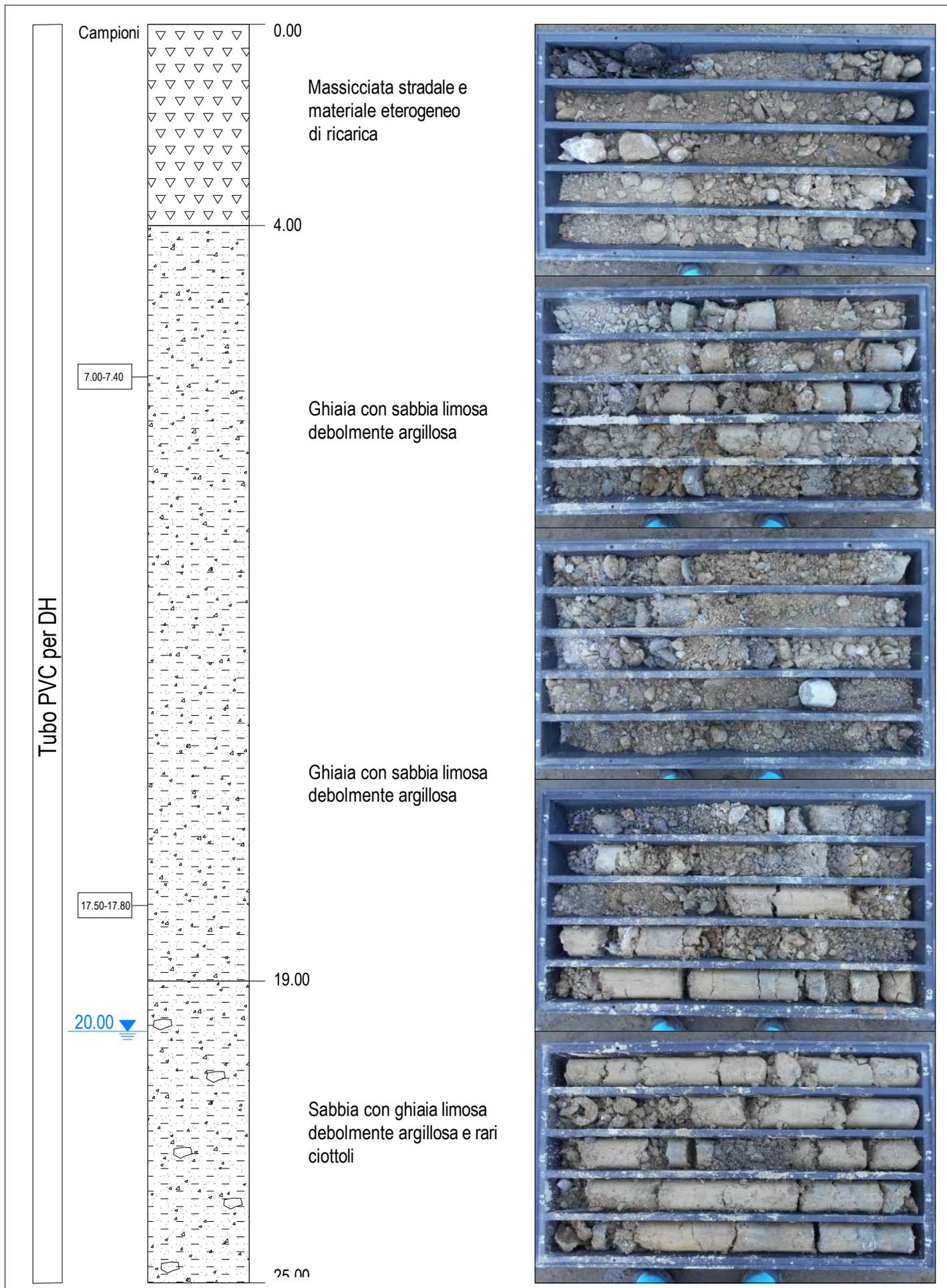
Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Sicaia



Comune di Lovere (Bg)  
 Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S5 - Da 25.00 a 50.00 m**

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Sicala



Comune di Lovere (Bg)

Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S6 - Da 0.00 a 25.00 m**

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Siala

Tubo PVC per DH

Campioni

26.40-26.60

37.40-37.60

48.40-48.60

25.00

34.30

50.00

Sabbia con ghiaia limosa  
debolmente argillosa e rari  
ciottoli

Sabbia con ghiaia limosa  
debolmente argillosa con  
ciottoli di calcare nero e  
gesso sul fondo



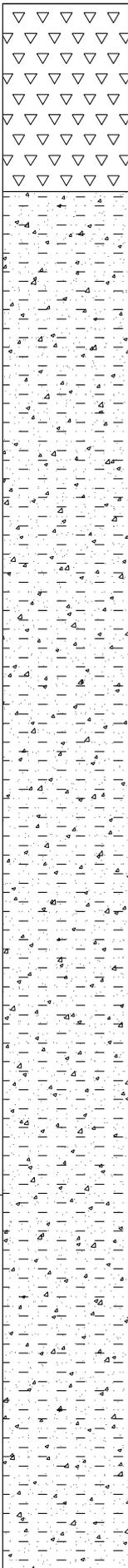
Comune di Lovere (Bg)  
Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

SONDAGGIO S6 - Da 25.00 a 50.00 m

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Sicala

Inclinometro

Campioni



0.00

Massicciata stradale e  
materiale eterogeneo  
di ricarica

3.00

Sabbia con ghiaia limosa  
debolmente argillosa

19.00-19.20

Sabbia con ghiaia limosa  
debolmente argillosa

25.00

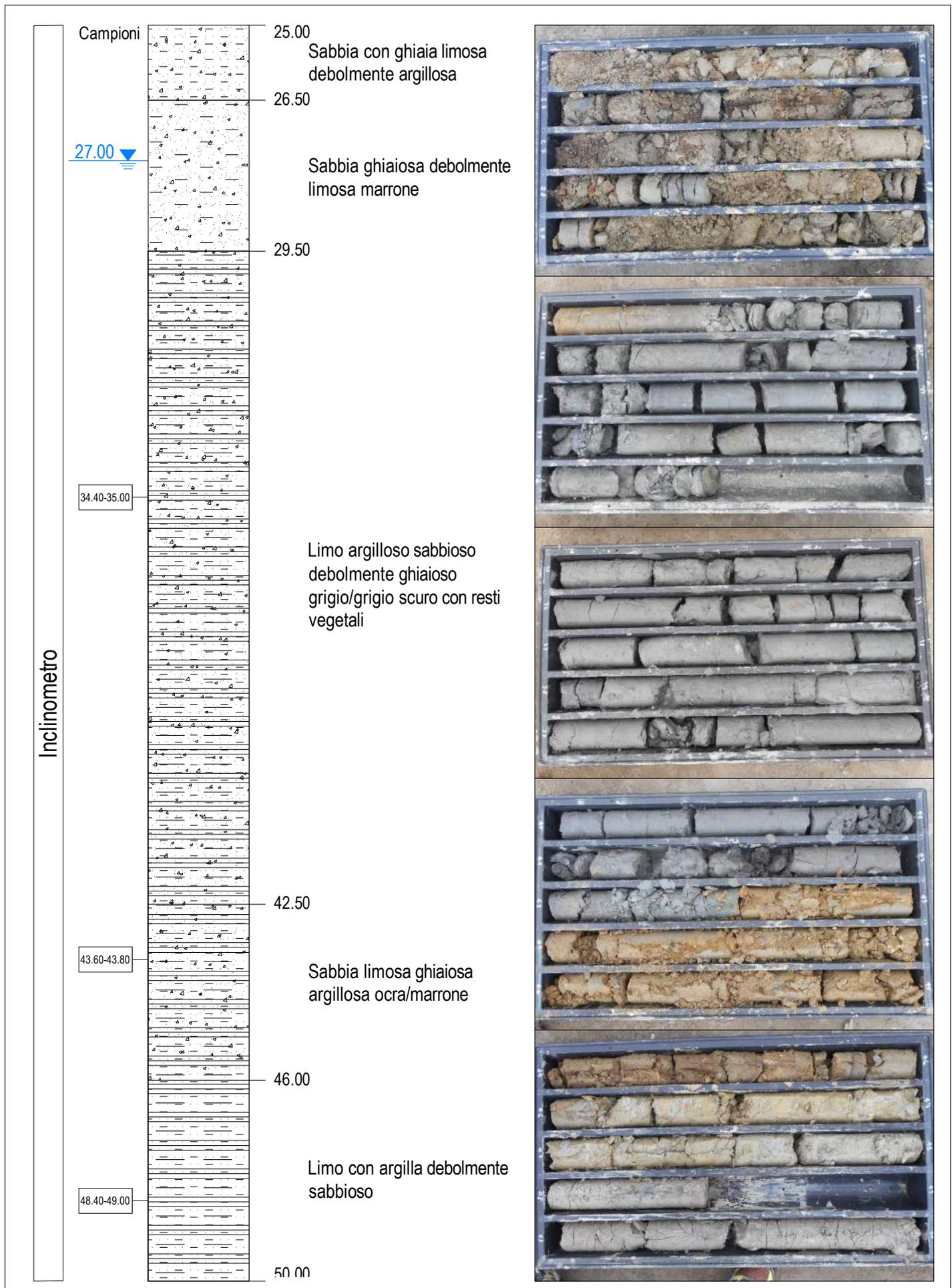


Comune di Lovere (Bg)

Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

SONDAGGIO S7 - Da 0.00 a 25.00 m

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Siala

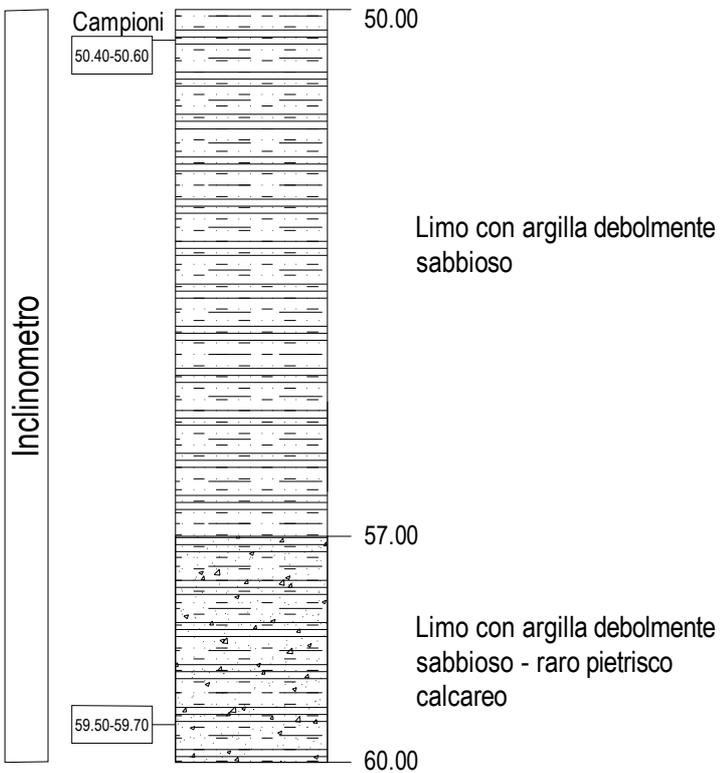


Comune di Lovere (Bg)

Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S7 - Da 25.00 a 50.00 m**

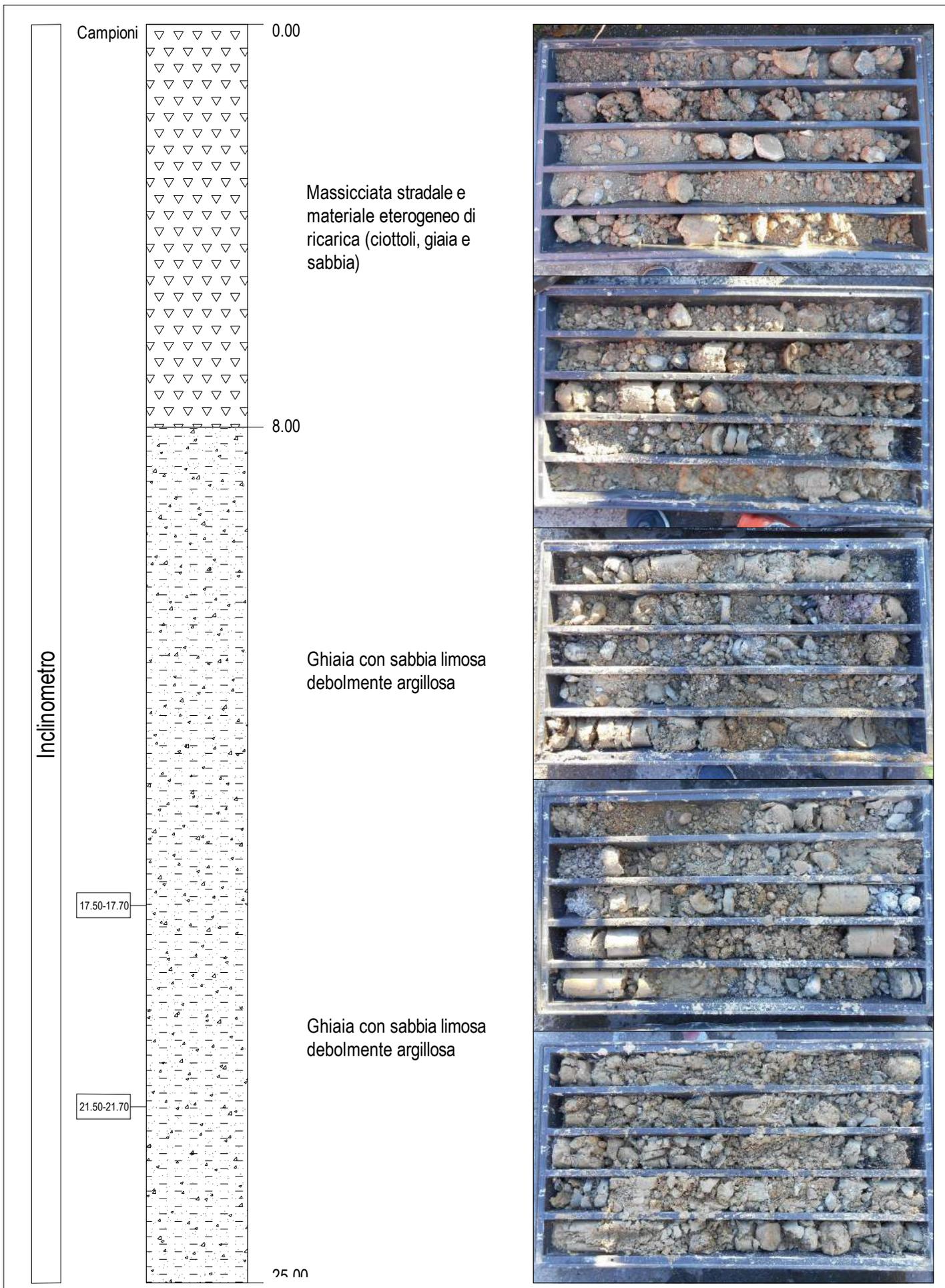
Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Sicala



Comune di Lovere (Bg)  
Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S7 - Da 50.00 a 60.00 m**

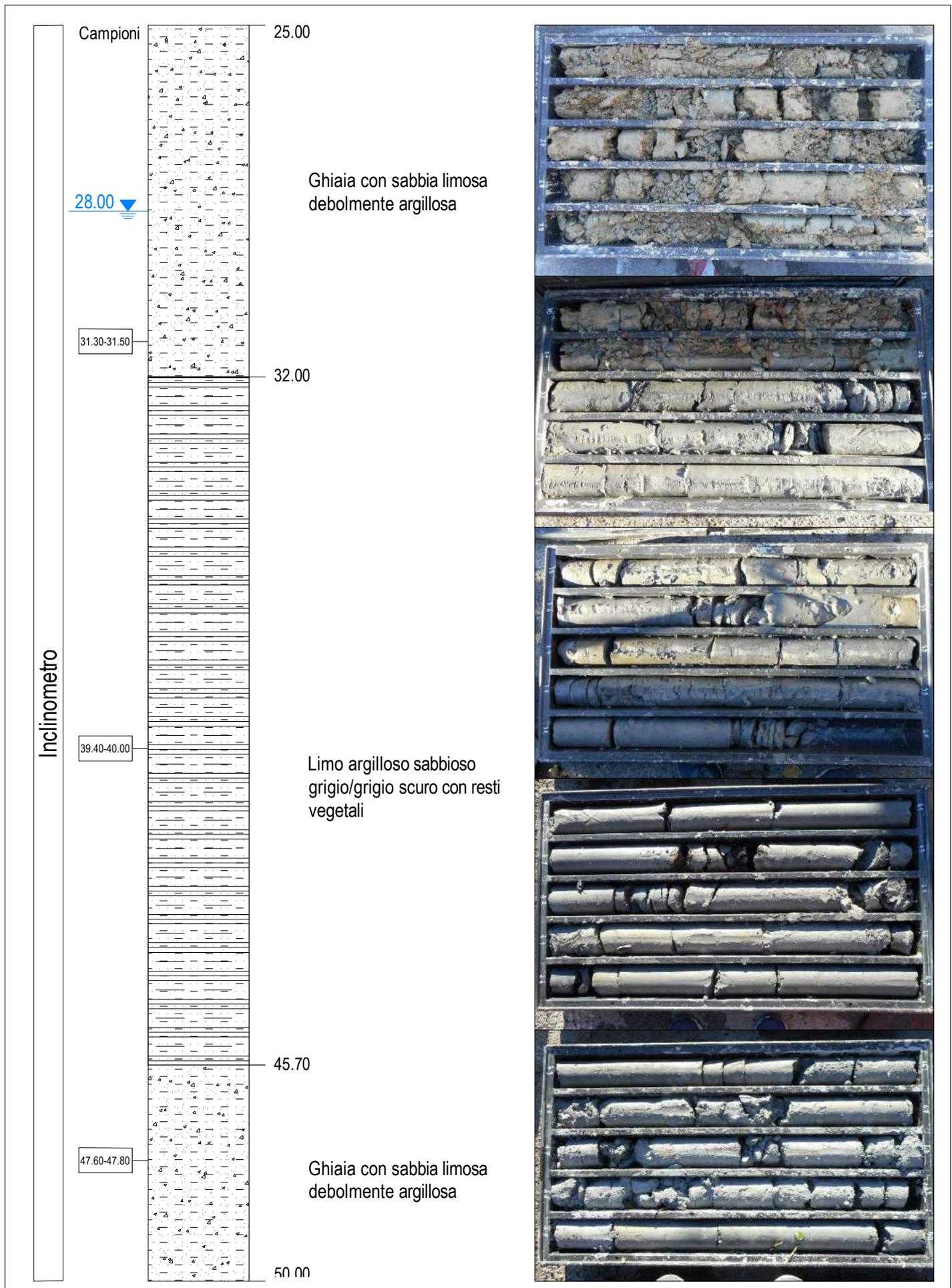
Dott. Geoloogo Gianpiero Feriti - Dott. Geoloogo Vittorio Sicaia



Comune di Lovere (Bg)  
 Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S8 - Da 0.00 a 25.00 m**

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Sicaia

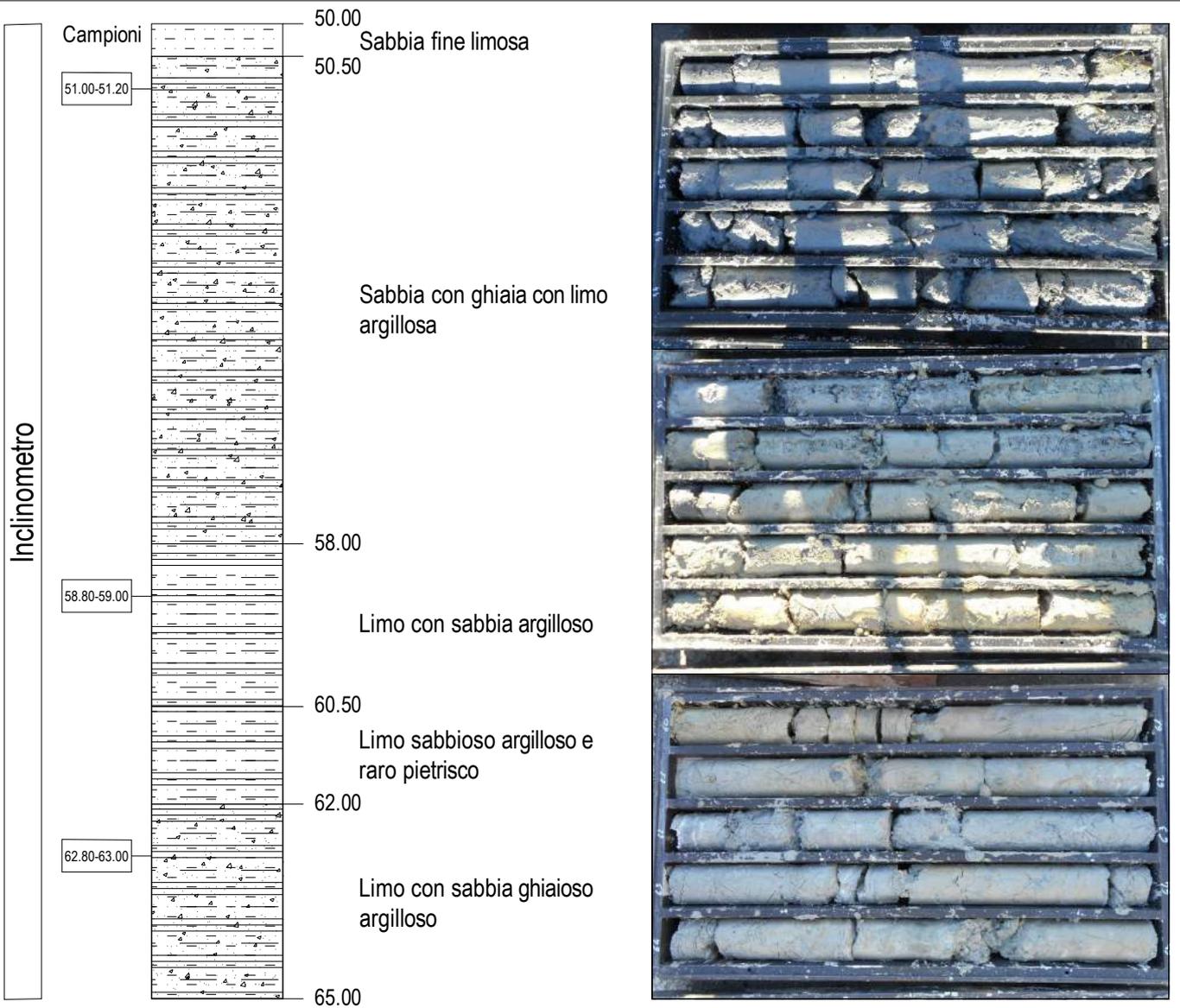


Comune di Lovere (Bg)

Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S8 - Da 25.00 a 50.00 m**

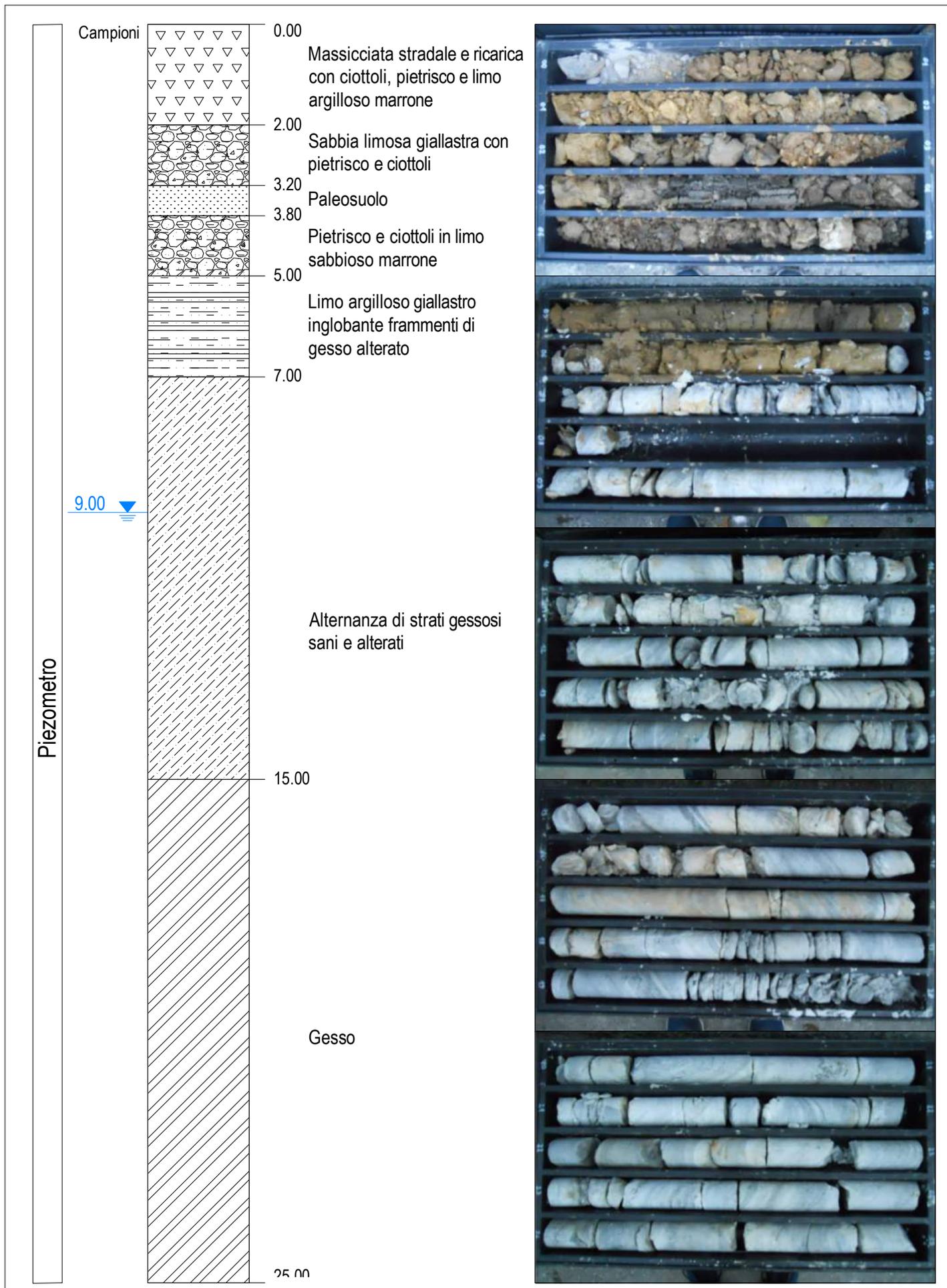
Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Sicaia



