sede legale
via de goti, 15
82019 sant'agata de' goti (bn)
p.iva e c.f. 04156821219
e-mail: info@siasrl.eu

sede operativa campania
strada provinciale 335, km 27-400
84025 marcianise (ce)
tel 0823/1681717 fax 0823/1681713
web: www.siasrl.eu

sede operativa puglia
via f. turati 28
71016 san severo (fg)
tel/fax 0828/225120

Progetto	Rev.	Pagina	Di
Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a *Fons Bandusiae* - Comune di Banzi (PZ).	00	1	40
	Data		
	Giugno 2022		

Commessa	Identificativo	Committente
C64/22	**2022-05-C64_I0506**	**Comune di Banzi**

Titolo elaborato

NOTA TECNICA - INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

CIG - 91179881BB CUP B34H20003670001

Dr. G. Voltura	Dr. M. Di Marino	Dr. M. Cice	Direttore Tecnico
Elaborato	Verificato	Approvato	Dott. Geol. Maurizio Cice

S.I.A. Srl
Dir. Tec.
dott. geol.
MAURIZIO
CICE
Servizi per Ingegneria ed Ambiente

INDICE

1 PREMESSA 3

2 INDAGINI GEOGNOSTICHE 4

2.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI DPSH 4

2.1.1 CERTIFICATO PROVA DPSH 1 6
2.1.2 CERTIFICATO PROVA DPSH 2 8
2.1.3 CERTIFICATO PROVA DPSH 3 10
2.1.4 CERTIFICATO PROVA DPSH 4 12
2.1.5 CERTIFICATO PROVA DPSH 5 14
2.1.6 CERTIFICATO PROVA DPSH 6 16
2.1.7 CERTIFICATO PROVA DPSH 7 18
2.1.8 CERTIFICATO PROVA DPSH 8 20
2.1.9 CERTIFICATO PROVA DPSH 9 22
2.1.10 CERTIFICATO PROVA DPSH 10 24

3 INDAGINI GEOFISICHE 26

3.1 PROVE SISMICHE IN CHIAVE TOMOGRAFICA 27

3.1.1 TOMOGRAFIE SISMICA A RIFRAZIONE 27
3.1.2 BASE SISMICA TS1 29
3.1.3 BASE SISMICA TS2 31
3.1.4 BASE SISMICA TS3 33
3.1.5 BASE SISMICA TS4 35

3.2 PROVE SISMICHE MASW 37

3.2.1 ELABORAZIONE MASW 37
3.2.2 PROVA SISMICA MW 1 39
3.2.1 PROVA SISMICA MW 2 40

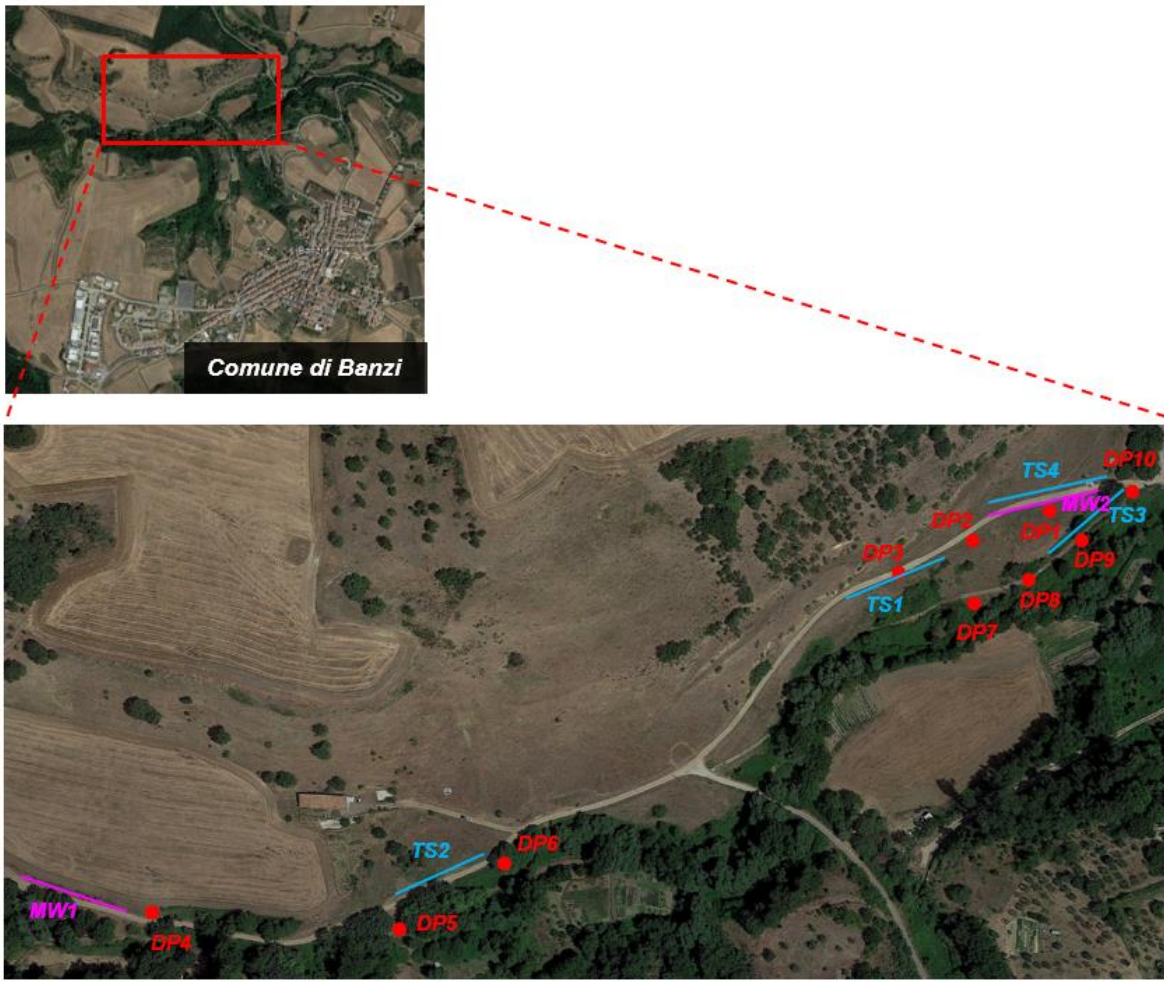
1 PREMESSA

La S.I.A. servizi per ingegneria e ambiente S.r.l. è stata incaricata dal Comune di Banzi (PZ), in merito al progetto "*Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a Fons Bandusiae - Comune di Banzi (PZ),* di eseguire una campagna di indagini geognostiche e geofisiche.

La campagna d'indagini, è consistita nell'esecuzione delle seguenti lavorazioni:

- n. 10 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH);
- n. 4 stendimenti di sismica a rifrazione in chiave tomografica;
- n. 2 stendimenti sismici di tipo MSW

Di seguito si riporta l'ubicazione delle indagini eseguite su stralcio foto satellitare da Google Earth, ed una tabella riassuntiva delle prove eseguite durante le perforazioni.



Ubicazione dell'area e delle indagini eseguite su stralcio foto satellitare da *Google Earth* (scala adattata).

2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

2.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI DPSH

Le prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH) consistono nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. La registrazione del numero di colpi N viene eseguita ogni qual volta che il gruppo di infissione penetra nel terreno di 20 cm. Le informazioni fornite sono di tipo continuo poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzazione della prova è molto vasto; esse viene infatti eseguita in tutti i tipi di terreno sia coesivi che granulari (dalle argille alle ghiaie), anche in quelli poco litificati (tufi teneri e tufiti).

Nell'area in esame sono state eseguite n. 10 prove DPSH, le cui caratteristiche vengono riportate successivamente nei relativi certificati di prova.

DPSH 1

Profondità (m dal p.c.)

5.20

DPSH 2

Profondità (m dal p.c.)

11.40

DPSH 3

Profondità (m dal p.c.)

0.60

DPSH 4

Profondità (m dal p.c.)

2.20

DPSH 5

Profondità (m dal p.c.)

4.40

DPSH 6

Profondità (m dal p.c.)

4.20

DPSH 7

Profondità (m dal p.c.)

10.00

DPSH 8

Profondità (m dal p.c.)

10.40

DPSH 9

Profondità (m dal p.c.)

10.20

DPSH 10

Profondità (m dal p.c.)

1.80

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

Mod	
REV	
Del	

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

	Rev	Pagina	di
Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a Fons Bandusiae - Comune di Banzi (PZ).	0	1	2

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP35	C64/22	CP194/2022
Data di accettazione prova	**Data di esecuzione prova**	**Data di emissione certificato**
03/05/2022	04/05/2022	10/06/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Banzi

LOCALITA' Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ)

Coordinate	E	585104	m	
WGS-84-33T	N	4524626	m	
Quota		477	m	s.l.m.

PROVA N. DPSH 1

PROF. MAX [m] 5.20

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

CARATTERISTICHE PENETROMETRO

Apparecchiatura:
- Maglio 63,50 Kg;
- Altezza di caduta 75 cm;
- Apertura del cono 90°;
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;
- Testa di battuta 30 Kg;
- Massa delle aste 8 Kg/m;
- Diametro delle aste 35 mm;
- Lunghezza delle aste 1 m,
- Penetrazione standard N 20 cm;

S.I.A. Srl
Il Dir. Tec.
dott. geol.
MAURIZIO
CICE
Servizi per Ingegneria ed Ambiente

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Gianrico Voltura	Dott. Geol. Maurizio Cice

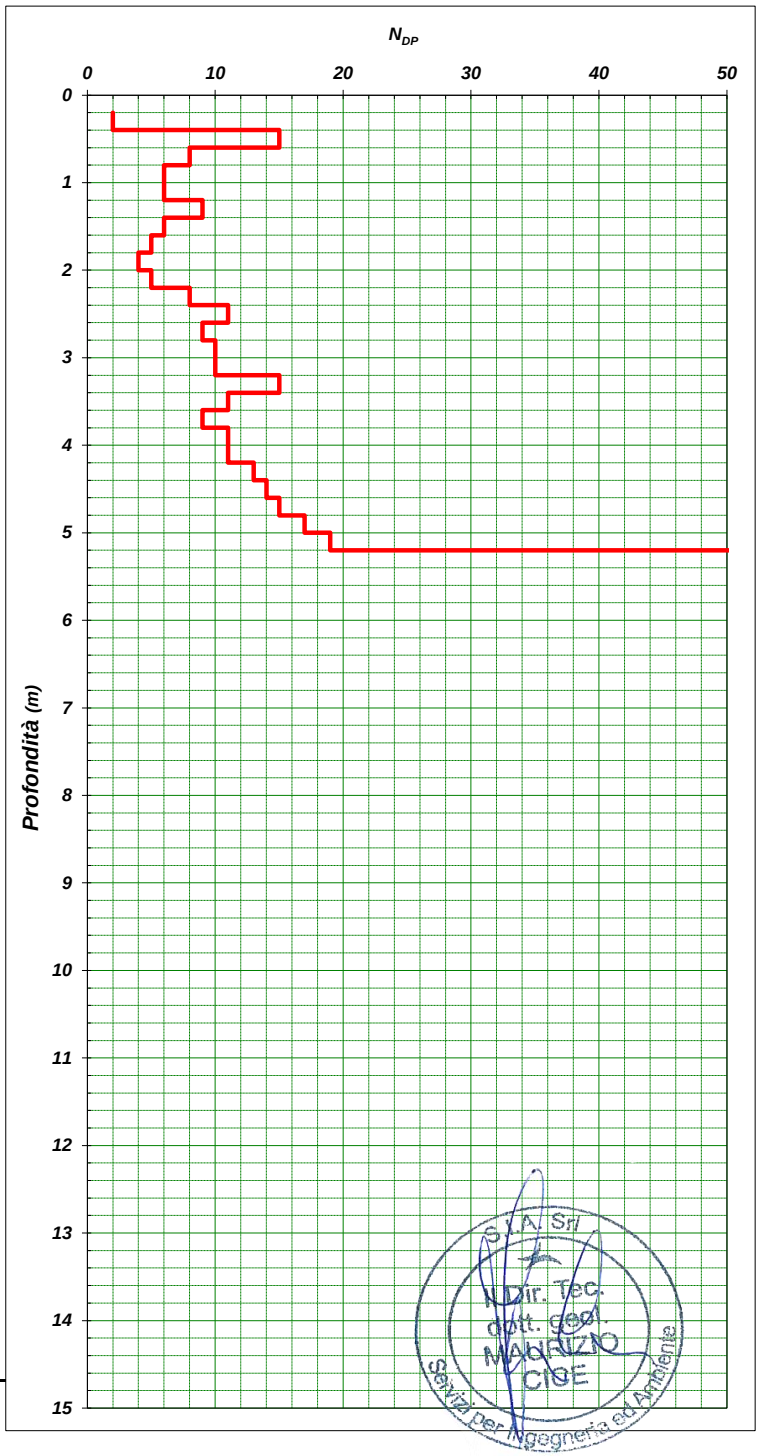
ISO 45001 REGISTERED
ISO 9001 REGISTERED
SOA CONSULT

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	*Comune di Banzi*	**Identificativo certificato:**	*CP194/2022*
Località:	*Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ*	**Data esecuzione prova:**	*04/05/2022*
Prova n.:	*1*	**Profondità massima (m):**	*5.20*

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0		0.00	10.2			20.4		
0.2	2	2.08	10.4			20.6		
0.4	15	15.59	10.6			20.8		
0.6	8	8.31	10.8			21.0		
0.8	6	6.23	11.0			21.2		
1.0	6	5.72	11.2			21.4		
1.2	9	8.58	11.4			21.6		
1.4	6	5.72	11.6			21.8		
1.6	5	4.76	11.8			22.0		
1.8	4	3.81	12.0			22.2		
2.0	5	4.40	12.2			22.4		
2.2	8	7.04	12.4			22.6		
2.4	11	9.68	12.6			22.8		
2.6	9	7.92	12.8			23.0		
2.8	10	8.80	13.0			23.2		
3.0	10	8.17	13.2			23.4		
3.2	15	12.26	13.4			23.6		
3.4	11	8.99	13.6			23.8		
3.6	9	7.36	13.8			24.0		
3.8	11	8.99	14.0			24.2		
4.0	11	8.39	14.2			24.4		
4.2	13	9.92	14.4			24.6		
4.4	14	10.68	14.6			24.8		
4.6	15	11.45	14.8			25.0		
4.8	17	12.97	15.0			25.2		
5.0	19	13.60	15.2			25.4		
5.2	Rif.	71.56	15.4			25.6		
5.4			15.6			25.8		
5.6			15.8			26.0		
5.8			16.0			26.2		
6.0			16.2			26.4		
6.2			16.4			26.6		
6.4			16.6			26.8		
6.6			16.8			27.0		
6.8			17.0			27.2		
7.0			17.2			27.4		
7.2			17.4			27.6		
7.4			17.6			27.8		
7.6			17.8			28.0		
7.8			18.0			28.2		
8.0			18.2			28.4		
8.2			18.4			28.6		
8.4			18.6			28.8		
8.6			18.8			29.0		
8.8			19.0			29.2		
9.0			19.2			29.4		
9.2			19.4			29.6		
9.4			19.6			29.8		
9.6			19.8			30.0		
9.8			20.0					
10.0			20.2					



Responsabile di sito
Dott. Geol. Gianrico Voltura

Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Maurizio Cice

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

Mod	
REV	
Del	

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

	Rev	Pagina	di
Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a Fons Bandusiae - Comune di Banzi (PZ).	0	1	2

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP35	C64/22	CP195/2022
Data di accettazione prova	**Data di esecuzione prova**	**Data di emissione certificato**
03/05/2022	04/05/2022	10/06/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Banzi

LOCALITA' Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ)

Coordinate	E	585058	m	
WGS-84-33T	N	4524609	m	
Quota		480	m	s.l.m.

