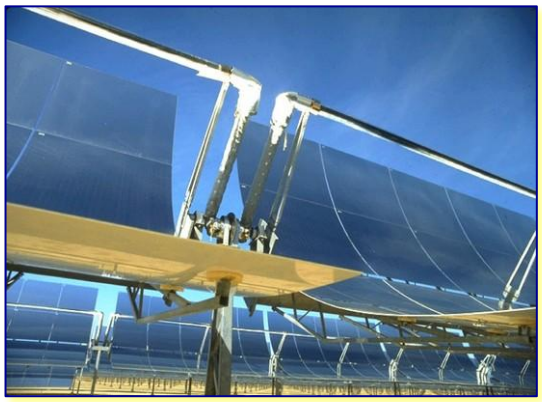
Proponente	
FLUMINI MANNU	***FLUMINI MANNU LIMITED*** *Sede Legale: Bow Road 221 - Londra - Regno Unito* *Filiale Italiana: Corso Umberto I, 08015 Macomer (NU)*

Provincia di Cagliari

Comuni di Villasor e Decimoputzu

Nome progetto

Impianto Solare Termodinamico della potenza lorda di 55 MWe denominato *"FLUMINI MANNU"*



VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

Titolo Documento:

APPENDICI ALLE RELAZIONE GEOLOGICA E RELAZIONE GEOTECNICA
PARTE 2 DI 2

Sviluppo:	
ENERGO GREEN renewables	***Energogreen Renewables S.r.l.*** *Via E. Fermi 19, 62010 Pollenza (MC)* *www.energogreen.com* *e-mail: info@energogreen.com*
Documento realizzato da: *Dott. Geol. Mauro Pompei*	ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE SARDEGNA N. 211 Dott. Geol. Mauro Pompei

			PDRELGEOLGEOTAPP2001
0	05/2014	Prima Emissione	
Rev.	Data	Descrizione	Codice di Riferimento

Gruppo di lavoro Energogreen Renewables:

Energogreen Renewables Srl
Via E. Fermi, 19 - 62010 - Pollenza (MC)

1. *Dott. Ing. Cecilia Bubbolini*
2. *Dott. Ing. Loretta Maccari*
3. *Dott. Ing. Devis Bozzi*

Consulenza Esterna:

- *Dott. Arch. Luciano Virdis: Analisi Territoriale*
- *Dott. Manuel Floris: "Rapporto Tecnico di Analisi delle Misure di DNI - Sito Flumini Mannu (CA)*
- *Dott. Agr. Vincenzo Satta: "Relazioni su Flora, Vegetazione, Pedologia e Uso del Suolo"*
- *Dott. Agr. Vincenzo Sechi: "Relazione faunistica"*
- *Dott. Agr. V. Satta e Dott. Agr. V. Sechi: "Relazione Agronomica"*
- *Dott. Geol. Eugenio Pistolesi: "Indagine Geologica Preliminare di Fattibilità"*
- *Studio Associato Ingg. Deffenu e Lostia: "Documento di Previsione d'Impatto Acustico"*
- *Dott. Arch. Leonardo Annessi: Rendering e Fotoinserimenti*
- *Tecsa S.r.l.: "Rapporto Preliminare di Sicurezza"*
- *Enviroware srl, Dott. Roberto Bellasio: "Studio d'impatto atmosferico dei riscaldatori ausiliari dell'impianto solare termodinamico "Flumini Mannu"*
- *Geotechna Srl: "Relazione Geologica", "Relazione Geotecnica" e "Studio di compatibilità idraulica"*
- *Projetto Engineering srl:" Progetto elettrico definitivo"*

ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO SULLE ACQUE

GEOTECHNA S.r.l.

Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
Tel./Fax +39 070 501363
e-mail: geotechna@tiscali.it
geotechna.cagliari@pec.it

SGS

ilac-MRA

ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 0588

Rapporto di Prova N. CA14-41188.001_0

Cliente:
GEOTECHNA S.R.L.
VIA LORENZO IL MAGNIFICO, 7

09134 CAGLIARI ITALY

N. di Accettazione: CA14-41188
Data Emissione: 17-04-2014
Pervenuto il: 12-03-2014
Prelevato il:
Tipo Campione: ACQUA DI FALDA

Proveniente da: Centrale Termica Villasor (CA)
Mod. di Campionamento: A cura del committente
Sigla Campione: BH1_A

Prova	Metodo	U.M.	Risultato	Incertezza
Su campione tal quale				
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	-	8,2	±0,1
Durezza	APAT CNR IRSA 2040 B Man 29 2003	°F	18	±1
Bicarbonati (come HCO3)	APAT CNR IRSA 2010 B Man 29 2003	mg/L	245,2	±3,4
Azoto ammoniacale (come NH4)	APAT CNR IRSA 4030 A2 Man 29 2003	mg/L	<0,4	± n.d.
Magnesio	EPA 6010C 2007	mg/L	25	±4
Cloruri (come Cl)	EPA 300.0 1999	mg/L	175	±44
Solfati (come SO4)	EPA 300.0 1999	mg/L	57	±5

Data Inizio/Fine prove : 12/03/2014 - 02/04/2014

Incertezza di misura estesa stimata con un L.C. 95% e fattore di copertura k=2

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione provato.

Il presente rapporto puo' essere riprodotto soltanto per intero.

Il Resp. Tecnico

Il Resp. del Laboratorio o delegato

ORDINE DEI CHIMICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI CARBONIA IGLESIAS DOTT. ALESSANDRO CHIMICO N° 376

LAB N° 0588

SGS

ilac-MRA

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0588

Rapporto di Prova N. CA14-41188.002_0

Cliente:
GEOTECHNA S.R.L.
VIA LORENZO IL MAGNIFICO, 7

09134 CAGLIARI ITALY

N. di Accettazione: CA14-41188
Data Emissione: 17-04-2014
Pervenuto il: 12-03-2014
Prelevato il:
Tipo Campione: ACQUA DI FALDA

Proveniente da: Centrale Termica Villasor (CA)
Mod. di Campionamento: A cura del committente
Sigla Campione: BH2_A

Prova	Metodo	U.M.	Risultato	Incertezza
Su campione tal quale				
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	-	7,7	±0,1
Durezza	APAT CNR IRSA 2040 B Man 29 2003	°F	12	±1
Bicarbonati (come HCO3)	APAT CNR IRSA 2010 B Man 29 2003	mg/L	164,7	±2,3
Azoto ammoniacale (come NH4)	APAT CNR IRSA 4030 A2 Man 29 2003	mg/L	<0,4	± n.d.
Magnesio	EPA 6010C 2007	mg/L	19	±3
Cloruri (come Cl)	EPA 300.0 1999	mg/L	90	±23
Solfati (come SO4)	EPA 300.0 1999	mg/L	36	±3

Data Inizio/Fine prove : 12/03/2014 - 02/04/2014

Incertezza di misura estesa stimata con un L.C. 95% e fattore di copertura k=2

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione provato.

Il presente rapporto puo' essere riprodotto soltanto per intero.

Il Resp. Tecnico

Il Resp. del Laboratorio p.delegato

DOTT. ALESSANDRO CHIMICO N° 378 ORDINE DEI CHIMICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI, CARBONIA IGLESIAS, OGLIASTRA

LAB N° 0588

SGS

ilac-MRA

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0588

Rapporto di Prova N. CA14-41188.003_0

Cliente:
GEOTECHNA S.R.L.
VIA LORENZO IL MAGNIFICO, 7

09134 CAGLIARI ITALY

N. di Accettazione: CA14-41188
Data Emissione: 17-04-2014
Pervenuto il: 12-03-2014
Prelevato il:
Tipo Campione: ACQUA DI FALDA

Proveniente da: Centrale Termica Villasor (CA)
Mod. di Campionamento: A cura del committente
Sigla Campione: BH4_A

Prova	Metodo	U.M.	Risultato	Incertezza
Su campione tal quale				
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	-	7,6	±0,1
Durezza	APAT CNR IRSA 2040 B Man 29 2003	°F	12	±1
Bicarbonati (come HCO3)	APAT CNR IRSA 2010 B Man 29 2003	mg/L	170,8	±2,4
Azoto ammoniacale (come NH4)	APAT CNR IRSA 4030 A2 Man 29 2003	mg/L	<0,4	± n.d.
Magnesio	EPA 6010C 2007	mg/L	16	±3
Cloruri (come Cl)	EPA 300.0 1999	mg/L	111	±28
Solfati (come SO4)	EPA 300.0 1999	mg/L	33	±3

Data Inizio/Fine prove : 12/03/2014 - 02/04/2014

Incertezza di misura estesa stimata con un L.C. 95% e fattore di copertura k=2

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione provato.

Il presente rapporto puo' essere riprodotto soltanto per intero.

Il Resp. Tecnico

Il Resp. del Laboratorio o delegato

DOTT. ALESSANDRO CHIMICO N° 378 ORDINE DEI CHIMICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI CON NUORO E ORISTANO

LAB N° 0588

SGS

ilac-MRA

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 0588

Rapporto di Prova N. CA14-41188.004_0

Cliente:
GEOTECHNA S.R.L.
VIA LORENZO IL MAGNIFICO, 7

09134 CAGLIARI ITALY

N. di Accettazione: CA14-41188
Data Emissione: 17-04-2014
Pervenuto il: 12-03-2014
Prelevato il:
Tipo Campione: ACQUA DI FALDA

Proveniente da: Centrale Termica Villasor (CA)
Mod. di Campionamento: A cura del committente
Sigla Campione: BH5_A

Prova	Metodo	U.M.	Risultato	Incertezza
Su campione tal quale				
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	-	7,4	±0,1
Durezza	APAT CNR IRSA 2040 B Man 29 2003	°F	15	±1
Bicarbonati (come HCO3)	APAT CNR IRSA 2010 B Man 29 2003	mg/L	235,5	±3,3
Azoto ammoniacale (come NH4)	APAT CNR IRSA 4030 A2 Man 29 2003	mg/L	<0,4	± n.d.
Magnesio	EPA 6010C 2007	mg/L	21	±4
Cloruri (come Cl)	EPA 300.0 1999	mg/L	135	±34
Solfati (come SO4)	EPA 300.0 1999	mg/L	40	±3

Data Inizio/Fine prove : 12/03/2014 - 02/04/2014

Incertezza di misura estesa stimata con un L.C. 95% e fattore di copertura k=2

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione provato.

Il presente rapporto puo' essere riprodotto soltanto per intero.

Il Resp. Tecnico

Il Resp. del Laboratorio o delegato

DOTT. ALESSANDRO CHIMICO N° 378

SGS Italia S.p.A
Quarta Strada Zona Industriale Macchiareddu 09032 Assemini CA - Italy
t +39 070 247494 f +39 070 247496 e sgs.eco@sgs.com www.sgs.com

LAB N° 0588

SGS

ilac-MRA

ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 0588

Rapporto di Prova N. CA14-41188.005_0

Cliente:
GEOTECHNA S.R.L.
VIA LORENZO IL MAGNIFICO, 7

09134 CAGLIARI ITALY

N. di Accettazione: CA14-41188
Data Emissione: 17-04-2014
Pervenuto il: 12-03-2014
Prelevato il:
Tipo Campione: ACQUA DI FALDA

Proveniente da: Centrale Termica Villasor (CA)
Mod. di Campionamento: A cura del committente
Sigla Campione: BH6_A

Prova	Metodo	U.M.	Risultato	Incertezza
Su campione tal quale				
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	-	7,7	±0,1
Durezza	APAT CNR IRSA 2040 B Man 29 2003	°F	12	±1
Bicarbonati (come HCO3)	APAT CNR IRSA 2010 B Man 29 2003	mg/L	162,3	±2,3
Azoto ammoniacale (come NH4)	APAT CNR IRSA 4030 A2 Man 29 2003	mg/L	<0,4	± n.d.
Magnesio	EPA 6010C 2007	mg/L	18	±3
Cloruri (come Cl)	EPA 300.0 1999	mg/L	148	±37
Solfati (come SO4)	EPA 300.0 1999	mg/L	25	±2

Data Inizio/Fine prove : 12/03/2014 - 02/04/2014

Incertezza di misura estesa stimata con un L.C. 95% e fattore di copertura k=2

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione provato.

Il presente rapporto puo' essere riprodotto soltanto per intero.

Il Resp. Tecnico

Il Resp. del Laboratorio o delegato

ORDINE DEI CHIMICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI CON NUORO E ORISTANO
DOTT. ALESSANDRO
CHIMICO
N° 378

LAB N° 0588

ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO SULLE TERRE

GEOTECHNA S.r.l.

Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
Tel./Fax +39 070 501363
e-mail: geotechna@tiscali.it
geotechna.cagliari@pec.it

Rapporto di Prova N. CA14-41186.001_0

Cliente:	**N. di Accettazione:**	CA14-41186	**Pagina 1/1**
GEOTECHNA S.R.L.	**Data Emissione:**	17-04-2014	
VIA LORENZO IL MAGNIFICO, 7	**Pervenuto il:**	12-03-2014	
	Prelevato il:		
09134 CAGLIARI ITALY	**Tipo Campione:**	TERRENO	

Proveniente da: Centrale Termica Villasor (CA)
Mod. di Campionamento: A cura del committente
Sigla Campione: Terreno campione BH1_CH1 (0.5 - 1.5)

Prova	Metodo	U.M.	Risultato
Su campione secco all aria (frazione < 2 mm)			
Salinita' (sali solubili)	D.M.13.09.99-IV.1	meq/l	3,2
Sostanza organica	D.M. 13.9.99 - VII.2	%	0,5
Carbonati Totali	D.M.13.09.99 - V.1	%	1,0
Acidità da Baumann-Gully	DIN 4.030-2 D	ml/Kg	24

Data Inizio/Fine prove : 12/03/2014 - 18/04/2014

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione provato.
Il presente rapporto puo' essere riprodotto soltanto per intero.

Il Resp. Tecnico

Il Resp. del Laboratorio o delegato

ORDINE DEI CHIMICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI CON ORISTANO E SUCCURSALE DI NUORO
DOTT. ALESSANDRO SOI
CHIMICO
N° 378

Il presente Rapporto e' emesso dalla Societa' in accordo con le Condizioni Generali SGS per i servizi di ispezione e controllo (copia disponibile su richiesta). Il rilascio di questo Rapporto non esonera le parti negoziali dall'esercitare i diritti e dall'adempiere alle obbligazioni derivanti dal negozio tra loro stipulato. Ogni patto contrario non e' alla Societa' opponibile. La responsabilita' della Societa' in base a questo Rapporto e' limitata al caso di provata colpa grave ed in ogni caso ad un ammontare non superiore a dieci volte i diritti e le commissioni dovute.

Eccetto accordi particolari, gli eventuali campioni, se presi, non saranno trattenuti dalla Societa' per piu' di tre mesi.

Rapporto di Prova N. CA14-41186.002_0

Cliente:		**N. di Accettazione:**	CA14-41186	**Pagina 1/1**
GEOTECHNA S.R.L.		**Data Emissione:**	17-04-2014	
VIA LORENZO IL MAGNIFICO, 7		**Pervenuto il:**	12-03-2014	
		Prelevato il:		
09134 CAGLIARI ITALY		**Tipo Campione:**	TERRENO	

Proveniente da: Centrale Termica Villasor (CA)
Mod. di Campionamento: A cura del committente
Sigla Campione: Terreno campione BH2_CH1 (0.0 - 1.0)

Prova	Metodo	U.M.	Risultato
Su campione secco all aria (frazione < 2 mm)			
Salinita' (sali solubili)	D.M.13.09.99-IV.1	meq/l	1,5
Sostanza organica	D.M. 13.9.99 - VII.2	%	0,5
Carbonati Totali	D.M.13.09.99 - V.1	%	<0,1
Acidità da Baumann-Gully	DIN 4.030-2 D	ml/Kg	71

Data Inizio/Fine prove : 12/03/2014 - 18/04/2014

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione provato.

Il presente rapporto puo' essere riprodotto soltanto per intero.

Il Resp. Tecnico

Il Resp. del Laboratorio o delegato

ORDINE DEI CHIMICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI CON ORISTANO DOTT. ALESSANDRO LOI CHIMICO N° 378

Rapporto di Prova N. CA14-41186.003_0

Cliente:		**N. di Accettazione:**	CA14-41186	**Pagina 1/1**
GEOTECHNA S.R.L.		**Data Emissione:**	17-04-2014	
VIA LORENZO IL MAGNIFICO, 7		**Pervenuto il:**	12-03-2014	
		Prelevato il:		
09134 CAGLIARI ITALY		**Tipo Campione:**	TERRENO	

Proveniente da: Centrale Termica Villasor (CA)
Mod. di Campionamento: A cura del committente
Sigla Campione: Terreno campione BH4_CH1 (0.0 - 1.0)

Prova	Metodo	U/M.	Risultato
Su campione secco all aria (frazione < 2 mm)			
Salinita' (sali solubili)	D.M.13.09.99-IV.1	meq/l	3,6
Sostanza organica	D.M. 13.9.99 - VII.2	%	1
Carbonati Totali	D.M.13.09.99 - V.1	%	<0,1
Acidità da Baumann-Gully	DIN 4.030-2 D	ml/Kg	29

Data Inizio/Fine prove : 12/03/2014 - 18/04/2014

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione provato.

Il presente rapporto puo' essere riprodotto soltanto per intero.

Il Resp. Tecnico

Il Resp. del Laboratorio o delegato

ORDINE DEI CHIMICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI - CARBONIA IGLESIAS - NUORO E OGLIASTRA
DOTT. ALESSANDRO
CHIMICO
N° 378

SGS Italia S.p.A
Quarta Strada Zona Industriale Macchiareddu 09032 Assemini CA - Italy
t +39 070 247494 f +39 070 247496 e sgs.eco@sgs.com www.sgs.com

Membri del Gruppo SGS (Société Générale de Surveillance)
Sede Legale Milano Via G.Gozzi, 1/A Capitale sociale Euro 2.500.000 i.v.
C.F./N. Iscriz. Reg. Imprese di Milano 04112680378 P.IVA n. 11370520154 Cod. Mecc. n. MI223913

Rapporto di Prova N. CA14-41186.004_0

Cliente:	**N. di Accettazione:**	CA14-41186	**Pagina 1/1**
GEOTECHNA S.R.L. VIA LORENZO IL MAGNIFICO, 7	**Data Emissione:**	17-04-2014	
	Pervenuto il:	12-03-2014	
	Prelevato il:		
09134 CAGLIARI ITALY	**Tipo Campione:**	TERRENO	

Proveniente da: Centrale Termica Villasor (CA)
Mod. di Campionamento: A cura del committente
Sigla Campione: Terreno campione BH5_CH1 (0.0 - 1.0)

Prova	Metodo	U.M.	Risultato
Su campione secco all aria (frazione < 2 mm)			
Salinita' (sali solubili)	D.M.13.09.99-IV.1	meq/l	5,8
Sostanza organica	D.M. 13.9.99 - VII.2	%	1
Carbonati Totali	D.M.13.09.99 - V.1	%	<0,1
Acidità da Baumann-Gully	DIN 4.030-2 D	ml/Kg	69

Data Inizio/Fine prove : 12/03/2014 - 18/04/2014

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione provato.

Il presente rapporto puo' essere riprodotto soltanto per intero.

Il Resp. Tecnico

Il Resp. del Laboratorio o delegato

DOTT. ALESSANDRO CHIMICO N° 378 ORDINE DEI CHIMICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI

SGS Italia S.p.A
Quarta Strada Zona Industriale Macchiareddu 09032 Assemini CA - Italy
t +39 070 247494 f +39 070 247496 e sgs.eco@sgs.com www.sgs.com

Membri del Gruppo SGS (Société Générale de Surveillance)
Sede Legale Milano Via G.Gozzi, 1/A Capitale sociale Euro 2.500.000 i.v.
C.F./N. Iscriz. Reg. Imprese di Milano 04112680378 P.IVA n. 11370520154 Cod. Mecc. n. MI223913

Rapporto di Prova N. CA14-41186.005_0

Cliente:	**N. di Accettazione:**	CA14-41186	**Pagina 1/1**
GEOTECHNA S.R.L.	**Data Emissione:**	17-04-2014	
VIA LORENZO IL MAGNIFICO, 7	**Pervenuto il:**	12-03-2014	
	Prelevato il:		
09134 CAGLIARI ITALY	**Tipo Campione:**	TERRENO	

Proveniente da: Centrale Termica Villasor (CA)
Mod. di Campionamento: A cura del committente
Sigla Campione: Terreno campione BH6_CH1 (0.5 - 1.5)

Prova	Metodo	U.M.	Risultato
Su campione secco all aria (frazione < 2 mm)			
Salinita' (sali solubili)	D.M.13.09.99-IV.1	meq/l	1,8
Sostanza organica	D.M. 13.9.99 - VII.2	%	1
Carbonati Totali	D.M.13.09.99 - V.1	%	<0,1
Acidità da Baumann-Gully	DIN 4.030-2 D	ml/Kg	53

Data inizio/Fine prove : 12/03/2014 - 18/04/2014

I risultati contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente al campione provato.
Il presente rapporto puo' essere riprodotto soltanto per intero.

Il Resp. Tecnico

Il Resp. del Laboratorio o delegato

ORDINE DEI CHIMICI DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI CON NUORO E ORISTANO
DOTT. ALESSANDRO L
CHIMICO
N° 378

SGS Italia S.p.A
Quarta Strada Zona Industriale Macchiareddu 09032 Assemini CA - Italy
t +39 070 247494 f +39 070 247496 e sgs.eco@sgs.com www.sgs.com

Membri del Gruppo SGS (Société Générale de Surveillance)
Sede Legale Milano Via G.Gozzi, 1/A Capitale sociale Euro 2.500.000 i.v.
C.F./N. Iscriz. Reg. Imprese di Milano 04112680378 P.IVA n. 11370520154 Cod. Mecc. n. MI223913

PROVE DI PERMEABILITÀ IN FORO DI SONDAGGIO

GEOTECHNA S.r.l.

Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
Tel./Fax +39 070 501363
e-mail: geotechna@tiscali.it
geotechna.cagliari@pec.it

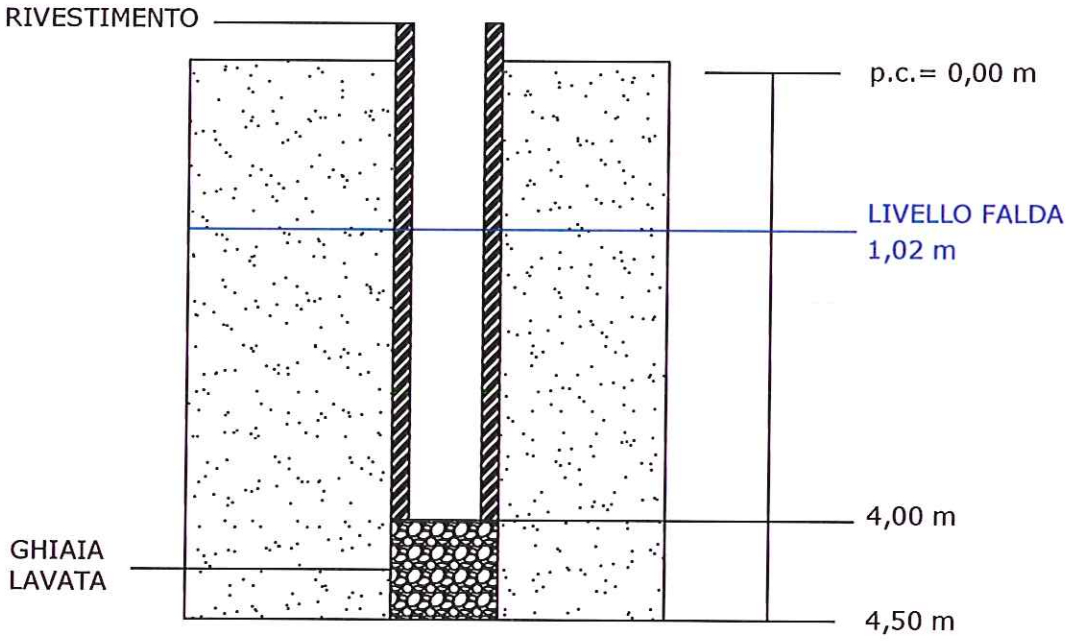
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 11.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH1 Prova: BH1-LF1
Tratto di prova: 4,00-4,50 m	Quota della falda: -1,02 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



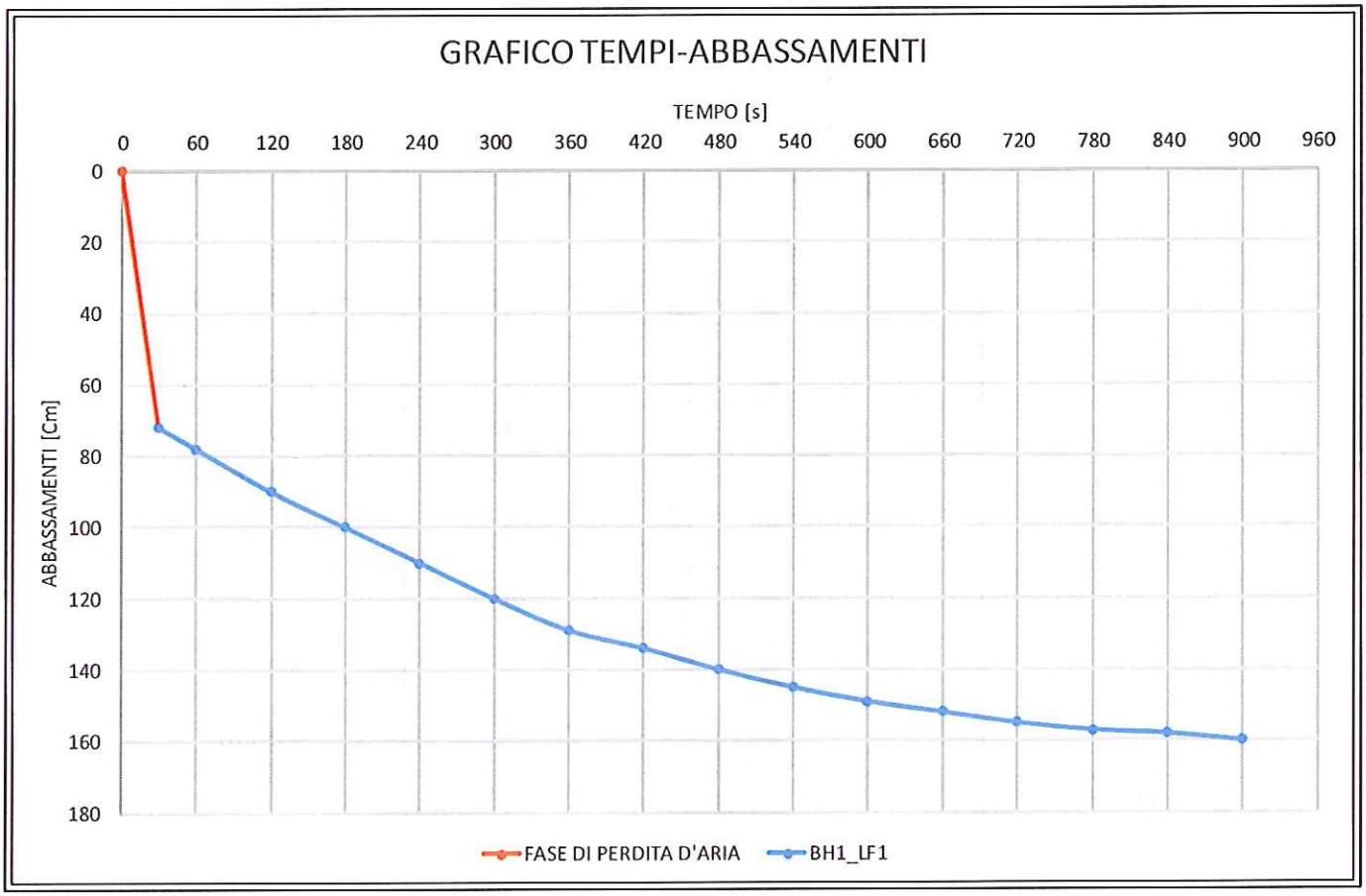
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 127mm X 500mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	72	4,58E-04
30	6	5,22E-05
90	18	5,58E-05
150	28	5,55E-05
210	38	5,76E-05
270	48	6,13E-05
330	57	6,48E-05
390	62	6,28E-05
450	68	6,41E-05
510	73	6,50E-05
570	77	6,53E-05
630	80	6,47E-05
690	83	6,50E-05
750	85	6,41E-05
810	86	6,15E-05
870	88	6,17E-05
PERMEABILITA' MEDIA Km = 6,14E -05		

LITOLOGIA: B] Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.
Sono riportati in rosso gli abbassamenti attribuiti alla perdita d'aria in emulsione nell'acqua

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 11.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH1 Prova: BH1-LF1
Tratto di prova: 4,00-4,50 m	Quota della falda: -1,02 m da p.c.



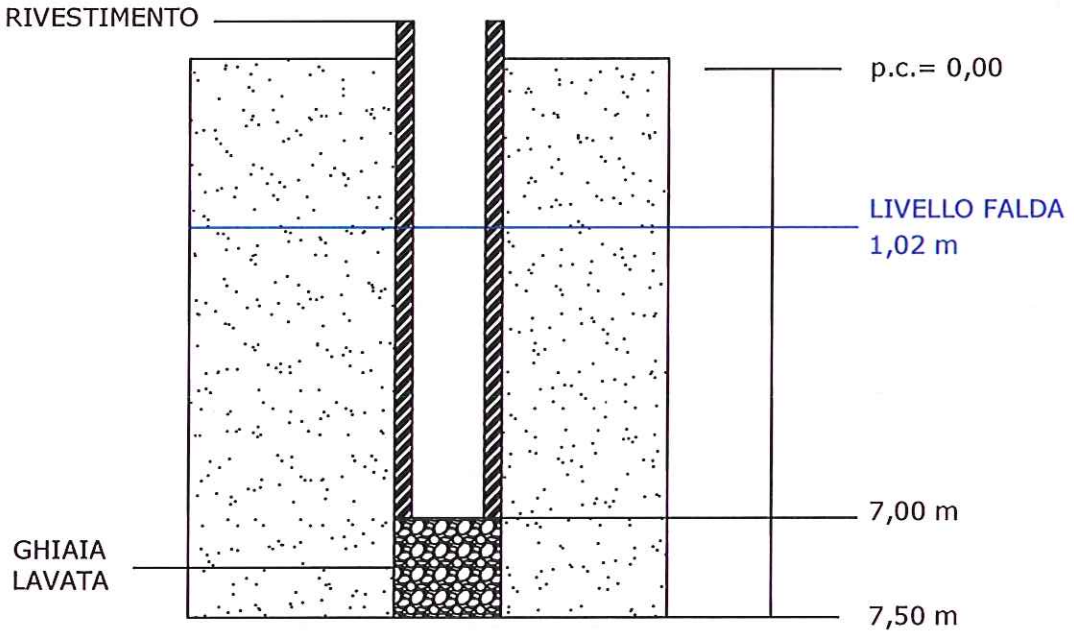
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 11.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH1 Prova: BH1-LF2
Tratto di prova:7,00-7,50 m	Quota della falda: -1,02 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



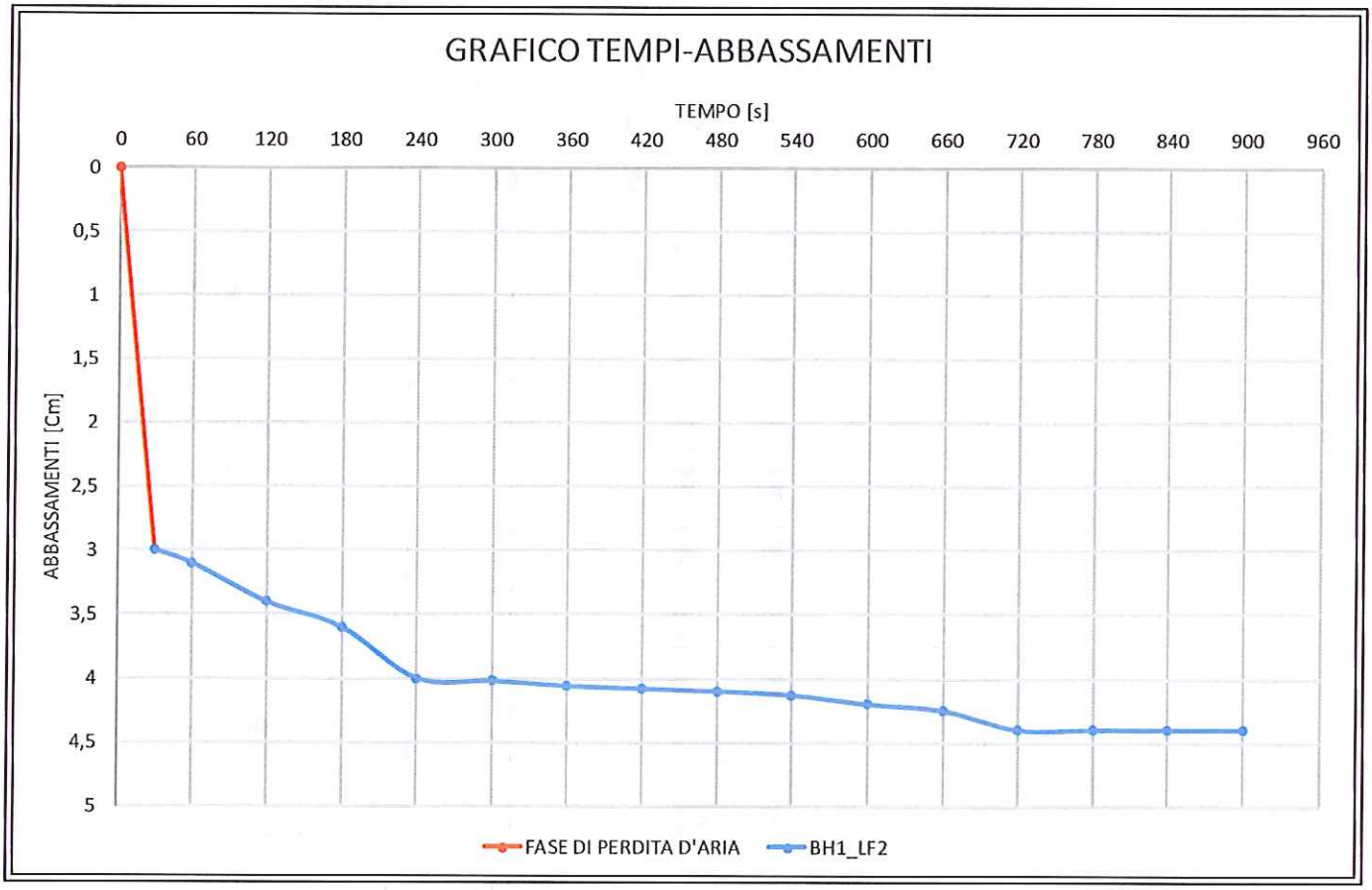
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 127mm X 500mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	3	1,49E-05
30	0,1	5,00E-07
90	0,4	6,67E-07
150	0,6	6,00E-07
210	1	7,16E-07
270	1,02	5,68E-07
330	1,06	4,83E-07
390	1,08	4,16E-07
450	1,1	3,67E-07
510	1,13	3,33E-07
570	1,2	3,17E-07
630	1,25	2,98E-07
690	1,4	3,05E-07
750	1,4	2,81E-07
810	1,4	2,60E-07
870	1,4	2,42E-07
PERMEABILITA' MEDIA Km = 4,24E -07		

LITOLOGIA: D1] Sabbia ghiaiosa in matrice limosa

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.
Sono riportati in rosso gli abbassamenti attribuiti alla perdita d'aria in emulsione nell'acqua

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 11.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH1 Prova: BH1-LF2
Tratto di prova: 7,00-7,50 m	Quota della falda: -1,02 m da p.c.



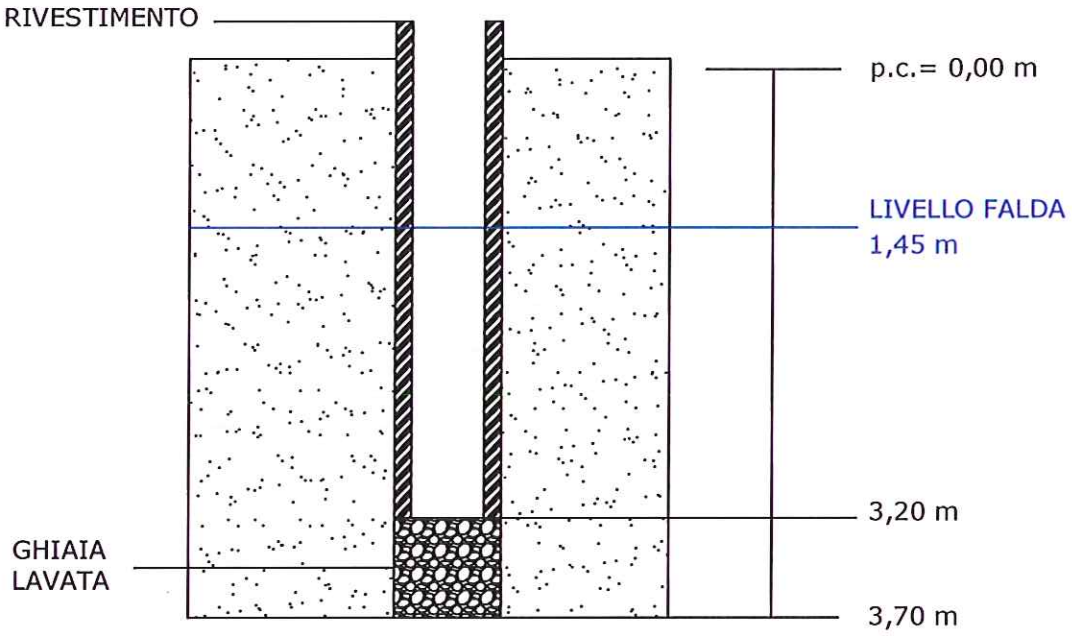
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 05.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH2 Prova: BH2-LF1
Tratto di prova:3,20-3,70 m	Quota della falda: -1,45 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



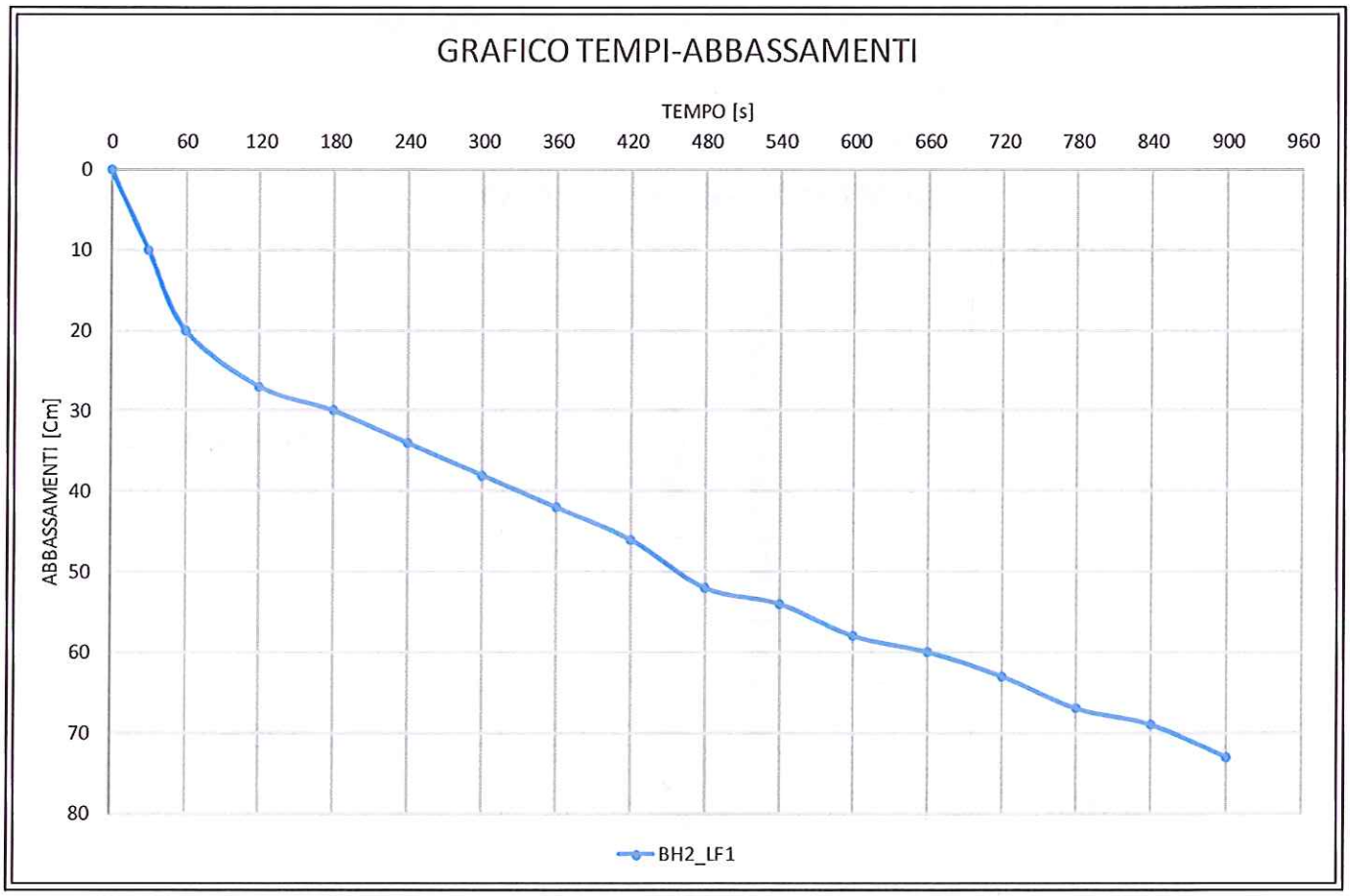
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 110 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	10	4,14E-05
60	20	4,29E-05
120	27	2,97E-05
180	30	2,22E-05
240	34	1,92E-05
300	38	1,74E-05
360	42	1,63E-05
420	46	1,56E-05
480	52	1,58E-05
540	54	1,47E-05
600	58	1,45E-05
660	60	1,37E-05
720	63	1,34E-05
780	67	1,34E-05
840	69	1,30E-05
900	73	1,31E-05
PERMEABILITA' MEDIA Km = 1,98E -05		

LITOLOGIA: B] Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 05.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH2 Prova: BH2-LF1
Tratto di prova: 3,20-3,70 m	Quota della falda: -1,45 m da p.c.



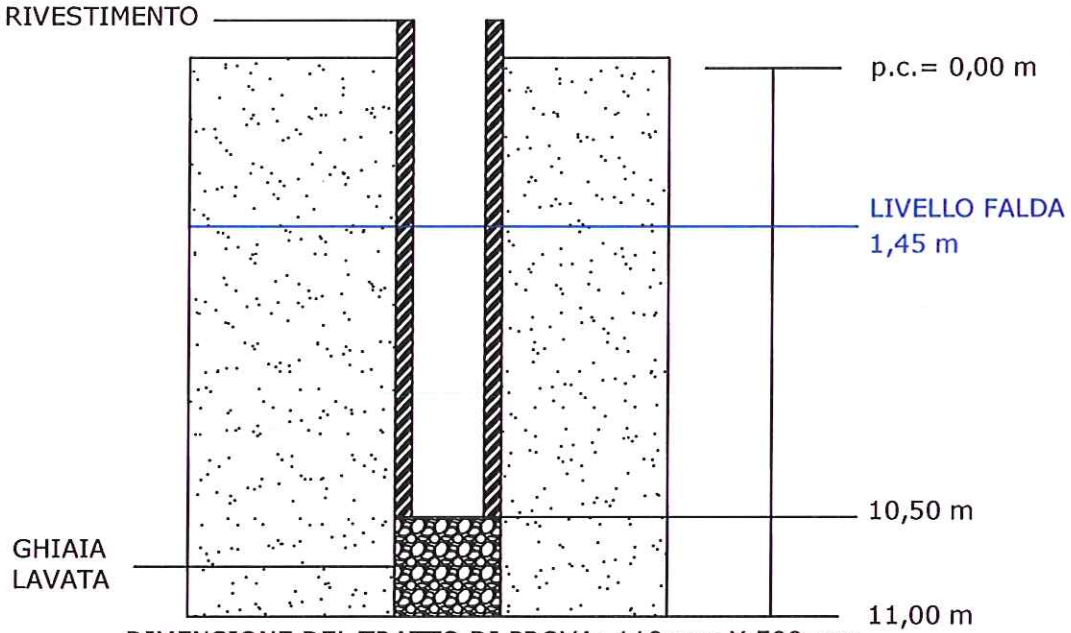
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 05.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH2 Prova: BH2-LF2
Tratto di prova: 10,50-11,00 m	Quota della falda: -1,45 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



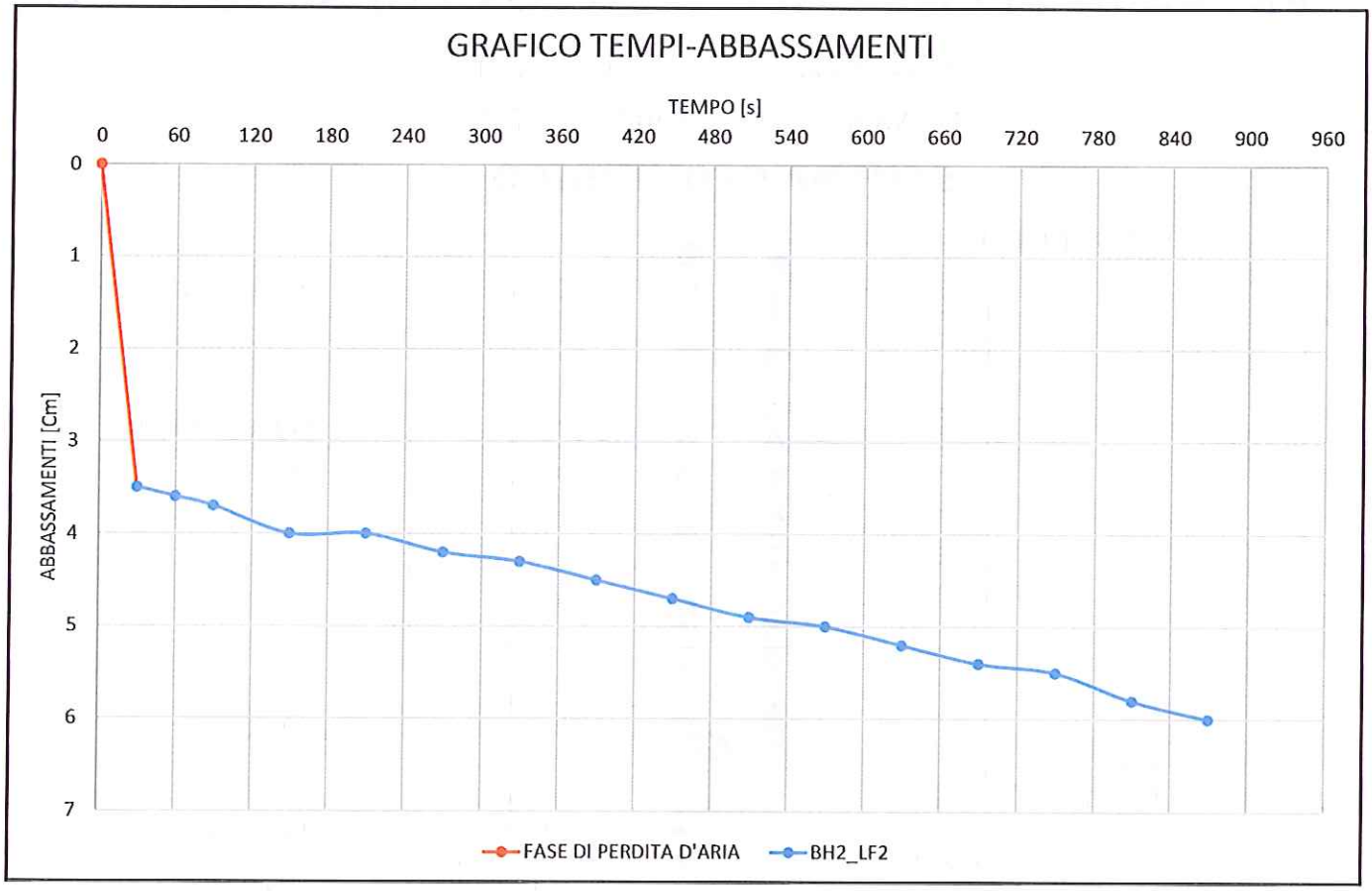
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 110 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	3,5	1,26E-05
30	0,1	3,63E-07
90	0,2	2,42E-07
150	0,5	3,63E-07
210	0,5	2,60E-07
270	0,7	2,83E-07
330	0,8	2,65E-07
390	1	2,80E-07
450	1,2	2,91E-07
510	1,4	3,00E-07
570	1,5	2,88E-07
630	1,7	2,95E-07
690	1,9	3,01E-07
750	2	2,92E-07
810	2,3	3,11E-07
870	2,5	3,15E-07
PERMEABILITA' MEDIA Km = 2,97E -07		

LITOLOGIA: B] Ghiaia sabbiosa in matrice limosa

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.
Sono riportati in rosso gli abbassamenti attribuiti alla perdita d'aria in emulsione nell'acqua
Sondaggio spinto sino a -11 m causa perdita campione

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 05.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH2 Prova: BH2-LF2
Tratto di prova: 10,50-11,00 m	Quota della falda: -1,45 m da p.c.