Comune di Lovere (Bg)  
 Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S8 - Da 50.00 a 65.00 m**

Dott. Geoloogo Gianpiero Feriti - Dott. Geoloogo Vittorio Sicala

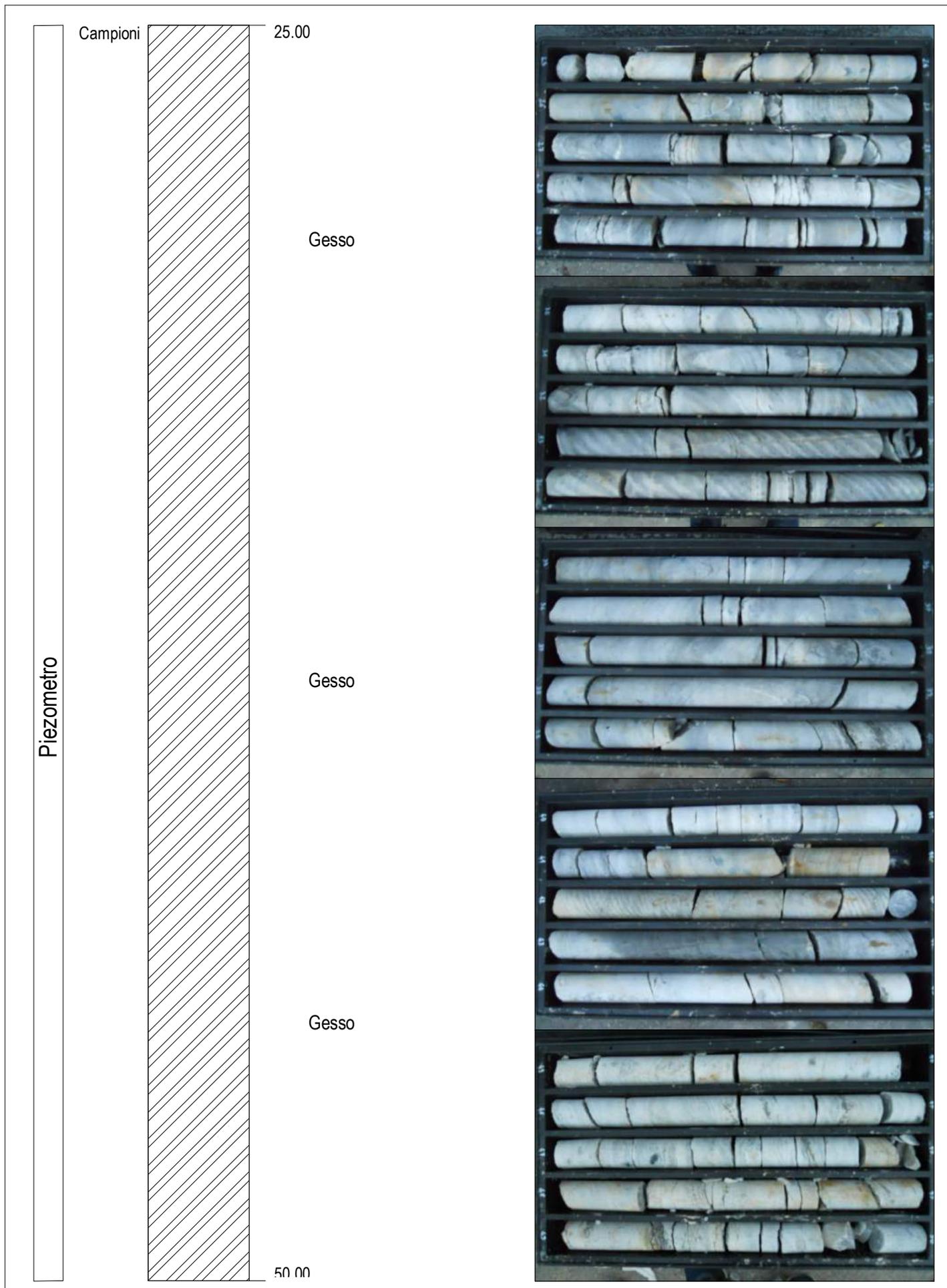


Comune di Lovere (Bg)

Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

SONDAGGIO S10 - Da 0.00 a 25.00 m

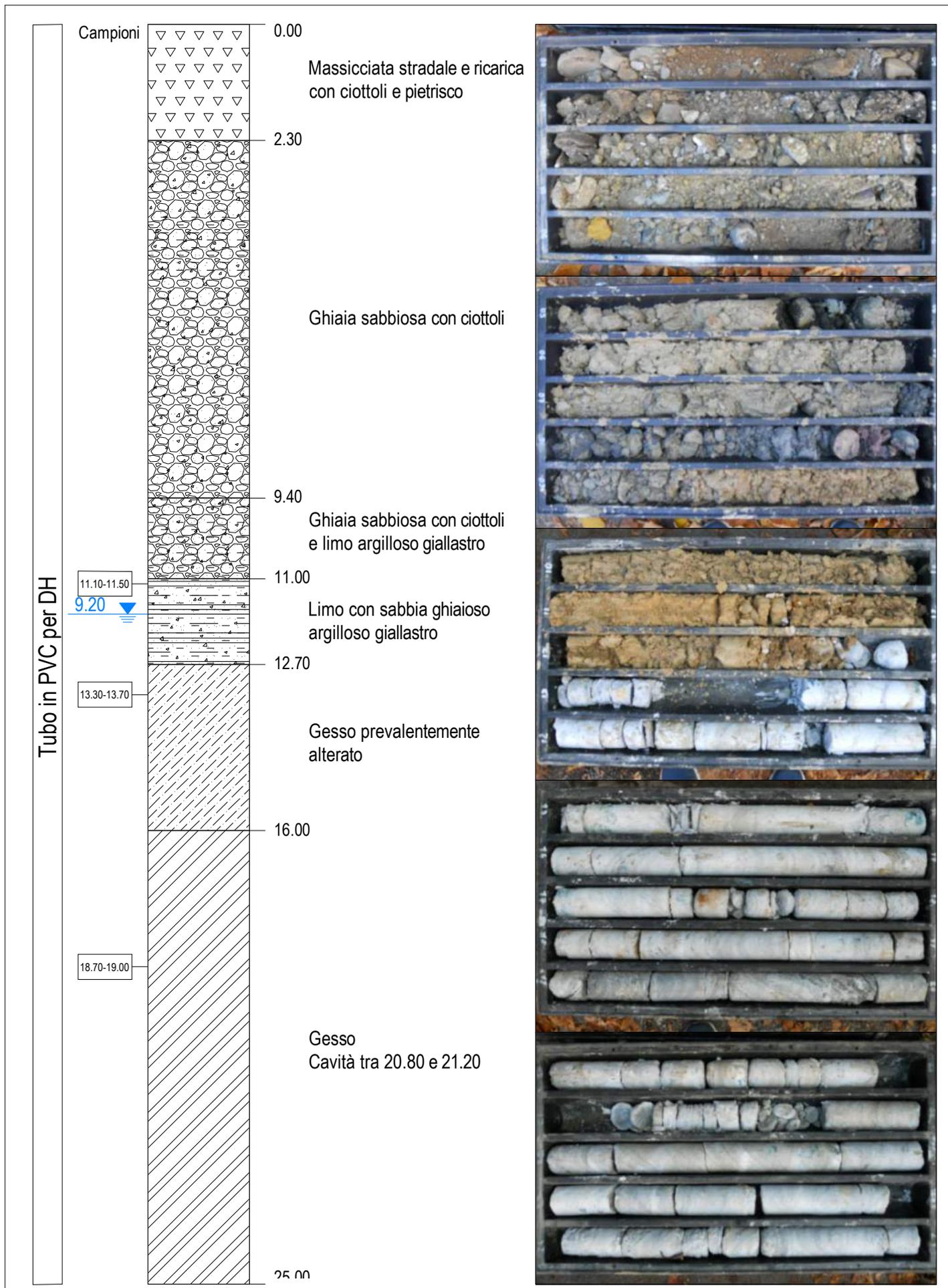
Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Siala



Comune di Lovere (Bg)  
 Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S10 - Da 25.00 a 50.00 m**

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Siala



Comune di Lovere (Bg)  
Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S11 - Da 0.00 a 25.00 m**

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Siala

Tubo in PVC per DH

Campioni

25.00

Gesso

Gesso

Gesso

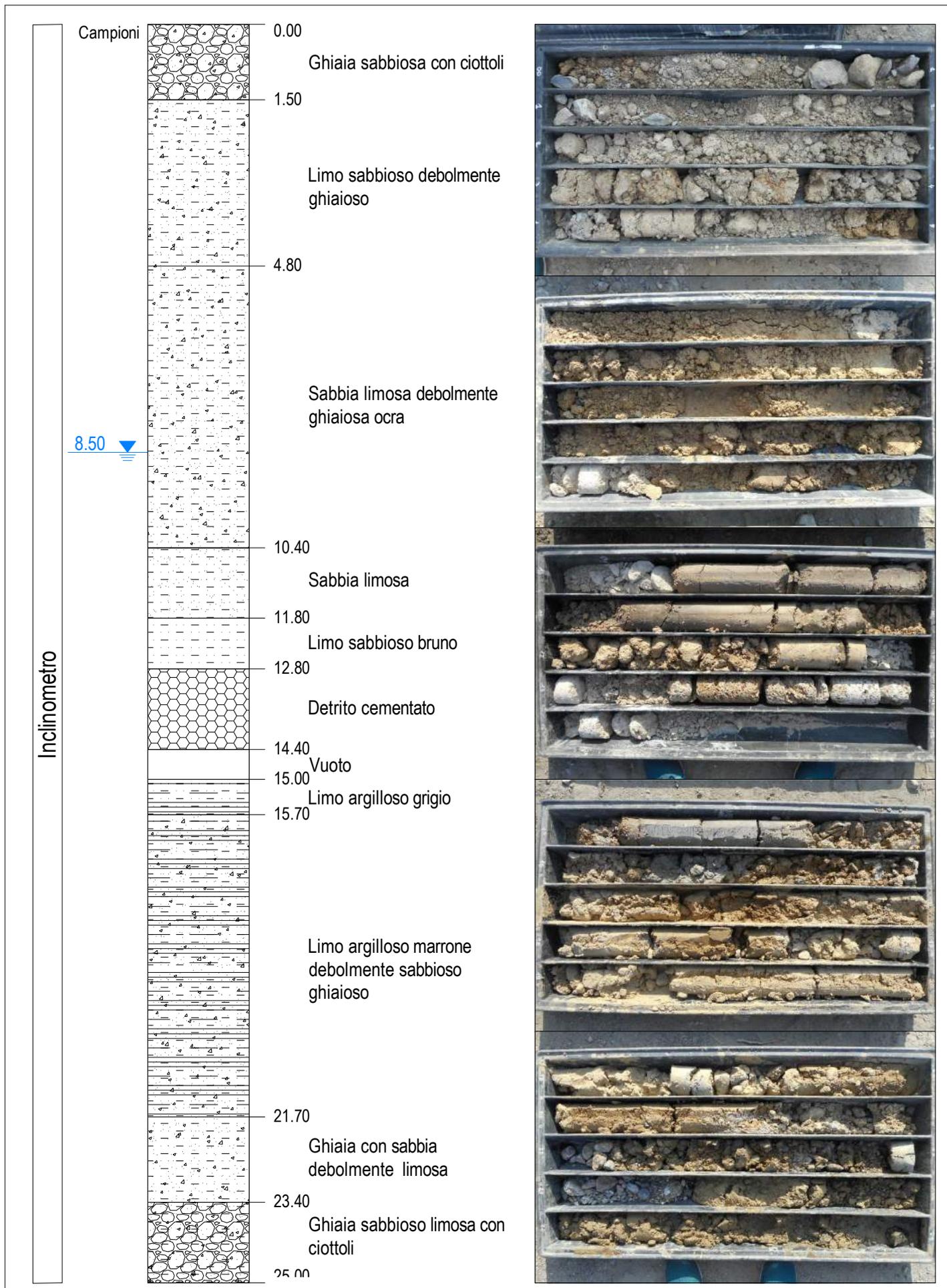
50.00



Comune di Lovere (Bg)  
Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S11 - Da 25.00 a 50.00 m**