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

PROVA N. DPSH 2

PROF. MAX [m] 11.40

CARATTERISTICHE PENETROMETRO

Apparecchiatura:
- Maglio 63,50 Kg;
- Altezza di caduta 75 cm;
- Apertura del cono 90°;
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;
- Testa di battuta 30 Kg;
- Massa delle aste 8 Kg/m;
- Diametro delle aste 35 mm;
- Lunghezza delle aste 1 m,
- Penetrazione standard N 20 cm;

S.I.A. Srl
Il Dir. Tec.
dott. geol.
MAURIZIO
CICE
Servizi per Ingegneria ed Ambiente

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Gianrico Voltura	Dott. Geol. Maurizio Cice

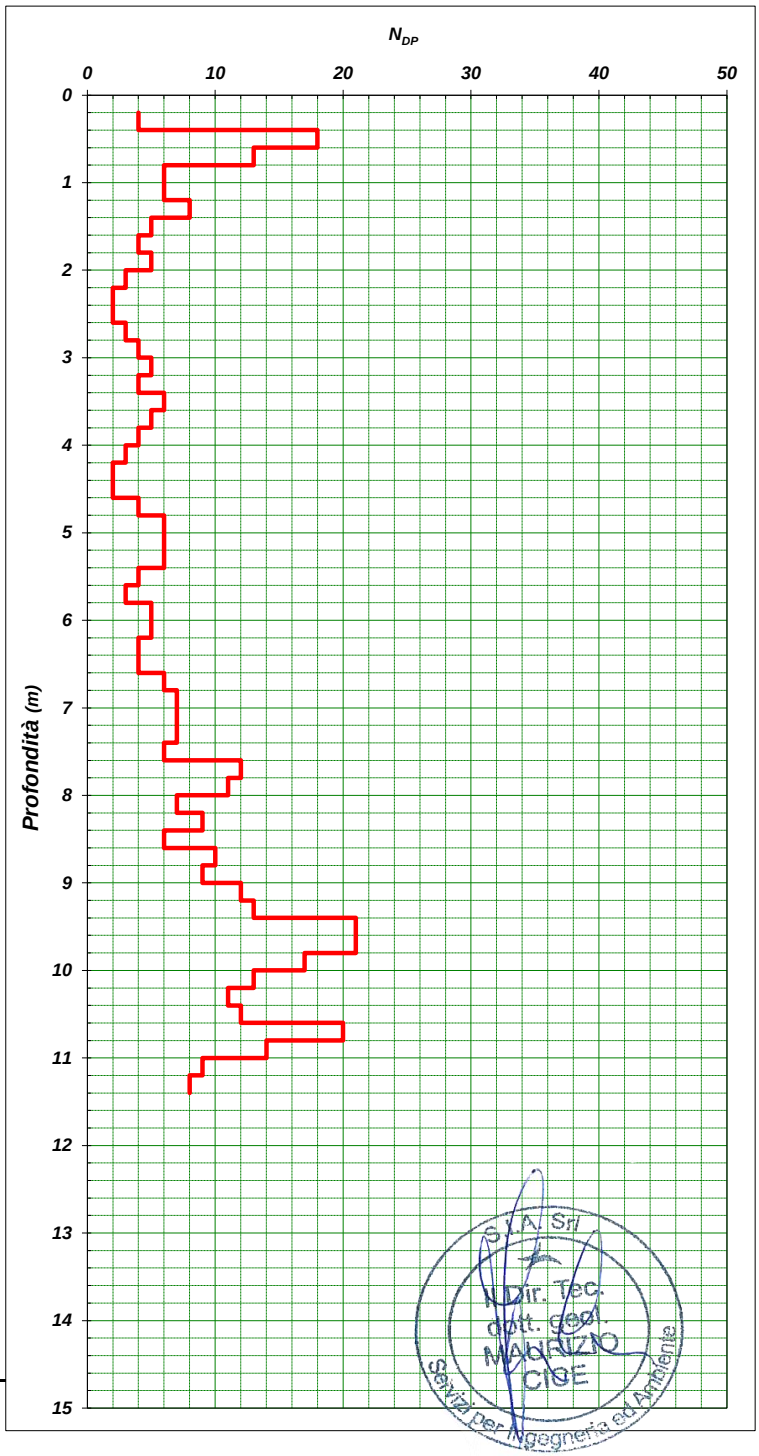
ISO 45001 REGISTERED
ISO 9001 REGISTERED
SOA CONSULT

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	*Comune di Banzi*	**Identificativo certificato:**	*CP195/2022*
Località:	*Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ*	**Data esecuzione prova:**	*04/05/2022*
Prova n.:	*2*	**Profondità massima (m):**	*11.40*

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0		0.00	10.2	11	6.00	20.4		
0.2	4	4.16	10.4	12	6.55	20.6		
0.4	18	18.70	10.6	20	10.91	20.8		
0.6	13	13.51	10.8	14	7.64	21.0		
0.8	6	6.23	11.0	9	4.69	21.2		
1.0	6	5.72	11.2	8	4.17	21.4		
1.2	8	7.62	11.4	8	4.17	21.6		
1.4	5	4.76	11.6			21.8		
1.6	4	3.81	11.8			22.0		
1.8	5	4.76	12.0			22.2		
2.0	3	2.64	12.2			22.4		
2.2	2	1.76	12.4			22.6		
2.4	2	1.76	12.6			22.8		
2.6	3	2.64	12.8			23.0		
2.8	4	3.52	13.0			23.2		
3.0	5	4.09	13.2			23.4		
3.2	4	3.27	13.4			23.6		
3.4	6	4.90	13.6			23.8		
3.6	5	4.09	13.8			24.0		
3.8	4	3.27	14.0			24.2		
4.0	3	2.29	14.2			24.4		
4.2	2	1.53	14.4			24.6		
4.4	2	1.53	14.6			24.8		
4.6	4	3.05	14.8			25.0		
4.8	6	4.58	15.0			25.2		
5.0	6	4.29	15.2			25.4		
5.2	6	4.29	15.4			25.6		
5.4	4	2.86	15.6			25.8		
5.6	3	2.15	15.8			26.0		
5.8	5	3.58	16.0			26.2		
6.0	5	3.37	16.2			26.4		
6.2	4	2.69	16.4			26.6		
6.4	4	2.69	16.6			26.8		
6.6	6	4.04	16.8			27.0		
6.8	7	4.72	17.0			27.2		
7.0	7	4.45	17.2			27.4		
7.2	7	4.45	17.4			27.6		
7.4	6	3.82	17.6			27.8		
7.6	12	7.64	17.8			28.0		
7.8	11	7.00	18.0			28.2		
8.0	7	4.22	18.2			28.4		
8.2	9	5.43	18.4			28.6		
8.4	6	3.62	18.6			28.8		
8.6	10	6.03	18.8			29.0		
8.8	9	5.43	19.0			29.2		
9.0	12	6.88	19.2			29.4		
9.2	13	7.45	19.4			29.6		
9.4	21	12.03	19.6			29.8		
9.6	21	12.03	19.8			30.0		
9.8	17	9.74	20.0					
10.0	13	7.09	20.2					



sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

Mod	
REV	
Del	

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

	Rev	Pagina	di
Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a Fons Bandusiae - Comune di Banzi (PZ).	0	1	2

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP35	C64/22	CP196/2022
Data di accettazione prova	**Data di esecuzione prova**	**Data di emissione certificato**
03/05/2022	04/05/2022	10/06/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Banzi

LOCALITA' Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ)

Coordinate	E	584996	m	
WGS-84-33T	N	4524581	m	
Quota		481	m	s.l.m.

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

PROVA N. DPSH 3

PROF. MAX [m] 0.60

CARATTERISTICHE PENETROMETRO

Apparecchiatura:
- Maglio 63,50 Kg;
- Altezza di caduta 75 cm;
- Apertura del cono 90°;
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;
- Testa di battuta 30 Kg;
- Massa delle aste 8 Kg/m;
- Diametro delle aste 35 mm;
- Lunghezza delle aste 1 m,
- Penetrazione standard N 20 cm;

S.I.A. Srl
Il Dir. Tec.
dott. geol.
MAURIZIO CICE
Servizi per Ingegneria ed Ambiente

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Gianrico Voltura	Dott. Geol. Maurizio Cice

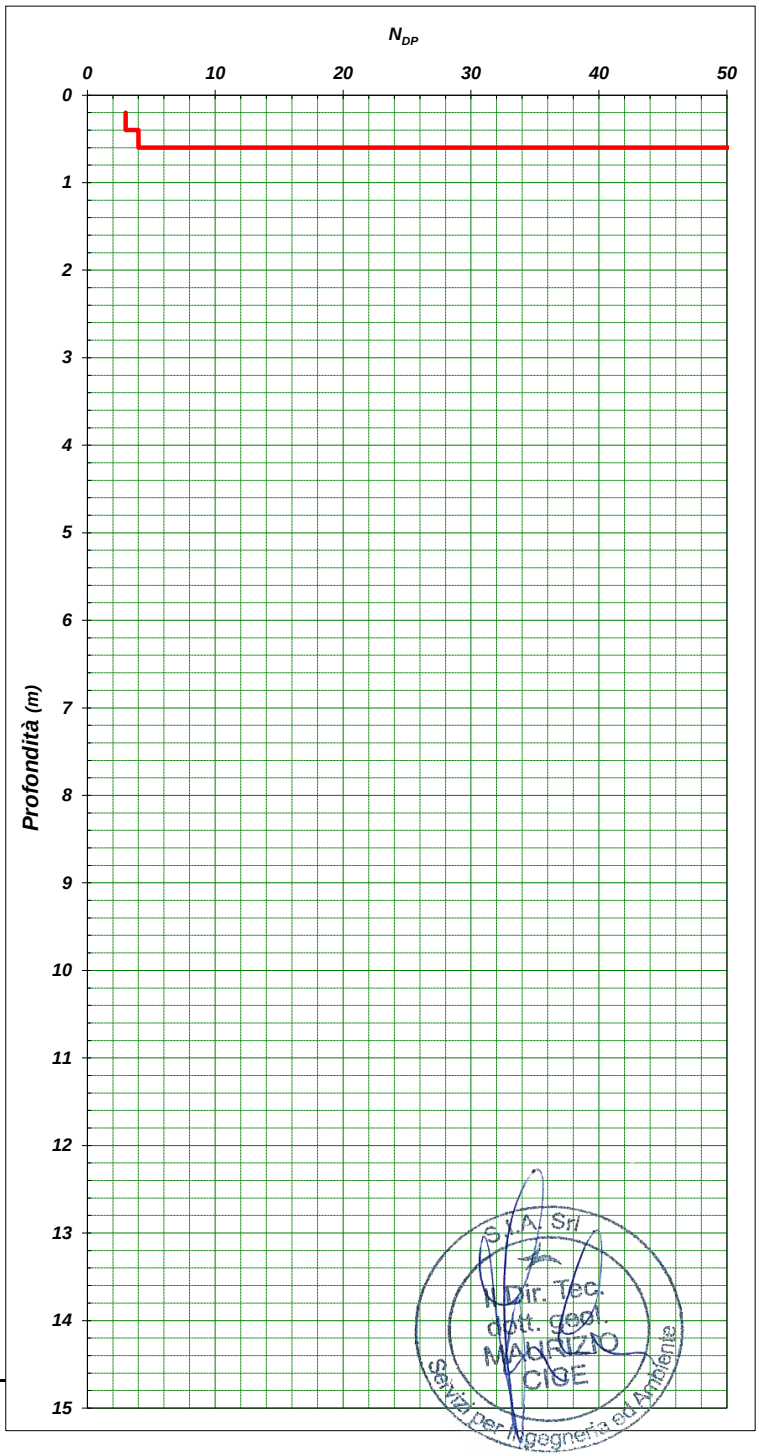
ISO 45001 REGISTERED
ISO 9001 REGISTERED
SOA CONSULT

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	*Comune di Banzi*	**Identificativo certificato:**	*CP196/2022*
Località:	*Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ*	**Data esecuzione prova:**	*04/05/2022*
Prova n.:	*3*	**Profondità massima (m):**	*0.60*

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0		0.00	10.2			20.4		
0.2	3	3.12	10.4			20.6		
0.4	4	4.16	10.6			20.8		
0.6	Rif.	103.90	10.8			21.0		
0.8			11.0			21.2		
1.0			11.2			21.4		
1.2			11.4			21.6		
1.4			11.6			21.8		
1.6			11.8			22.0		
1.8			12.0			22.2		
2.0			12.2			22.4		
2.2			12.4			22.6		
2.4			12.6			22.8		
2.6			12.8			23.0		
2.8			13.0			23.2		
3.0			13.2			23.4		
3.2			13.4			23.6		
3.4			13.6			23.8		
3.6			13.8			24.0		
3.8			14.0			24.2		
4.0			14.2			24.4		
4.2			14.4			24.6		
4.4			14.6			24.8		
4.6			14.8			25.0		
4.8			15.0			25.2		
5.0			15.2			25.4		
5.2			15.4			25.6		
5.4			15.6			25.8		
5.6			15.8			26.0		
5.8			16.0			26.2		
6.0			16.2			26.4		
6.2			16.4			26.6		
6.4			16.6			26.8		
6.6			16.8			27.0		
6.8			17.0			27.2		
7.0			17.2			27.4		
7.2			17.4			27.6		
7.4			17.6			27.8		
7.6			17.8			28.0		
7.8			18.0			28.2		
8.0			18.2			28.4		
8.2			18.4			28.6		
8.4			18.6			28.8		
8.6			18.8			29.0		
8.8			19.0			29.2		
9.0			19.2			29.4		
9.2			19.4			29.6		
9.4			19.6			29.8		
9.6			19.8			30.0		
9.8			20.0					
10.0			20.2					



sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

Mod	
REV	
Del	

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

	Rev	Pagina	di
Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a Fons Bandusiae - Comune di Banzi (PZ).	0	1	2

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP35	C64/22	CP197/2022
Data di accettazione prova	**Data di esecuzione prova**	**Data di emissione certificato**
03/05/2022	04/05/2022	10/06/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Banzi

LOCALITA' Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ)

Coordinate	E	584583	m	
WGS-84-33T	N	4524382	m	
Quota		478	m	s.l.m.

PROVA N. DPSH 4

PROF. MAX [m] 2.20

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

CARATTERISTICHE PENETROMETRO

Apparecchiatura:
- Maglio 63,50 Kg;
- Altezza di caduta 75 cm;
- Apertura del cono 90°;
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;
- Testa di battuta 30 Kg;
- Massa delle aste 8 Kg/m;
- Diametro delle aste 35 mm;
- Lunghezza delle aste 1 m,
- Penetrazione standard N 20 cm;

S.I.A. Srl
Il Dir. Tec.
dott. geol.
MAURIZIO CICE
Servizi per Ingegneria ed Ambiente

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Gianrico Voltura	Dott. Geol. Maurizio Cice

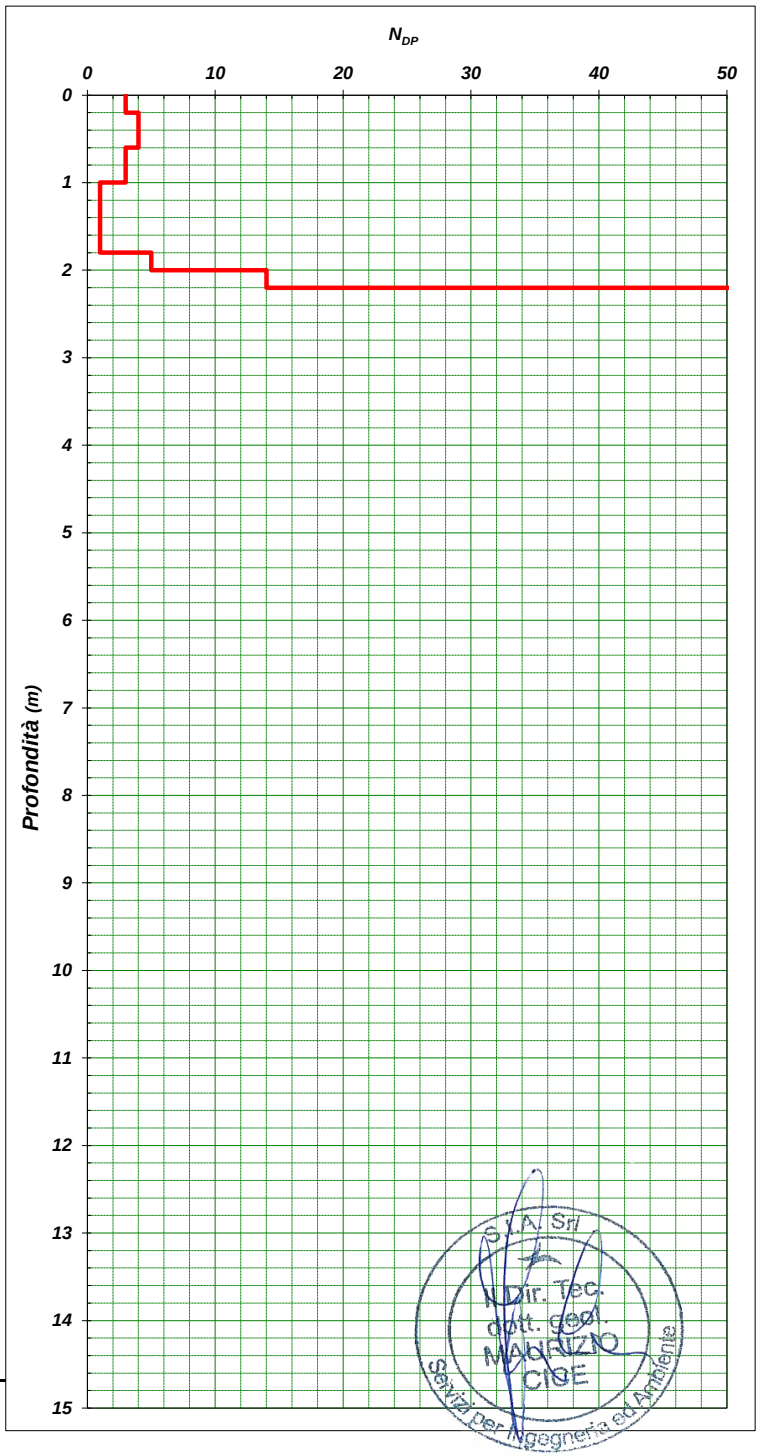
ISO 45001 REGISTERED
ISO 9001 REGISTERED
SOA CONSULT

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	*Comune di Banzi*	**Identificativo certificato:**	*CP197/2022*
Località:	*Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ*	**Data esecuzione prova:**	*04/05/2022*
Prova n.:	*4*	**Profondità massima (m):**	*2.20*

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0	3	0.00	10.2			20.4		
0.2	4	4.16	10.4			20.6		
0.4	4	4.16	10.6			20.8		
0.6	3	3.12	10.8			21.0		
0.8	3	3.12	11.0			21.2		
1.0	1	0.95	11.2			21.4		
1.2	1	0.95	11.4			21.6		
1.4	1	0.95	11.6			21.8		
1.6	1	0.95	11.8			22.0		
1.8	5	4.76	12.0			22.2		
2.0	14	12.32	12.2			22.4		
2.2	Rif.	87.99	12.4			22.6		
2.4			12.6			22.8		
2.6			12.8			23.0		
2.8			13.0			23.2		
3.0			13.2			23.4		
3.2			13.4			23.6		
3.4			13.6			23.8		
3.6			13.8			24.0		
3.8			14.0			24.2		
4.0			14.2			24.4		
4.2			14.4			24.6		
4.4			14.6			24.8		
4.6			14.8			25.0		
4.8			15.0			25.2		
5.0			15.2			25.4		
5.2			15.4			25.6		
5.4			15.6			25.8		
5.6			15.8			26.0		
5.8			16.0			26.2		
6.0			16.2			26.4		
6.2			16.4			26.6		
6.4			16.6			26.8		
6.6			16.8			27.0		
6.8			17.0			27.2		
7.0			17.2			27.4		
7.2			17.4			27.6		
7.4			17.6			27.8		
7.6			17.8			28.0		
7.8			18.0			28.2		
8.0			18.2			28.4		
8.2			18.4			28.6		
8.4			18.6			28.8		
8.6			18.8			29.0		
8.8			19.0			29.2		
9.0			19.2			29.4		
9.2			19.4			29.6		
9.4			19.6			29.8		
9.6			19.8			30.0		
9.8			20.0					
10.0			20.2					



sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

Mod	
REV	
Del	

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

	Rev	Pagina	di
Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a Fons Bandusiae - Comune di Banzi (PZ).	0	1	2

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP35	C64/22	CP198/2022
Data di accettazione prova	**Data di esecuzione prova**	**Data di emissione certificato**
03/05/2022	04/05/2022	10/06/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Banzi

LOCALITA' Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ)

Coordinate	E	584728	m	
WGS-84-33T	N	4524377	m	
Quota		474	m	s.l.m.