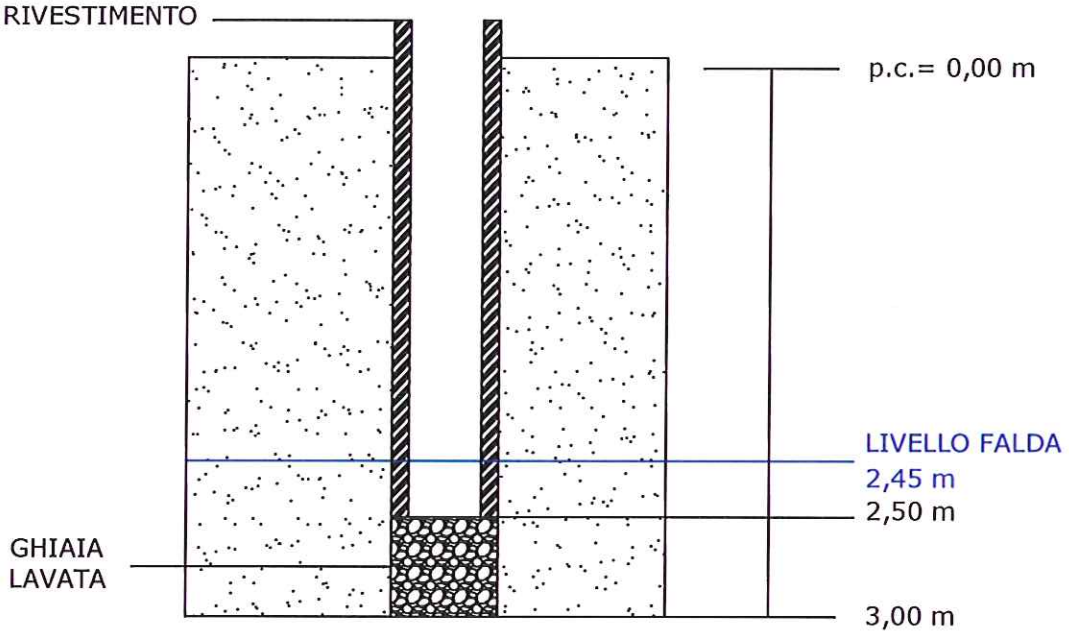
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 03.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH4 Prova: BH4-LF1
Tratto di prova: 2,50-3,00 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



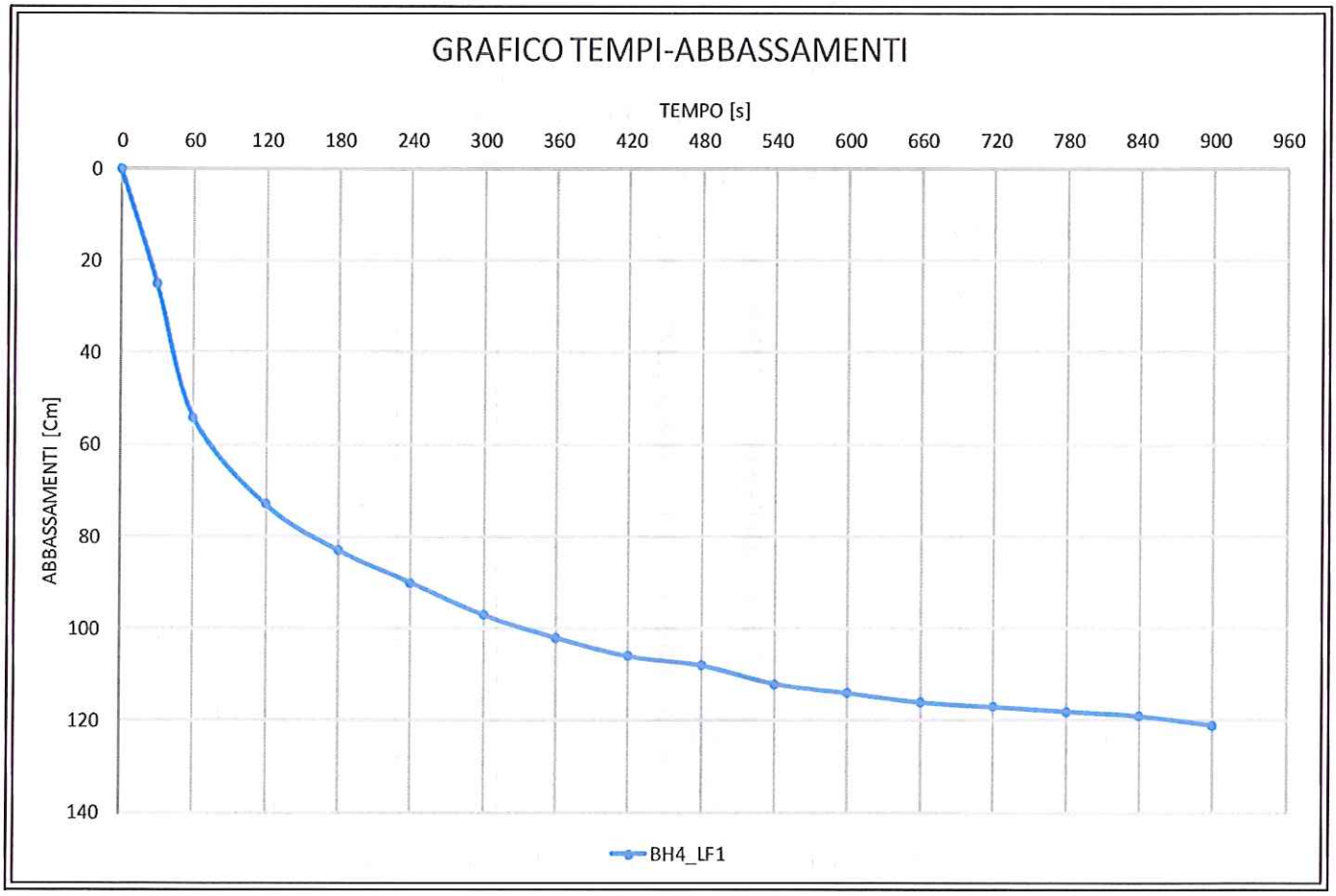
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 127 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	25	6,87E-05
60	54	7,80E-05
120	73	5,46E-05
180	83	4,22E-05
240	90	3,48E-05
300	97	3,05E-05
360	102	2,70E-05
420	106	2,43E-05
480	108	2,17E-05
540	112	2,02E-05
600	114	1,86E-05
660	116	1,73E-05
720	117	1,60E-05
780	118	1,49E-05
840	119	1,40E-05
900	121	1,34E-05
PERMEABILITA' MEDIA Km = 1,87E -05		

LITOLOGIA: B] Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 03.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH4 Prova: BH4-LF1
Tratto di prova: 2,50-3,00 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.



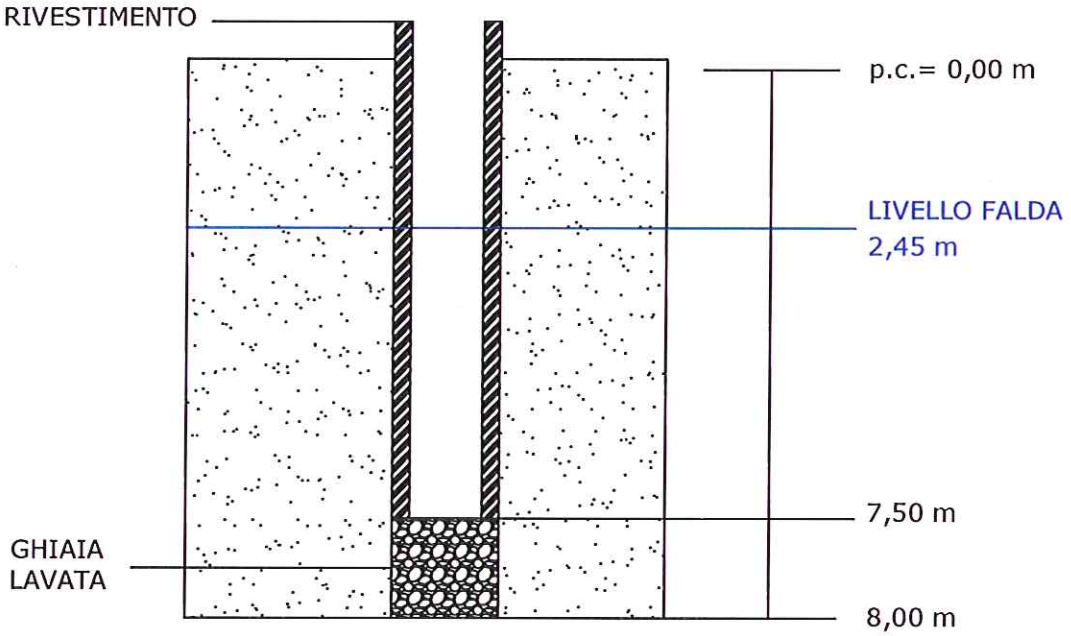
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 03.03.2014
Località: Villasor	Sondaggio: BH4 Prova: BH4-LF2
Tratto di prova: 7,50-8,00 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



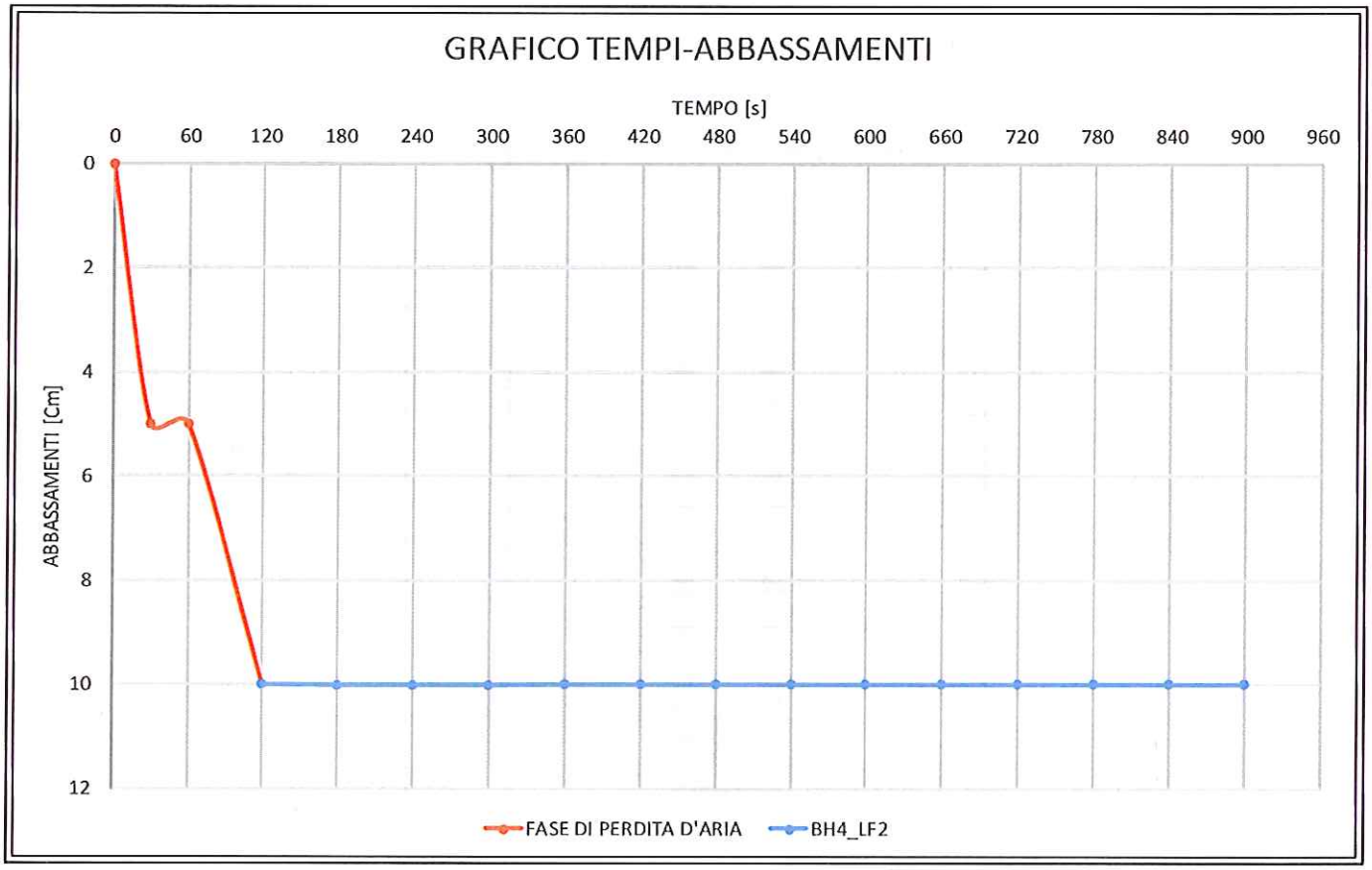
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 127 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	5	1,23E-05
60	5	6,16E-06
120	10	6,21E-06
60	0,01	1,26E-08
120	0,01	6,30E-09
180	0,01	4,20E-09
240	0,001	3,15E-10
300	0,001	2,52E-10
360	0,001	2,10E-10
420	0,001	1,80E-10
480	0,001	1,57E-10
540	0,001	1,40E-10
600	0,001	1,26E-10
660	0,001	1,15E-10
720	0,001	1,05E-10
780	0,001	9,69E-11
PERMEABILITA' MEDIA Km = 1,91E -09		

LITOLOGIA: C2] Argilla limosa

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.
Sono riportati in rosso gli abbassamenti attribuiti alla perdita d'aria in emulsione nell'acqua

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 03.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH4 Prova: BH4-LF2
Tratto di prova: 7,50-8,00 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.



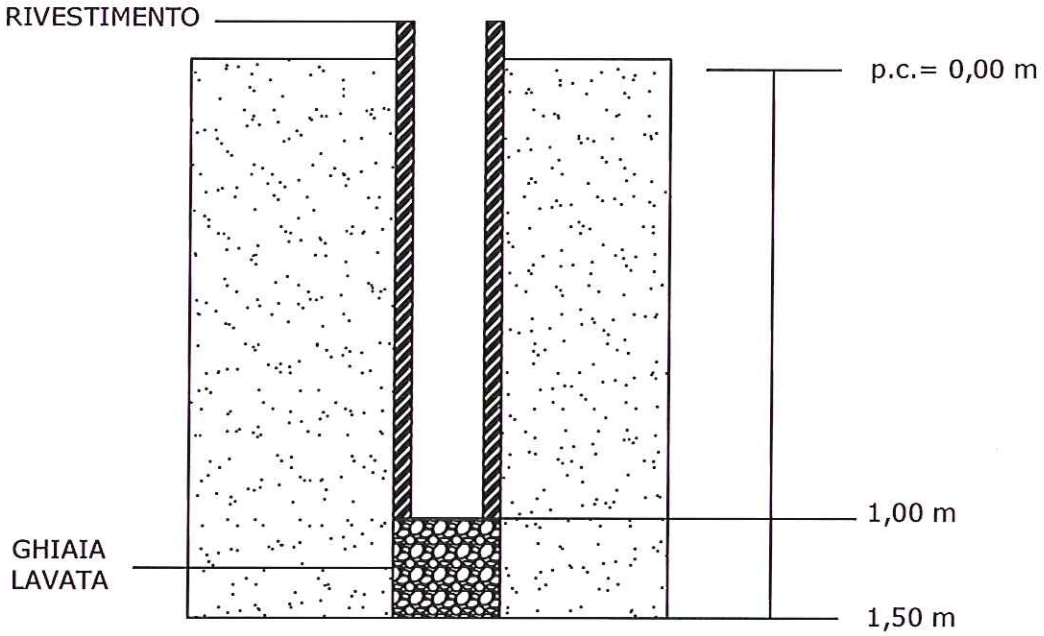
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 05.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH5 Prova: BH5-LF1
Tratto di prova: 1,00-1,50 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



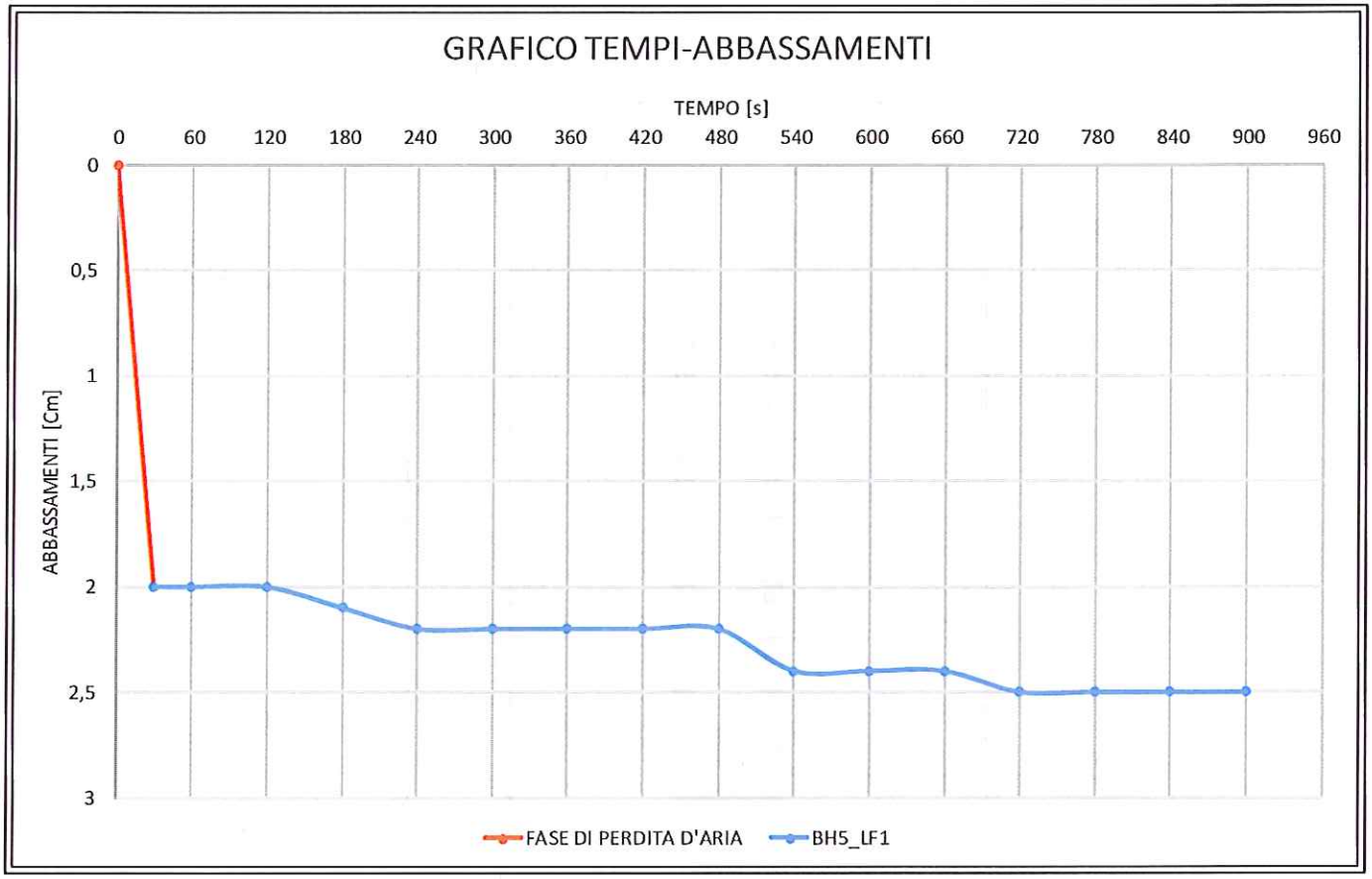
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 127 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	2	8,48E-06
30	0,001	4,26E-09
90	0,001	1,42E-09
150	0,1	8,53E-08
210	0,2	1,22E-07
270	0,2	9,48E-08
330	0,2	7,75E-08
390	0,2	6,56E-08
450	0,2	5,69E-08
510	0,4	1,00E-07
570	0,4	8,98E-08
630	0,4	8,13E-08
690	0,5	9,28E-08
750	0,5	8,54E-08
810	0,5	7,90E-08
870	0,5	7,36E-08
PERMEABILITA' MEDIA Km = 7,40E -08		

LITOLOGIA: B] Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa cementati da $CaCO_3$

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 05.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH5 Prova: BH5-LF1
Tratto di prova: 1,00-1,50 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.



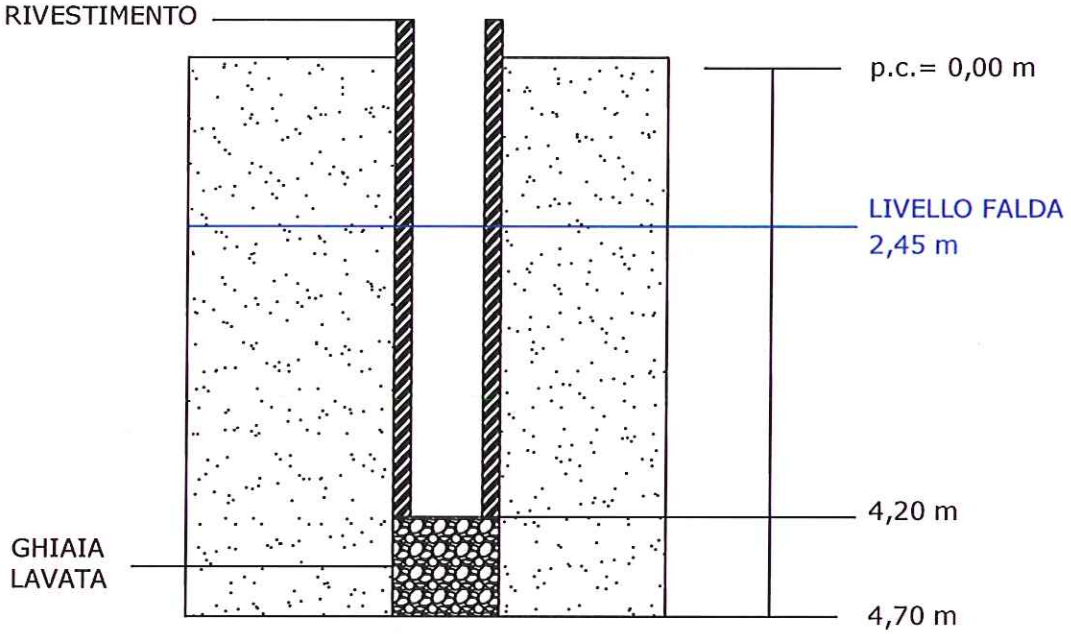
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 05.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH5 Prova: BH5-LF2
Tratto di prova: 4,20-4,70 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



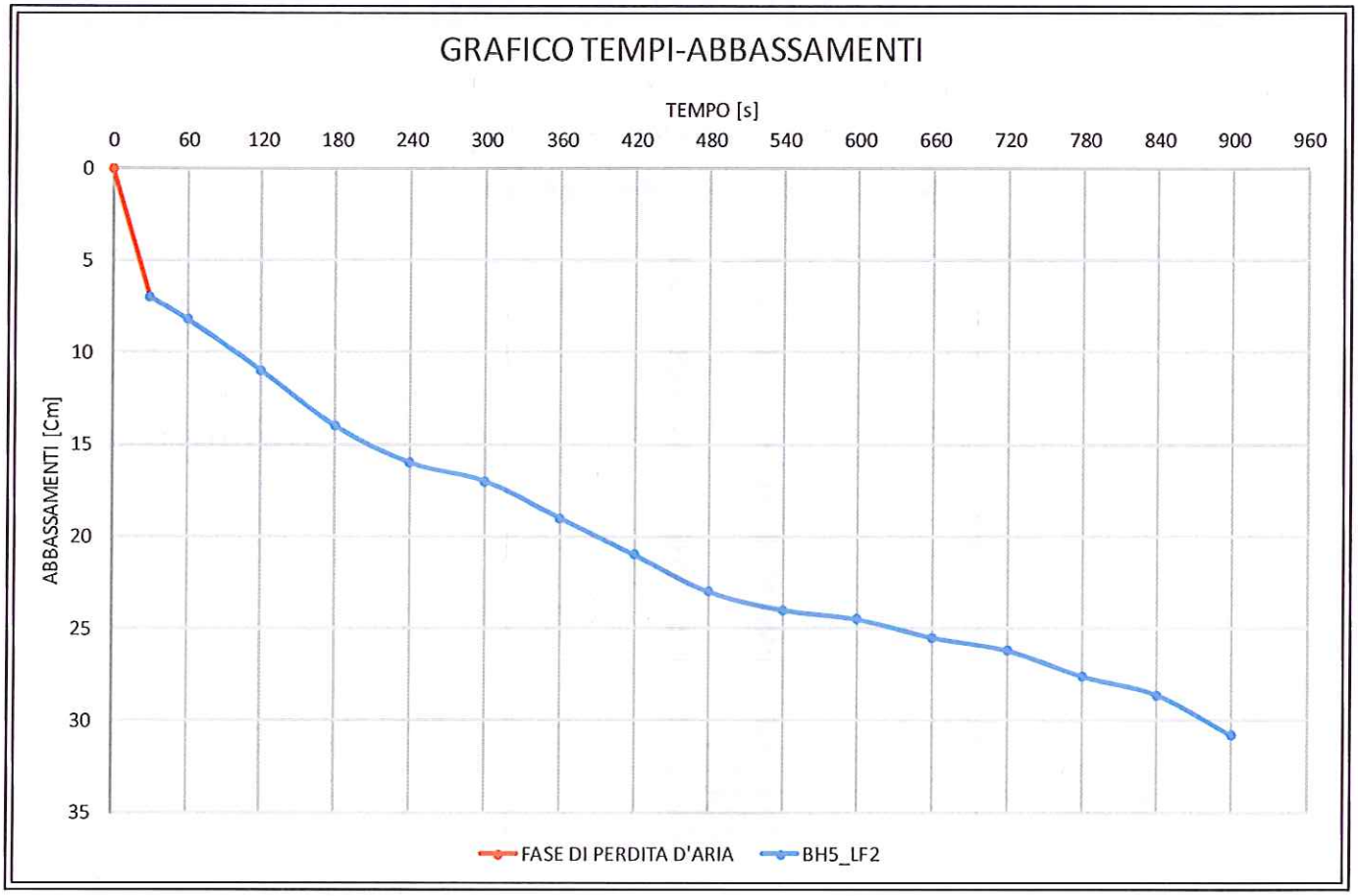
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 127 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	7	2,03E-05
30	1,2	3,52E-06
90	4	3,94E-06
150	7	4,15E-06
210	9	3,83E-06
270	10	3,31E-06
330	12	3,27E-06
390	14	3,24E-06
450	16	3,22E-06
510	17	3,02E-06
570	17,5	2,78E-06
630	18,5	2,67E-06
690	19,2	2,53E-06
750	20,6	2,51E-06
810	21,6	2,44E-06
870	23,8	2,51E-06
PERMEABILITA' MEDIA Km = 3,13E -06		

LITOLOGIA: B] Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.
Sono riportati in rosso gli abbassamenti attribuiti alla perdita d'aria in emulsione nell'acqua

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 05.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH5 Prova: BH5-LF2
Tratto di prova: 4,20-4,70 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.