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Siala

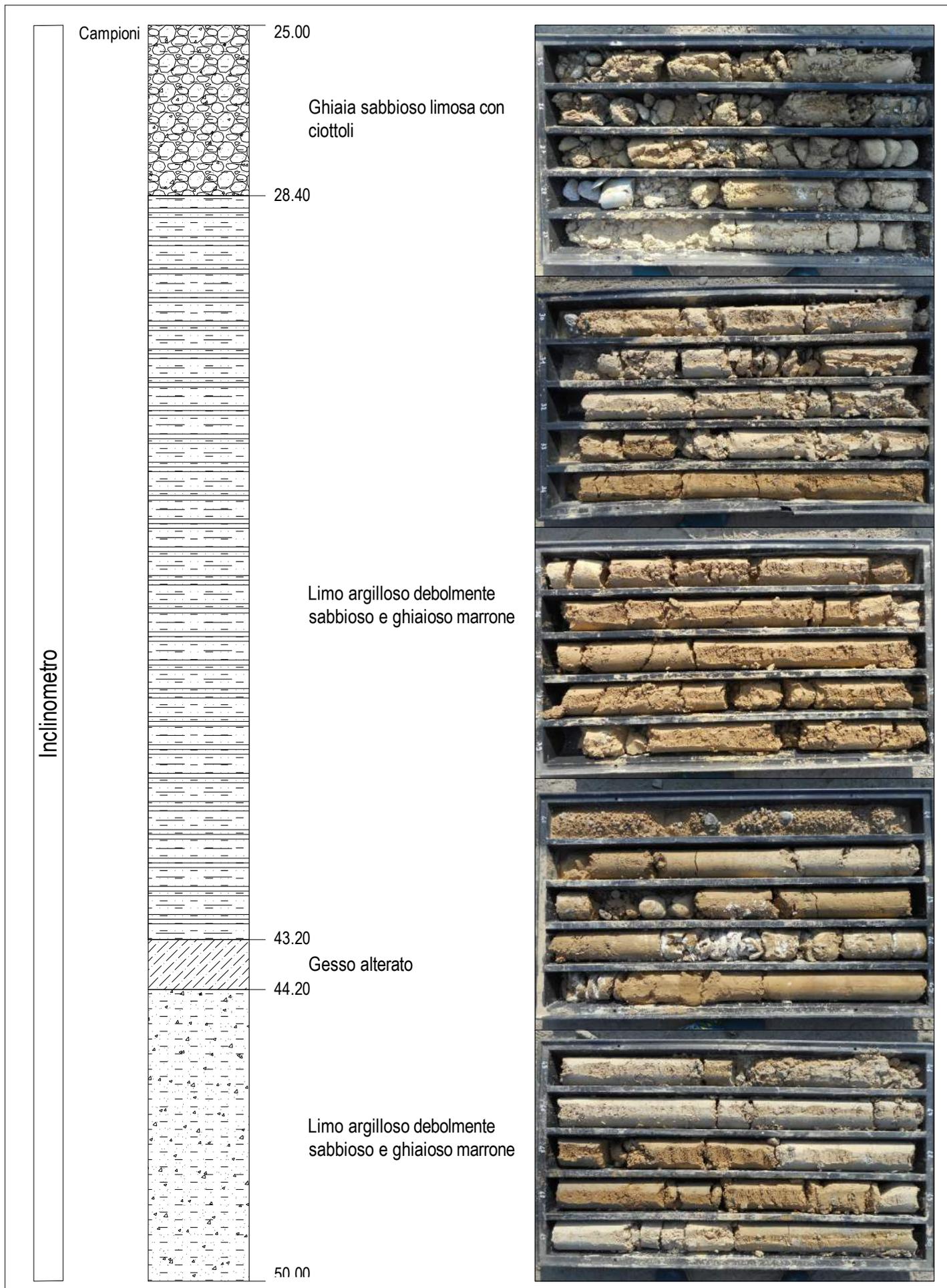


Comune di Lovere (Bg)

Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

SONDAGGIO S12 - Da 0.00 a 25.00 m

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Sicaia

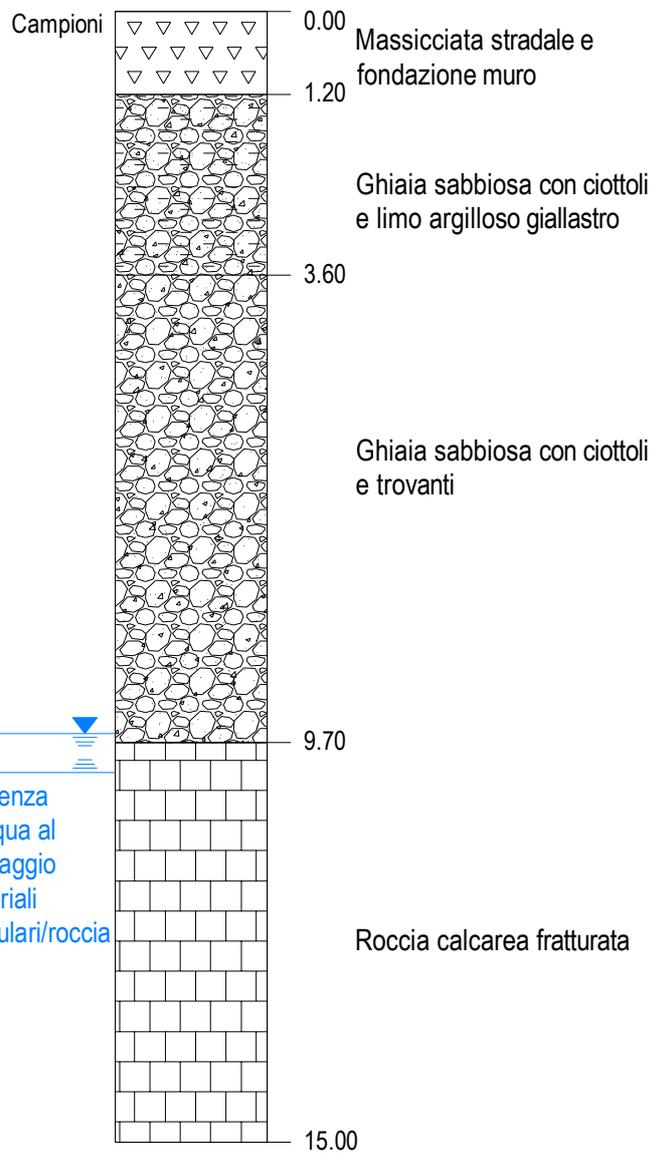


Comune di Lovere (Bg)

Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

SONDAGGIO S12 - Da 25.00 a 50.00 m

Dott. Geologo Gianpiero Feriti - Dott. Geologo Vittorio Sicala

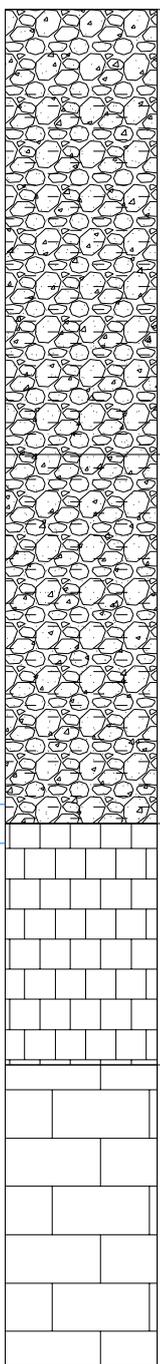


Comune di Lovere (Bg)  
 Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

**SONDAGGIO S14 - Da 0.00 a 15.00 m**

Dott. Geoloogo Gianpiero Feriti - Dott. Geoloogo Vittorio Siala

Campioni



0.00

Ciottoli e ghiaia sabbiosa  
debolmente limosa marrone

6.00

Ciottoli e ghiaia sabbiosa  
debolmente limosa grigia

10.80

Presenza  
d'acqua al  
passaggio  
materiali  
granulari/roccia

Roccia calcarea fratturata

14.00

Roccia calcarea

18.00



Comune di Lovere (Bg)

Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

SONDAGGIO S15 - Da 0.00 a 18.00 m

Dott. Geoloogo Gianpiero Feriti - Dott. Geoloogo Vittorio Siala

Prove 0.00

SPT  
z=3.00  
28-37-45

SPT  
z=6.00  
13-14-18

SPT  
z=10.00  
19-26-28

Ciottoli e ghiaia sabbiosa  
debolmente limosa marrone

13.80  
Sabbia fine pulita

14.50  
Ciottoli e ghiaia sabbiosa  
debolmente limosa grigia

16.50  
Roccia calcarea fratturata

17.40  
Roccia calcarea

18.50

Presenza  
d'acqua al  
passaggio  
materiali  
granulari/roccia



Comune di Lovere (Bg)  
Indagini geognostiche in località Cornasola, via Bragadino, viale Dante e via Nazionale

SONDAGGIO S16 - Da 0.00 a 18.50 m

Dott. Geoloogo Gianpiero Feriti - Dott. Geoloogo Vittorio Siala

# COMUNE DI LOVERE

Provincia di Bergamo

**Località Cornasola - Via Bragadino  
Viale Dante e Via Nazionale**

## RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

REDAZIONE

**DOTT. GEOLOGO  
GIANPIERO FERITI**

Via Colture 5/a  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

**DOTT. GEOLOGO  
VITTORIO SIGALA**

Via De Gasperi, 28  
25047 Darfo Boario Terme (Bs)

ELABORATO

**PROSPEZIONI GEOFISICHE IN FORO  
DOWN-HOLE**

ALLEGATO N:

**6**

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	MOTIVO REVISIONE
/	Prima emissione	Luglio 2016	/

## Lovele (BG)

### Prospezioni geofisiche in foro: Down-Hole

**OGGETTO**

*Indagini geofisiche: prove in foro di tipo down-hole eseguite svolte allo scopo di caratterizzare i terreni nel comune di Lovele (BG)*

**COMMITTENTE**

GEOCAM

**RIFERIMENTO**

Rel. S16SN03

**AUTORE**

Dr D.Milani

**DATA**

10 Maggio 2016

**VERIFICATORE**

Dr S.Priano

**DATA**

10 Maggio 2016

**CODICE**

S16SN03\_GEOCAM\_Lovele\_DH.docx

**VERSIONE**

Rev. 00 - 10 Maggio 2016

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
1.1. Inquadramento generale.....	3
<b>2. DESCRIZIONE DELLE METODOLOGIE DI INDAGINE .....</b>	<b>4</b>
2.1. Misure Down-Hole .....	4
2.1.1. Elaborazione dei dati Down-Hole .....	5
<b>3. MODALITÀ ESECUTIVE .....</b>	<b>6</b>
<b>5. RISULTATI .....</b>	<b>8</b>
5.1.1. Down Hole S02 .....	9
5.1.2. Down Hole S04 .....	11
5.1.3. Down Hole S06 .....	13
5.1.4. Down Hole S07 .....	15
5.1.5. Down Hole S08 .....	17
5.1.6. Down Hole S11 .....	19
5.1.7. Down Hole S12 .....	21

## Storia delle versioni

CODICE	NOTE
Rev. 00 - 10 Maggio 2016	Prima versione

## 1. Introduzione

Il presente report descrive le attività svolte da Solgeo presso il comune di Lovere (BG).