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

PROVA N. DPSH 5

PROF. MAX [m] 4.40

CARATTERISTICHE PENETROMETRO

Apparecchiatura:
- Maglio 63,50 Kg;
- Altezza di caduta 75 cm;
- Apertura del cono 90°;
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;
- Testa di battuta 30 Kg;
- Massa delle aste 8 Kg/m;
- Diametro delle aste 35 mm;
- Lunghezza delle aste 1 m,
- Penetrazione standard N 20 cm;

S.I.A. Srl
Il Dir. Tec.
dott. geol.
MAURIZIO CICE
Servizi per Ingegneria ed Ambiente

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Gianrico Voltura	Dott. Geol. Maurizio Cice

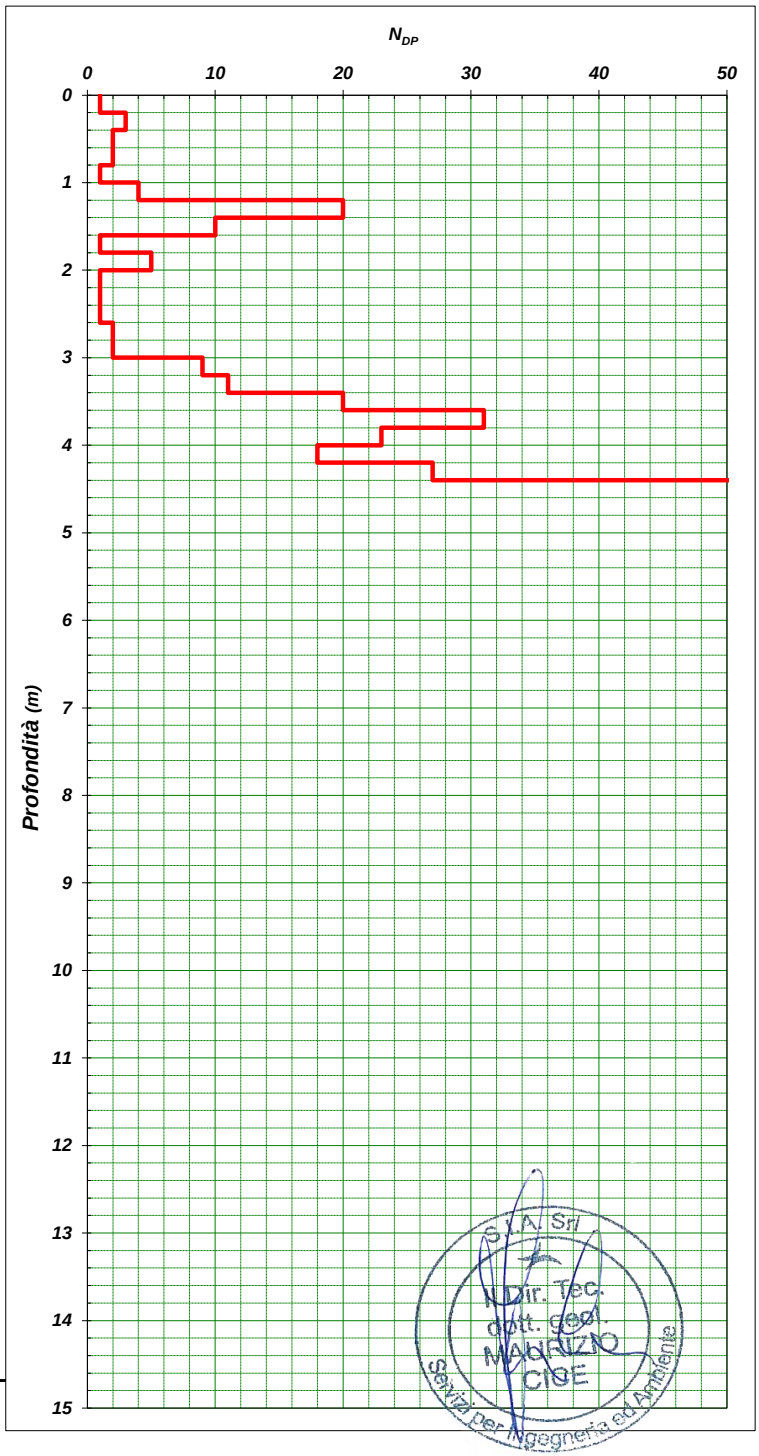
ISO 45001 REGISTERED
ISO 9001 REGISTERED
SOA CONSULT

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	*Comune di Banzi*	**Identificativo certificato:**	*CP198/2022*
Località:	*Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ*	**Data esecuzione prova:**	*04/05/2022*
Prova n.:	*5*	**Profondità massima (m):**	*4.40*

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0	1	0.00	10.2			20.4		
0.2	3	3.12	10.4			20.6		
0.4	2	2.08	10.6			20.8		
0.6	2	2.08	10.8			21.0		
0.8	1	1.04	11.0			21.2		
1.0	4	3.81	11.2			21.4		
1.2	20	19.06	11.4			21.6		
1.4	10	9.53	11.6			21.8		
1.6	1	0.95	11.8			22.0		
1.8	5	4.76	12.0			22.2		
2.0	1	0.88	12.2			22.4		
2.2	1	0.88	12.4			22.6		
2.4	1	0.88	12.6			22.8		
2.6	2	1.76	12.8			23.0		
2.8	2	1.76	13.0			23.2		
3.0	9	7.36	13.2			23.4		
3.2	11	8.99	13.4			23.6		
3.4	20	16.35	13.6			23.8		
3.6	31	25.34	13.8			24.0		
3.8	23	18.80	14.0			24.2		
4.0	18	13.74	14.2			24.4		
4.2	27	20.60	14.4			24.6		
4.4	Rif.	76.31	14.6			24.8		
4.6			14.8			25.0		
4.8			15.0			25.2		
5.0			15.2			25.4		
5.2			15.4			25.6		
5.4			15.6			25.8		
5.6			15.8			26.0		
5.8			16.0			26.2		
6.0			16.2			26.4		
6.2			16.4			26.6		
6.4			16.6			26.8		
6.6			16.8			27.0		
6.8			17.0			27.2		
7.0			17.2			27.4		
7.2			17.4			27.6		
7.4			17.6			27.8		
7.6			17.8			28.0		
7.8			18.0			28.2		
8.0			18.2			28.4		
8.2			18.4			28.6		
8.4			18.6			28.8		
8.6			18.8			29.0		
8.8			19.0			29.2		
9.0			19.2			29.4		
9.2			19.4			29.6		
9.4			19.6			29.8		
9.6			19.8			30.0		
9.8			20.0					
10.0			20.2					



sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

Mod	
REV	
Del	

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

	Rev	Pagina	di
Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a Fons Bandusiae - Comune di Banzi (PZ).	0	1	2

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP35	C64/22	CP199/2022
Data di accettazione prova	**Data di esecuzione prova**	**Data di emissione certificato**
03/05/2022	04/05/2022	10/06/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Banzi

LOCALITA' Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ)

Coordinate	E	584786	m	
WGS-84-33T	N	4524423	m	
Quota		474	m	s.l.m.

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

PROVA N. DPSH 6

PROF. MAX [m] 4.20

CARATTERISTICHE PENETROMETRO

Apparecchiatura:
- Maglio 63,50 Kg;
- Altezza di caduta 75 cm;
- Apertura del cono 90°;
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;
- Testa di battuta 30 Kg;
- Massa delle aste 8 Kg/m;
- Diametro delle aste 35 mm;
- Lunghezza delle aste 1 m,
- Penetrazione standard N 20 cm;

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Gianrico Voltura	Dott. Geol. Maurizio Cice

S.I.A. S.r.l. Il Dir. Tec. dott. geol. MAURIZIO CICE Servizi per Ingegneria ed Ambiente

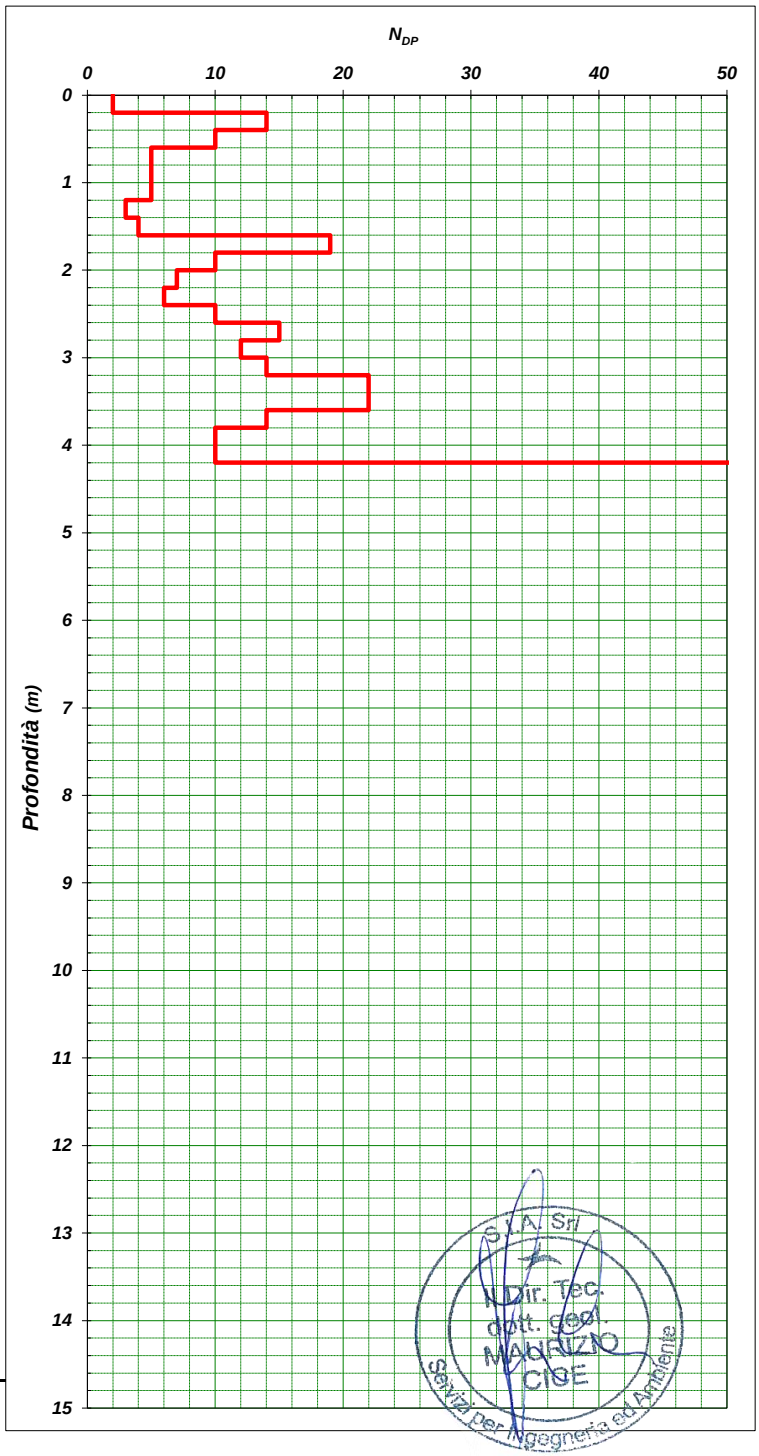
ISO 45001 REGISTERED ISO 9001 REGISTERED SOA CONSULT

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	*Comune di Banzi*	**Identificativo certificato:**	*CP199/2022*
Località:	*Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ*	**Data esecuzione prova:**	*04/05/2022*
Prova n.:	*6*	**Profondità massima (m):**	*4.20*

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0	2	0.00	10.2			20.4		
0.2	14	14.55	10.4			20.6		
0.4	10	10.39	10.6			20.8		
0.6	5	5.20	10.8			21.0		
0.8	5	5.20	11.0			21.2		
1.0	5	4.76	11.2			21.4		
1.2	3	2.86	11.4			21.6		
1.4	4	3.81	11.6			21.8		
1.6	19	18.10	11.8			22.0		
1.8	10	9.53	12.0			22.2		
2.0	7	6.16	12.2			22.4		
2.2	6	5.28	12.4			22.6		
2.4	10	8.80	12.6			22.8		
2.6	15	13.20	12.8			23.0		
2.8	12	10.56	13.0			23.2		
3.0	14	11.44	13.2			23.4		
3.2	22	17.98	13.4			23.6		
3.4	22	17.98	13.6			23.8		
3.6	14	11.44	13.8			24.0		
3.8	10	8.17	14.0			24.2		
4.0	10	7.63	14.2			24.4		
4.2	Rif.	76.31	14.4			24.6		
4.4			14.6			24.8		
4.6			14.8			25.0		
4.8			15.0			25.2		
5.0			15.2			25.4		
5.2			15.4			25.6		
5.4			15.6			25.8		
5.6			15.8			26.0		
5.8			16.0			26.2		
6.0			16.2			26.4		
6.2			16.4			26.6		
6.4			16.6			26.8		
6.6			16.8			27.0		
6.8			17.0			27.2		
7.0			17.2			27.4		
7.2			17.4			27.6		
7.4			17.6			27.8		
7.6			17.8			28.0		
7.8			18.0			28.2		
8.0			18.2			28.4		
8.2			18.4			28.6		
8.4			18.6			28.8		
8.6			18.8			29.0		
8.8			19.0			29.2		
9.0			19.2			29.4		
9.2			19.4			29.6		
9.4			19.6			29.8		
9.6			19.8			30.0		
9.8			20.0					
10.0			20.2					



sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

Mod	
REV	
Del	

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

	Rev	Pagina	di
Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a Fons Bandusiae - Comune di Banzi (PZ).	0	1	2

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP35	C64/22	CP200/2022
Data di accettazione prova	**Data di esecuzione prova**	**Data di emissione certificato**
03/05/2022	04/05/2022	10/06/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Banzi

LOCALITA' Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ)

Coordinate	E	585051	m
WGS-84-33T	N	4524573	m
Quota		472	m s.l.m.