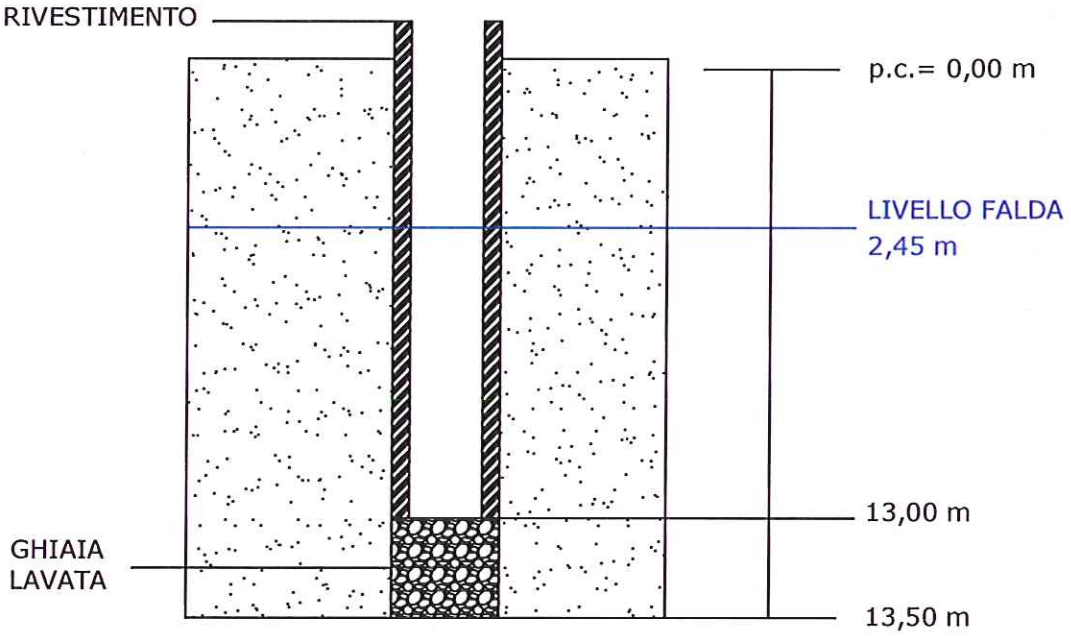
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 06.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH5 Prova: BH5-LF3
Tratto di prova: 13,00 - 13,50 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



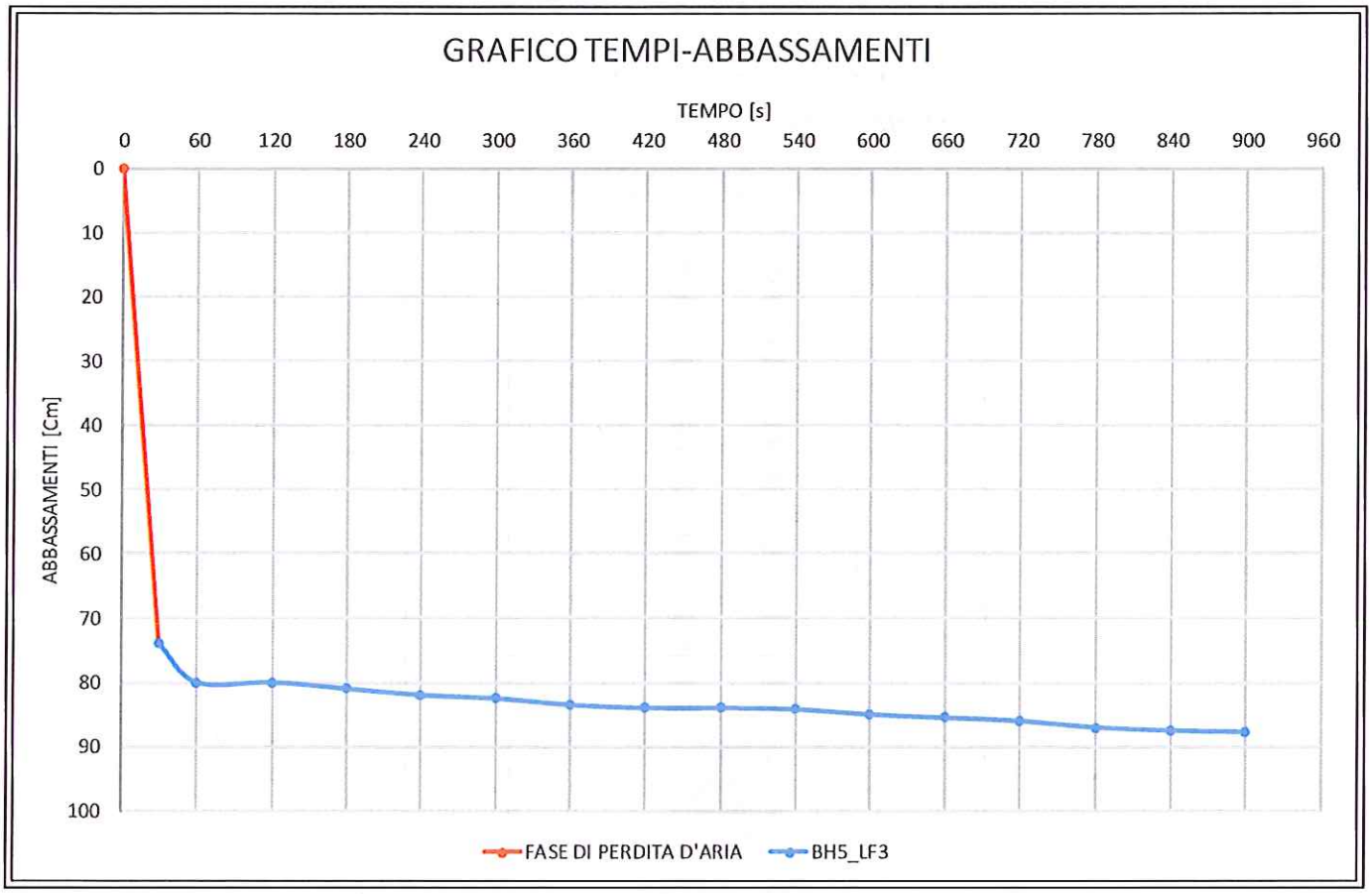
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 127 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	74	2,31E-04
30	6	2,18E-05
90	6	7,28E-06
150	7	5,11E-06
210	8	4,18E-06
270	8,5	3,46E-06
330	9,5	3,17E-06
390	10	2,82E-06
450	10	2,45E-06
510	10,2	2,20E-06
570	11	2,13E-06
630	11,5	2,02E-06
690	12	1,92E-06
750	13	1,92E-06
810	13,5	1,85E-06
870	13,7	1,75E-06
PERMEABILITA' MEDIA Km = 4,27E -06		

LITOLOGIA: B] Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.
Sono riportati in rosso gli abbassamenti attribuiti alla perdita d'aria in emulsione nell'acqua

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 06.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH5 Prova: BH5-LF3
Tratto di prova: 13,00 - 13,50 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.



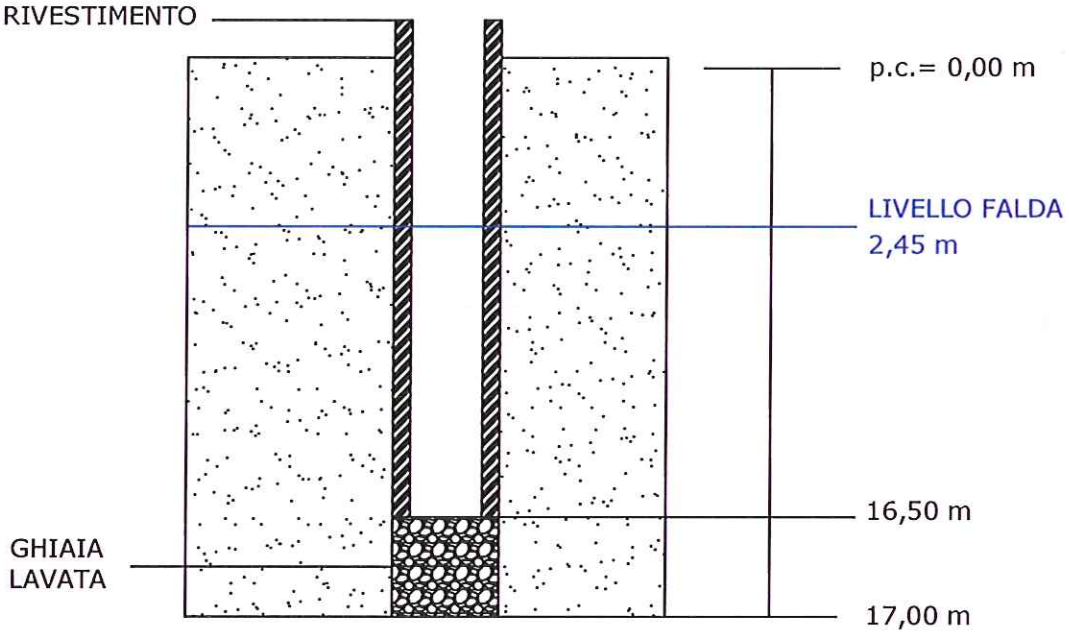
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 06.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH5 Prova: BH5-LF4
Tratto di prova:16,50 - 17,00 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



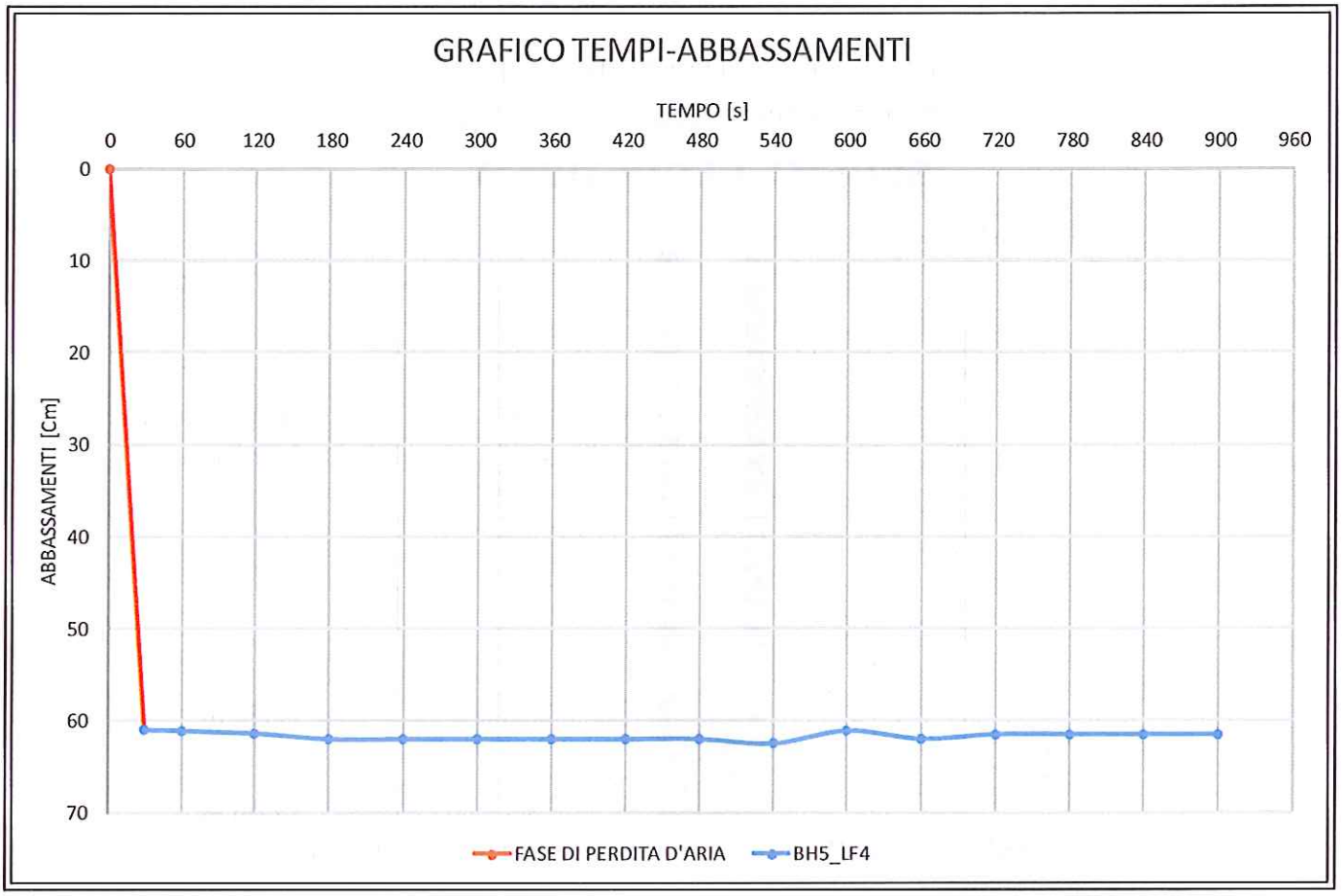
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 110 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	61	1,69E-04
30	0,1	3,18E-07
90	0,4	4,25E-07
150	1	6,38E-07
210	1	4,56E-07
270	1	3,54E-07
330	1	2,90E-07
390	1	2,45E-07
450	1	2,13E-07
510	1,5	2,82E-07
570	0,1	1,68E-08
630	1	1,52E-07
690	0,5	6,93E-08
750	0,5	6,37E-08
810	0,5	5,90E-08
870	0,5	5,49E-08
PERMEABILITA' MEDIA Km = 2,42E -07		

LITOLOGIA: B] Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.
Sono riportati in rosso gli abbassamenti attribuiti alla perdita d'aria in emulsione nell'acqua

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 06.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH5 Prova: BH5-LF4
Tratto di prova: 16,50 - 17,00 m	Quota della falda: -2,45 m da p.c.



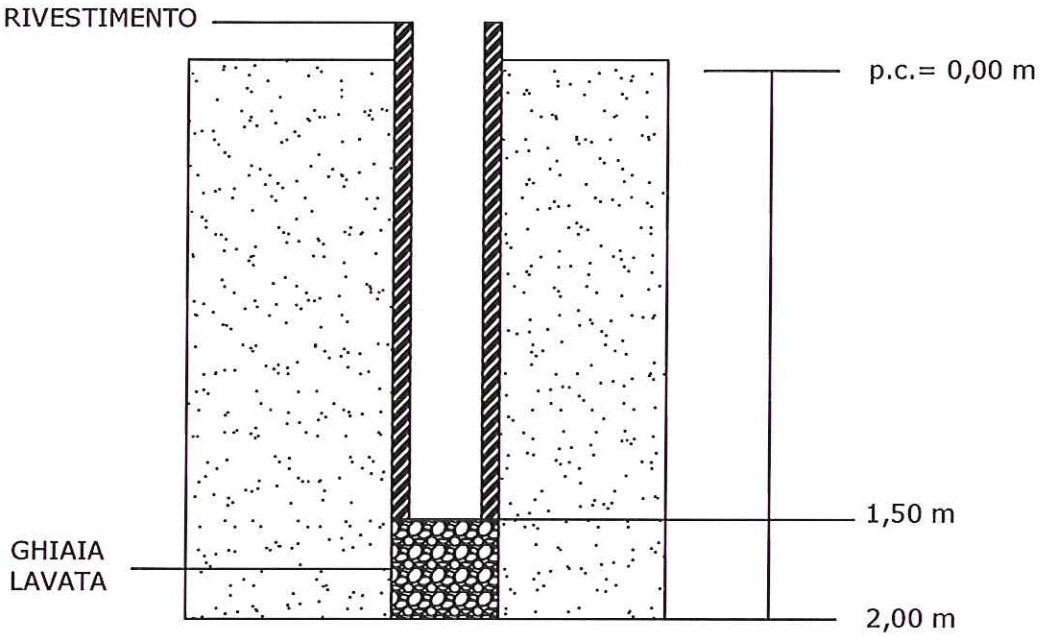
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 07.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH6 Prova: BH6-LF1
Tratto di prova: 1,50 - 2,00 m	Quota della falda: -2,02 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



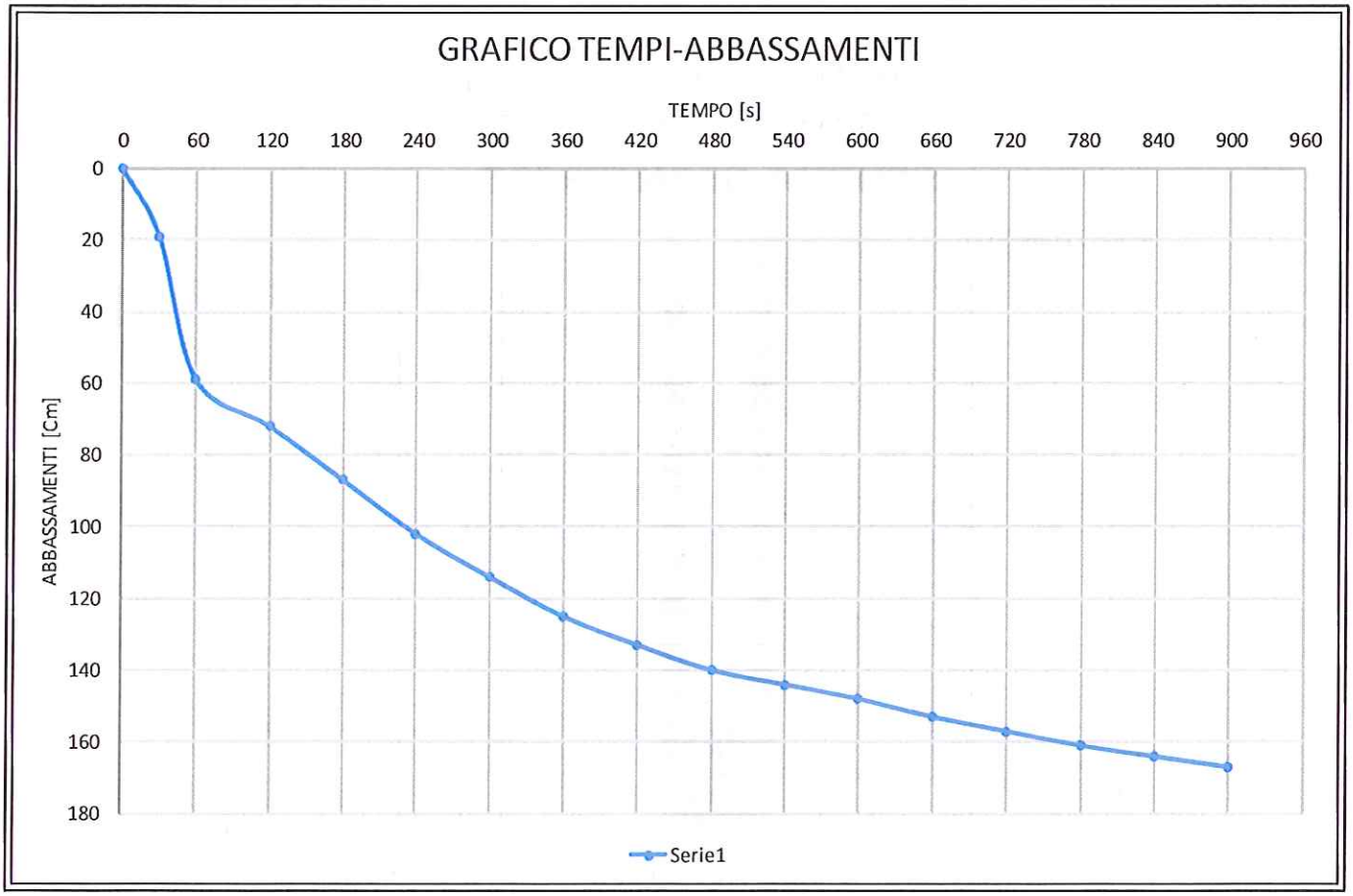
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 110 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	19	5,86E-05
60	59	1,02E-04
120	72	6,46E-05
180	87	5,47E-05
240	102	5,09E-05
300	114	4,78E-05
360	125	4,60E-05
420	133	4,36E-05
480	140	4,17E-05
540	144	3,90E-05
600	148	3,69E-05
660	153	3,58E-05
720	157	3,46E-05
780	161	3,37E-05
840	164	3,25E-05
900	167	3,30E-05
PERMEABILITA' MEDIA Km = 4,72E -05		

LITOLOGIA: B] Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa cementati da $CaCO_3$

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 07.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH6 Prova: BH6-LF1
Tratto di prova: 1,50 - 2,00 m	Quota della falda: -2,02 m da p.c.