L'obiettivo del presente studio è stato quello di caratterizzare i terreni tramite una serie di prove geofisiche in foro distribuite nel territorio comunale. Nel dettaglio sono state eseguite prove di tipo down-hole, con analisi delle velocità sismiche in termini di onde di compressione e di taglio (rispettivamente onde P e S)

Nella Tabella 1 è riportato un riepilogo delle misure eseguite. La presente relazione tecnica descrive le attività realizzate e i risultati raggiunti.

La campagna di indagini si è svolta tra il 19 e 20 Aprile 2016, le prove nei fori S04 e S06 nel giorno 27 Aprile 2016.

Identificativo	Profondità
<b>S02</b>	57 m
<b>S04</b>	60 m
<b>S06</b>	49 m
<b>S07</b>	55 m
<b>S08</b>	63 m
<b>S11</b>	48 m
<b>S12</b>	47 m
<b>Totale:</b>	379 m

*Tabella 1: Riepilogo delle indagini eseguite*

## 1.1. Inquadramento generale

I sette fori di indagine sono distribuiti nella porzione a Sud del comune di Lovere (Figura 1).

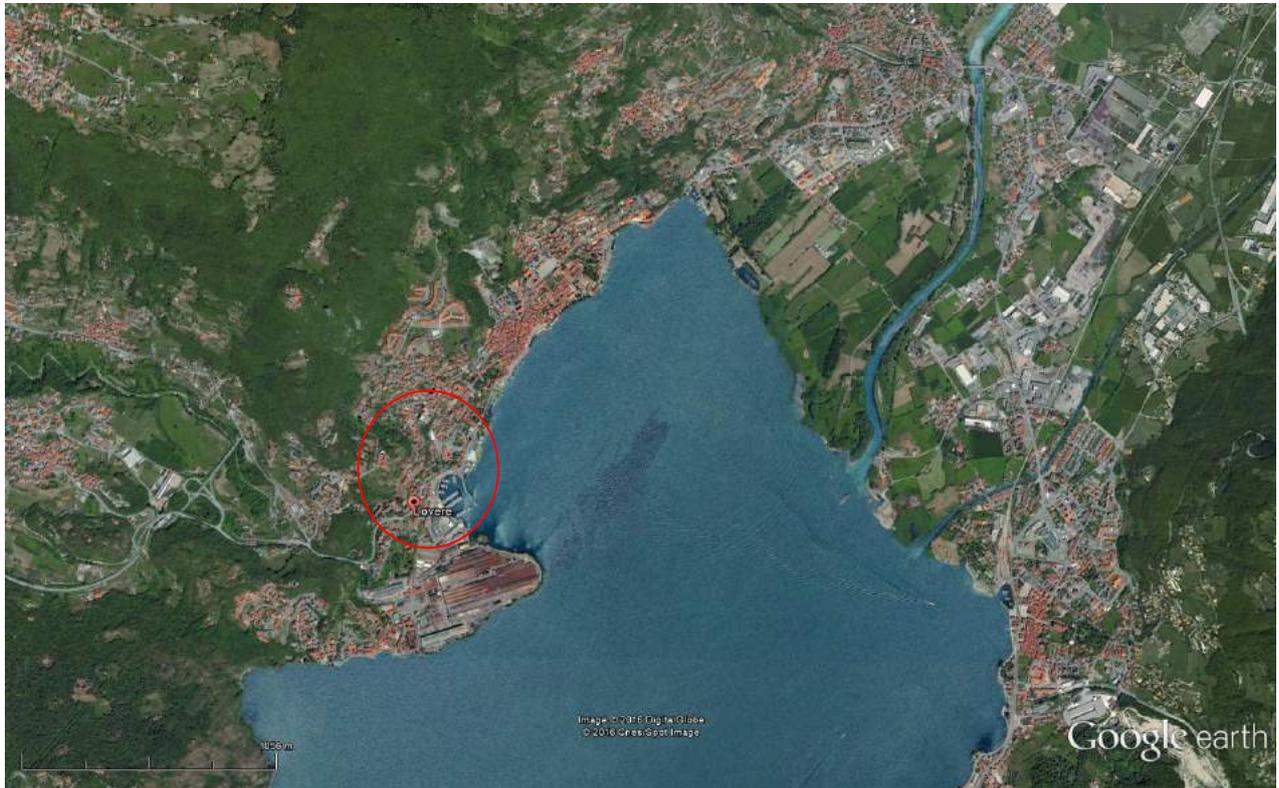


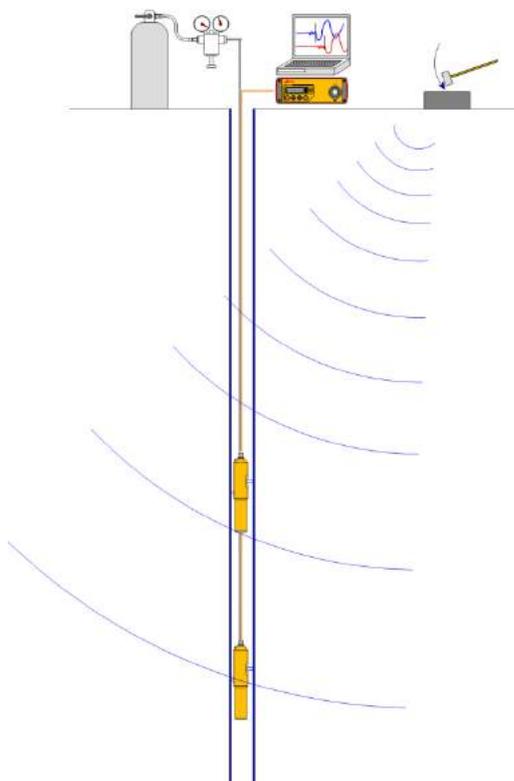
Figura 1: inquadramento generale

## 2. Descrizione delle metodologie di indagine

### 2.1. Misure Down-Hole

La tecnica denominata down-hole è utilizzata essenzialmente per la determinazione delle velocità di propagazione delle onde P e delle onde S nei materiali attraversati dal foro d'indagine. Lo scopo principale è di determinare l'andamento delle velocità di tali materiali in funzione della profondità.

I rilievi consistono infatti nella misura dei tempi di percorso che le onde elastiche (P ed S), generate in un punto in superficie vicino alla bocca-foro, impiegano per raggiungere uno o più geofoni posti nel foro a profondità diverse.



*Figura 2: schema di misura down-hole con 2 ricevitori*

La misura dei tempi di percorso è effettuata mediante un'apparecchiatura di acquisizione di segnali sismici digitale, adottando di norma la tecnica di "averaging" dei segnali rilevati per aumentare il rapporto segnale/rumore. Il geofono nel foro è spostato tra una misura e l'altra di una quantità fissa, compresa di norma tra 1 m e 4 m, e per ogni punto di misura vengono registrati i segnali relativi a onde di compressione e di taglio.

La lettura del tempo di arrivo viene effettuata tramite picking manuale su personal computer oppure utilizzando, ove consentito, anche delle funzioni di cross-correlazione.

### 2.1.1. Elaborazione dei dati Down-Hole

L'elaborazione dei segnali acquisiti riguarda in prima analisi l'utilizzo di tecniche per il miglioramento del rapporto segnale-rumore allo scopo di individuare con la maggior chiarezza possibile i tempi di primo arrivo. Questi rappresentano i tempi di percorso impiegati dagli impulsi per percorrere la distanza tra punto di battuta in superficie e i diversi punti di ricezione.

La lettura del tempo di arrivo viene effettuata tramite *picking* manuale su personal computer. Per le onde S il *picking* è supportato dall'analisi congiunta degli oscillogrammi relativi alle battute effettuate nelle due polarità opposte.

Note le profondità di misura vengono calcolate le distanze dal o dai punti di energizzazione. Viene quindi rappresentato l'andamento dei tempi in funzione delle distanze (dromocrone) o in alternativa l'andamento dei tempi in funzione della profondità lungo il foro.

La velocità del materiale compreso tra due diverse misure down-hole, specie per profondità sufficientemente alte, può essere ben approssimata al rapporto tra la differenza di distanze e la differenza di tempi di percorso, ovvero la pendenza della dromocrona tempi-distanze.

Sul profilo di velocità così costruito viene poi applicato un algoritmo di inversione attraverso il quale si ricostruiscono i tempi di percorso calcolati. Per l'inversione si assume un modello costituito da strati piani e paralleli, omogenei e isotropi, con ray-tracing rettilineo. L'elaborazione procede attraverso la modifica iterativa dei profili di velocità, fino alla minimizzazione degli scarti fra tempi misurati e tempi invertiti.

Il modello finale non è univoco, ma viene considerato più attendibile quello che presenta lo scarto quadratico medio più basso. I risultati vengono poi confrontati e calibrati sulle informazioni stratigrafiche eventualmente disponibili.

In linea teorica un down-hole potrebbe quindi arrivare a definire le velocità per ogni singolo *step* di misura, ovvero ogni metro lungo la profondità. Tuttavia è necessario considerare due aspetti critici che riguardano l'energia del segnale e il suo spettro di frequenza. All'aumentare della distanza tra punto di energizzazione e punto di ricezione infatti, gli impulsi generati in superficie vanno incontro a una perdita di energia (ovvero un abbassamento del rapporto segnale/rumore) e soprattutto ad una perdita nel contenuto in alte frequenze (ovvero una minor definizione dell'istante di arrivo del segnale impulsivo). Se la perdita di energia può essere compensata (ad esempio con una serie di *stack* dei segnali), la perdita in alte frequenze è una caratteristica intrinseca di ogni terreno, e può diventare critica in contesti in cui esistono strati di terreno sciolti o roccia fratturata poiché il calcolo differenziale delle velocità impone di valutare differenze di tempi molto basse.

I risultati consistono essenzialmente in profili di velocità che vengono rappresentati in forma grafica e quindi in una tabella che riporta i valori numerici in funzione delle profondità.

### 3. Modalità esecutive

Le prova down-hole sono state eseguite in tutti i fori in esame ad intervalli di un metro a partire dal fondo del foro fino al raggiungimento del piano campagna.

Per la definizione esatta dell'istante di energizzazione è stato utilizzato un dispositivo piezoelettrico di trigger fissato direttamente sulla mazza battente. Inoltre per verificare il corretto sincronismo del sistema di acquisizione è stato posizionato un geofono da 40 Hz in superficie in prossimità del foro.



Figura 3: postazione di lavoro foro S02

Le onde sono state generate con un offset dalla testa del foro di norma intorno ai 5 m di 2.50 m per S2 e 5 m. Le onde P sono state generate battendo in direzione verticale direttamente su terreno (asfalto) oppure su una piastra di battuta in metallo (caso del DH S02). Le onde S sono state energizzate percuotendo con la mazza in direzione laterale su una piastra in legno. L'accoppiamento tra piastra e terreno è stato assicurato posizionando la ruota di un'auto/furgone direttamente sulla piastra di battuta. Sono state acquisite le forme d'onda relative a due energizzazioni di verso opposto, ottenute battendo in due direzioni opposte e perpendicolari alla congiungente piastra-foro. In tal modo si ottengono oscillogrammi in controfase, cosa che permette di ottenere un'accurata individuazione dei tempi di primo arrivo tramite il riconoscimento delle inversioni dei segnali.



Figura 4: Energizzazione down-hole onde S (DH S06)

Come ricevitori sono stati utilizzati 2 geofoni tridirezionali (3 componenti), a frequenza propria 40 Hz montati con un interdistanza di 1 m (Figura 5). Per l'accoppiamento col rivestimento del foro è stato utilizzato un sistema di aggancio pneumatico.



Figura 5: coppia di ricevitori geofonici (a sinistra); sismografo Geode (a destra)

I dati sono stati acquisiti tramite sismografo Geode® che permette di registrare contemporaneamente i 3 canali di ogni singolo geofono, oltre che il geofono di riferimento posto in superficie. I dati sono stati campionati con frequenza di 50 kHz e lunghezza delle tracce di 300 ms.

## 5. RISULTATI

I segnali acquisiti in campagna sono stati elaborati secondo quanto descritto nei paragrafi precedente. Non è stato necessario adottare procedure di preelaborazione dei segnali mentre i tempi di primo arrivo sono stati letti tramite picking manuale su personal computer con software apposito (ReflexW - Sandmeyer).

I tempi letti, invertiti sulle distanze, hanno permesso di ricavare le dromocrone dei tempi in funzione delle profondità e quindi, attraverso la loro inversione, sono state ricavate le velocità di intervallo, ovvero le velocità all'interno di uno strato definito da una profondità superiore e una inferiore.

A seguire per ogni prova down-hole vengono proposti grafici di velocità e le tabelle che ne riportano i valori. Per ogni intervallo (strato) vengono riportate le profondità superiore e inferiore, e la corrispondente velocità.