PROVA N. DPSH 7

PROF. MAX [m] 10.00

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

CARATTERISTICHE PENETROMETRO

Apparecchiatura:
- Maglio 63,50 Kg;
- Altezza di caduta 75 cm;
- Apertura del cono 90°;
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;
- Testa di battuta 30 Kg;
- Massa delle aste 8 Kg/m;
- Diametro delle aste 35 mm;
- Lunghezza delle aste 1 m,
- Penetrazione standard N 20 cm;

S.I.A. Srl
Il Dir. Tec.
dott. geol.
MAURIZIO CICE
Servizi per Ingegneria ed Ambiente

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Gianrico Voltura	Dott. Geol. Maurizio Cice

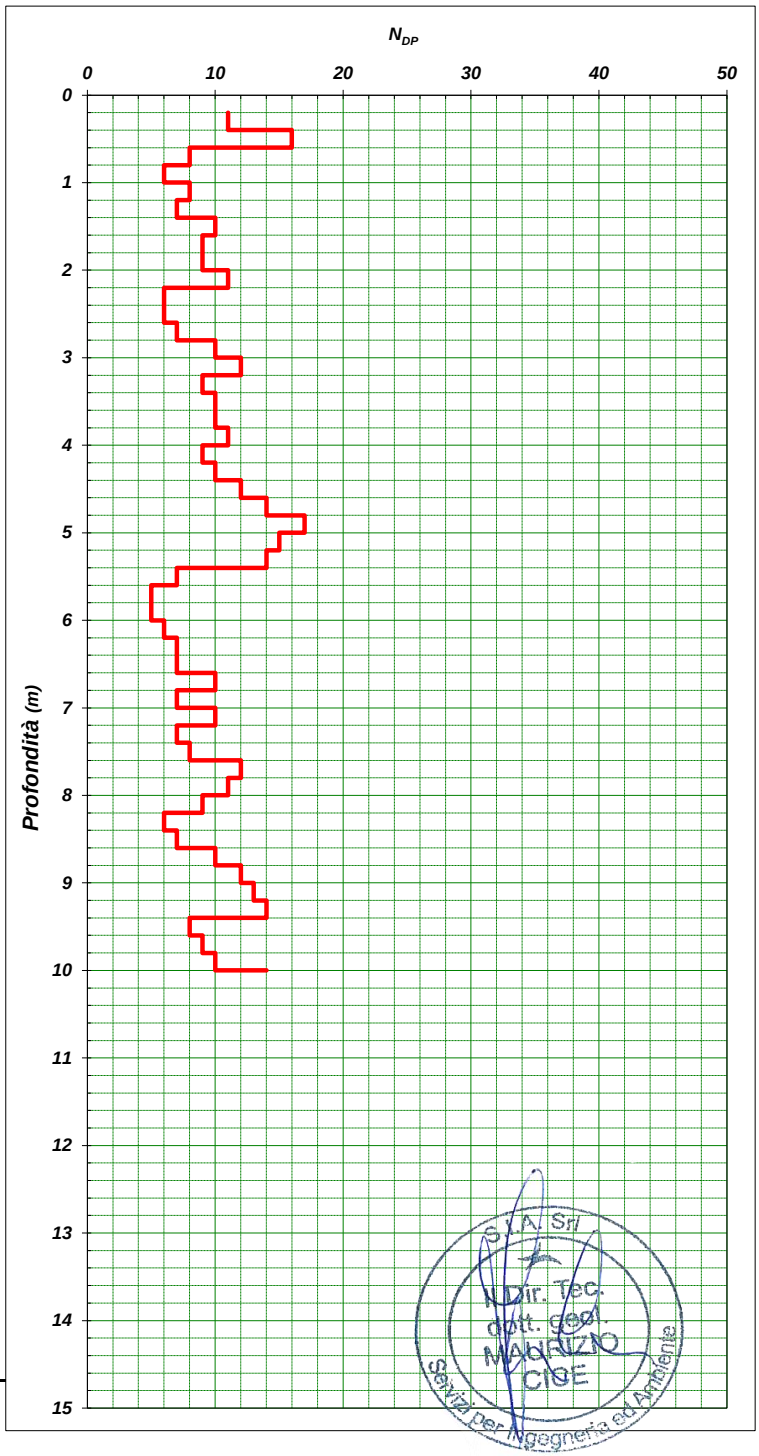
ISO 45001 REGISTERED
ISO 9001 REGISTERED
SOA CONSULT

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	*Comune di Banzi*	**Identificativo certificato:**	*CP200/2022*
Località:	*Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ*	**Data esecuzione prova:**	*04/05/2022*
Prova n.:	*7*	**Profondità massima (m):**	*10.00*

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0		0.00	10.2			20.4		
0.2	11	11.43	10.4			20.6		
0.4	16	16.62	10.6			20.8		
0.6	8	8.31	10.8			21.0		
0.8	6	6.23	11.0			21.2		
1.0	8	7.62	11.2			21.4		
1.2	7	6.67	11.4			21.6		
1.4	10	9.53	11.6			21.8		
1.6	9	8.58	11.8			22.0		
1.8	9	8.58	12.0			22.2		
2.0	11	9.68	12.2			22.4		
2.2	6	5.28	12.4			22.6		
2.4	6	5.28	12.6			22.8		
2.6	7	6.16	12.8			23.0		
2.8	10	8.80	13.0			23.2		
3.0	12	9.81	13.2			23.4		
3.2	9	7.36	13.4			23.6		
3.4	10	8.17	13.6			23.8		
3.6	10	8.17	13.8			24.0		
3.8	11	8.99	14.0			24.2		
4.0	9	6.87	14.2			24.4		
4.2	10	7.63	14.4			24.6		
4.4	12	9.16	14.6			24.8		
4.6	14	10.68	14.8			25.0		
4.8	17	12.97	15.0			25.2		
5.0	15	10.73	15.2			25.4		
5.2	14	10.02	15.4			25.6		
5.4	7	5.01	15.6			25.8		
5.6	5	3.58	15.8			26.0		
5.8	5	3.58	16.0			26.2		
6.0	6	4.04	16.2			26.4		
6.2	7	4.72	16.4			26.6		
6.4	7	4.72	16.6			26.8		
6.6	10	6.74	16.8			27.0		
6.8	7	4.72	17.0			27.2		
7.0	10	6.36	17.2			27.4		
7.2	7	4.45	17.4			27.6		
7.4	8	5.09	17.6			27.8		
7.6	12	7.64	17.8			28.0		
7.8	11	7.00	18.0			28.2		
8.0	9	5.43	18.2			28.4		
8.2	6	3.62	18.4			28.6		
8.4	7	4.22	18.6			28.8		
8.6	10	6.03	18.8			29.0		
8.8	12	7.24	19.0			29.2		
9.0	13	7.45	19.2			29.4		
9.2	14	8.02	19.4			29.6		
9.4	8	4.58	19.6			29.8		
9.6	9	5.16	19.8			30.0		
9.8	10	5.73	20.0					
10.0	14	7.64	20.2					



sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
ww.siasrl.eu

Mod	
REV	
Del	

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

	Rev	Pagina	di
Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a Fons Bandusiae - Comune di Banzi (PZ).	0	1	2

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP35	C64/22	CP201/2022
Data di accettazione prova	**Data di esecuzione prova**	**Data di emissione certificato**
03/05/2022	04/05/2022	10/06/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Banzi

LOCALITA' Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ)

Coordinate	E	585085	m	
WGS-84-33T	N	4524588	m	
Quota		473	m	s.l.m.

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

PROVA N. DPSH 8

PROF. MAX [m] 10.40

CARATTERISTICHE PENETROMETRO

Apparecchiatura:
- Maglio 63,50 Kg;
- Altezza di caduta 75 cm;
- Apertura del cono 90°;
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;
- Testa di battuta 30 Kg;
- Massa delle aste 8 Kg/m;
- Diametro delle aste 35 mm;
- Lunghezza delle aste 1 m,
- Penetrazione standard N 20 cm;

S.I.A. S.r.l. Il Dir. Tec. dott. geol. MAURIZIO CICE Servizi per Ingegneria ed Ambiente

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Gianrico Voltura	Dott. Geol. Maurizio Cice

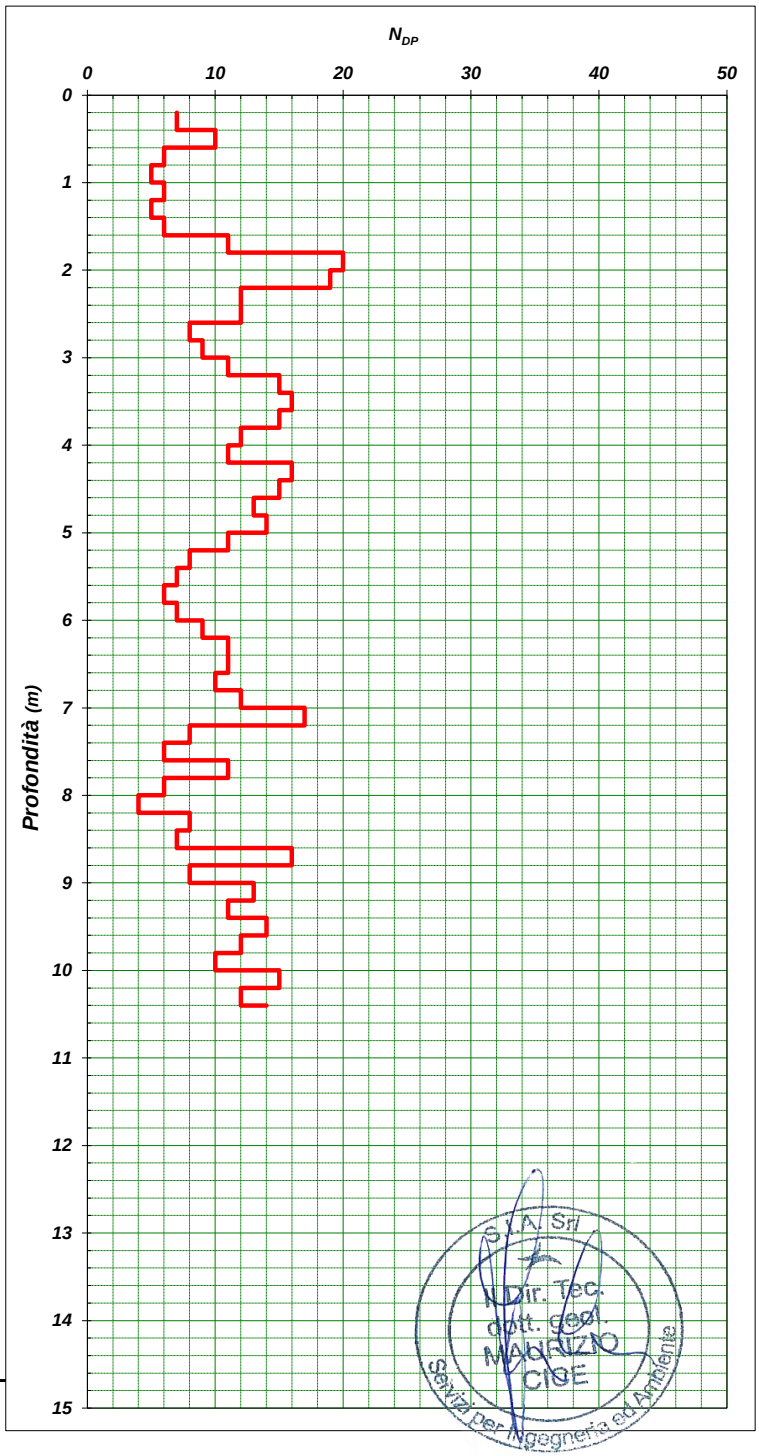
ISO 45001 REGISTERED ISO 9001 REGISTERED SOA CONSULT

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	*Comune di Banzi*	**Identificativo certificato:**	*CP201/2022*
Località:	*Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ*	**Data esecuzione prova:**	*04/05/2022*
Prova n.:	*8*	**Profondità massima (m):**	*10.40*

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0		0.00	10.2	12	6.55	20.4		
0.2	7	7.27	10.4	14	7.64	20.6		
0.4	10	10.39	10.6			20.8		
0.6	6	6.23	10.8			21.0		
0.8	5	5.20	11.0			21.2		
1.0	6	5.72	11.2			21.4		
1.2	5	4.76	11.4			21.6		
1.4	6	5.72	11.6			21.8		
1.6	11	10.48	11.8			22.0		
1.8	20	19.06	12.0			22.2		
2.0	19	16.72	12.2			22.4		
2.2	12	10.56	12.4			22.6		
2.4	12	10.56	12.6			22.8		
2.6	8	7.04	12.8			23.0		
2.8	9	7.92	13.0			23.2		
3.0	11	8.99	13.2			23.4		
3.2	15	12.26	13.4			23.6		
3.4	16	13.08	13.6			23.8		
3.6	15	12.26	13.8			24.0		
3.8	12	9.81	14.0			24.2		
4.0	11	8.39	14.2			24.4		
4.2	16	12.21	14.4			24.6		
4.4	15	11.45	14.6			24.8		
4.6	13	9.92	14.8			25.0		
4.8	14	10.68	15.0			25.2		
5.0	11	7.87	15.2			25.4		
5.2	8	5.72	15.4			25.6		
5.4	7	5.01	15.6			25.8		
5.6	6	4.29	15.8			26.0		
5.8	7	5.01	16.0			26.2		
6.0	9	6.06	16.2			26.4		
6.2	11	7.41	16.4			26.6		
6.4	11	7.41	16.6			26.8		
6.6	10	6.74	16.8			27.0		
6.8	12	8.08	17.0			27.2		
7.0	17	10.82	17.2			27.4		
7.2	8	5.09	17.4			27.6		
7.4	6	3.82	17.6			27.8		
7.6	11	7.00	17.8			28.0		
7.8	6	3.82	18.0			28.2		
8.0	4	2.41	18.2			28.4		
8.2	8	4.82	18.4			28.6		
8.4	7	4.22	18.6			28.8		
8.6	16	9.65	18.8			29.0		
8.8	8	4.82	19.0			29.2		
9.0	13	7.45	19.2			29.4		
9.2	11	6.30	19.4			29.6		
9.4	14	8.02	19.6			29.8		
9.6	12	6.88	19.8			30.0		
9.8	10	5.73	20.0					
10.0	15	8.19	20.2					



sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

Mod	
REV	
Del	

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

	Rev	Pagina	di
Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a Fons Bandusiae - Comune di Banzi (PZ).	0	1	2

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP35	C64/22	CP202/2022
Data di accettazione prova	**Data di esecuzione prova**	**Data di emissione certificato**
03/05/2022	04/05/2022	10/06/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Banzi

LOCALITA' Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ)

Coordinate	E	585109	m	
WGS-84-33T	N	4524610	m	
Quota		473	m	s.l.m.

PROVA N. DPSH 9

PROF. MAX [m] 10.20

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

CARATTERISTICHE PENETROMETRO

Apparecchiatura:
- Maglio 63,50 Kg;
- Altezza di caduta 75 cm;
- Apertura del cono 90°;
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;
- Testa di battuta 30 Kg;
- Massa delle aste 8 Kg/m;
- Diametro delle aste 35 mm;
- Lunghezza delle aste 1 m,
- Penetrazione standard N 20 cm;

S.I.A. Srl
Il Dir. Tec.
dott. geol.
MAURIZIO CICE
Servizi per Ingegneria ed Ambiente

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Gianrico Voltura	Dott. Geol. Maurizio Cice

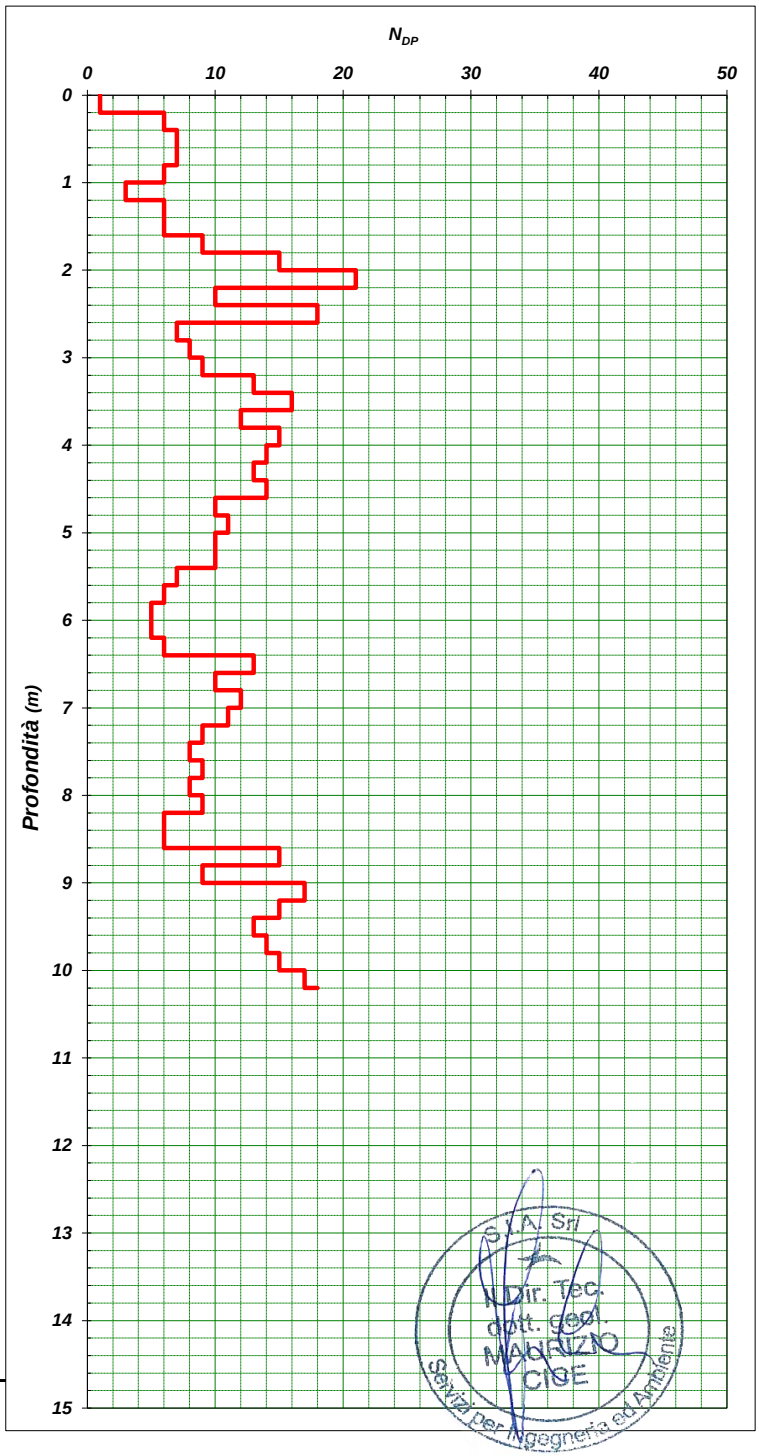
ISO 45001 REGISTERED
ISO 9001 REGISTERED
SOA CONSULT

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	*Comune di Banzi*	**Identificativo certificato:**	*CP202/2022*
Località:	*Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ*	**Data esecuzione prova:**	*04/05/2022*
Prova n.:	*9*	**Profondità massima (m):**	*10.20*