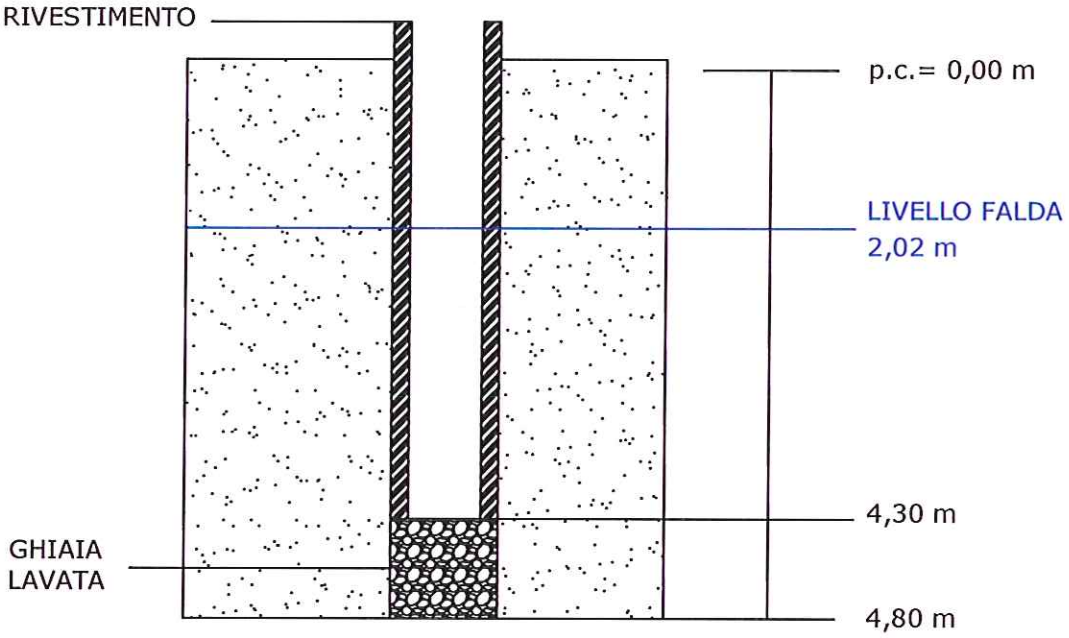
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 07.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH6 Prova: BH6-LF2
Tratto di prova: 4,30 - 4,80 m	Quota della falda: -2,02 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



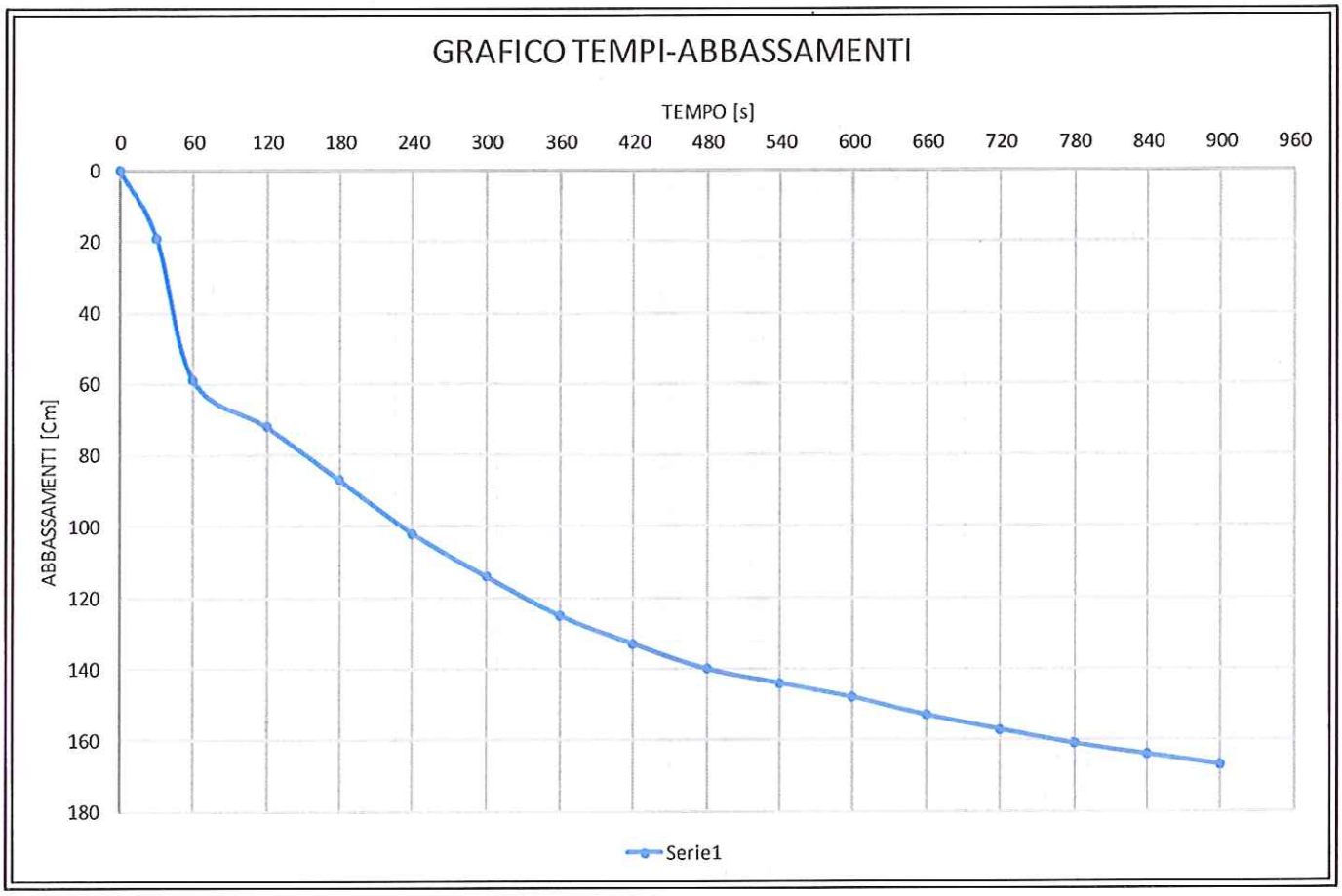
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 110 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	20	5,28E-05
30	1,5	4,14E-06
90	2	1,84E-06
150	2,8	1,55E-06
210	3,4	1,35E-06
270	4,2	1,30E-06
330	5,3	1,34E-06
390	5,4	1,16E-06
450	6,2	1,15E-06
510	7,4	1,22E-06
570	7,4	1,09E-06
630	7,7	1,03E-06
690	8,4	1,02E-06
750	9,2	1,03E-06
810	9,3	9,68E-07
870	10	9,71E-07
PERMEABILITA' MEDIA Km = 1,41E -06		

LITOLOGIA: B] Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa cementati da $CaCO_3$

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.
Sono riportati in rosso gli abbassamenti attribuiti alla perdita d'aria in emulsione nell'acqua

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 07.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH6 Prova: BH6-LF1
Tratto di prova: 1,50 - 2,00 m	Quota della falda: -2,02 m da p.c.



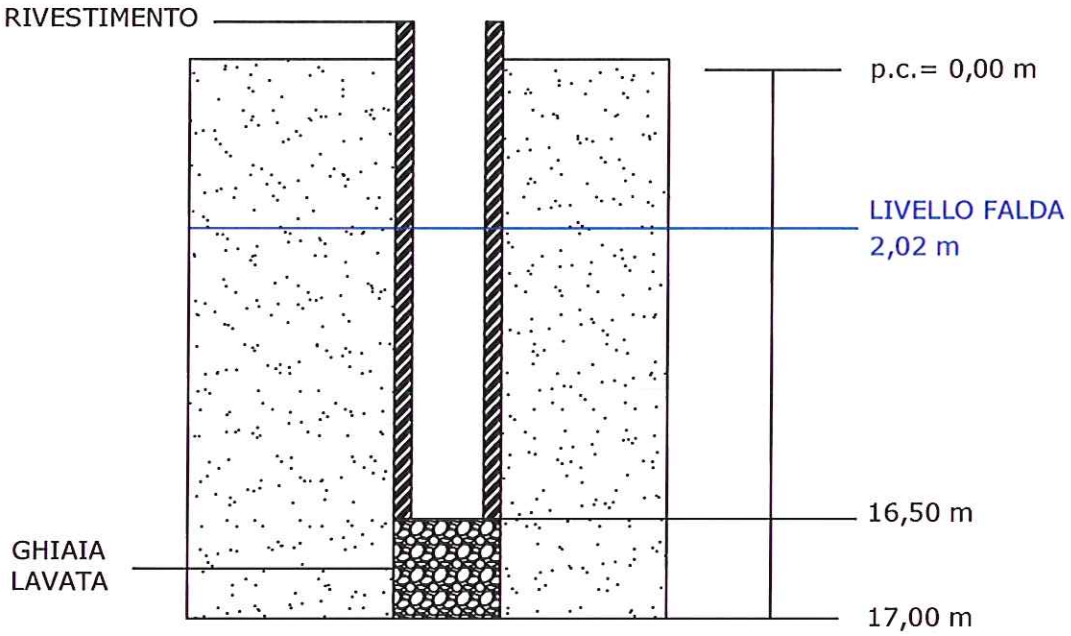
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 10.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH6 Prova: BH6-LF3
Tratto di prova: 16,50 - 17,00 m	Quota della falda: -2,02 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



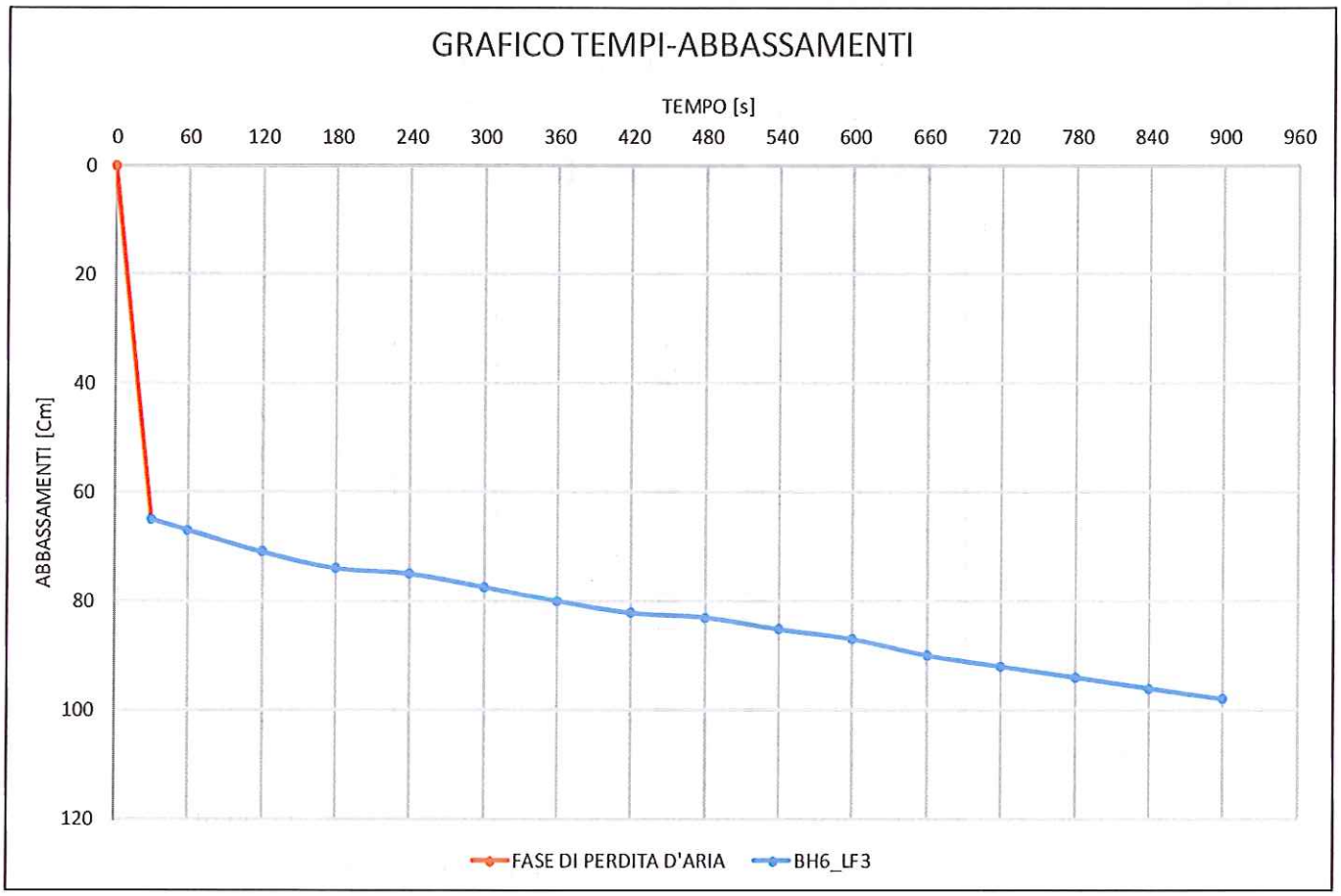
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 110 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	65	2,05E-04
30	2	7,49E-06
90	6	7,58E-06
150	9	6,89E-06
210	10	5,48E-06
270	12,5	5,37E-06
330	15	5,32E-06
390	17,2	5,20E-06
450	18	4,72E-06
510	20,2	4,71E-06
570	22	4,62E-06
630	25	4,80E-06
690	27	4,76E-06
750	29	4,74E-06
810	31	4,72E-06
870	33	4,71E-06
PERMEABILITA' MEDIA Km = 5,41E -06		

LITOLOGIA: D1] Sabbia fine limosa

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.
Sono riportati in rosso gli abbassamenti attribuiti alla perdita d'aria in emulsione nell'acqua

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 10.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH6 Prova: BH6-LF3
Tratto di prova: 16,50 - 17,00 m	Quota della falda: -2,02 m da p.c.



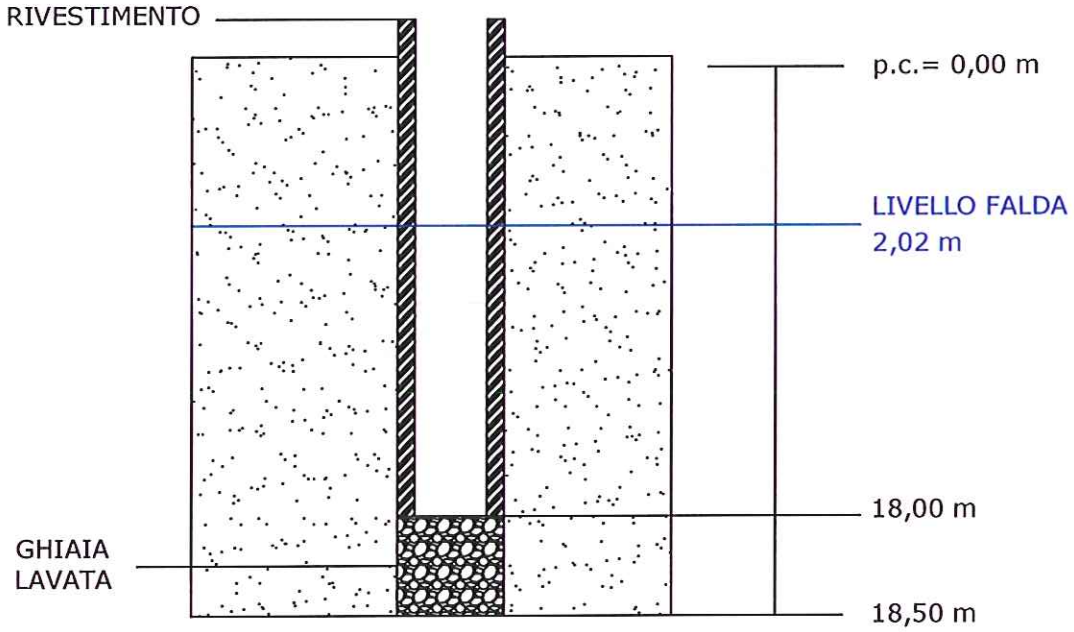
Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 10.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH6 Prova: BH6-LF4
Tratto di prova: 18,00 - 18,50 m	Quota della falda: -2,02 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

PROVA A CARICO COSTANTE ☐

PROVA A CARICO VARIABILE ☒

SCHEMA GEOMETRICO



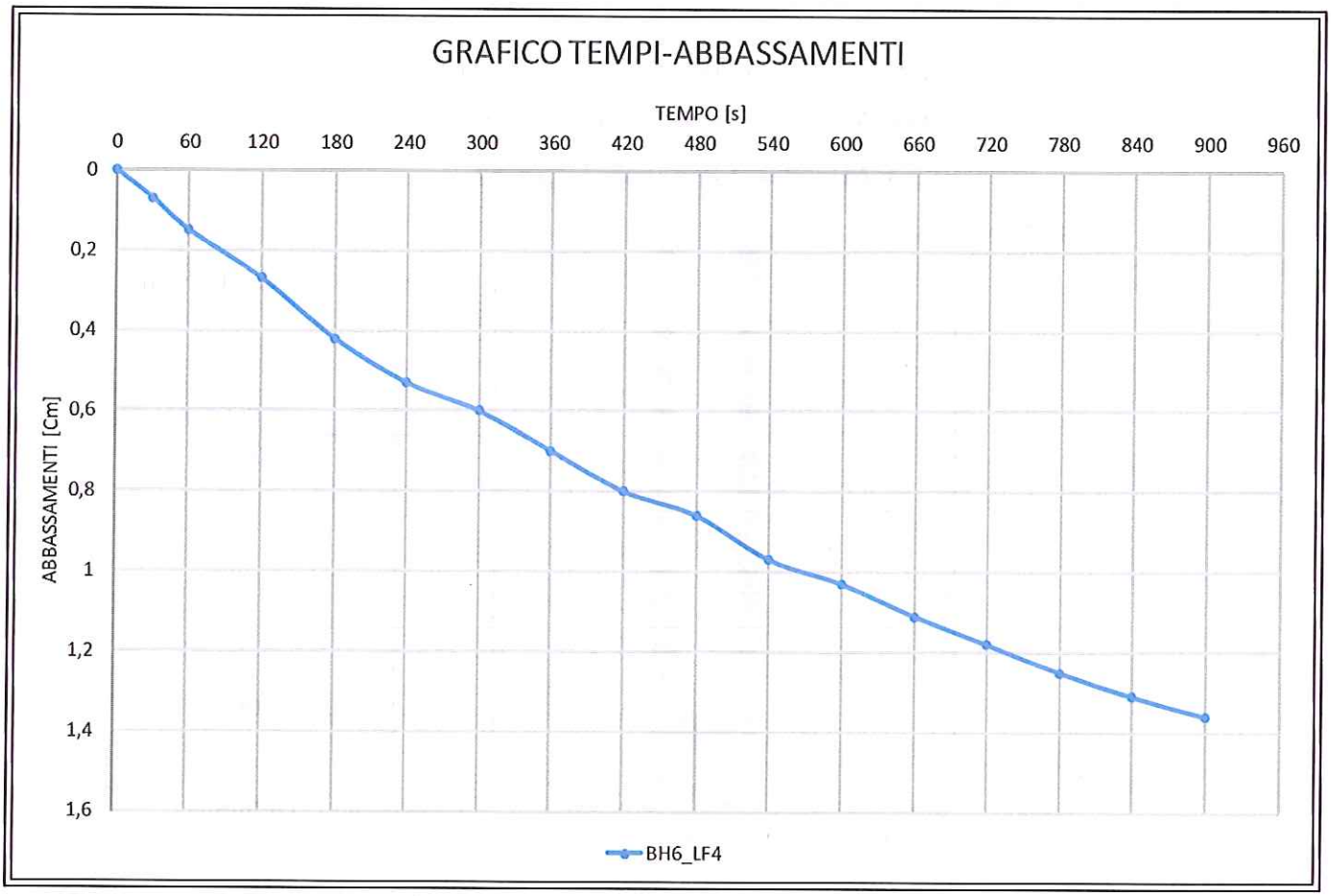
DIMENSIONE DEL TRATTO DI PROVA: 127 mm X 500 mm

Tempi (sec)	Abbassamenti Δh (cm)	k (m/sec)
30	0,07	2,51E-07
60	0,15	2,69E-07
120	0,27	2,43E-07
180	0,42	2,52E-07
240	0,53	2,38E-07
300	0,6	2,16E-07
360	0,7	2,10E-07
420	0,8	2,06E-07
480	0,86	1,93E-07
540	0,97	1,94E-07
600	1,03	1,85E-07
660	1,11	1,82E-07
720	1,18	1,77E-07
780	1,25	1,73E-07
840	1,31	1,69E-07
900	1,36	1,63E-07
PERMEABILITA' MEDIA Km = 2,08E -07		

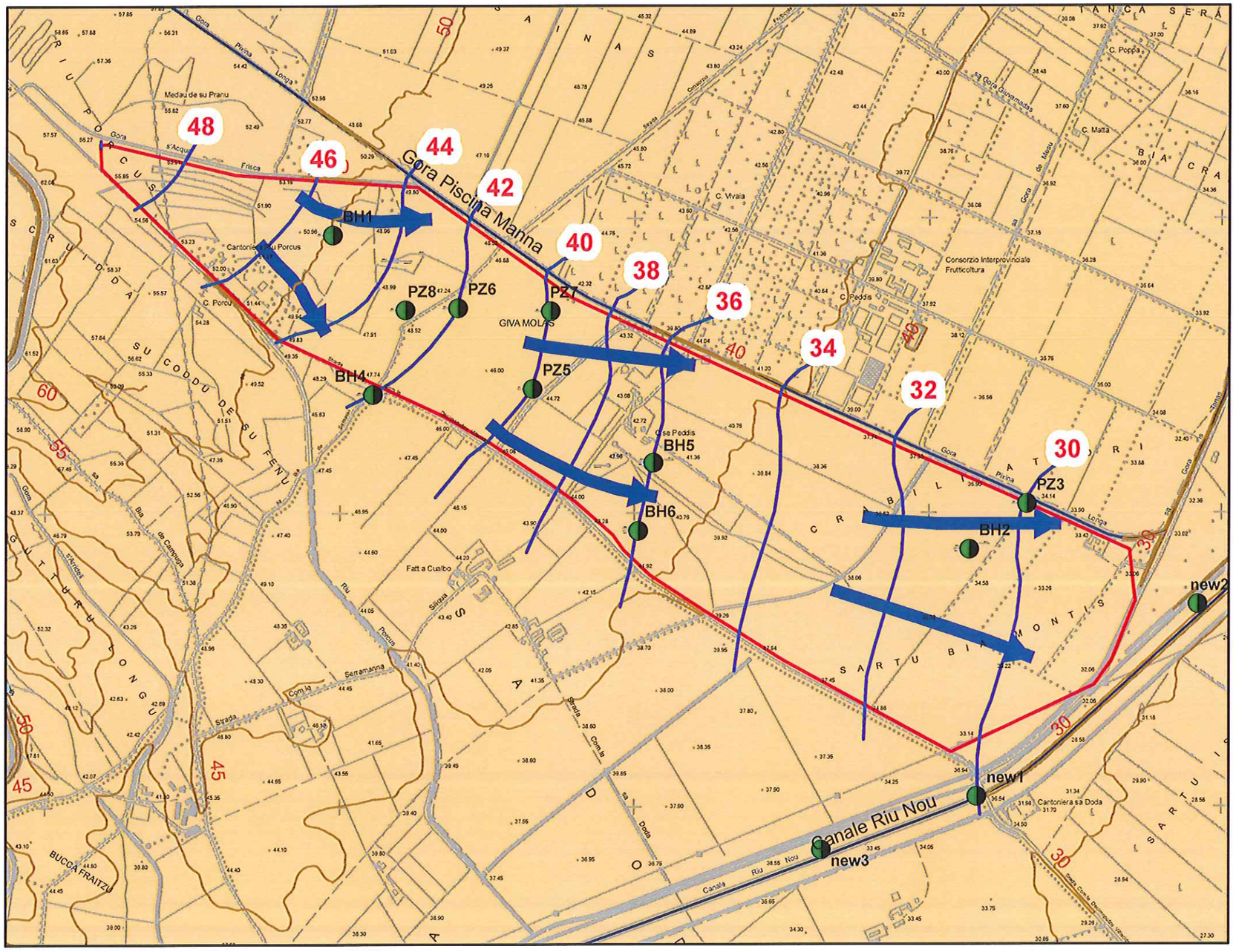
LITOLOGIA: C2] Argilla limosa passante ad argilla sabbiosa con ciottoli

NOTE: Allestimento sezione di prova eseguito secondo raccomandazioni A.G.I.

Committente: Energogreen S.r.l.	Data: 10.03.2014
Località: Villasor (CA)	Sondaggio: BH6 Prova: BH6-LF4
Tratto di prova:18,00 - 18,50 m	Quota della falda: -2,02 m da p.c.



VILLASOR CENTRALE TERMODINAMICA - CARTA DELLE ISOFREATICHE



LEGENDA

- RILIEVI PIEZOMETRICI
- LINEE ISOFREATICHE
- AREA IMPIANTO
- CURVE DI LIVELLO
- CORSI D'ACQUA
- LINEE DI FLUSSO

UNITA' ACQUIFERA

- ALLUVIONI PLIO-QUATERNARIE

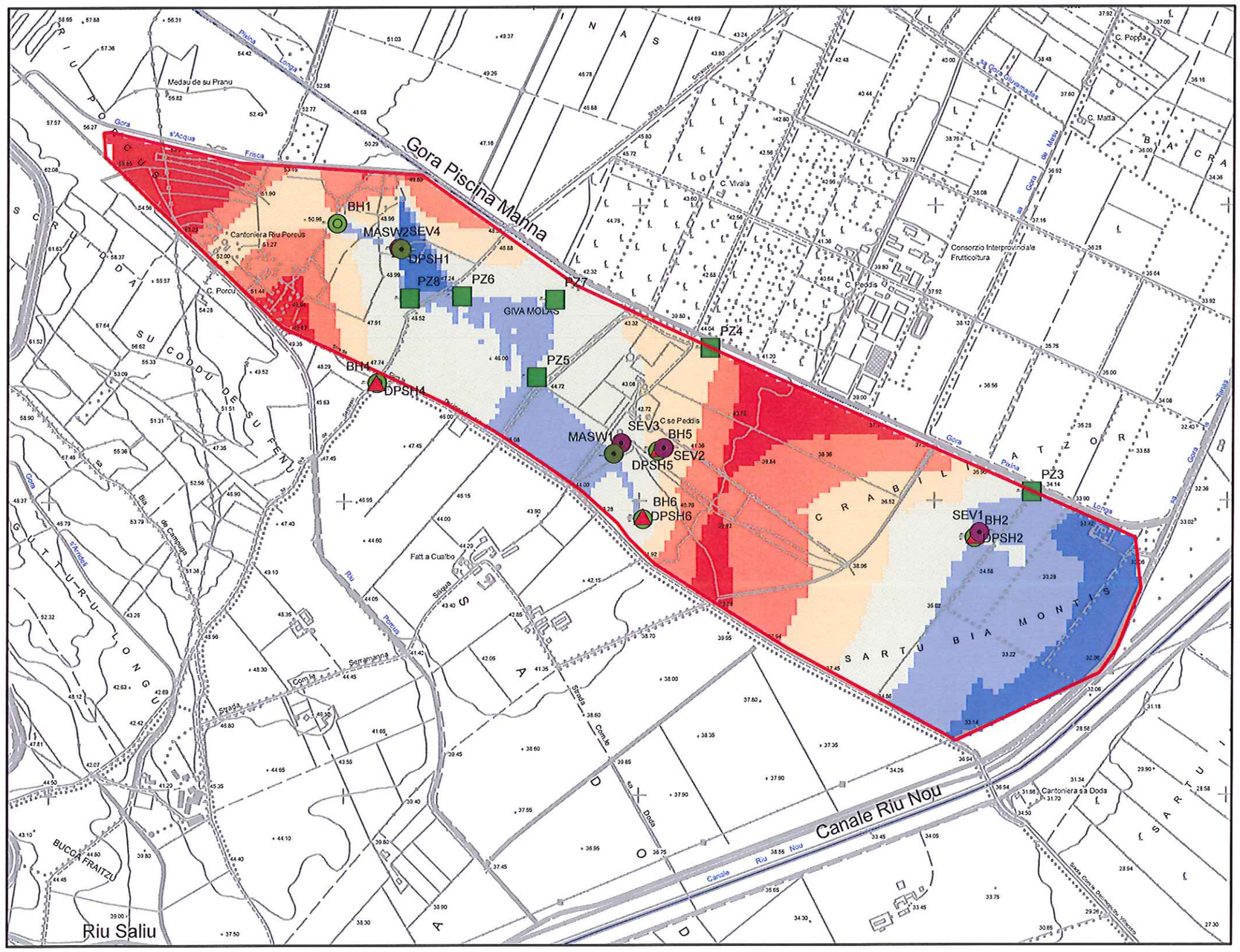
SCALA 1:15000

N

0 125 250 500 750 1.000 Meters

GEOTECHNA

VILLASOR CENTRALE TERMODINAMICA - CARTA DELLA SOGGIACENZA



LEGENDA

- DPSH
- MASW
- POZZETTO
- SEV
- SONDAGGIO
- CORSI D'ACQUA
- AREA IMPIANTO

SOGGIACENZA

m DA P.C.