### 5.1.1. Down Hole S02

I profili di velocità sono mostrati in Figura 6. Le Vp arrivano fino a quasi 3000 m/s, mentre si osservano delle locali diminuzioni dei valori (sia Vp che Vs) tra 22 e 28 m di profondità e, solo per le Vp, oltre i 40 m dal piano campagna.

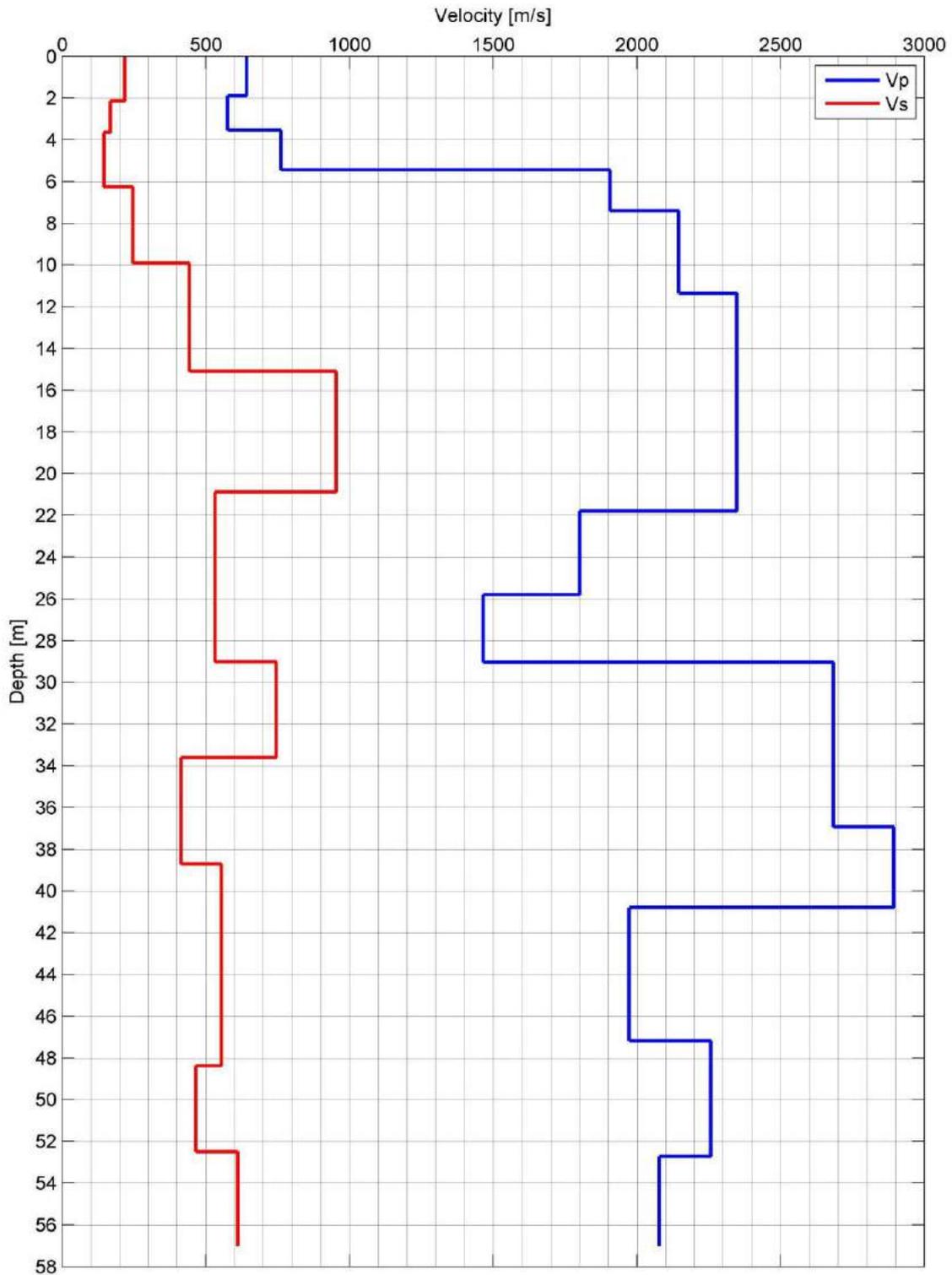


Figura 6: profili di velocità down-hole S02

<b>DownHole S02: VP</b>		
<b>Intervallo di Profondità</b>		
<b>Psup</b>	<b>Pinf</b>	<b>Vp</b>
<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m/s]</b>
<b>0</b>	<b>1.9</b>	<b>643</b>
<b>1.9</b>	<b>3.6</b>	<b>576</b>
<b>3.6</b>	<b>5.4</b>	<b>763</b>
<b>5.4</b>	<b>7.4</b>	<b>1907</b>
<b>7.4</b>	<b>11.4</b>	<b>2146</b>
<b>11.4</b>	<b>21.8</b>	<b>2348</b>
<b>21.8</b>	<b>25.8</b>	<b>1802</b>
<b>25.8</b>	<b>29</b>	<b>1465</b>
<b>29</b>	<b>36.9</b>	<b>2684</b>
<b>36.9</b>	<b>40.8</b>	<b>2893</b>
<b>40.8</b>	<b>47.2</b>	<b>1974</b>
<b>47.2</b>	<b>52.7</b>	<b>2258</b>
<b>52.7</b>	<b>57</b>	<b>2079</b>

<b>DownHole S02: VS</b>		
<b>Intervallo di Profondità</b>		
<b>Psup</b>	<b>Pinf</b>	<b>Vs</b>
<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m/s]</b>
<b>0</b>	<b>2.1</b>	<b>219</b>
<b>2.1</b>	<b>3.7</b>	<b>168</b>
<b>3.7</b>	<b>6.2</b>	<b>146</b>
<b>6.2</b>	<b>9.9</b>	<b>247</b>
<b>9.9</b>	<b>15.1</b>	<b>443</b>
<b>15.1</b>	<b>20.9</b>	<b>953</b>
<b>20.9</b>	<b>29</b>	<b>533</b>
<b>29</b>	<b>33.6</b>	<b>746</b>
<b>33.6</b>	<b>38.7</b>	<b>415</b>
<b>38.7</b>	<b>48.4</b>	<b>555</b>
<b>48.4</b>	<b>52.5</b>	<b>465</b>
<b>52.5</b>	<b>57</b>	<b>611</b>

### 5.1.2. Down Hole S04

Il down-hole ha fornito velocità alte, specie in termini di  $V_p$  (Figura 7). Si osserva però un'intercalazione a  $V_p$  lenta tra 30 e 36 m di profondità, mentre il profilo  $V_s$  risulta essere maggiormente omogeneo.

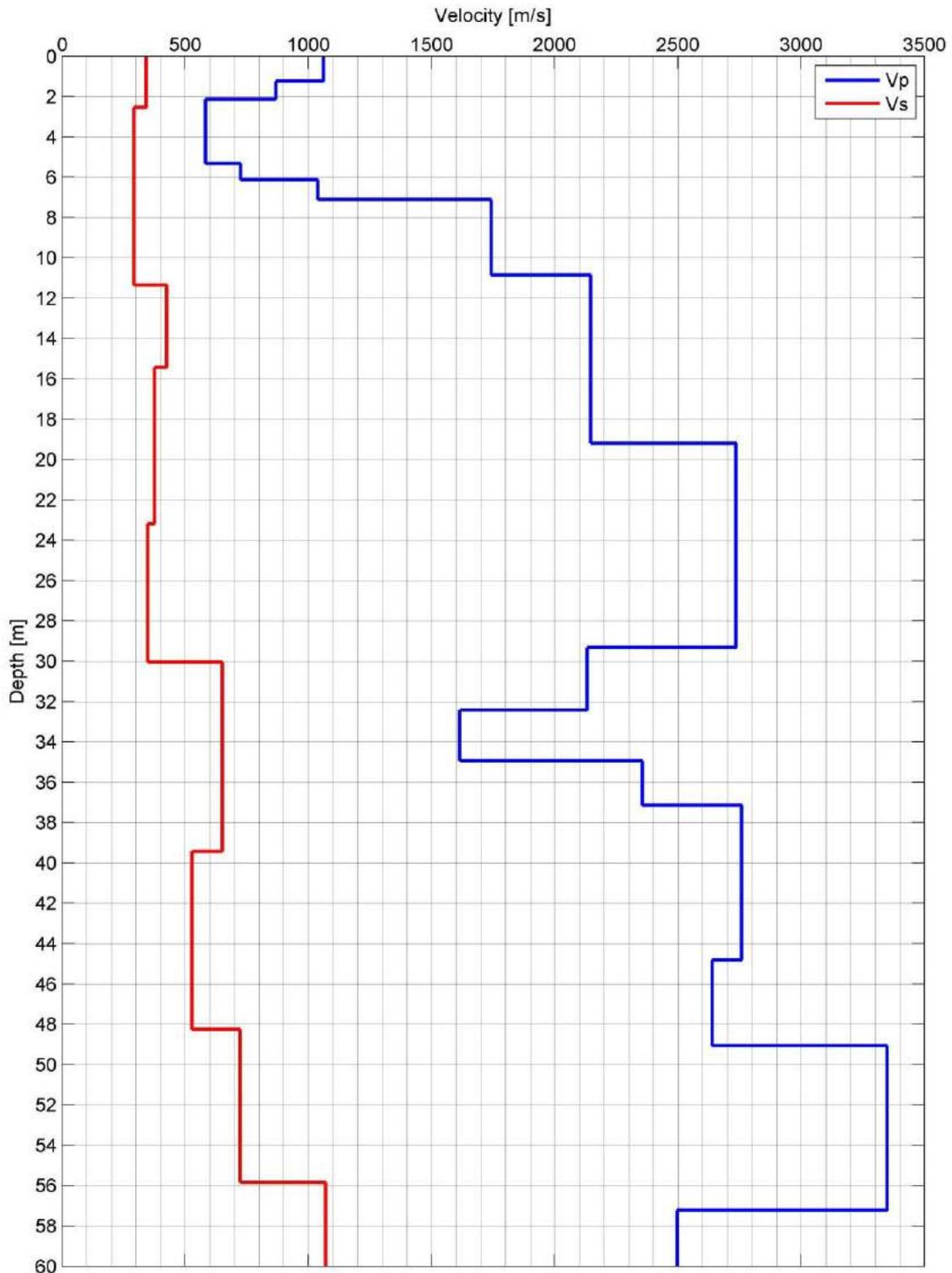


Figura 7: profili di velocità down-hole S04

DownHole S04: VP		
Intervallo di Profondità		
Psup [m]	Pinf [m]	Vp [m/s]
0	1.2	1062
1.2	2.1	867
2.1	5.3	583
5.3	6.1	725
6.1	7.1	1039
7.1	10.9	1742
10.9	19.2	2146
19.2	29.3	2736
29.3	32.4	2131
32.4	34.9	1615
34.9	37.1	2355
37.1	44.8	2759
44.8	49.1	2639
49.1	57.2	3350
57.2	60	2497

DownHole S04: VS		
Intervallo di Profondità		
Psup [m]	Pinf [m]	Vs [m/s]
0	2.5	342
2.5	11.3	292
11.3	15.4	426
15.4	23.2	376
23.2	30	348
30	39.4	650
39.4	48.2	527
48.2	55.8	723
55.8	60	1071

### 5.1.3. Down Hole S06

Il down-hole S06, si trova sulla strada provinciale non lontano da S04 ma a quota più elevata. I profili di velocità risultano correlabili tra loro. Il profilo S06 mostra una porzione più superficiale a velocità relativamente basse, a indicare un materiale con minori proprietà elastiche.