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0	1	0.00	10.2	18	9.82	20.4		
0.2	6	6.23	10.4			20.6		
0.4	7	7.27	10.6			20.8		
0.6	7	7.27	10.8			21.0		
0.8	6	6.23	11.0			21.2		
1.0	3	2.86	11.2			21.4		
1.2	6	5.72	11.4			21.6		
1.4	6	5.72	11.6			21.8		
1.6	9	8.58	11.8			22.0		
1.8	15	14.29	12.0			22.2		
2.0	21	18.48	12.2			22.4		
2.2	10	8.80	12.4			22.6		
2.4	18	15.84	12.6			22.8		
2.6	7	6.16	12.8			23.0		
2.8	8	7.04	13.0			23.2		
3.0	9	7.36	13.2			23.4		
3.2	13	10.63	13.4			23.6		
3.4	16	13.08	13.6			23.8		
3.6	12	9.81	13.8			24.0		
3.8	15	12.26	14.0			24.2		
4.0	14	10.68	14.2			24.4		
4.2	13	9.92	14.4			24.6		
4.4	14	10.68	14.6			24.8		
4.6	10	7.63	14.8			25.0		
4.8	11	8.39	15.0			25.2		
5.0	10	7.16	15.2			25.4		
5.2	10	7.16	15.4			25.6		
5.4	7	5.01	15.6			25.8		
5.6	6	4.29	15.8			26.0		
5.8	5	3.58	16.0			26.2		
6.0	5	3.37	16.2			26.4		
6.2	6	4.04	16.4			26.6		
6.4	13	8.76	16.6			26.8		
6.6	10	6.74	16.8			27.0		
6.8	12	8.08	17.0			27.2		
7.0	11	7.00	17.2			27.4		
7.2	9	5.73	17.4			27.6		
7.4	8	5.09	17.6			27.8		
7.6	9	5.73	17.8			28.0		
7.8	8	5.09	18.0			28.2		
8.0	9	5.43	18.2			28.4		
8.2	6	3.62	18.4			28.6		
8.4	6	3.62	18.6			28.8		
8.6	15	9.04	18.8			29.0		
8.8	9	5.43	19.0			29.2		
9.0	17	9.74	19.2			29.4		
9.2	15	8.59	19.4			29.6		
9.4	13	7.45	19.6			29.8		
9.6	14	8.02	19.8			30.0		
9.8	15	8.59	20.0					
10.0	17	9.28	20.2					



sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

Mod	
REV	
Del	

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.6534 del 11/07/2011 , ai sensi dell'art.59 del DPR 06/06/2001 n°380

CERTIFICATO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - DPSH

	Rev	Pagina	di
Indagini geognostiche - Sistemazione idrogeologica del Versante "Grotte di Notargiacomo". Mitigazione dei rischi nelle zone contigue a Fons Bandusiae - Comune di Banzi (PZ).	0	1	2

Protocollo di accettazione prova	Identificativo interno	Identificativo certificato
AP35	C64/22	CP203/2022
Data di accettazione prova	**Data di esecuzione prova**	**Data di emissione certificato**
03/05/2022	04/05/2022	10/06/2022

Anagrafica Prova

COMMITTENTE Comune di Banzi

LOCALITA' Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ)

Coordinate	E	585136	m	
WGS-84-33T	N	4524633	m	
Quota		473	m	s.l.m.

PROVA N. DPSH 10

PROF. MAX [m] 1.80

S.I.A s.r.l.
Servizi per Ingegneria e Ambiente

CARATTERISTICHE PENETROMETRO

Apparecchiatura:
- Maglio 63,50 Kg;
- Altezza di caduta 75 cm;
- Apertura del cono 90°;
- Diametro del cono alla base 50,5 mm;
- Testa di battuta 30 Kg;
- Massa delle aste 8 Kg/m;
- Diametro delle aste 35 mm;
- Lunghezza delle aste 1 m,
- Penetrazione standard N 20 cm;

S.I.A. Srl
Il Dir. Tec.
dott. geol.
MAURIZIO CICE
Servizi per Ingegneria ed Ambiente

Responsabile di sito	Responsabile settore tecnico
Dott. Geol. Gianrico Voltura	Dott. Geol. Maurizio Cice

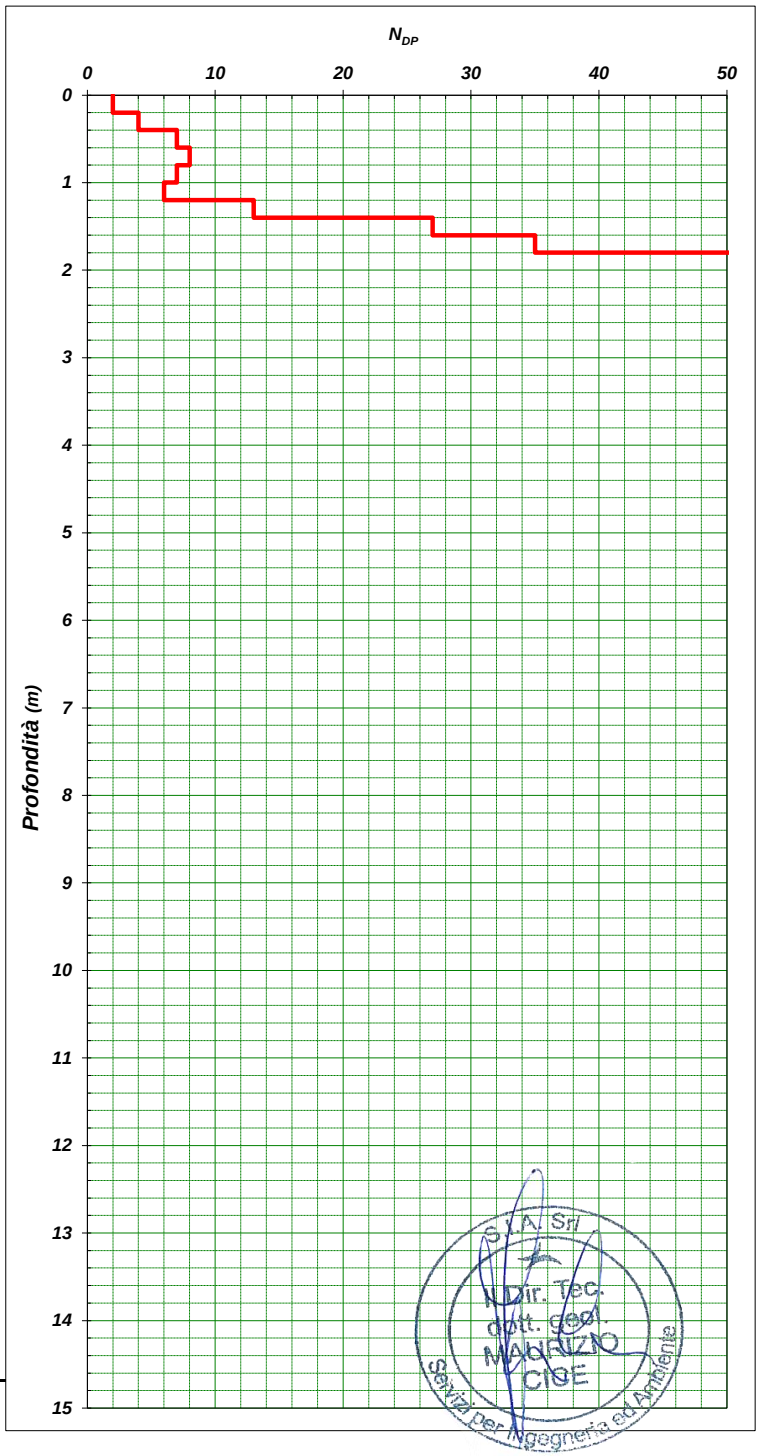
ISO 45001 REGISTERED
ISO 9001 REGISTERED
SOA CONSULT

sia srl
sede legale
via Dei Goti, 15
82019 sant'agata de'goti (bn)
p.iva 04156821219
info@siasrl.eu
www.siasrl.eu

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPSH)

Committente:	*Comune di Banzi*	**Identificativo certificato:**	*CP203/2022*
Località:	*Versante "Grotte di Notargiacomo" Banzi (PZ*	**Data esecuzione prova:**	*04/05/2022*
Prova n.:	*10*	**Profondità massima (m):**	*1.80*

Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]	Prof. [m]	N° Colpi	Rpd [Mpa]
0.0	2	0.00	10.2			20.4		
0.2	4	4.16	10.4			20.6		
0.4	7	7.27	10.6			20.8		
0.6	8	8.31	10.8			21.0		
0.8	7	7.27	11.0			21.2		
1.0	6	5.72	11.2			21.4		
1.2	13	12.39	11.4			21.6		
1.4	27	25.73	11.6			21.8		
1.6	35	33.35	11.8			22.0		
1.8	Rif.	95.29	12.0			22.2		
2.0			12.2			22.4		
2.2			12.4			22.6		
2.4			12.6			22.8		
2.6			12.8			23.0		
2.8			13.0			23.2		
3.0			13.2			23.4		
3.2			13.4			23.6		
3.4			13.6			23.8		
3.6			13.8			24.0		
3.8			14.0			24.2		
4.0			14.2			24.4		
4.2			14.4			24.6		
4.4			14.6			24.8		
4.6			14.8			25.0		
4.8			15.0			25.2		
5.0			15.2			25.4		
5.2			15.4			25.6		
5.4			15.6			25.8		
5.6			15.8			26.0		
5.8			16.0			26.2		
6.0			16.2			26.4		
6.2			16.4			26.6		
6.4			16.6			26.8		
6.6			16.8			27.0		
6.8			17.0			27.2		
7.0			17.2			27.4		
7.2			17.4			27.6		
7.4			17.6			27.8		
7.6			17.8			28.0		
7.8			18.0			28.2		
8.0			18.2			28.4		
8.2			18.4			28.6		
8.4			18.6			28.8		
8.6			18.8			29.0		
8.8			19.0			29.2		
9.0			19.2			29.4		
9.2			19.4			29.6		
9.4			19.6			29.8		
9.6			19.8			30.0		
9.8			20.0					
10.0			20.2					

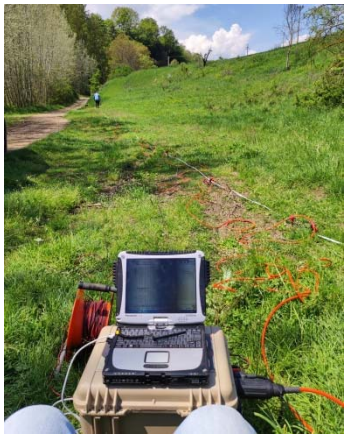


3 INDAGINI GEOFISICHE

Nell'area in esame sono state eseguite n. 4 sismiche a rifrazione elaborate in chiave tomografica (TS1, TS2, TS3 e TS4) e n° 2 stendimenti sismici di tipo masw (MW1 e MW2), atte a meglio definire l'assetto geologico del sottosuolo e le caratteristiche geofisiche dei litotipi interessati.

Ubicazione delle indagini geofisiche eseguite su stralcio foto satellitare da *Google Earth* (scala adattata).

Stendimento TS1



Stendimento TS2

Stendimento TS3

Stendimento MW1

Stendimento MW2 – TS4

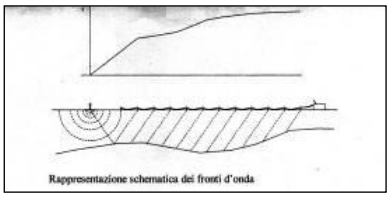
3.1 PROVE SISMICHE IN CHIAVE TOMOGRAFICA

3.1.1 Tomografie sismica a rifrazione

Gli stendimenti TS1, TS2, TS3 e TS4 sono stati eseguiti per essere elaborati in chiave tomografica; nello specifico i profili TS1, TS2 e TS3 sono state estesi per una lunghezza di 48 (m) con distanza intergeofonica rispettivamente pari a 2.00 m. Lungo i profili sono stati eseguiti oltre allo scoppio diretto, coniugato e centrale sei scoppi intermedi. L'offset (distanza sorgente – geofono) ha assunto valori pari alla metà della distanza intergeofonica. Viceversa per lo stendimento TS4 sono stati utilizzati 12 geofoni con distanza intergeofonica di 4 m per una lunghezza complessiva di 48 m lungo lo stendimento sono stati eseguiti n°5 scoppi.

La risposta sismica dei terreni è stata rilevata mediante l'utilizzo di un sismografo digitale "Echo 24/2002 Seismic Unit" a 24 canali di registrazione e con una disposizione sul terreno che ha previsto l'utilizzo di 24 geofoni.

L'indagine geosismica è stata realizzata avvalendosi del metodo sismico a rifrazione, che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) nel sottosuolo. Tali onde vengono generate e si propagano nel terreno, ogniqualvolta quest'ultimo viene sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale che artificiale (esplosioni, masse battenti, ecc).



Nel nostro caso sono stati creati artificialmente degli impulsi mediante l'utilizzo di una massa battente. Quando il suolo viene energizzato artificialmente si propagano in esso vari tipi di onde sismiche, quelle superficiali di maggiore ampiezza e quelle più veloci longitudinali (onde P) e trasversali (onde S); tra tutte queste si utilizzano, per i nostri scopi, esclusivamente le più veloci onde P rifratte dalle varie unità del sottosuolo.

Strumentazione adoperata

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

Sismografo "ECHO 24/2002 Seismic Unit" con 24 canali di registrazione simultanea a 16 bit, con filtri passa basso, passa alto ed a taglio di frequenza. Le prime onde rifratte vengono registrate simultaneamente su 24 geofoni e risulta possibile sommare fra loro successivi impulsi sismici migliorando il rapporto fra segnale e rumore.

- 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno, con risposta lineare a partire dalla frequenza di 14 Hz e relativo cavo di collegamento a 12 take-outs ciascuno spaziati a 5 metri con connettore "cannon" montati su rullo.
- massa battente per l'energizzazione del terreno;

Elaborazione dei dati

Il metodo tomografico è largamente applicato a piccola e grande scala con lo scopo di ricostruire un fedele modello delle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo, che può essere importante per risalire ad importanti caratteristiche litologiche e meccaniche del sottosuolo.

La tomografia a rifrazione (RT) è una tecnica di inversione dei tempi di percorrenza che impiega i primi arrivi relativi ai raggi diretti e rifratti ad opera di nette superfici di discontinuità o da gradienti di velocità.

Essa offre ottimi risultati se impiegata in aree dove la qualità dei dati di sismica tradizionale è scarsa, ad esempio per un basso rapporto S/N, o dove le strutture geologiche presentano complicati ed eterogenei andamenti delle velocità di propagazione delle onde sismiche.

Lo scopo principale del metodo RT è la creazione di un modello di velocità del sottosuolo prossimo alla superficie mediante i primi arrivi relativi alle fasi dirette o rifratte.

La tomografia RT è una delle implementazioni della tomografia dei tempi di percorrenza (traveltime tomography) e si basa innanzitutto su un algoritmo di “tracciamento del raggio” (ray tracing) che calcola il percorso dei raggi sismici ed i relativi tempi di percorrenza, attraverso un modello iniziale approssimativo

In tal modo si ottiene una serie di tempi predetti (o calcolati) che vengono sottratti dai tempi letti sui sismogrammi registrati in campagna per ottenere dei residui.

Innanzitutto, si leggono i primi arrivi dalle tracce sismiche e si crea un modello iniziale di velocità in funzione della profondità, mediante le dromocrone dei primi arrivi o il metodo GRM.

Il modello iniziale è utilizzato dall’algoritmo di ray tracing (tracciamento del raggio sismico) il quale calcola una matrice di tempi calcolati.

I tempi calcolati Tc sono sottratti ai tempi osservati To per ottenere la matrice dei tempi residui Tr. Il passo successivo è quello di eseguire il modulo di inversione tomografica, che si basa sul metodo dei minimi quadrati smorzati (damping least squares). In tale fase si verifica l’attendibilità fisico-matematica e geologica del modello: si controlla che l’inversione non abbia introdotto “artefatti” ma che, piuttosto,abbia evidenziato degli andamenti di velocità con significato geologico adeguato e logico.

E’ importante ricordare che i processi d’inversione non devono essere considerati come procedure automatiche, perché tendono facilmente verso strade errate. Tranne che nelle situazioni ideali, spesso possono essere introdotte dall’inversione, delle strutture “artificiali” che possono procurare seri problemi. L’inversione deve essere considerata come un aiuto matematico che assiste la persona addetta all’interpretazione. L’interprete pertanto è spesso costretto a eseguire più volte l’inversione con differenti parametri.

La metodologia scelta è la tomografia di superficie per la quale la fase di acquisizione dati prevede i geofoni e le sorgenti energizzanti posti sul piano campagna.
In primo luogo si è effettuato uno “screening” preliminare dei dati per accertare la presenza di eventuali tracce inutilizzabili in fase di elaborazione.
Il metodo reciproco generalizzato GRM è una tecnica per delineare rifrattori a morfologia variabile a qualunque profondità, mediante dati di sismica a rifrazione ottenuti tramite profili diretti e coniugati. I tempi di percorso registrati da due geofoni, separati da una distanza variabile XY, sono usati nell’analisi della velocità del rifrattore e nel calcolo della funzione tempo-profondità. In corrispondenza della distanza intergeofonica ottimale XY, i raggi sismici che partono da opposti punti di energizzazione arrivano al geofono posto in X ed a quello posto in Y provenendo dallo stesso punto del rifrattore.