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- > 5

SCALA 1:15000

0 125 250 500 750 1.000 Meters

N

GEOTECHNA

SEZIONI LITOTECNICHE SCHEMATICHE

GEOTECHNA S.r.l.

Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
Tel./Fax +39 070 501363
e-mail: geotechna@tiscali.it
geotechna.cagliari@pec.it

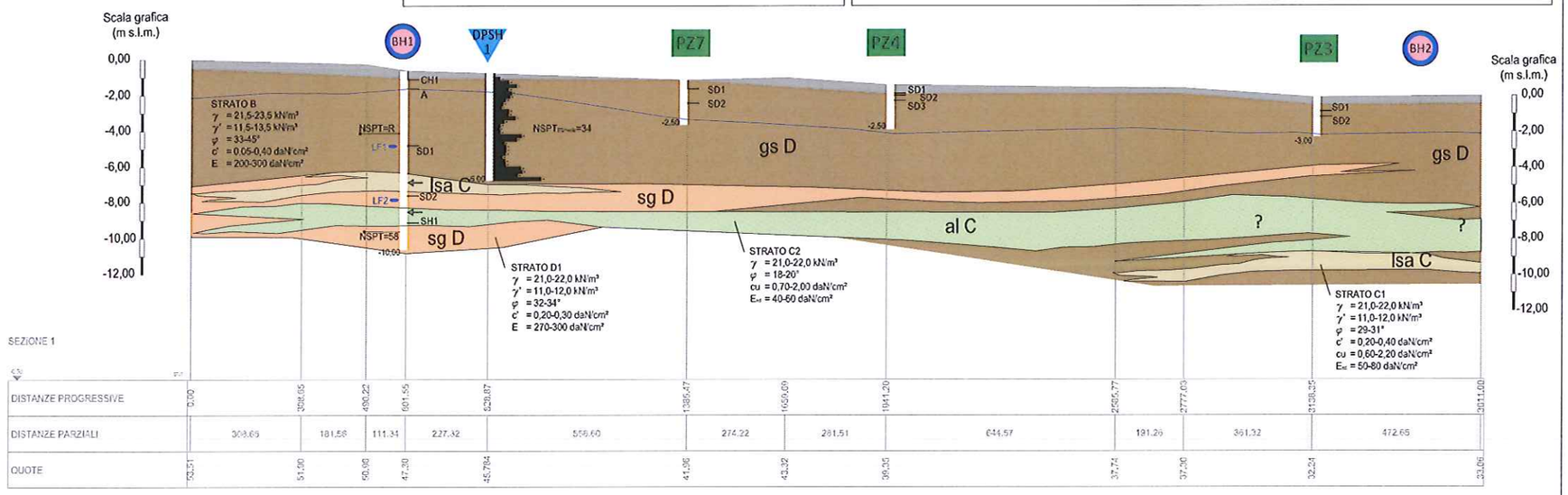
SEZIONE LITOTECNICA SCHEMATICA A-A'

STATO DI ADDENSAMENTO E CONSISTENZA

TERRE		
g = ghiaia	Terreni prevalentemente incoerenti	
s = sabbia	D = addensato	N SPTeq > 30 colpi/30cm
l = limo	M = moderatamente addensato	30> N SPTeq > 10 colpi/30cm
a = argilla	S = sciolto	N SPTeq < 10 colpi/30cm
	Terreni prevalentemente coesivi	
	C = consistente	Cu > 150 kPa
	M = moderatamente consistente	150 > Cu > 50 kPa
	S = tenero	Cu < 50 kPa

LEGENDA

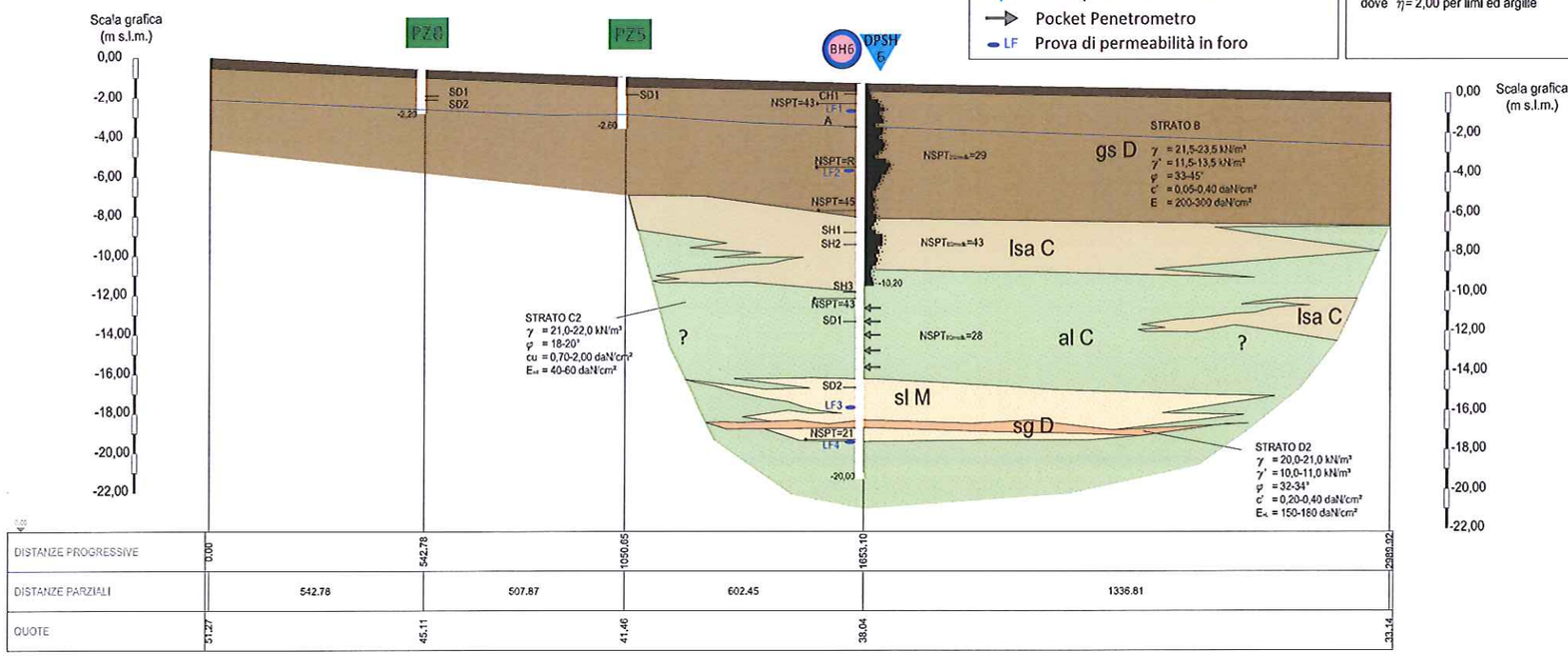
- Strato A] Suolo
- Strato B] Ghiaia ciottolosa in matrice limo-argillosa
- Strato C1] Limo argilloso-sabbioso
- Strato C2] Argilla limosa
- Strato D1] Sabbia ghiaiosa
- Strato D2] Sabbia limosa
- Falda idrica



SEZIONE LITOTECNICA SCHEMATICA B-B'

- Sondaggio geognostico con piezometro
- Pozzetto geognostico
- Prova penetrometrica DPSH
- Pocket Penetrometro
- LF Prova di permeabilità in foro

$N_{SPTeq} = N_{SPSH} \times \eta$
dove η = 1,00 per ghiaie sabbiose
dove η = 1,50 per sabbie con molto fine
dove η = 2,00 per limi ed argille



SEZIONE LITOTECNICA SCHEMATICA C-C'

STATO DI ADDENSAMENTO E CONSISTENZA

TERRE

g = ghiaia
s = sabbia
l = limio
a = argilla

Terreni prevalentemente incoerenti

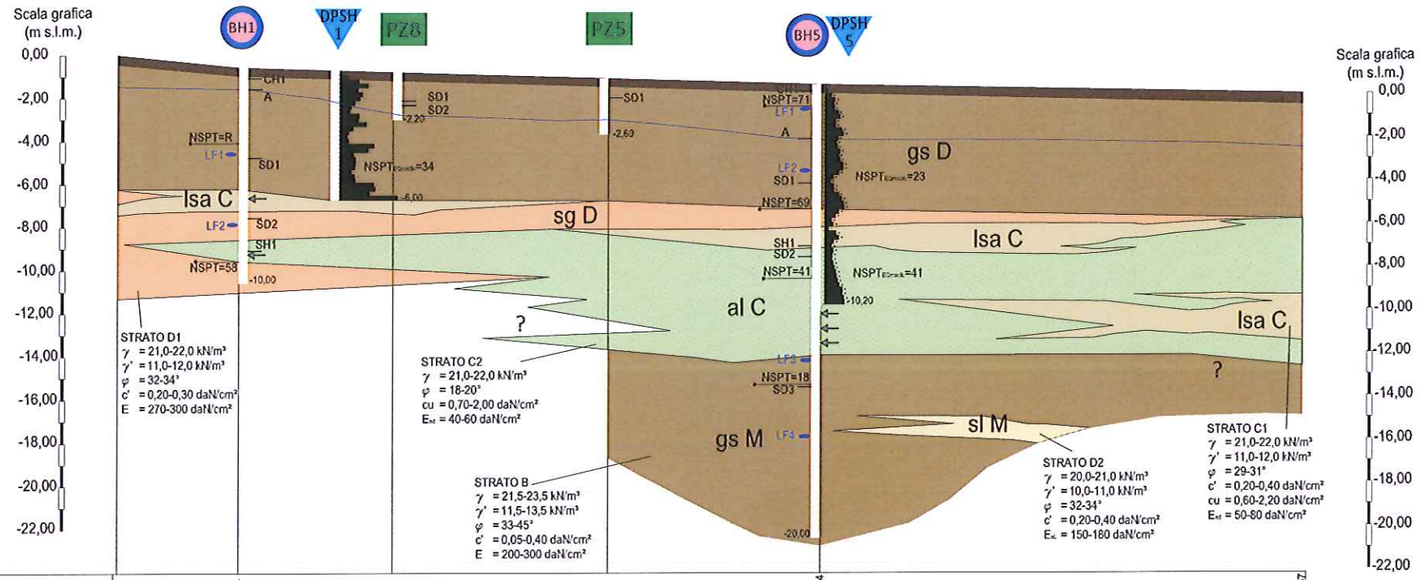
D = addensato	N SPTeq	> 30 colpi/30cm
M = moderatamente addensato	30> N SPTeq	> 10 colpi/30cm
S = sciolto	N SPTeq	< 10 colpi/30cm

Terreni prevalentemente coesivi

C = consistente	Cu > 150 kPa
M = moderatamente consistente	150 > Cu > 50 kPa
S = tenero	Cu < 50 kPa

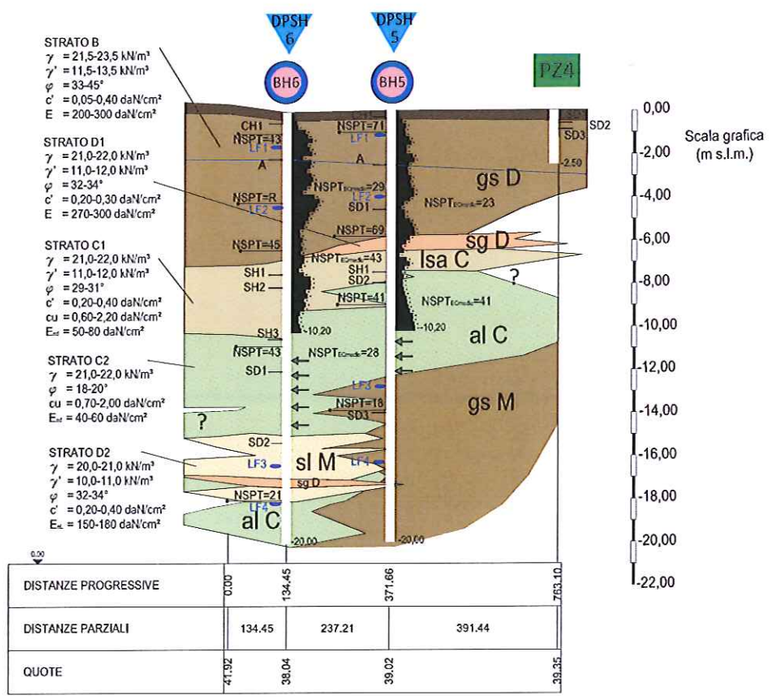
LEGENDA

- Strato A] Suolo
- Strato B] Ghiaia ciottolosa in matrice limo-argillosa
- Strato C1] Limo argilloso-sabbioso
- Strato C2] Argilla limosa
- Strato D1] Sabbia ghiaiosa
- Strato D2] Sabbia limosa
- Falda idrica



DISTANZE PROGRESSIVE	0.00	281.84	637.11	1627.24	2746.57
DISTANZE PARZIALI	281.84	355.27	990.13	1119.33	
QUOTE	53.16	47.30	45.11	39.02	34.86

SEZIONE LITOTECNICA SCHEMATICA E-E'

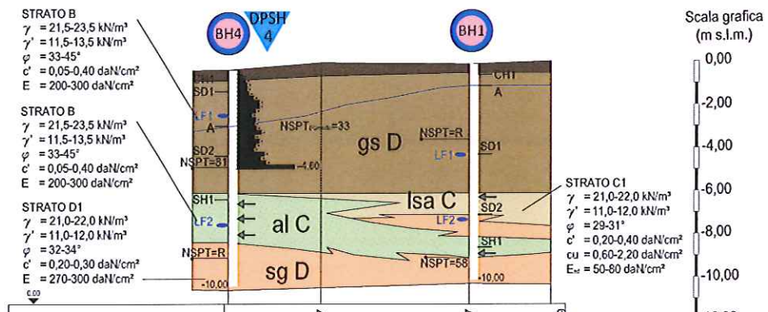


DISTANZE PROGRESSIVE	0.00	134.45	371.66	763.10
DISTANZE PARZIALI	134.45	237.21	391.44	
QUOTE	41.92	38.04	39.02	39.35

- Sondaggio geognostico con piezometro
- Pozzetto geognostico
- Prova penetrometrica DPSH
- Pocket Penetrometro
- LF Prova di permeabilità in foro

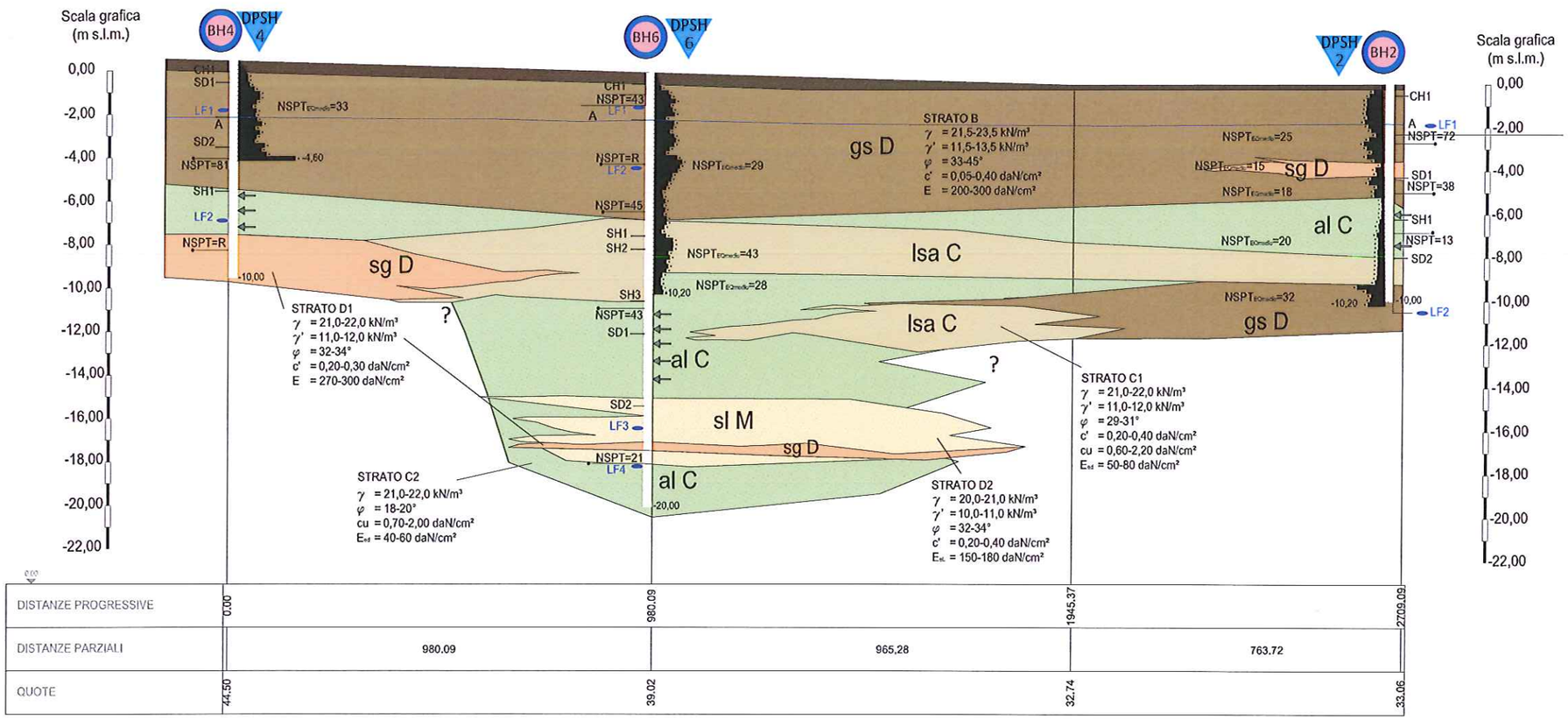
$N_{SPTEQ} = N_{DPSH} \times \eta$
dove η = 1,00 per ghiaie sabbiose
dove η = 1,50 per sabbie con molto fine
dove η = 2,00 per limi ed argille

SEZIONE LITOTECNICA SCHEMATICA F-F'



DISTANZE PROGRESSIVE	0.00	214.97	560.17	774.09
DISTANZE PARZIALI	214.97	345.20	213.92	
QUOTE	44.50	47.91	47.30	48.78

SEZIONE LITOTECNICA SCHEMATICA D-D'



- Sondaggio geognostico con piezometro
- Pozzetto geognostico
- Prova penetrometrica DPSH
- Pocket Penetrometro
- LF Prova di permeabilità in foro

STATO DI ADDENSAMENTO E CONSISTENZA

TERRE	g = ghiaia s = sabbia l = limio a = argilla	$N_{SPTEQ} = N_{DPSH} \times \eta$ dove η = 1,00 per ghiaie sabbiose dove η = 1,50 per sabbie con molto fine dove η = 2,00 per limi ed argille

Terreni prevalentemente incoerenti

D = addensato	N SPTeq > 30 colpi/30cm
M = moderatamente addensato	30> N SPTeq > 10 colpi/30cm
S = sciolto	N SPTeq < 10 colpi/30cm

Terreni prevalentemente coesivi

C = consistente	Cu > 150 kPa
M = moderatamente consistente	150 > Cu > 50 kPa
S = tenero	Cu < 50 kPa

LEGENDA

- Strato A] Suolo
- Strato B] Ghiaia ciottolosa in matrice limo-argillosa
- Strato C1] Limo argilloso-sabbioso
- Strato C2] Argilla limosa
- Strato D1] Sabbia ghiaiosa
- Strato D2] Sabbia limosa

PROSPEZIONE GEOFISICA

GEOTECHNA S.r.l.

Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
Tel./Fax +39 070 501363
e-mail: geotechna@tiscali.it
geotechna.cagliari@pec.it

PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati della prospezione geofisica condotta nel mese di marzo 2014 nell'ambito degli studi ed indagini predisposte per la realizzazione di un «IMPIANTO SOLARE TERMODINAMICO» denominato "Fluminimannu" presso l'area industriale di Villasor (Provincia di Cagliari).

L'indagine si è espletata nell'esecuzione di n. 4 **Sondaggi Elettrici Verticali (S.E.V.)** al fine di valutare la resistività dei terreni per il corretto dimensionamento degli impianti di messa a terra nonché acquisire ulteriori parametri al fine di mitigare il problema dell'aggressività dei terreni nei confronti di elementi metallici interrati e da n. 2 prove **MASW** per la valutazione della Vs_{30} del sito.

FIGURA 1 - Immagine satellitare con indicazione dei punti investigati.

SONDAGGI ELETTRICI VERTICALI (S.E.V.)

STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA

Nella prospezione geoelettrica il parametro fisico che si determina è la resistività elettrica (Ω) delle formazioni che costituiscono il sottosuolo: tale parametro è indipendente dalle caratteristiche geometriche della formazione litologica cui si riferisce ed è definito come la resistenza elettrica per unità di volume. Ogni materiale presenta un ampio campo di variabilità dei propri valori di resistività che, nel caso delle rocce litoidi, dipendono dal grado di omogeneità, dai livelli di alterazione e dal grado di fratturazione mentre nel caso dei terreni sciolti la resistività dipende dalla granulometria, dai fluidi circolanti e dalla quantità di sali disciolti.

Il metodo consente di determinare lo spessore degli elettrostrati e la loro resistività mediante misure elettriche di superficie e si basa sulla misurazione della resistività del sottosuolo a profondità mano a mano crescenti mediante la realizzazione di due distinti circuiti elettrici, uno di energizzazione (A-B) e uno di misura (M-N) dove la lunghezza del primo determina la profondità di investigazione.

Nel caso specifico, per l'acquisizione del parametro di resistività del terreno è stato adottato il "*dispositivo quadripolare di Wenner*", con distanza massima tra gli elettrodi di energizzazione (A-B) che, funzionalmente agli obiettivi dell'indagine, è stata limitata a 24 m. Sulla superficie del terreno sono stati posizionati quattro elettrodi allineati ed equidistanziati di una lunghezza "*a*", che in questa circostanza, al fine di accrescere il dettaglio e la profondità dell'indagine, è stata di 50 cm, 100 cm, 200 cm, 300 cm, 400 cm, 600 cm e 800 cm

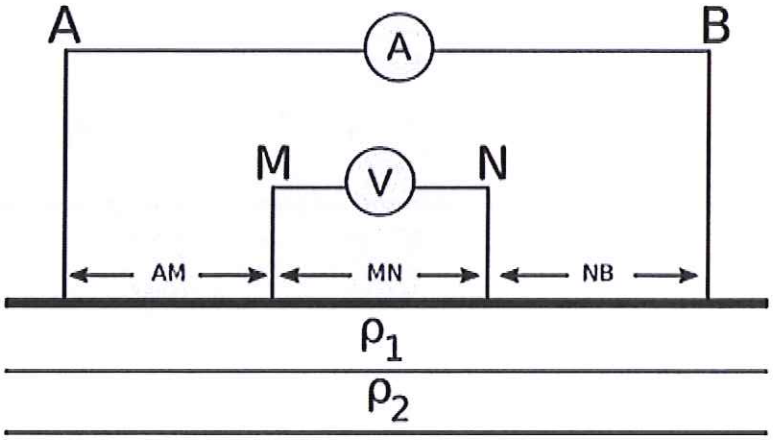


FIGURA 2
Schema del dispositivo elettrodico.

Costruito il dispositivo, tra i due elettrodi esterni (A-B), è fatta circolare una corrente continua (I) e si misura la caduta ohmica (ΔV) tra i due elettrodi interni (M-N), ripetendo la misura con inversione del senso di circolazione della corrente e mediandone il risultato. Con l'ausilio di opportuni software, si determina lo spessore degli elettrostrati e la loro resistività discriminandoli dalla *resistività apparente* misurata strumentalmente.

Tutte le misure di resistività, comprese quelle effettuate a distanze intermedie, sono state riportate nelle tavole che seguono, parte integrante di questa relazione e che rappresentano l'atto finale dell'indagine geoelettrica.

FOTO 1
Strumentazione utilizzata per l'acquisizione delle misure di resistività.