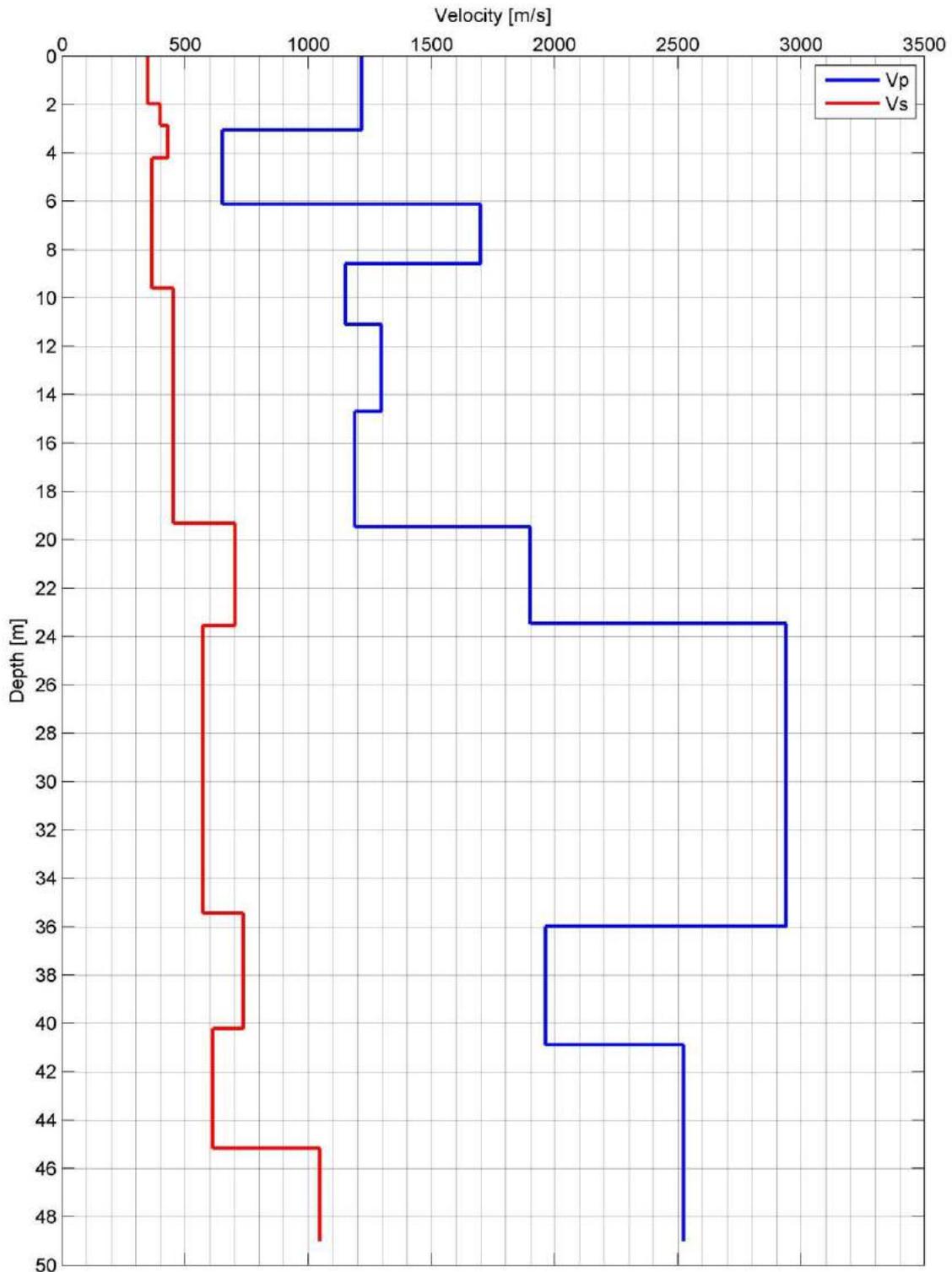


Figura 8: profili di velocità down-hole S06

<b>DownHole S06: VP</b>		
<b>Intervallo di Profondità</b>		
<b>Psup</b>	<b>Pinf</b>	<b>Vp</b>
<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m/s]</b>
<b>0</b>	<b>3.1</b>	<b>1217</b>
<b>3.1</b>	<b>6.1</b>	<b>650</b>
<b>6.1</b>	<b>8.6</b>	<b>1699</b>
<b>8.6</b>	<b>11.1</b>	<b>1150</b>
<b>11.1</b>	<b>14.7</b>	<b>1295</b>
<b>14.7</b>	<b>19.5</b>	<b>1189</b>
<b>19.5</b>	<b>23.5</b>	<b>1901</b>
<b>23.5</b>	<b>36</b>	<b>2938</b>
<b>36</b>	<b>40.9</b>	<b>1963</b>
<b>40.9</b>	<b>49</b>	<b>2523</b>

<b>DownHole S06: VS</b>		
<b>Intervallo di Profondità</b>		
<b>Psup</b>	<b>Pinf</b>	<b>Vs</b>
<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m/s]</b>
<b>0</b>	<b>2</b>	<b>348</b>
<b>2</b>	<b>2.9</b>	<b>400</b>
<b>2.9</b>	<b>4.2</b>	<b>430</b>
<b>4.2</b>	<b>9.6</b>	<b>366</b>
<b>9.6</b>	<b>16.8</b>	<b>452</b>
<b>16.8</b>	<b>19.3</b>	<b>452</b>
<b>19.3</b>	<b>23.5</b>	<b>703</b>
<b>23.5</b>	<b>35.4</b>	<b>572</b>
<b>35.4</b>	<b>40.2</b>	<b>736</b>
<b>40.2</b>	<b>45.2</b>	<b>613</b>
<b>45.2</b>	<b>49</b>	<b>1047</b>

### 5.1.4. Down Hole S07

Il down-hole S07 è, tra tutti, quello eseguito alla quota maggiore. Le velocità, specie  $V_p$ , risultano inferiori a quelle viste in precedenza, con un carattere piuttosto disomogeneo. Si segnala qui una discontinuità intorno ai 29 m di profondità in cui, sia  $V_p$  che  $V_s$ , mostrano una sensibile diminuzione nei valori.

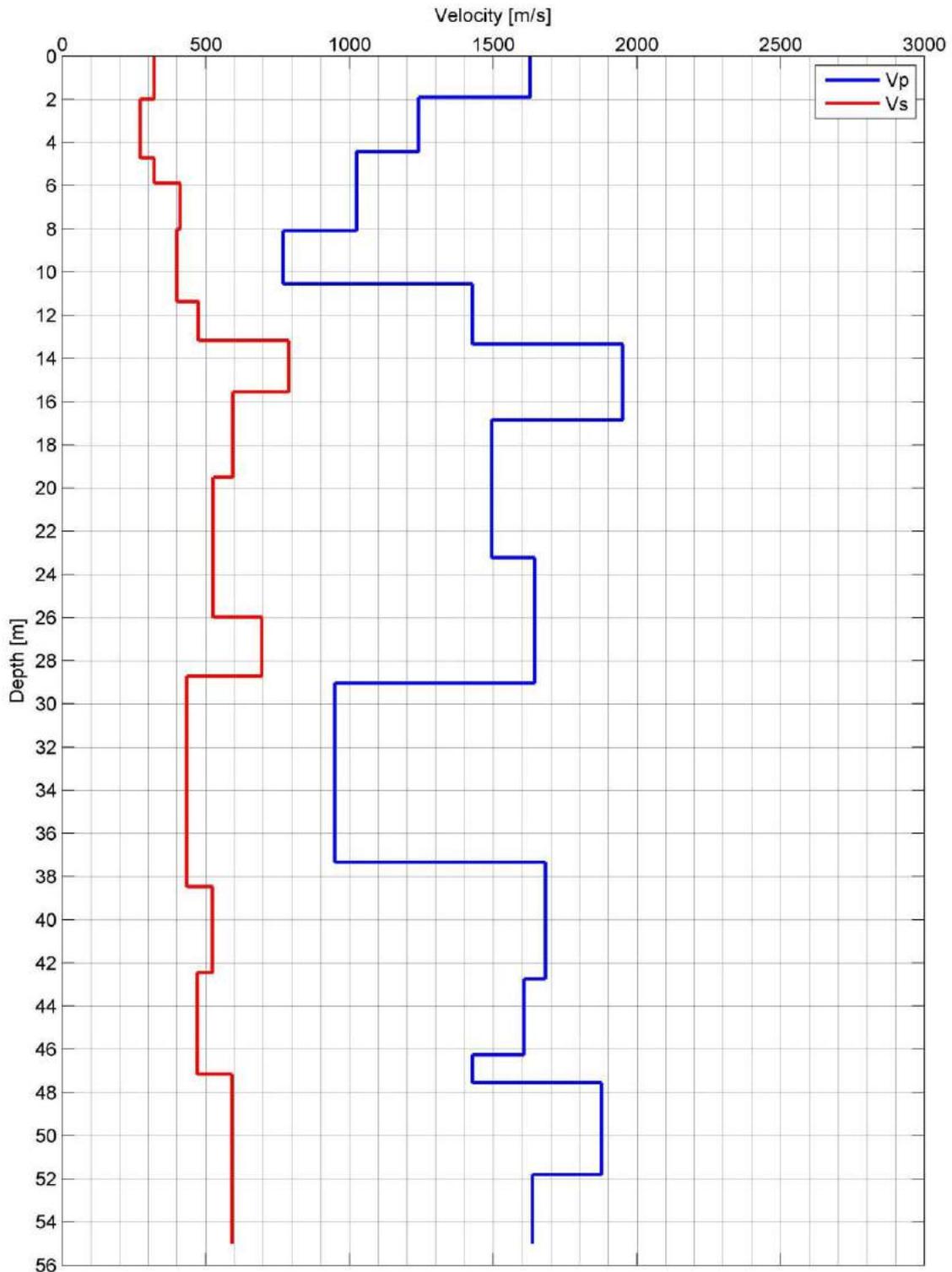


Figura 9: profili di velocità down-hole S07

DownHole S07: VP		
Intervallo di Profondità		
Psup [m]	Pinf [m]	Vp [m/s]
0	1.9	1630
1.9	4.4	1241
4.4	8.1	1024
8.1	10.6	770
10.6	13.3	1428
13.3	16.8	1951
16.8	23.2	1495
23.2	29	1645
29	37.3	950
37.3	42.7	1682
42.7	46.2	1607
46.2	47.5	1428
47.5	51.8	1877
51.8	55	1637

DownHole S07: VS		
Intervallo di Profondità		
Psup [m]	Pinf [m]	Vs [m/s]
0	2	321
2	4.7	273
4.7	5.9	321
5.9	8	411
8	11.4	400
11.4	13.2	475
13.2	15.5	789
15.5	19.5	594
19.5	26	527
26	28.7	695
28.7	38.5	434
38.5	42.4	523
42.4	47.2	471
47.2	55	591

### 5.1.5. Down Hole S08

Il down-hole S08 mostra dei valori piuttosto bassi tra 12 e 18 m, al di sotto dei quali si registra un aumento progressivo di Vp e Vs. Da 32 m fino al fondo le Vp rimangono praticamente costanti mentre le Vs identificano uno strato più rigido tra 48 e 52 m di profondità.

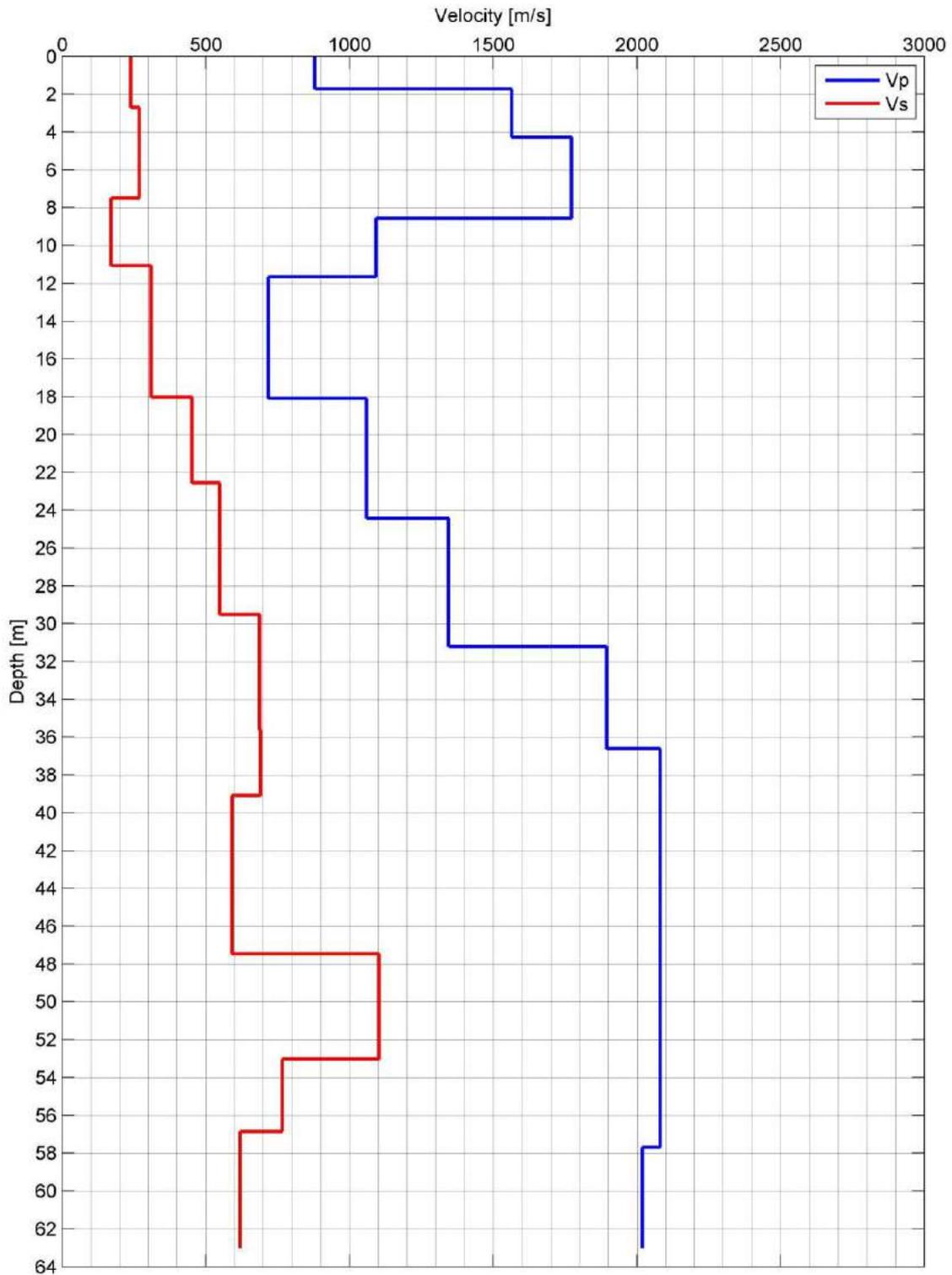


Figura 10: profili di velocità down-hole S08

DownHole S08: VP		
Intervallo di Profondità		
Psup [m]	Pinf [m]	Vp [m/s]
0	1.7	880
1.7	4.3	1564
4.3	8.6	1772
8.6	11.7	1093
11.7	18.1	718
18.1	24.4	1060
24.4	31.2	1346
31.2	36.6	1895
36.6	52	2080
52	57.7	2080
57.7	63	2019