La fase di interpretazione inizia con l’assegnare un rifrattore ad ogni tempo di arrivo, esaminando le curve dei tempi. La fase successiva è quella in cui si determinano le velocità dei rifrattori, e dove possibile, i valori ottimali di XY, cioè la distanza per la quale i raggi diretti e inversi emergono in prossimità dello stesso punto sul rifrattore.

La sequenza di elaborazione dei dati suddetti può essere così riassunta:

- Picking dei primi arrivi. E’ la fase più importante nel processo di elaborazione; le velocità e profondità sono infatti legate ai valori dei primi arrivi.
- Controllo tempi reciproci: questo step di elaborazione è avvenuto in parte in campagna in ambito di acquisizione.
- Identificazione dei “Crossover point” (punti ginocchio). Il punto “ginocchio” identifica il passaggio tra gli arrivi diretti e rifratti. La sua identificazione è necessaria per determinare la velocità dello strato areato e quindi, le profondità e velocità degli strati in profondità.
- Costruzione del modello iniziale mediante GRM

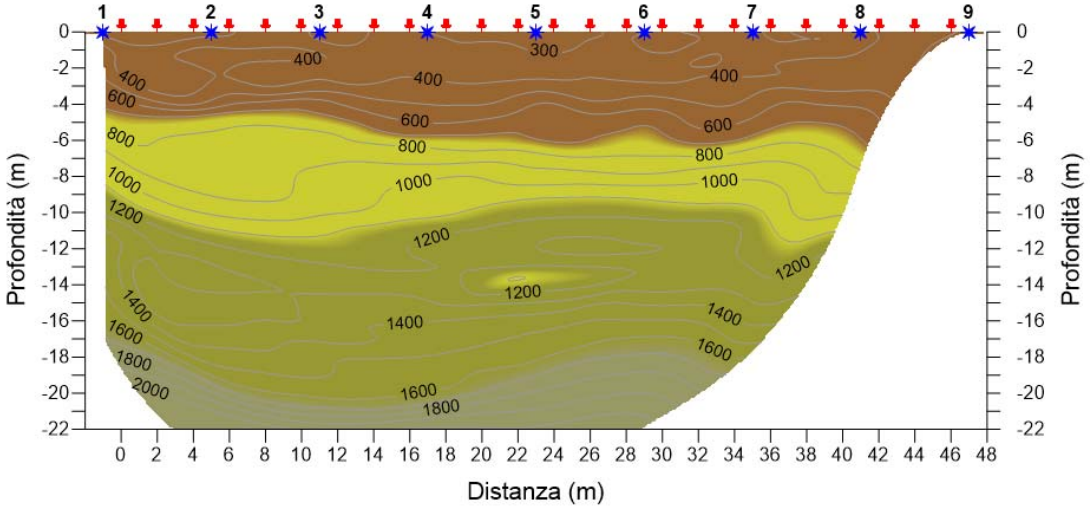
- Inversione tomografica dei dati sismici con adeguato software.

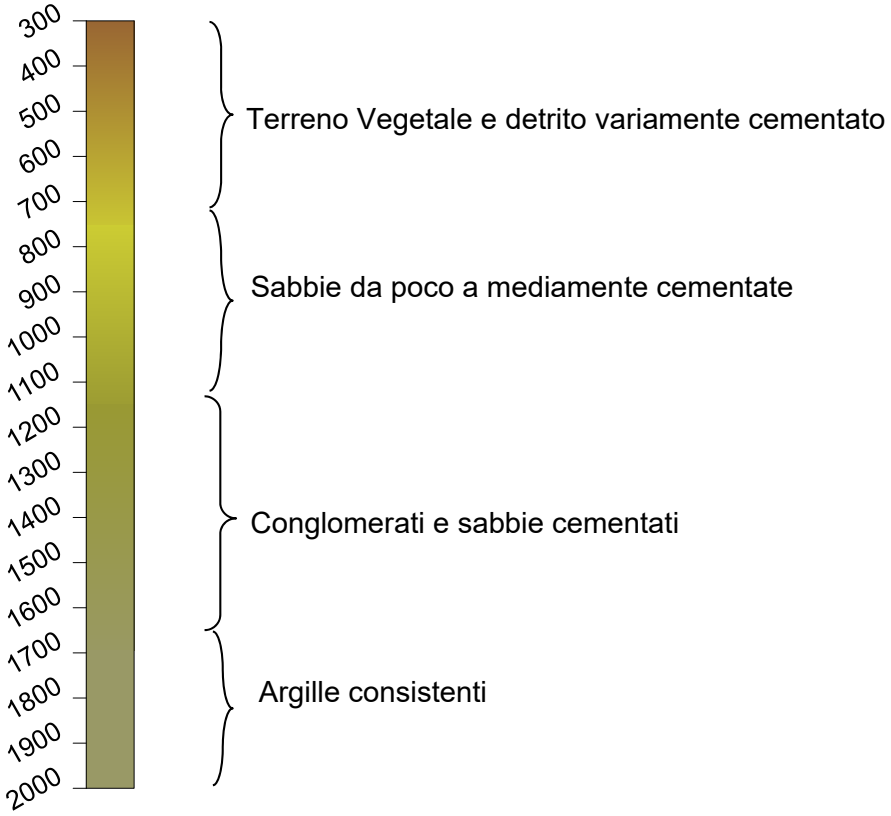
3.1.2 **Base sismica TS1**

PRIMI ARRIVI TS1 - Banzi (PZ)

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
1	0 - 1	1	0.004023
1	0 - 1	2	0.012086
1	0 - 1	3	0.017211
1	0 - 1	4	0.021394
1	0 - 1	5	0.0251
1	0 - 1	6	0.028872
1	0 - 1	7	0.033527
1	0 - 1	8	0.037062
1	0 - 1	9	0.040221
1	0 - 1	10	0.043712
1	0 - 1	11	0.047496
1	0 - 1	12	0.049596
1	0 - 1	13	0.052028
1	0 - 1	14	0.052739
1	0 - 1	15	0.054972
1	0 - 1	16	0.057148
1	0 - 1	17	0.057724
1	0 - 1	18	0.058958
1	0 - 1	19	0.060432
1	0 - 1	20	0.061013
1	0 - 1	21	0.062086
1	0 - 1	22	0.063149
1	0 - 1	23	0.064927
1	0 - 1	24	0.068446
2	3 - 4	1	0.017301
2	3 - 4	2	0.010903
2	3 - 4	3	0.003612
2	3 - 4	4	0.003458
2	3 - 4	5	0.009757
2	3 - 4	6	0.015193
2	3 - 4	7	0.020418
2	3 - 4	8	0.02559
2	3 - 4	9	0.030877
2	3 - 4	10	0.035937
2	3 - 4	11	0.039869
2	3 - 4	12	0.042056
2	3 - 4	13	0.044519
2	3 - 4	14	0.04524
2	3 - 4	15	0.047476
2	3 - 4	16	0.050359
2	3 - 4	17	0.051277
2	3 - 4	18	0.052786
2	3 - 4	19	0.054739
2	3 - 4	20	0.055503
2	3 - 4	21	0.05671
2	3 - 4	22	0.057856
2	3 - 4	23	0.059657
2	3 - 4	24	0.063232
3	6 - 7	1	0.030667
3	6 - 7	2	0.025154
3	6 - 7	3	0.019813
3	6 - 7	4	0.015262
3	6 - 7	5	0.009334
3	6 - 7	6	0.003312
3	6 - 7	7	0.003606
3	6 - 7	8	0.01069
3	6 - 7	9	0.016664
3	6 - 7	10	0.023119
3	6 - 7	11	0.029945
3	6 - 7	12	0.036316
3	6 - 7	13	0.039406
3	6 - 7	14	0.040379
3	6 - 7	15	0.042712
3	6 - 7	16	0.04576
3	6 - 7	17	0.046784
3	6 - 7	18	0.048353
3	6 - 7	19	0.050373
3	6 - 7	20	0.051156
3	6 - 7	21	0.052384
3	6 - 7	22	0.053548
3	6 - 7	23	0.055355
3	6 - 7	24	0.058931
4	9 - 10	1	0.041604
4	9 - 10	2	0.039351
4	9 - 10	3	0.035235
4	9 - 10	4	0.031564
4	9 - 10	5	0.026524
4	9 - 10	6	0.022065
4	9 - 10	7	0.016143
4	9 - 10	8	0.009059
4	9 - 10	9	0.003086
4	9 - 10	10	0.003376
4	9 - 10	11	0.010288
4	9 - 10	12	0.017277
4	9 - 10	13	0.025094
4	9 - 10	14	0.031213
4	9 - 10	15	0.034814
4	9 - 10	16	0.039708
4	9 - 10	17	0.041677
4	9 - 10	18	0.043737
4	9 - 10	19	0.046134
4	9 - 10	20	0.046976
4	9 - 10	21	0.048271
4	9 - 10	22	0.049522
4	9 - 10	23	0.051367
4	9 - 10	24	0.054958
5	12 - 13	1	0.050608
5	12 - 13	2	0.048425
5	12 - 13	3	0.044461
5	12 - 13	4	0.0426
5	12 - 13	5	0.04066
5	12 - 13	6	0.038704
5	12 - 13	7	0.036883
5	12 - 13	8	0.029863
5	12 - 13	9	0.023933
5	12 - 13	10	0.017673
5	12 - 13	11	0.010783
5	12 - 13	12	0.003761
5	12 - 13	13	0.004129
5	12 - 13	14	0.011874
5	12 - 13	15	0.018005
5	12 - 13	16	0.024458
5	12 - 13	17	0.030407
5	12 - 13	18	0.03481
5	12 - 13	19	0.039459
5	12 - 13	20	0.041777
5	12 - 13	21	0.043209
5	12 - 13	22	0.044589
5	12 - 13	23	0.046501
5	12 - 13	24	0.050121
6	15 - 16	1	0.056486
6	15 - 16	2	0.054311
6	15 - 16	3	0.050367
6	15 - 16	4	0.048538
6	15 - 16	5	0.046748
6	15 - 16	6	0.044993
6	15 - 16	7	0.044329
6	15 - 16	8	0.041684
6	15 - 16	9	0.038652
6	15 - 16	10	0.034859
6	15 - 16	11	0.028739
6	15 - 16	12	0.023624
6	15 - 16	13	0.016943
6	15 - 16	14	0.009222
6	15 - 16	15	0.003092
6	15 - 16	16	0.003401
6	15 - 16	17	0.009997
6	15 - 16	18	0.015299
6	15 - 16	19	0.021292
6	15 - 16	20	0.0281
6	15 - 16	21	0.033296
6	15 - 16	22	0.037039
6	15 - 16	23	0.039692
6	15 - 16	24	0.043427
7	18 - 19	1	0.060824
7	18 - 19	2	0.05903
7	18 - 19	3	0.055106
7	18 - 19	4	0.053305
7	18 - 19	5	0.051618
7	18 - 19	6	0.050016
7	18 - 19	7	0.049529
7	18 - 19	8	0.047871
7	18 - 19	9	0.045986
7	18 - 19	10	0.044367
7	18 - 19	11	0.041052
7	18 - 19	12	0.038139
7	18 - 19	13	0.033851
7	18 - 19	14	0.02636
7	18 - 19	15	0.020961
7	18 - 19	16	0.014608
7	18 - 19	17	0.008012
7	18 - 19	18	0.00271
7	18 - 19	19	0.003283
7	18 - 19	20	0.01009
7	18 - 19	21	0.01625
7	18 - 19	22	0.020986
7	18 - 19	23	0.024855
7	18 - 19	24	0.029148
8	21 - 22	1	0.063583
8	21 - 22	2	0.062322
8	21 - 22	3	0.058401
8	21 - 22	4	0.056605
8	21 - 22	5	0.054935
8	21 - 22	6	0.053364
8	21 - 22	7	0.052917
8	21 - 22	8	0.051358
8	21 - 22	9	0.049552
8	21 - 22	10	0.048274
8	21 - 22	11	0.046278
8	21 - 22	12	0.044367
8	21 - 22	13	0.043255
8	21 - 22	14	0.03963
8	21 - 22	15	0.037327
8	21 - 22	16	0.032491
8	21 - 22	17	0.026079
8	21 - 22	18	0.020985
8	21 - 22	19	0.015777
8	21 - 22	20	0.00897
8	21 - 22	21	0.00281
8	21 - 22	22	0.002595
8	21 - 22	23	0.007266
8	21 - 22	24	0.011908
9	24 - 25	1	0.071743
9	24 - 25	2	0.07057
9	24 - 25	3	0.06665
9	24 - 25	4	0.064855
9	24 - 25	5	0.063189
9	24 - 25	6	0.061625
9	24 - 25	7	0.061189
9	24 - 25	8	0.059675
9	24 - 25	9	0.057897
9	24 - 25	10	0.056642
9	24 - 25	11	0.054683
9	24 - 25	12	0.05284
9	24 - 25	13	0.051851
9	24 - 25	14	0.048311
9	24 - 25	15	0.046345
9	24 - 25	16	0.043707
9	24 - 25	17	0.038462
9	24 - 25	18	0.03363
9	24 - 25	19	0.02928
9	24 - 25	20	0.023348
9	24 - 25	21	0.017188
9	24 - 25	22	0.011782
9	24 - 25	23	0.007112
9	24 - 25	24	0.00247

Tomogramma TS1





3.1.3 **Base sismica TS2**

PRIMI ARRIVI TS2 - Banzi (PZ)

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
1	0 - 1	1	0.004102
1	0 - 1	2	0.009871
1	0 - 1	3	0.011666
1	0 - 1	4	0.013717
1	0 - 1	5	0.015897
1	0 - 1	6	0.016153
1	0 - 1	7	0.016922
1	0 - 1	8	0.017051
1	0 - 1	9	0.018461
1	0 - 1	10	0.019358
1	0 - 1	11	0.021153
1	0 - 1	12	0.022563
1	0 - 1	13	0.023717
1	0 - 1	14	0.023973
1	0 - 1	15	0.026025
1	0 - 1	16	0.026922
1	0 - 1	17	0.027819
1	0 - 1	18	0.029358
1	0 - 1	19	0.030127
1	0 - 1	20	0.031409
1	0 - 1	21	0.032178
1	0 - 1	22	0.034101
1	0 - 1	23	0.035127
1	0 - 1	24	0.037819

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
2	3 - 4	1	0.011923
2	3 - 4	2	0.007564
2	3 - 4	3	0.00282
2	3 - 4	4	0.002179
2	3 - 4	5	0.00641
2	3 - 4	6	0.010384
2	3 - 4	7	0.011666
2	3 - 4	8	0.013846
2	3 - 4	9	0.014615
2	3 - 4	10	0.015128
2	3 - 4	11	0.016281
2	3 - 4	12	0.018204
2	3 - 4	13	0.01923
2	3 - 4	14	0.019999
2	3 - 4	15	0.020897
2	3 - 4	16	0.023076
2	3 - 4	17	0.024743
2	3 - 4	18	0.025384
2	3 - 4	19	0.026153
2	3 - 4	20	0.028332
2	3 - 4	21	0.029358
2	3 - 4	22	0.030768
2	3 - 4	23	0.032563
2	3 - 4	24	0.033717

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
3	6 - 7	1	0.016281
3	6 - 7	2	0.014999
3	6 - 7	3	0.012307
3	6 - 7	4	0.009102
3	6 - 7	5	0.006538
3	6 - 7	6	0.001923
3	6 - 7	7	0.003333
3	6 - 7	8	0.00923
3	6 - 7	9	0.011666
3	6 - 7	10	0.013333
3	6 - 7	11	0.014999
3	6 - 7	12	0.015769
3	6 - 7	13	0.015769
3	6 - 7	14	0.017563
3	6 - 7	15	0.018204
3	6 - 7	16	0.019486
3	6 - 7	17	0.020768
3	6 - 7	18	0.021794
3	6 - 7	19	0.022563
3	6 - 7	20	0.023332
3	6 - 7	21	0.024871
3	6 - 7	22	0.025768
3	6 - 7	23	0.026666
3	6 - 7	24	0.02923

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
4	9 - 10	1	0.010486
4	9 - 10	2	0.018204
4	9 - 10	3	0.01564
4	9 - 10	4	0.014358
4	9 - 10	5	0.012307
4	9 - 10	6	0.010384
4	9 - 10	7	0.008461
4	9 - 10	8	0.004487
4	9 - 10	9	0.005256
4	9 - 10	10	0.010256
4	9 - 10	11	0.012051
4	9 - 10	12	0.013076
4	9 - 10	13	0.014743
4	9 - 10	14	0.015384
4	9 - 10	15	0.01564
4	9 - 10	16	0.017051
4	9 - 10	17	0.018974
4	9 - 10	18	0.019615
4	9 - 10	19	0.02064
4	9 - 10	20	0.022435
4	9 - 10	21	0.022691
4	9 - 10	22	0.02423
4	9 - 10	23	0.024743
4	9 - 10	24	0.027307