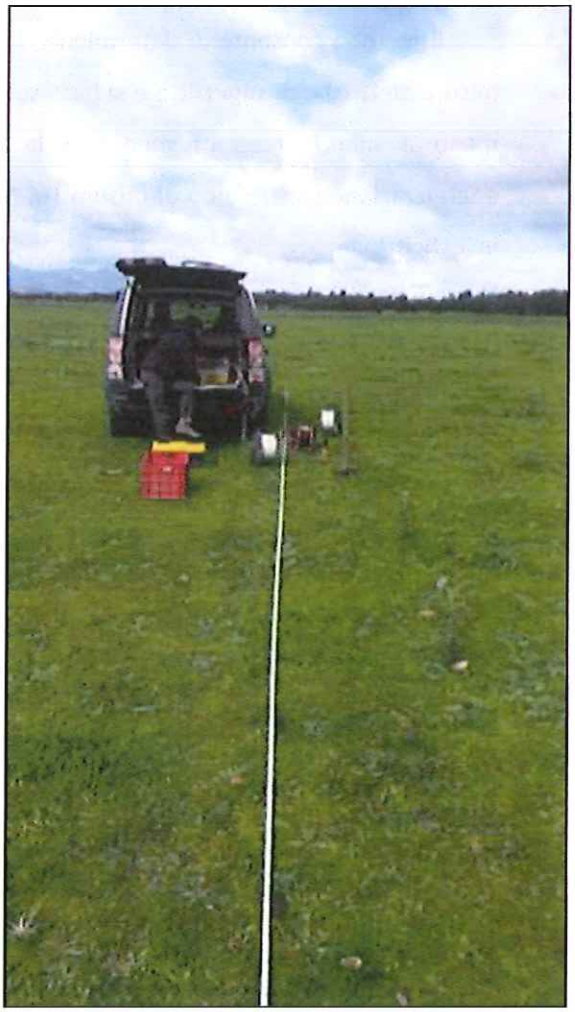


FOTO 2
Esempio di stesa elettrodica (SEV 1).

ESITO DELL'INDAGINE

I risultati dell'indagine geoelettrica sono esposti nei seguenti diagrammi e tabelle, così come dedotti dalla interpretazione delle curve ottenute con la variazione della resistività apparente misurata in campagna.

SEV 1

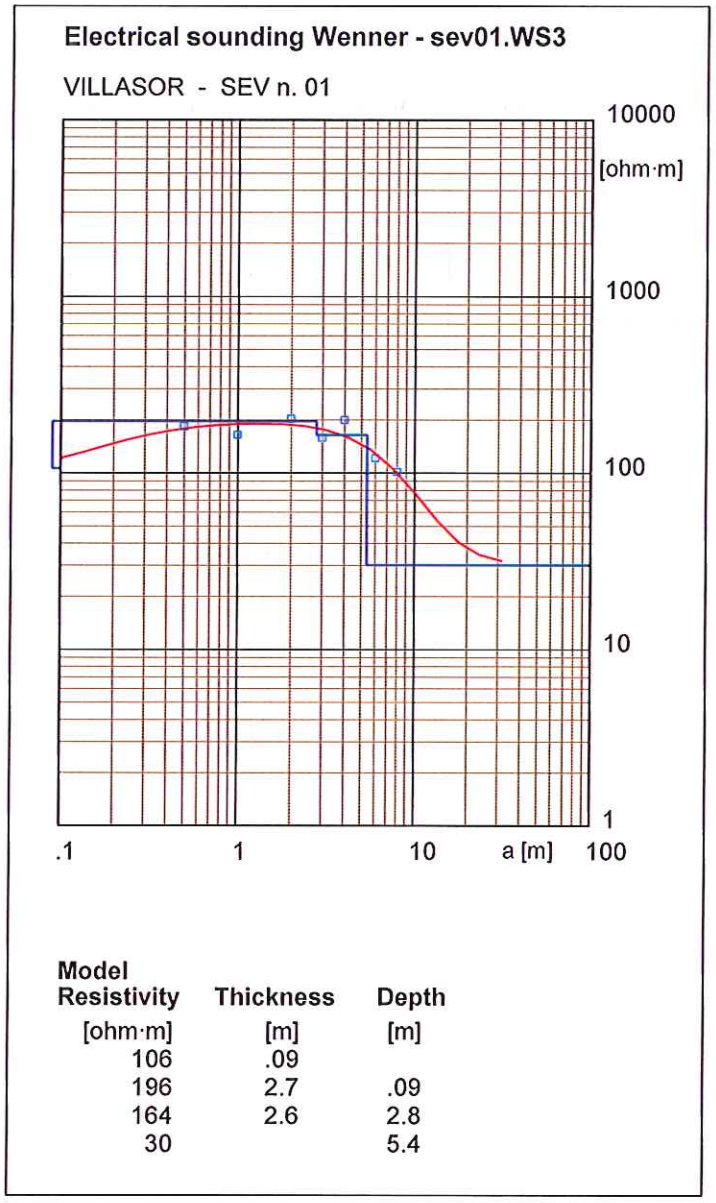


FIGURA 3 - SEV 1
Diagramma della curva di resistività..

Dall'elaborazione dei dati contenuti in questo grafico, si osserva che il primo elettrostrato, rappresentato dal terreno agrario, è caratterizzato da una resistività di circa 100 ohm.m e spessore decimetrico. A questo fa seguito una coppia di elettrostrati con resistività da 200 ohm.m a 150 ohm.m e spessore complessivo di circa 5 m.

Da punto di vista litologico potrebbero essere rappresentativi della formazione limoso-sabbioso-ciottolosa che sovrasta la sottostante formazione argillosa con resistività di circa 30 ohm.m e spessore indefinito.

N.	APERTURA ELETTROLICA (cm)	V (millivolt)	I (milliampere)	RESISTIVITÀ APPARENTE ρ (ohm.cm)
1	50	13.055,00	223,40	18.349
2	100	5.903,00	226,50	16.366
3	200	6.340,00	226,60	35.052
4	300	1.912,00	228,60	15.757
5	400	1.809,00	228,50	19.887
6	600	727,40	226,60	12.095
7	800	458,50	227,80	10.111

TABELLA 1A – SEV 1] Valori misurati in campagna.

RESISTIVITÀ APPARENTE ρ (ohm.cm)	SPESSORE (m)	PROFONDITÀ (m)	CORROSIVITÀ
10.600	0,09		debole
19.600	2,70	0,09	trascurabile
16.400	2,60	2,80	trascurabile
3.000		5,40	media

TABELLA 1B – SEV 1] Valori risultanti dall'elaborazione.

SEV 2

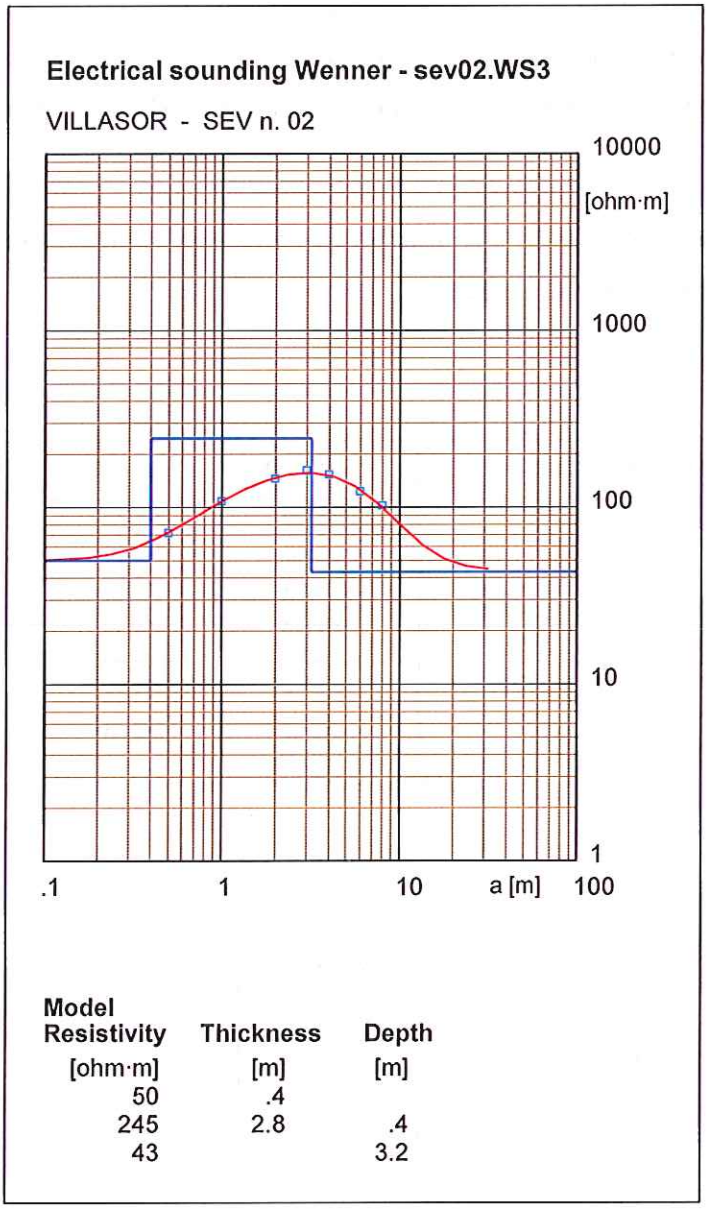


FIGURA 4 - SEV 2
Diagramma della curva di resistività.

Anche questo grafico è rappresentativo delle medesime situazioni già viste nel SEV precedente. Si nota come i due elettrostrati soggiacenti al terreno agrario già visti nel SEV 1, in questo SEV, siano stati conglobati in un unico elettrostrato con resistività di circa 250 ohm.m con un decremento dello spessore.

La resistività del terzo elettrostrato, che si rinviene a circa 3,20 m dal piano di campagna, è quella tipica dei materiali argillosi

N.	APERTURA ELETTROLICA (cm)	V (millivolt)	I (milliampere)	RESISTIVITÀ APPARENTE ρ (ohm.cm)
1	50	5.561,00	244,30	7.147
2	100	4.201,00	244,90	10.772
3	200	2.832,00	245,30	14.500
4	300	2.099,00	245,50	16.108
5	400	1.493,00	245,50	15.276
6	600	791,50	243,40	12.252
7	800	497,10	244,40	10.218

TABELLA 2A – SEV 2] Valori misurati in campagna.

RESISTIVITÀ APPARENTE ρ (ohm.cm)	SPESSORE (m)	PROFONDITÀ (m)	CORROSIVITÀ
5.000	0,40		media
24.500	2,80	0,40	trascurabile
4.300		3,20	media

TABELLA 2B – SEV 2] Valori risultanti dall'elaborazione.

SEV 3

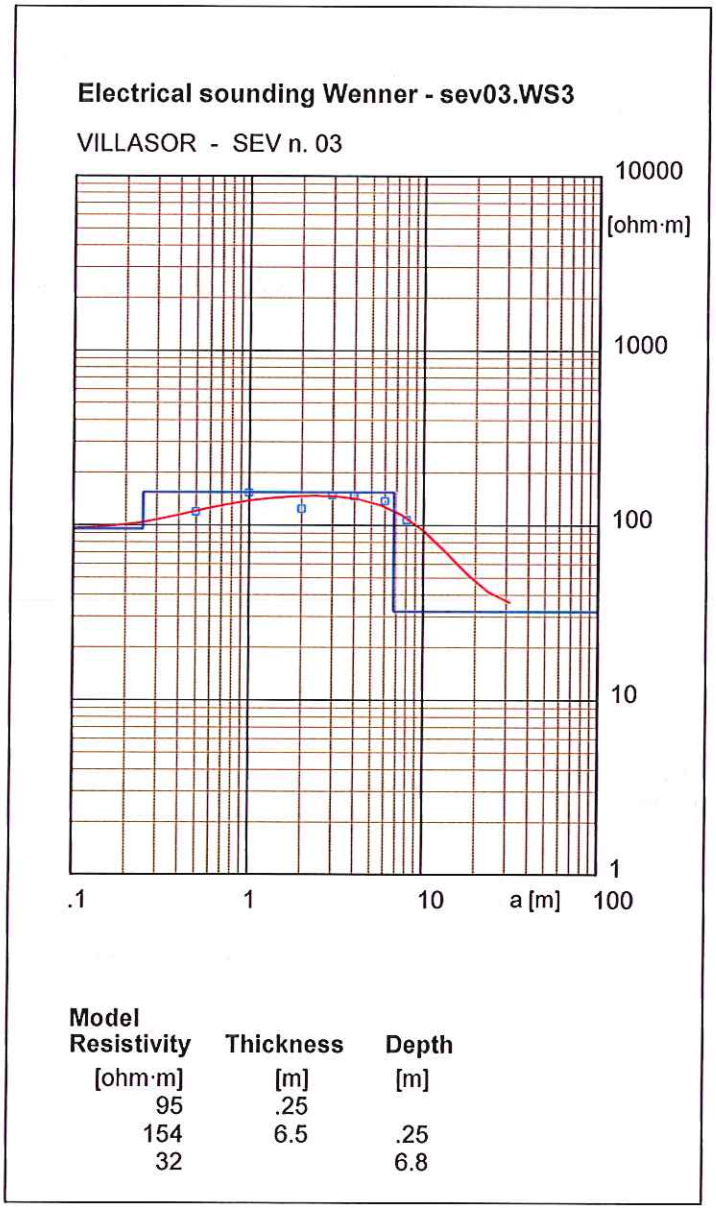


FIGURA 5 - SEV 3
Diagramma della curva di resistività.

Anche questo SEV conferma le caratteristiche generali dell'area, con la presenza dei tre elettrostrati che la caratterizzano, con modeste variazioni sia nello spessore sia nella resistività.

La resistività del terzo elettrostrato, che si rinviene a circa 3,20 m dal piano di campagna, è quella tipica dei materiali argillosi.

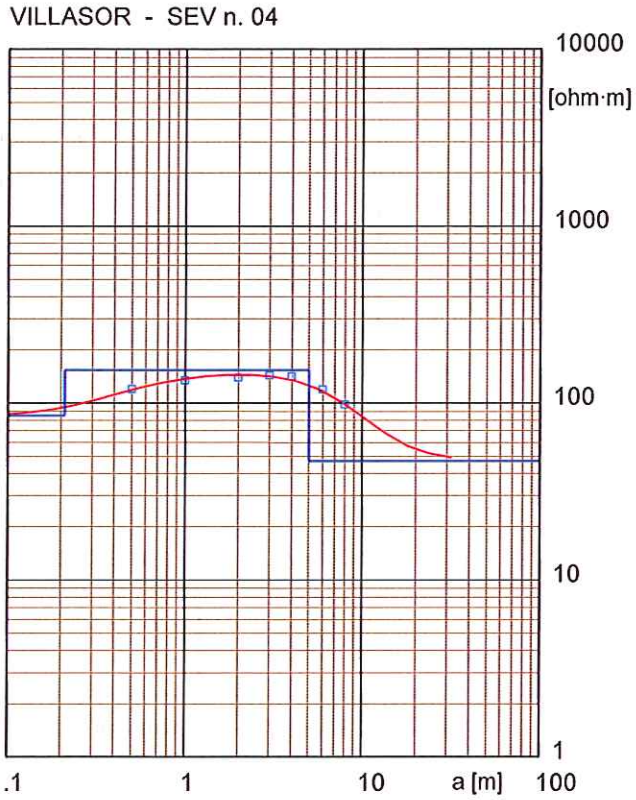
N.	APERTURA ELETTROLICA (cm)	V (millivolt)	I (milliampere)	RESISTIVITÀ APPARENTE ρ (ohm.cm)
1	50	7.734,00	204,10	11.903
2	100	5.325,00	218,80	15.283
3	200	2.189,00	221,50	12.412
4	300	1.737,00	221,80	14.754
5	400	1.298,00	221,90	14.693
6	600	796,60	218,80	13.718
7	800	469,30	220,50	10.692

TABELLA 3A – SEV 3] Valori misurati in campagna.

RESISTIVITÀ APPARENTE ρ (ohm.cm)	SPESSORE (m)	PROFONDITÀ (m)	CORROSIVITÀ
9.500	0,25		debole
15.400	6,50	0,25	trascurabile
3.200		6,80	media

TABELLA 3B – SEV 3] Valori risultanti dall'elaborazione.

SEV 4



Model Resistivity [ohm·m]	Thickness [m]	Depth [m]
85	.21	
153	4.8	.21
47		5

FIGURA 6 - SEV 4
Diagramma della curva di resistività.

Viene confermato quanto osservato nei casi precedenti.

N.	APERTURA ELETTROLICA (cm)	V (millivolt)	I (milliampere)	RESISTIVITÀ APPARENTE ρ (ohm.cm)
1	50	8.331,00	217,90	12.005
2	100	4.715,00	220,20	13.446
3	200	4.437,00	220,70	25.250
4	300	1.686,00	221,80	14.308
5	400	1.250,00	222,00	14.144
6	600	694,40	220,70	11.855
7	800	431,50	221,70	9.778

TABELLA 4A – SEV 4] Valori misurati in campagna.

RESISTIVITÀ APPARENTE ρ (ohm.cm)	SPESSORE (m)	PROFONDITÀ (m)	CORROSIVITÀ
8.500	0,21		debole
15.300	4,80	0,21	trascurabile
4.700		5,00	media

TABELLA 4B – SEV 4] Valori risultanti dall'elaborazione.

CONCLUSIONI

L'indagine eseguita in questa sede ha consentito di determinare, per ciascuno dei punti investigati, la resistività reale di ciascun elettrostrato ed il relatovo spessore.

Più precisamente è risultata una resistività (calcolata) dei materiali presenti nell'area variabile perlopiù tra circa **10.000 ohm·cm** e **20.000 ohm·cm**, con locali situazioni nelle quali la stessa tende a diminuire sino a **3.000 ohm·cm** ovvero a raggiungere **24.500 ohm·cm** (SEV 2).

A tal proposito si richiama la tabella di correlazione tra resistività dei terreni e potenziale corrosività.

Corrosività	*Resistenza elettrica (ohm.cm)*
Trascurabile	*>12.000*
Debole	*12.000-5.000*
Media	*5.000-2.000*
Elevata	*<2.000*

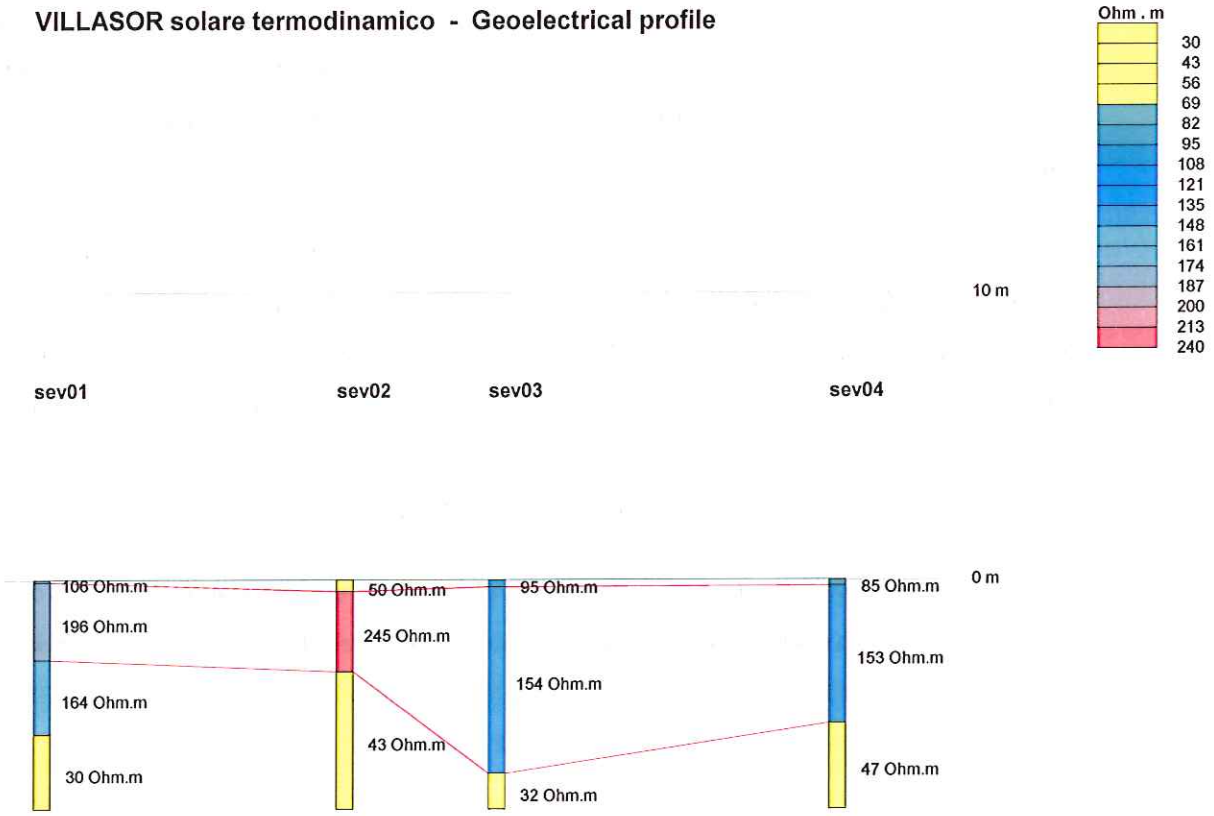


FIGURA 7 - Profilo geoelettrico.

DETERMINAZIONE DELLA VS30

STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA

Per la classificazione dei terreni secondo le disposizioni della Nuova Normativa antisismica (Ordinanza n. 3274 e Nuove Norme Tecniche per le costruzioni) è stata condotta un'indagine secondo la metodologia MASW (*"Multichannel Analysis of Surface Waves"*) che consente, tramite l'acquisizione di registrazioni multicanale delle onde superficiali di Rayleigh generate da masse battenti, di elaborare un profilo verticale di velocità delle Onde di taglio (Onde S) in funzione della profondità.

Il metodo della MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) si distingue in "attivo" e "passivo" (Zywicki, 1999; Park e Miller 2006; Roma, 2006). Nel "**metodo attivo**" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento (*array*) lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica). Nel "**metodo passivo**" lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma la registrazione avviene per un tempo più lungo ed interessa il "rumore di fondo", ovvero le vibrazioni indotte sul terreno da sorgenti naturali (vento, maree, fiumi, ecc) e antropiche (traffico, attività industriali, aeroporti, ecc) detti anche "microtremori".

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre quello attivo consente di ottenere una migliore definizione della curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10÷40 Hz e quindi fornisce informazioni più dettagliate sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20÷30 m di profondità in funzione della rigidezza del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4÷20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

L'utilizzo di geofoni con frequenza propria di 4 Hz fa si che anche con il "metodo attivo" si possa ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4÷40 Hz consentendo così una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 35-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidezza degli strati).

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un *array* lineare da 24 geofoni con spaziatura 2,00 m. Nel caso specifico si è fatto riferimento al "metodo attivo" e, per una corretta acquisizione ed una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4,50 Hz ed un sismografo digitale ad incremento di segnale.

Come sistema di energizzazione è stata impiegata una mazza di 8 kg battente su piattello metallico e, per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di *stacking*). La sorgente è stata posta ad una distanza di 4,00 m e 6,00 m dal primo geofono (*Optimum Field Parameters of an MASW Survey"*, Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

L'attrezzatura impiegata per l'acquisizione dei dati in campagna è composta da:

- registratore sismico
- sorgente energizzante
- trigger
- apparecchiatura di ricezione

SISMOGRAFO

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un registratore sismico mod. Echo 12/24 2002 avente le seguenti caratteristiche:

– numero canali	24
– intervallo di campionamento	0,296 m/sec
– convertitore A/D	16 bit
– Impedenza di ingresso common mode	1 kohm
– Guadagno selezionabile	da 10 dB a 100 dB con step di 1 dB
– Tensione di saturazione	+/- 2,3 V
– Livello di saturazione	100 dB
– Distorsione	0,01%
– Durata della registrazione	25, 50, 100, 200, 400, 1000 o 2.000 m/sec

- Sommatoria di segnale (stacking)
- Possibilità di inversione della polarità — Stack polarity
- Range dinamico — 93 dB
- Alimentazione — 12 V

FIGURA 8
Il sismografo e il computer portatile

SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE

Come sorgente energizzante è stato utilizzato l'impatto generato dalla caduta di una mazza del peso di 8 kg su un apposito piattello di battuta in materiale alluminoso.

TRIGGER

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un sistema di starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza, etc.) colpisce la base di battuta; ciò consente ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che da inizio alla registrazione dei dati sismici.

SISTEMA DI RICEZIONE

Per la ricezione delle onde P sono stati utilizzati 24 geofoni verticali Sensor con frequenza propria di 14 Hz, collegati a sismografo tramite una coppia di cavi sismici (ciascuno con 12 takeouts) ed una coppia di prolunghe.

Il risultato finale della fase di acquisizione dei dati di campagna è costituito da una serie di files in formato SEGY che successivamente saranno elaborati tramite gli appositi software di cui si è detto in precedenza.

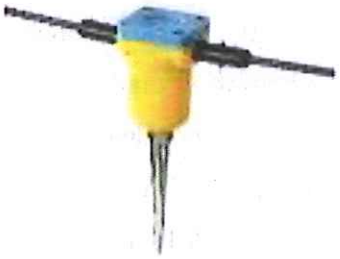


FIGURA 9 - Il geofono

FOTO 3 - I cavi sismici.