DownHole S08: VS		
Intervallo di Profondità		
Psup [m]	Pinf [m]	Vs [m/s]
0	2.7	239
2.7	7.5	269
7.5	11.1	172
11.1	18	310
18	22.6	452
22.6	29.5	550
29.5	35.6	688
35.6	39.1	692
39.1	47.5	591
47.5	53	1103
53	56.9	766
56.9	63	621

### 5.1.6. Down Hole S11

Il down-hole S11 ha fornito le velocità riportate nella Figura 11. Le  $V_p$  mostrano strati veloci intervallati da strati lenti. Le  $V_s$ , seppur in maniera disomogenea, rimangono per buona parte del profilo sempre sopra i 500 m/s.

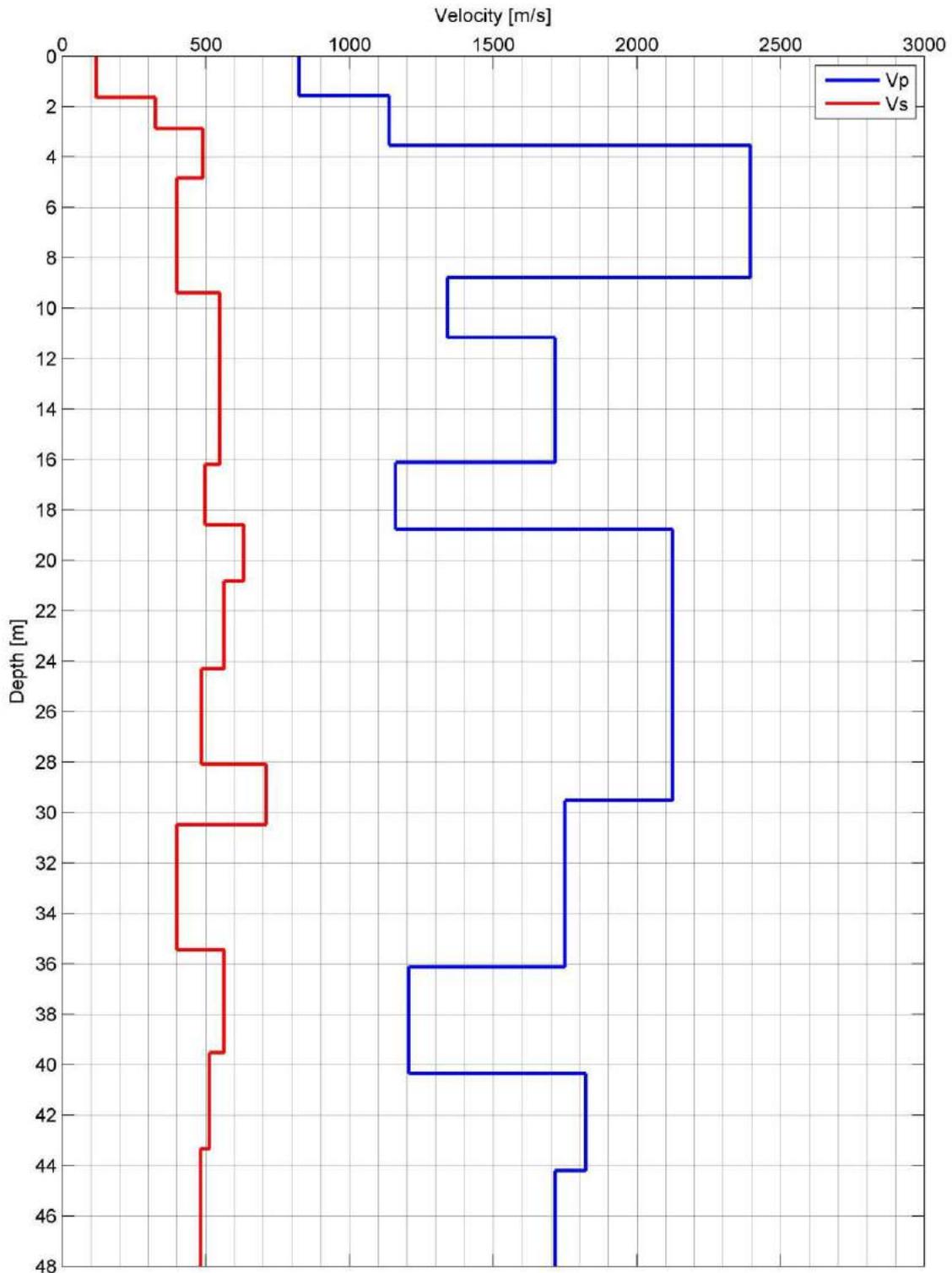


Figura 11: profili di velocità down-hole S11

DownHole S11: VP		
Intervallo di Profondità		
Psup [m]	Pinf [m]	Vp [m/s]
0	1.6	824
1.6	3.5	1138
3.5	8.8	2394
8.8	11.2	1340
11.2	16.1	1716
16.1	18.8	1161
18.8	29.5	2125
29.5	36.1	1750
36.1	40.3	1206
40.3	44.2	1822
44.2	48	1716

DownHole S11: VS		
Intervallo di Profondità		
Psup [m]	Pinf [m]	Vs [m/s]
0	1.6	120
1.6	2.9	325
2.9	4.8	490
4.8	9.4	400
9.4	16.2	550
16.2	18.6	497
18.6	20.8	632
20.8	24.3	564
24.3	28.1	486
28.1	30.5	710
30.5	35.4	400
35.4	39.5	564
39.5	43.3	512
43.3	48	482

### 5.1.7. Down Hole S12

Il down-hole S12 si trova non lontano da S11, ad una quota 10 m circa più elevata. Quello che si nota è che le Vp mostrano un forte contrasto tra i primi 14 m e il resto del profilo. In profondità Vp e Vs risultano molto alte, mentre nella parte più superficiale i valori calcolati sono invece relativamente bassi. Le discontinuità maggiori a 14, 28 e 38 m dalla superficie.

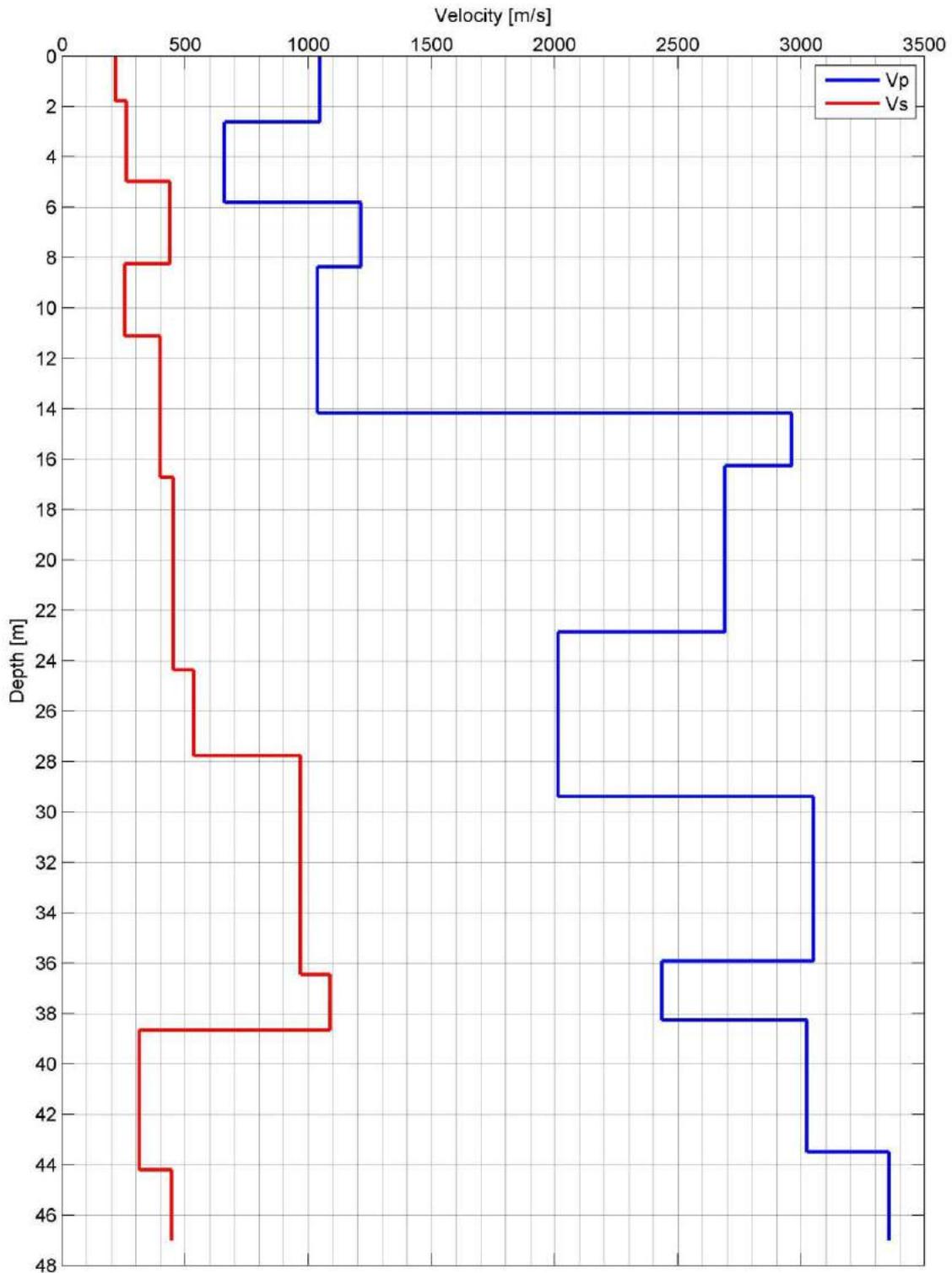


Figura 12: profili di velocità down-hole S12

DownHole S12: VP		
Intervallo di Profondità		
Psup [m]	Pinf [m]	Vp [m/s]
<b>0</b>	2.6	1047
<b>2.6</b>	5.8	660
<b>5.8</b>	8.4	1214
<b>8.4</b>	14.2	1038
<b>14.2</b>	16.3	2962
<b>16.3</b>	22.9	2690
<b>22.9</b>	29.4	2013
<b>29.4</b>	35.9	3050
<b>35.9</b>	38.3	2435
<b>38.3</b>	43.5	3023
<b>43.5</b>	47	3357

DownHole S12: VS		
Intervallo di Profondità		
Psup [m]	Pinf [m]	Vs [m/s]
<b>0</b>	1.8	217
<b>1.8</b>	5	262
<b>5</b>	8.2	437
<b>8.2</b>	11.1	254
<b>11.1</b>	16.7	400
<b>16.7</b>	24.4	452
<b>24.4</b>	27.8	535
<b>27.8</b>	36.4	968
<b>36.4</b>	38.7	1088
<b>38.7</b>	44.2	314
<b>44.2</b>	47	445