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
5	12 - 13	1	0.02205
5	12 - 13	2	0.020768
5	12 - 13	3	0.016281
5	12 - 13	4	0.018204
5	12 - 13	5	0.017563
5	12 - 13	6	0.016281
5	12 - 13	7	0.013589
5	12 - 13	8	0.012179
5	12 - 13	9	0.010384
5	12 - 13	10	0.008461
5	12 - 13	11	0.003077
5	12 - 13	12	0.002564
5	12 - 13	13	0.00782
5	12 - 13	14	0.010512
5	12 - 13	15	0.011666
5	12 - 13	16	0.012564
5	12 - 13	17	0.014358
5	12 - 13	18	0.014999
5	12 - 13	19	0.017563
5	12 - 13	20	0.017563
5	12 - 13	21	0.018845
5	12 - 13	22	0.019486
5	12 - 13	23	0.021409
5	12 - 13	24	0.023332

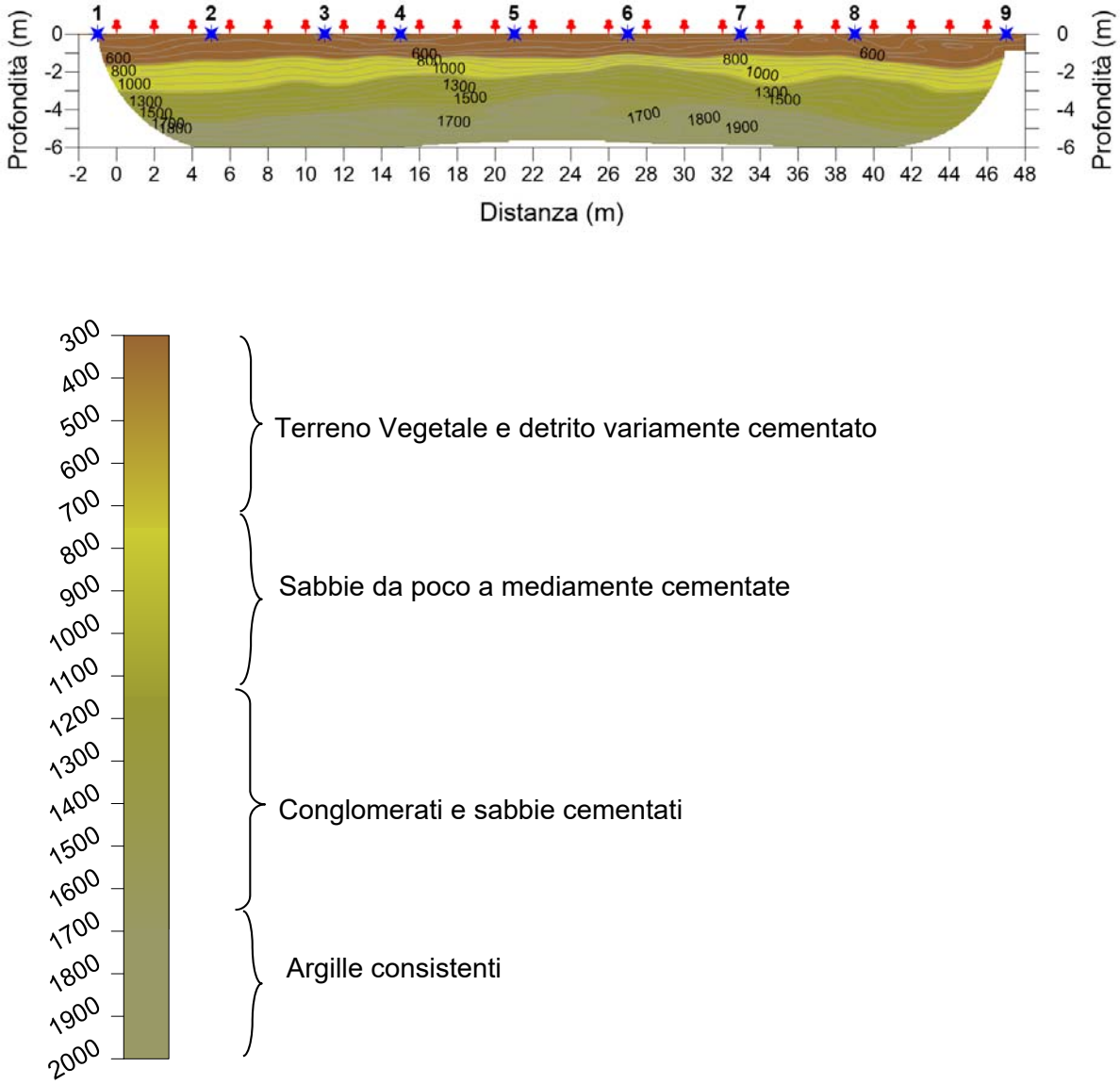
Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
6	15 - 16	1	0.023461
6	15 - 16	2	0.022307
6	15 - 16	3	0.020897
6	15 - 16	4	0.020127
6	15 - 16	5	0.018845
6	15 - 16	6	0.018076
6	15 - 16	7	0.016922
6	15 - 16	8	0.016281
6	15 - 16	9	0.012948
6	15 - 16	10	0.011666
6	15 - 16	11	0.010384
6	15 - 16	12	0.010256
6	15 - 16	13	0.008461
6	15 - 16	14	0.003333
6	15 - 16	15	0.004743
6	15 - 16	16	0.009102
6	15 - 16	17	0.010384
6	15 - 16	18	0.01141
6	15 - 16	19	0.012564
6	15 - 16	20	0.013717
6	15 - 16	21	0.015512
6	15 - 16	22	0.016153
6	15 - 16	23	0.017563
6	15 - 16	24	0.019999

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
7	18 - 19	1	0.02705
7	18 - 19	2	0.025896
7	18 - 19	3	0.024743
7	18 - 19	4	0.023332
7	18 - 19	5	0.02205
7	18 - 19	6	0.021794
7	18 - 19	7	0.019486
7	18 - 19	8	0.018461
7	18 - 19	9	0.01782
7	18 - 19	10	0.016922
7	18 - 19	11	0.016666
7	18 - 19	12	0.01423
7	18 - 19	13	0.012948
7	18 - 19	14	0.011025
7	18 - 19	15	0.009487
7	18 - 19	16	0.00782
7	18 - 19	17	0.003846
7	18 - 19	18	0.003846
7	18 - 19	19	0.007307
7	18 - 19	20	0.009487
7	18 - 19	21	0.012564
7	18 - 19	22	0.014358
7	18 - 19	23	0.015512
7	18 - 19	24	0.017563

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
8	21 - 22	1	0.031153
8	21 - 22	2	0.029742
8	21 - 22	3	0.028589
8	21 - 22	4	0.026794
8	21 - 22	5	0.024743
8	21 - 22	6	0.024486
8	21 - 22	7	0.023332
8	21 - 22	8	0.021794
8	21 - 22	9	0.021794
8	21 - 22	10	0.019358
8	21 - 22	11	0.018204
8	21 - 22	12	0.016922
8	21 - 22	13	0.016922
8	21 - 22	14	0.014487
8	21 - 22	15	0.014358
8	21 - 22	16	0.013717
8	21 - 22	17	0.010897
8	21 - 22	18	0.00923
8	21 - 22	19	0.005384
8	21 - 22	20	0.001795
8	21 - 22	21	0.003846
8	21 - 22	22	0.009102
8	21 - 22	23	0.011666
8	21 - 22	24	0.013589

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
9	24 - 25	1	0.03487
9	24 - 25	2	0.034229
9	24 - 25	3	0.032435
9	24 - 25	4	0.031153
9	24 - 25	5	0.029871
9	24 - 25	6	0.028589
9	24 - 25	7	0.028076
9	24 - 25	8	0.027307
9	24 - 25	9	0.026922
9	24 - 25	10	0.024743
9	24 - 25	11	0.02282
9	24 - 25	12	0.022307
9	24 - 25	13	0.021538
9	24 - 25	14	0.020512
9	24 - 25	15	0.019102
9	24 - 25	16	0.018589
9	24 - 25	17	0.01782
9	24 - 25	18	0.017051
9	24 - 25	19	0.01564
9	24 - 25	20	0.012948
9	24 - 25	21	0.011666
9	24 - 25	22	0.009102
9	24 - 25	23	0.006538
9	24 - 25	24	0.002692

Tomogramma TS2



3.1.4 **Base sismica TS3**

PRIMI ARRIVI TS3 - Banzi (PZ)

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
1	0 - 1	1	0.002692
1	0 - 1	2	0.008205
1	0 - 1	3	0.017307
1	0 - 1	4	0.023845
1	0 - 1	5	0.02705
1	0 - 1	6	0.029871
1	0 - 1	7	0.030896
1	0 - 1	8	0.031922
1	0 - 1	9	0.032306
1	0 - 1	10	0.033076
1	0 - 1	11	0.035255
1	0 - 1	12	0.036152
1	0 - 1	13	0.037178
1	0 - 1	14	0.03846
1	0 - 1	15	0.040127
1	0 - 1	16	0.041152
1	0 - 1	17	0.043075
1	0 - 1	18	0.043844
1	0 - 1	19	0.045896
1	0 - 1	20	0.047178
1	0 - 1	21	0.04769
1	0 - 1	22	0.049357
1	0 - 1	23	0.050895
1	0 - 1	24	0.051408

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
2	3 - 4	1	0.019486
2	3 - 4	2	0.012179
2	3 - 4	3	0.005
2	3 - 4	4	0.003718
2	3 - 4	5	0.015512
2	3 - 4	6	0.02064
2	3 - 4	7	0.025512
2	3 - 4	8	0.027691
2	3 - 4	9	0.02923
2	3 - 4	10	0.031153
2	3 - 4	11	0.032435
2	3 - 4	12	0.032563
2	3 - 4	13	0.03564
2	3 - 4	14	0.035768
2	3 - 4	15	0.037306
2	3 - 4	16	0.037947
2	3 - 4	17	0.038973
2	3 - 4	18	0.041152
2	3 - 4	19	0.041024
2	3 - 4	20	0.043332
2	3 - 4	21	0.044614
2	3 - 4	22	0.046408
2	3 - 4	23	0.04769
2	3 - 4	24	0.04769

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
3	6 - 7	1	0.029871
3	6 - 7	2	0.02705
3	6 - 7	3	0.023845
3	6 - 7	4	0.017307
3	6 - 7	5	0.01
3	6 - 7	6	0.004231
3	6 - 7	7	0.004872
3	6 - 7	8	0.01141
3	6 - 7	9	0.017435
3	6 - 7	10	0.02282
3	6 - 7	11	0.025768
3	6 - 7	12	0.028717
3	6 - 7	13	0.032691
3	6 - 7	14	0.033332
3	6 - 7	15	0.033588
3	6 - 7	16	0.034614
3	6 - 7	17	0.036152
3	6 - 7	18	0.036793
3	6 - 7	19	0.037947
3	6 - 7	20	0.040127
3	6 - 7	21	0.042306
3	6 - 7	22	0.042691
3	6 - 7	23	0.04346
3	6 - 7	24	0.044998

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
4	9 - 10	1	0.034742
4	9 - 10	2	0.030383
4	9 - 10	3	0.026922
4	9 - 10	4	0.023845
4	9 - 10	5	0.021666
4	9 - 10	6	0.017307
4	9 - 10	7	0.013076
4	9 - 10	8	0.006923
4	9 - 10	9	0.002436
4	9 - 10	10	0.002308
4	9 - 10	11	0.007564
4	9 - 10	12	0.013076
4	9 - 10	13	0.017307
4	9 - 10	14	0.02282
4	9 - 10	15	0.026025
4	9 - 10	16	0.02923
4	9 - 10	17	0.030768
4	9 - 10	18	0.033588
4	9 - 10	19	0.034742
4	9 - 10	20	0.036922
4	9 - 10	21	0.038973
4	9 - 10	22	0.038973
4	9 - 10	23	0.041152
4	9 - 10	24	0.043332

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
5	12 - 13	1	0.036793
5	12 - 13	2	0.034742
5	12 - 13	3	0.032563
5	12 - 13	4	0.031409
5	12 - 13	5	0.02923
5	12 - 13	6	0.02705
5	12 - 13	7	0.023845
5	12 - 13	8	0.019743
5	12 - 13	9	0.016281
5	12 - 13	10	0.012051
5	12 - 13	11	0.008718
5	12 - 13	12	0.002179
5	12 - 13	13	0.003846
5	12 - 13	14	0.010384
5	12 - 13	15	0.015256
5	12 - 13	16	0.020127
5	12 - 13	17	0.02282
5	12 - 13	18	0.02705
5	12 - 13	19	0.030383
5	12 - 13	20	0.033076
5	12 - 13	21	0.035768
5	12 - 13	22	0.036152
5	12 - 13	23	0.036793
5	12 - 13	24	0.039614

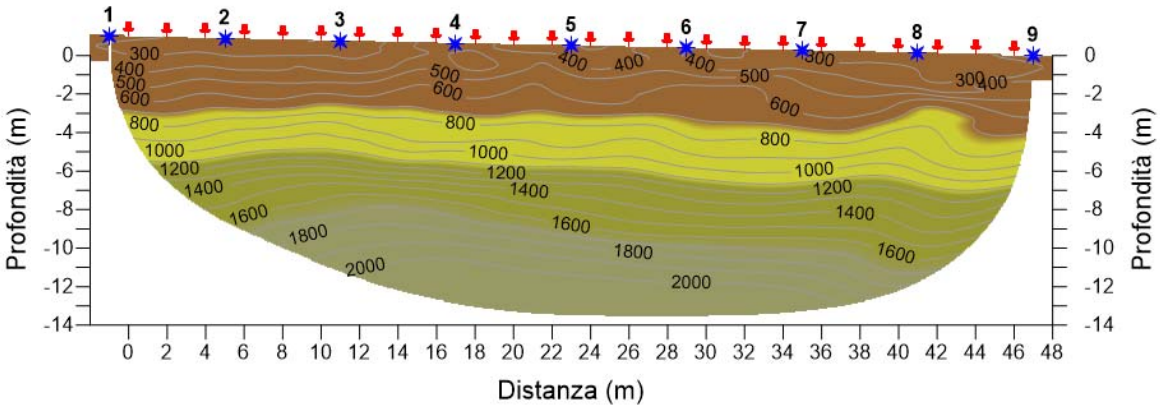
Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
6	15 - 16	1	0.039614
6	15 - 16	2	0.038332
6	15 - 16	3	0.036281
6	15 - 16	4	0.034742
6	15 - 16	5	0.033845
6	15 - 16	6	0.031409
6	15 - 16	7	0.030383
6	15 - 16	8	0.02705
6	15 - 16	9	0.026025
6	15 - 16	10	0.02282
6	15 - 16	11	0.019486
6	15 - 16	12	0.015256
6	15 - 16	13	0.010897
6	15 - 16	14	0.006538
6	15 - 16	15	0.002179
6	15 - 16	16	0.003461
6	15 - 16	17	0.010256
6	15 - 16	18	0.015256
6	15 - 16	19	0.019102
6	15 - 16	20	0.02282
6	15 - 16	21	0.028717
6	15 - 16	22	0.02923
6	15 - 16	23	0.031665
6	15 - 16	24	0.034742

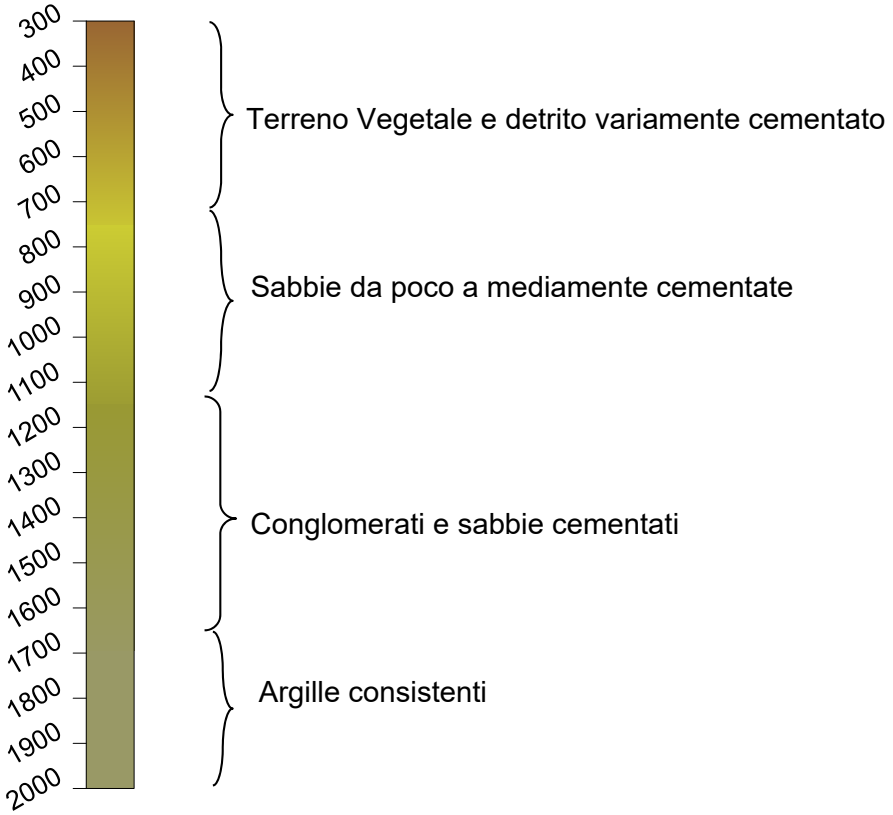
Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
7	18 - 19	1	0.045511
7	18 - 19	2	0.043332
7	18 - 19	3	0.042306
7	18 - 19	4	0.040127
7	18 - 19	5	0.040127
7	18 - 19	6	0.038973
7	18 - 19	7	0.036793
7	18 - 19	8	0.034742
7	18 - 19	9	0.032306
7	18 - 19	10	0.03205
7	18 - 19	11	0.028204
7	18 - 19	12	0.02705
7	18 - 19	13	0.02205
7	18 - 19	14	0.018974
7	18 - 19	15	0.015769
7	18 - 19	16	0.014102
7	18 - 19	17	0.008718
7	18 - 19	18	0.003846
7	18 - 19	19	0.004359
7	18 - 19	20	0.013076
7	18 - 19	21	0.018461
7	18 - 19	22	0.023845
7	18 - 19	23	0.02705
7	18 - 19	24	0.02923

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
8	21 - 22	1	0.048716
8	21 - 22	2	0.046537
8	21 - 22	3	0.044998
8	21 - 22	4	0.043332
8	21 - 22	5	0.043332
8	21 - 22	6	0.041152
8	21 - 22	7	0.041152
8	21 - 22	8	0.040127
8	21 - 22	9	0.037947
8	21 - 22	10	0.036793
8	21 - 22	11	0.035768
8	21 - 22	12	0.035768
8	21 - 22	13	0.033588
8	21 - 22	14	0.032563
8	21 - 22	15	0.031794
8	21 - 22	16	0.02923
8	21 - 22	17	0.026025
8	21 - 22	18	0.021666
8	21 - 22	19	0.016281
8	21 - 22	20	0.011923
8	21 - 22	21	0.005513
8	21 - 22	22	0.005513
8	21 - 22	23	0.016281
8	21 - 22	24	0.026025

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
9	24 - 25	1	0.052049
9	24 - 25	2	0.04987
9	24 - 25	3	0.04769
9	24 - 25	4	0.04769
9	24 - 25	5	0.046537
9	24 - 25	6	0.044485
9	24 - 25	7	0.044485
9	24 - 25	8	0.042306
9	24 - 25	9	0.041152
9	24 - 25	10	0.041152
9	24 - 25	11	0.040127
9	24 - 25	12	0.038973
9	24 - 25	13	0.037947
9	24 - 25	14	0.037947
9	24 - 25	15	0.036793
9	24 - 25	16	0.035768
9	24 - 25	17	0.032563
9	24 - 25	18	0.030383
9	24 - 25	19	0.026025
9	24 - 25	20	0.023845
9	24 - 25	21	0.018461
9	24 - 25	22	0.013076
9	24 - 25	23	0.007564
9	24 - 25	24	0.003333

Tomogramma TS3





3.1.5 **Base sismica TS4**

PRIMI ARRIVI TS4 - Banzi (PZ)

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
1	0 - 1	1	0.003333
1	0 - 1	2	0.010267
1	0 - 1	3	0.013867
1	0 - 1	4	0.018667
1	0 - 1	5	0.023067
1	0 - 1	6	0.0308
1	0 - 1	7	0.034933
1	0 - 1	8	0.038
1	0 - 1	9	0.045067
1	0 - 1	10	0.049733
1	0 - 1	11	0.052133
1	0 - 1	12	0.058

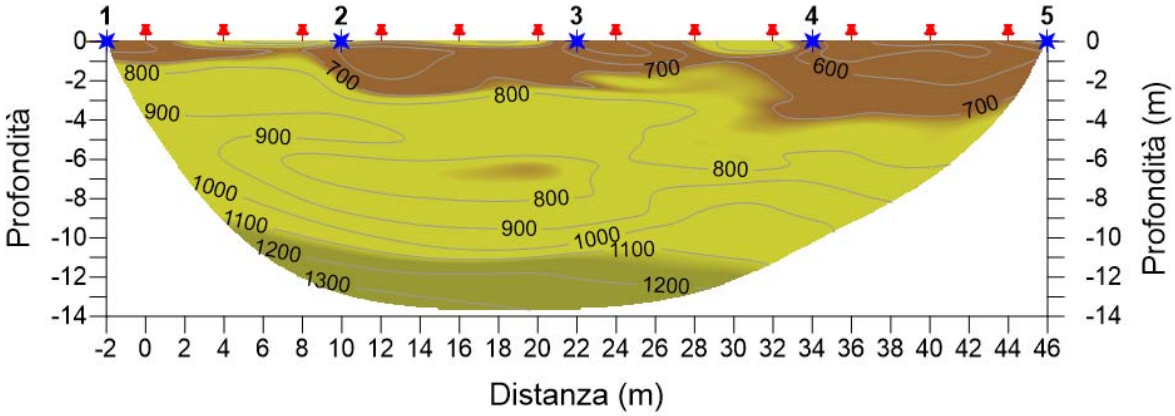
Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
2	3 - 4	1	0.009067
2	3 - 4	2	0.006267
2	3 - 4	3	0.002133
2	3 - 4	4	0.002
2	3 - 4	5	0.007733
2	3 - 4	6	0.0116
2	3 - 4	7	0.020133
2	3 - 4	8	0.026133
2	3 - 4	9	0.033733
2	3 - 4	10	0.040267
2	3 - 4	11	0.045067
2	3 - 4	12	0.0512

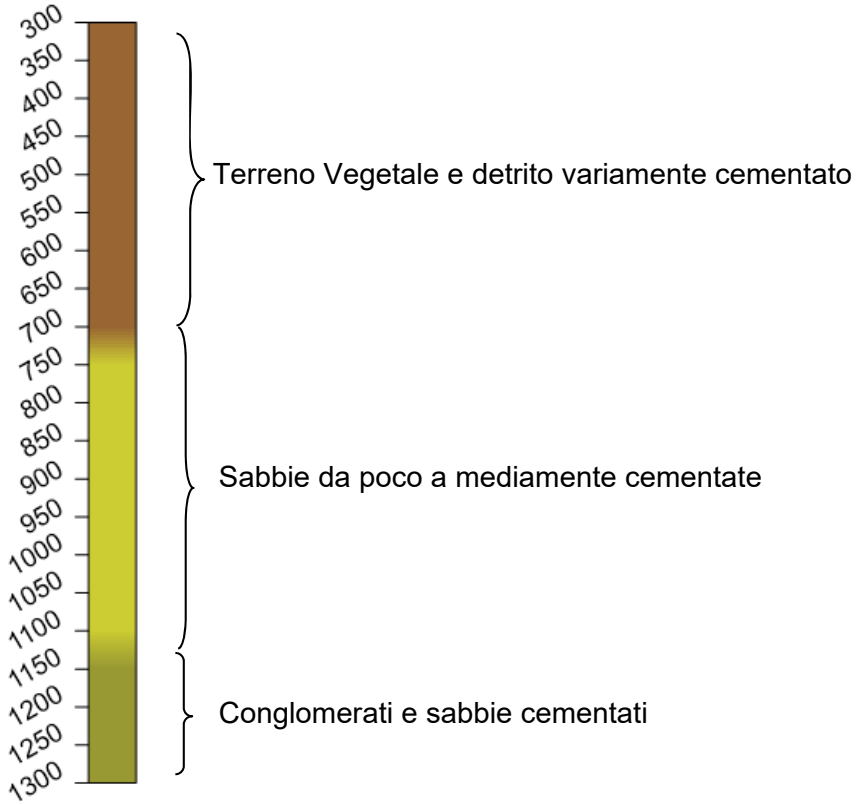
Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
3	6 - 7	1	0.0288
3	6 - 7	2	0.024933
3	6 - 7	3	0.0184
3	6 - 7	4	0.011867
3	6 - 7	5	0.0072
3	6 - 7	6	0.0024
3	6 - 7	7	0.0048
3	6 - 7	8	0.012533
3	6 - 7	9	0.016
3	6 - 7	10	0.023067
3	6 - 7	11	0.0284
3	6 - 7	12	0.0344

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
4	9 - 10	1	0.042667
4	9 - 10	2	0.039067
4	9 - 10	3	0.0344
4	9 - 10	4	0.0296
4	9 - 10	5	0.023733
4	9 - 10	6	0.016533
4	9 - 10	7	0.011867
4	9 - 10	8	0.0072
4	9 - 10	9	0.0036
4	9 - 10	10	0.0048
4	9 - 10	11	0.010667
4	9 - 10	12	0.021467

Shot Nr.	Shot Station	Receiver Station	First Break (seconds)
5	12 - 13	1	0.0568
5	12 - 13	2	0.055067
5	12 - 13	3	0.052133
5	12 - 13	4	0.047333
5	12 - 13	5	0.0432
5	12 - 13	6	0.040267
5	12 - 13	7	0.035467
5	12 - 13	8	0.030267
5	12 - 13	9	0.022533
5	12 - 13	10	0.016667
5	12 - 13	11	0.0096
5	12 - 13	12	0.0024

Tomogramma TS4





3.2 PROVE SISMICHE MASW

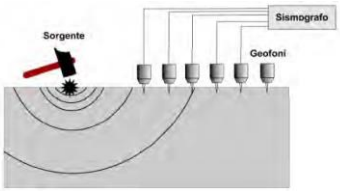
3.2.1 Elaborazione MASW

Sono stati eseguiti, utilizzando 24 geofoni a bassa frequenza da 4,5 Hz, n. 2 profili sismici tipo MASW per la determinazione delle velocità Vs e del relativo Vs equivalente.

Classificazione sismica dei suoli con il metodo MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, sulla base del quale valutare, così come stabilito dall'NTC 2018, la velocità equivalente delle onde di taglio verticale - Vseq, sino alla profondità H del substrato sismico (in m) e la corrispondente categoria sismica del sottosuolo. Per substrato sismico si intende quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vseq è definita dal parametro Vs30 ottenuto ponendo H = 30 m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La metodologia MASW si basa sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (24 geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K.and Richerds, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazione sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi indagano la porzione di suolo più profonda.

Nel metodo MASW si usano le sole onde di *Rayleigh* e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e SV. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde *Rayleigh*, intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e SV. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, ciò perché le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

Mediante l'utilizzo di un opportuno software è possibile ricavare il profilo verticale della Vs tramite inversione della curva di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

La procedura si sviluppa in tre operazioni svolte in successione:

1. determinazione dello spettro di velocità, sul quale verrà identificata la curva di dispersione;
2. inversione della curva di dispersione ed individuazione del profilo verticale della Vs, attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici;
3 calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità Vs30 e quindi individuazione della categoria di suolo sismico secondo quanto indicato dalla nuova normativa sismica OPCM e dall'Eurocodice 8.

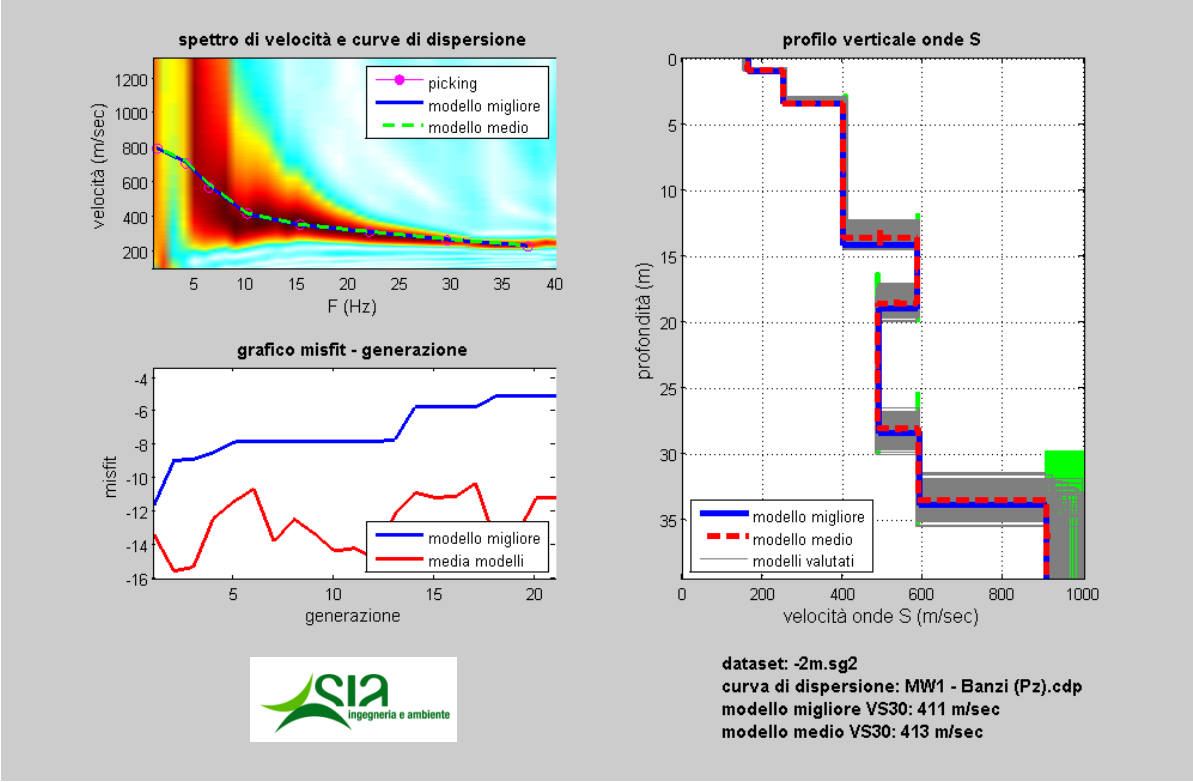
Per ottenere i dati geofisici dell'area di studio, sono state utilizzate le seguenti apparecchiature:

- Sistema di registrazione multicanale (24) "Unità sismica ECHO 24/2002";
- Geofoni verticali 4.5 Hz (set di 24)
- Sorgente dell'impatto: una mazza da 8 kg su una piastra metallica 15 cm x 15 cm

I risultati sono riportati di seguito.

3.2.2 **Prova sismica MW 1**

Committente: Comune di Banzi (Pz)
Cantiere: Grotte di Notargiacomo

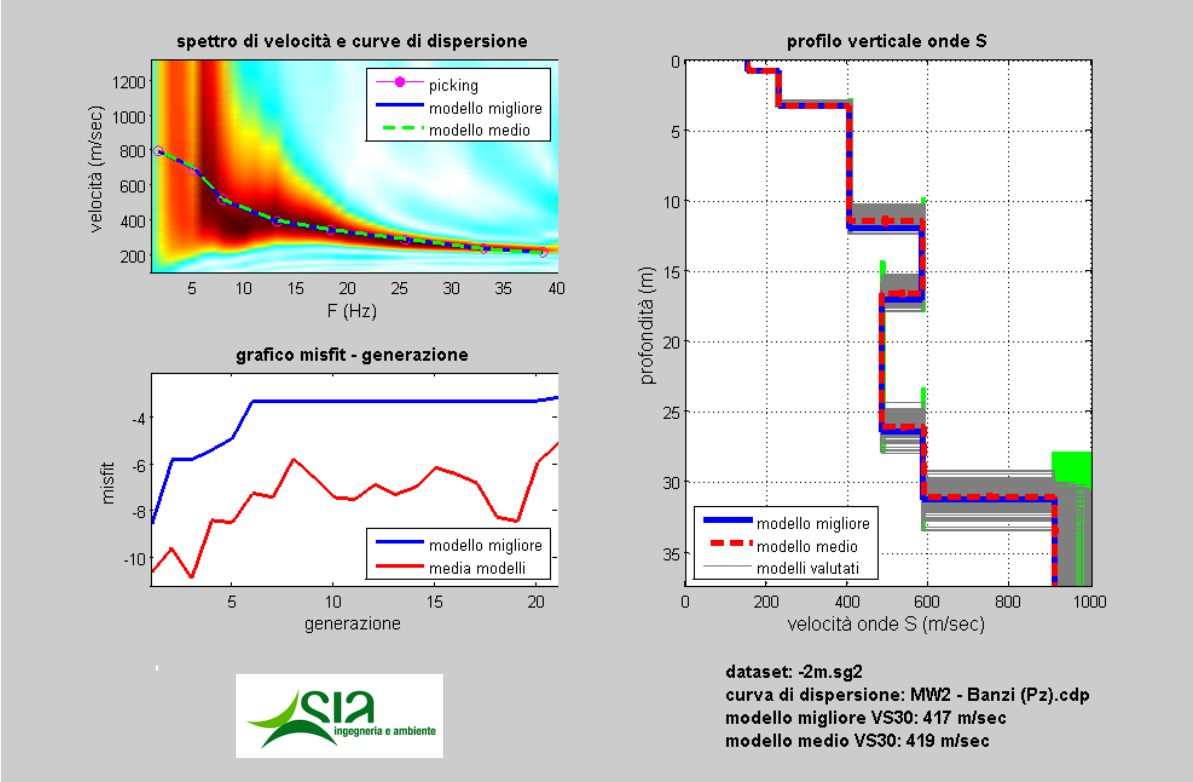


Media MW1	
Vs (m/s)	Spessore (m)
162	1.00
252	2.50
401	10.10
582	4.90
485	9.50
586	2.00

Valore calcolato Vseq = Vs30 413 m/s	
Classe del sito	***B***

3.2.1 **Prova sismica MW 2**

Committente: Comune di Banzi (Pz)
Cantiere: Grotte di Notargiacomo



Media MW2	
Vs (m/s)	Spessore (m)
155	0.80
229	2.50
403	8.20
583	5.10
483	9.50
585	3.90

Valore calcolato Vseq = Vs30 419 m/s	
Classe del sito	***B***