ELABORAZIONE DATI

I dati sperimentali, acquisiti in formato residente dell'hardware utilizzato, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (**Easy Masw** della Geostru S.r.l.).

Uno degli obiettivi dell'analisi è ricavare la "*Curva di dispersione*" trasformando i segnali registrati in uno spettro bidimensionale *"phase velocity-frequency (c-f)"* che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali. Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, tipico dell'area investigata.

L'analisi dello spettro bidimensionale consente di ricostruire un modello sismico mono-dimensionale del sottosuolo che risulta essere rappresentato dalla variazione della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

A partire dal modello sismico monodimensionale è possibile ricavare il valore delle **Vs30**, che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio. Per il suo calcolo si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (*"Norme tecniche per le Costruzioni"*):

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{n} \frac{H_i}{V_i}}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i^{-esimo}, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

MASW 1

TRACCE

N. tracce	**24**
Durata acquisizione [msec]	**1.002,30**
Interdistanza geofoni [m]	**2,00**
Periodo di campionamento [msec]	**0,131**

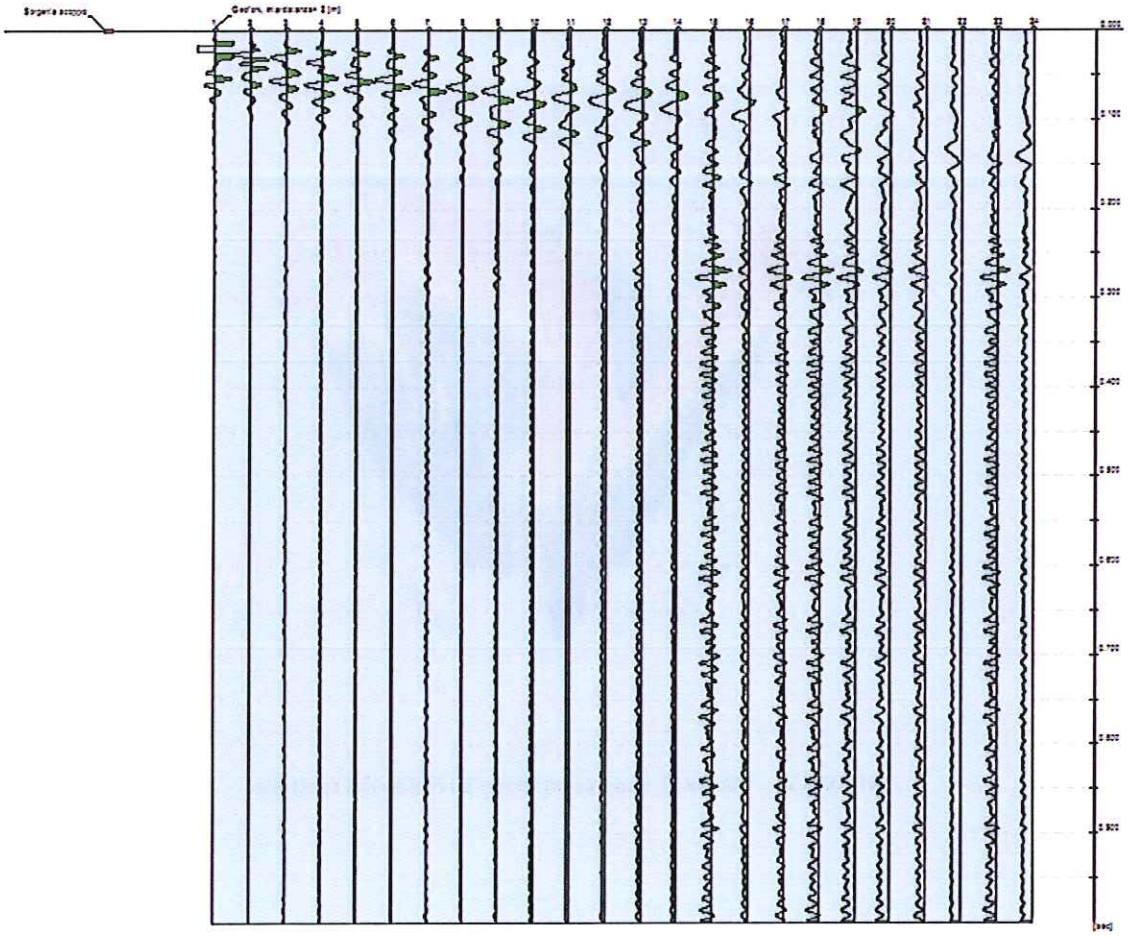


FIGURA 10 – MASW 1] Sismogramma acquisito.

ANALISI SPETTRALE

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	**1**
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	**60**
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	**1**
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	**800**
Intervallo velocità [m/sec]	**1**

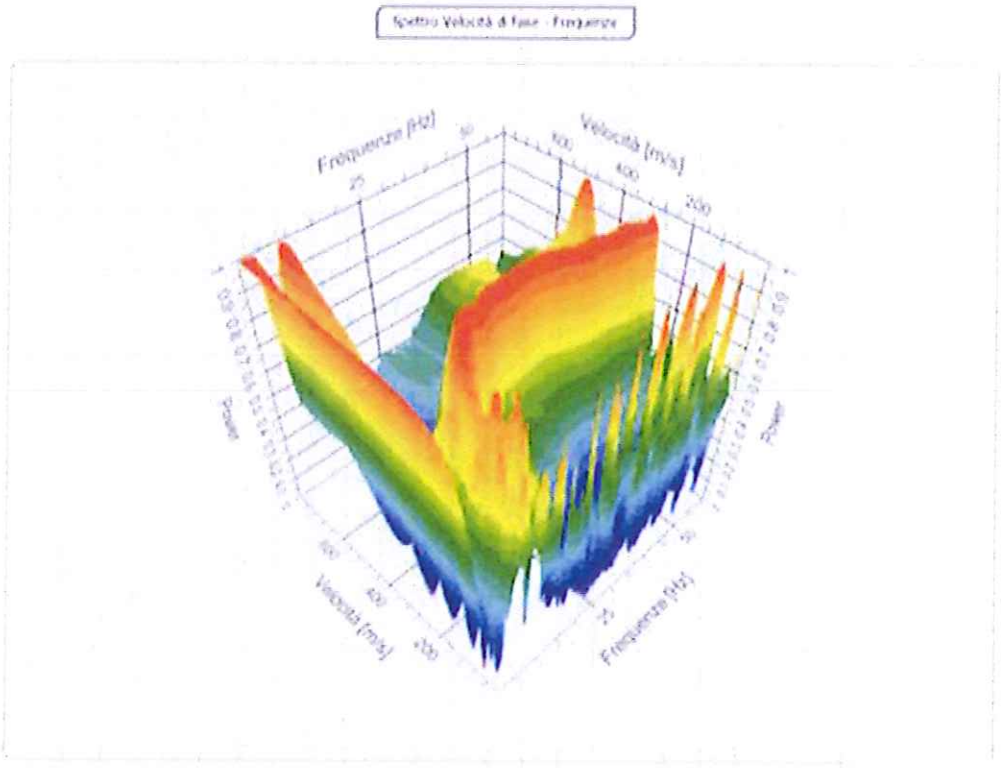


FIGURA 11 – MASW 1] Rappresentazione 3D dell'analisi spettrale.

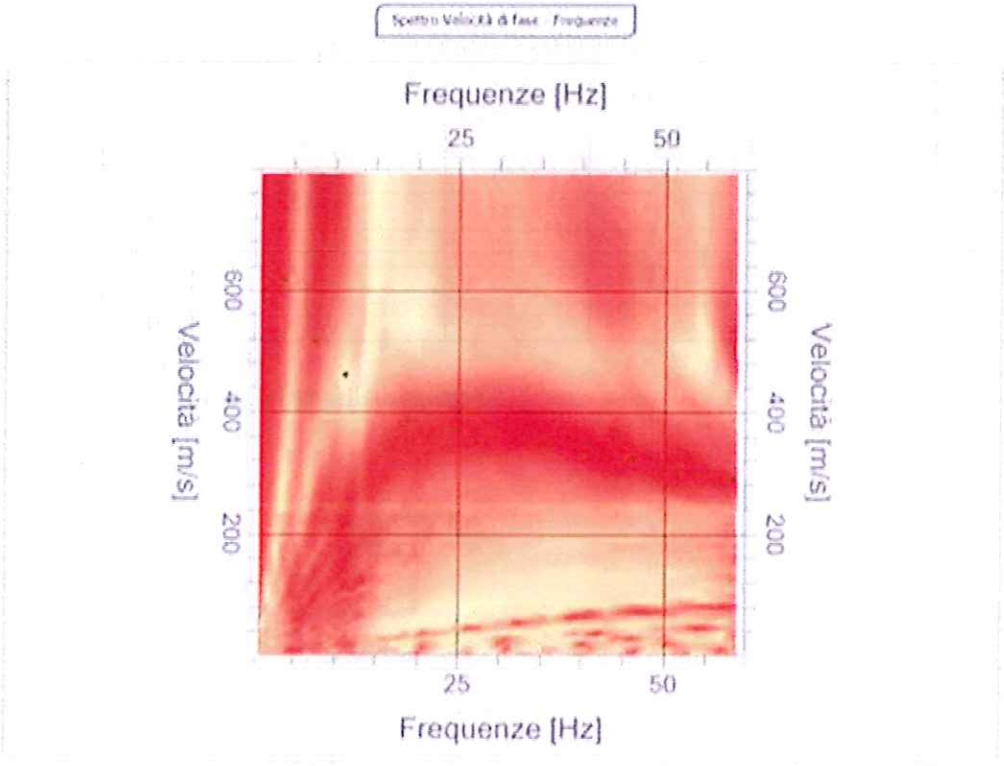


FIGURA 12 – MASW 1] Grafico della curva di dispersione.

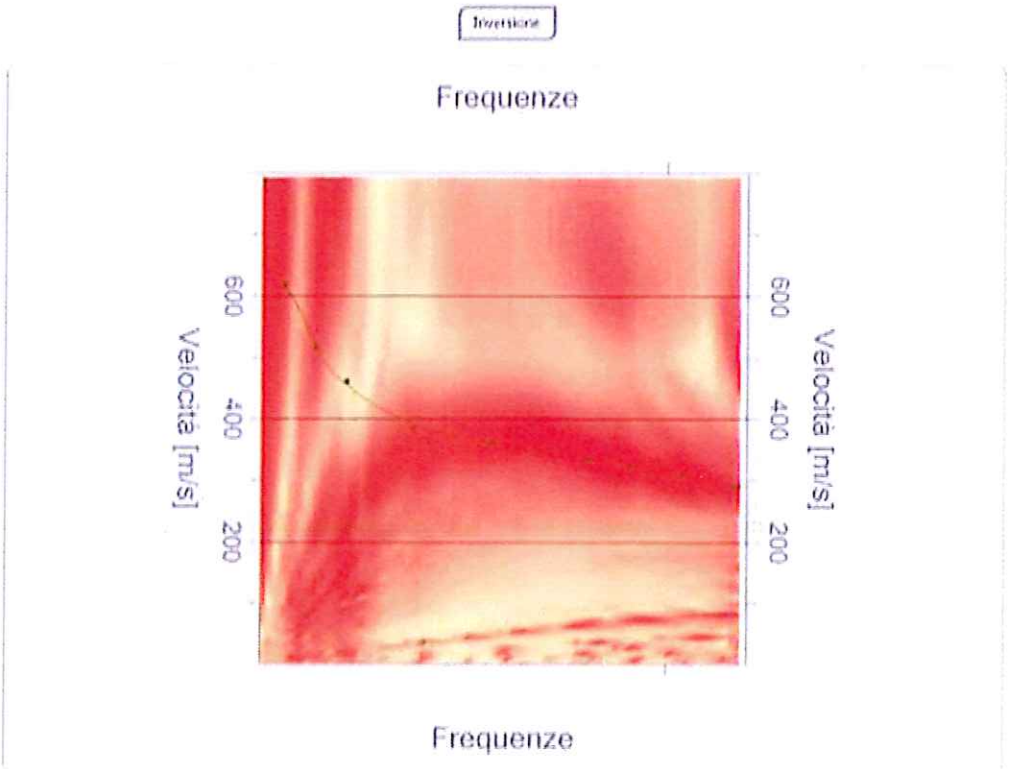


FIGURA 13 – MASW 1] Grafico della curva di inversione.

MODELLO SISMICO DEL SOTTOSUOLO

n.	PROFONDITÀ [m]	SPESSORE [m]	PUV [kg/mc]	COEFFICIENTE POISSON	FALDA	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1,40	1,40	1.800	0,20	No	419,00	256,60
2	2,44	1,04	1.800	0,20	No	580,70	355,60
3	9,43	6,99	1.800	0,20	No	736,20	450,80
4	15,36	5,93	1.800	0,20	No	883,80	541,20
5	30,35	14,98	1.800	0,20	No	949,60	581,50
6	oo	oo	1.800	0,20	No	1.277,90	782,60

Percentuale di errore 0,008%

Fattore di disadattamento della soluzione 0,009

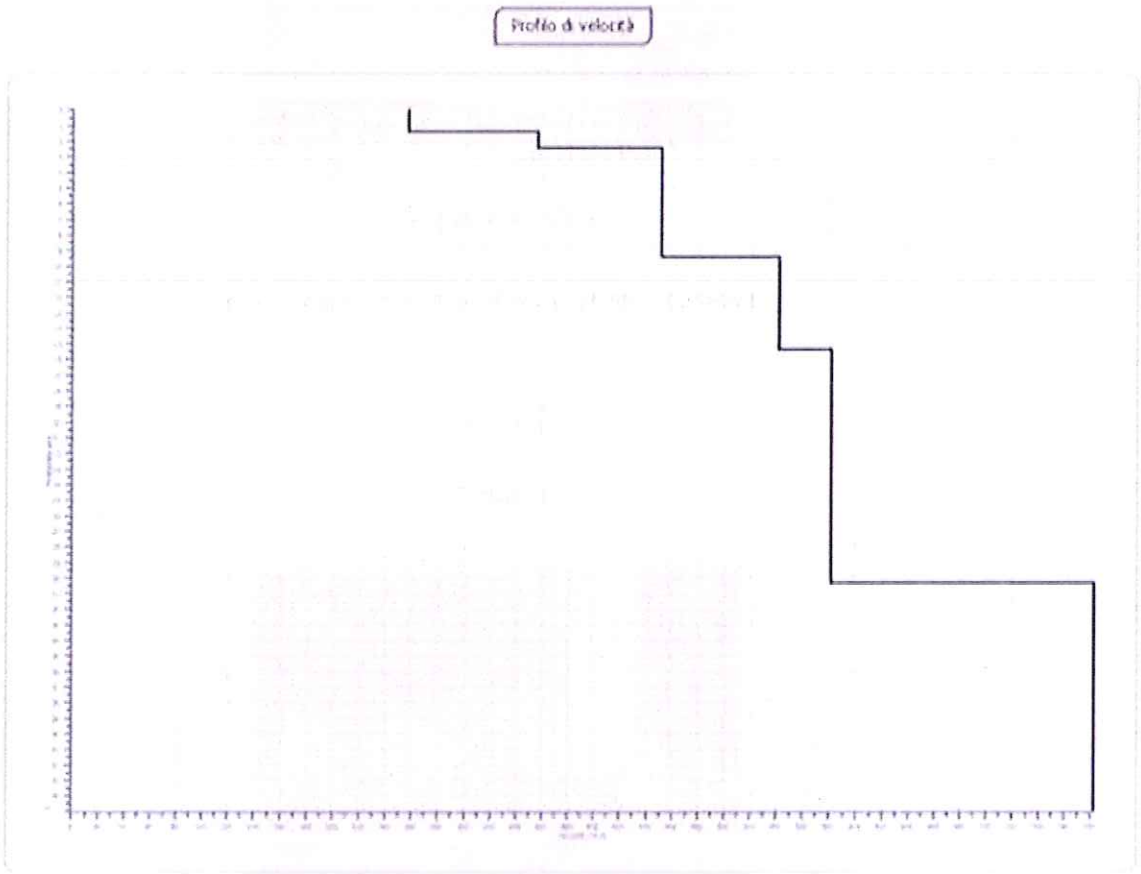


FIGURA 14 – MASW 1] Grafico della variazione della Vs con la profondità.

MASW 2

TRACCE

N. tracce	**24**
Durata acquisizione [msec]	**1.002,30**
Interdistanza geofoni [m]	**2,00**
Periodo di campionamento [msec]	**0,131**

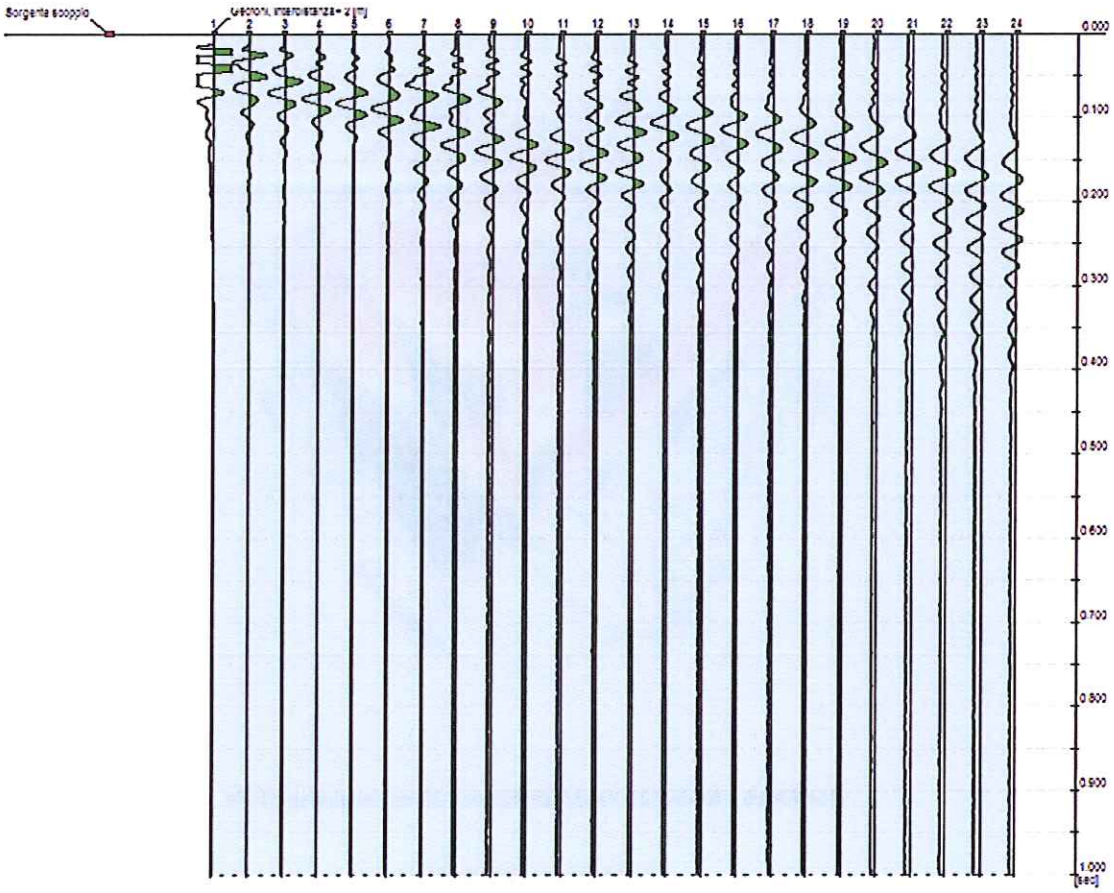


FIGURA 15 – MASW 2] Sismogramma acquisito.

ANALISI SPETTRALE

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	**1**
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	**60**
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	**1**
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	**800**
Intervallo velocità [m/sec]	**1**

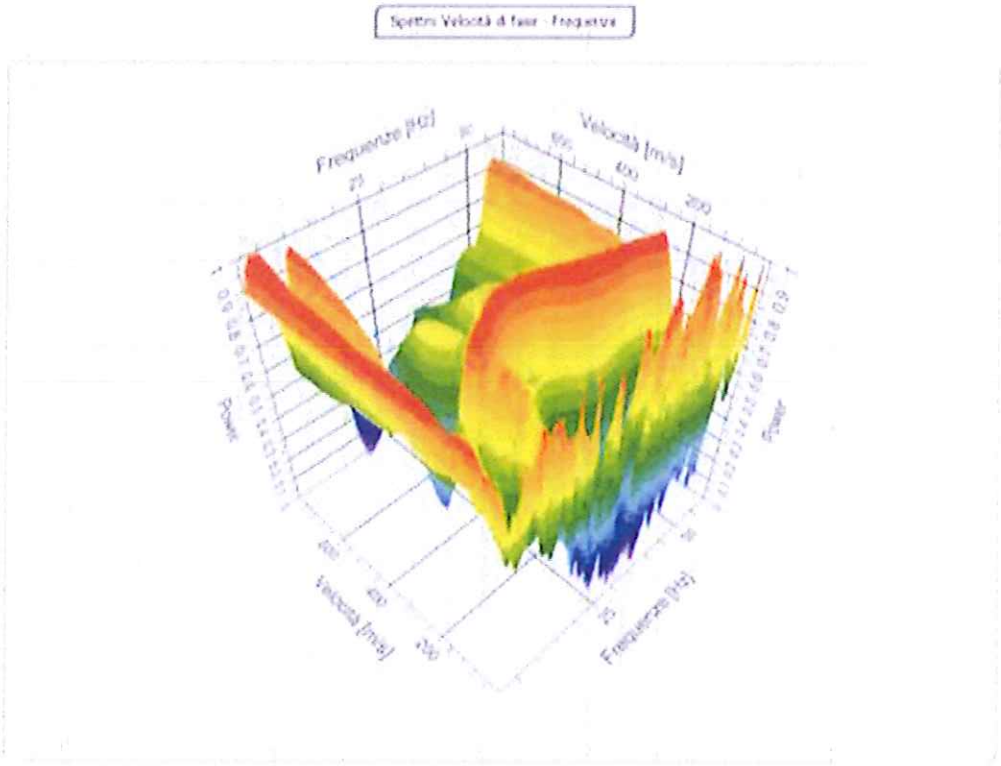


FIGURA 16 – MASW 2] Rappresentazione 3D dell'analisi spettrale.

CURVA DI DISPERSIONE

N.	FREQUENZA [Hz]	VELOCITÀ [m/sec]	MODO
1	5,1	591,6	0
2	8,5	499,8	0
3	10,7	435,8	0
4	17,5	360,3	0
5	20,3	343,9	0
6	26,4	316,0	0
7	32,8	293,0	0
8	37,5	276,6	0
9	43,6	261,9	0
10	48,5	243,8	0
11	52,9	225,8	0
12	58,1	219,2	0

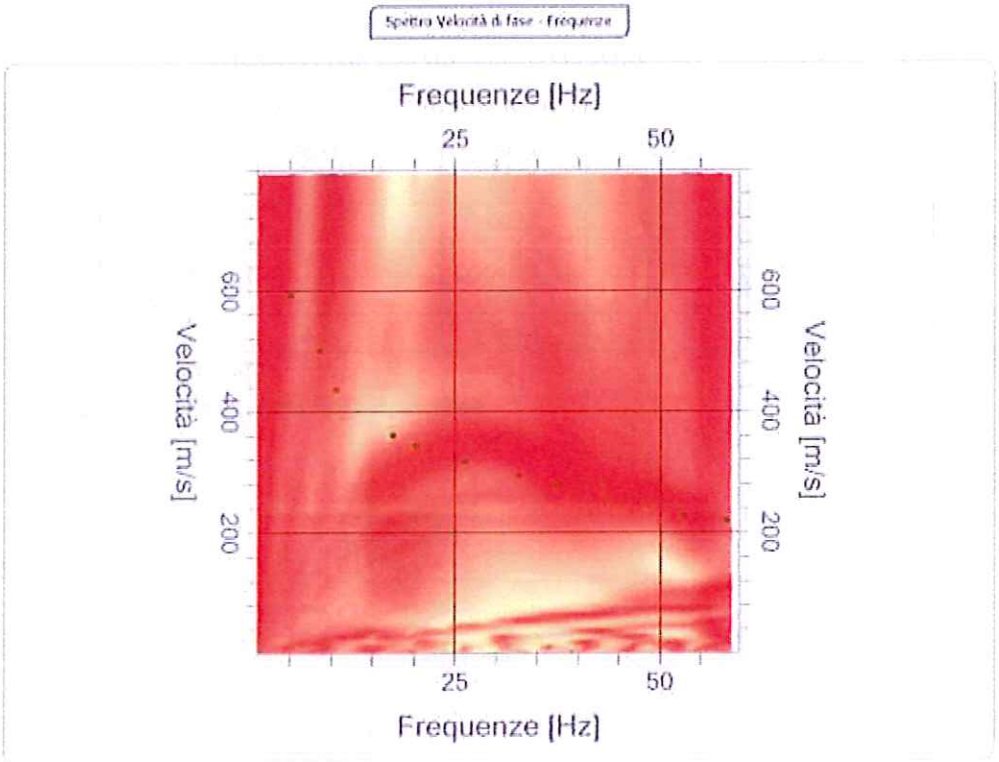


FIGURA 17 – MASW 2] Grafico della curva di dispersione.

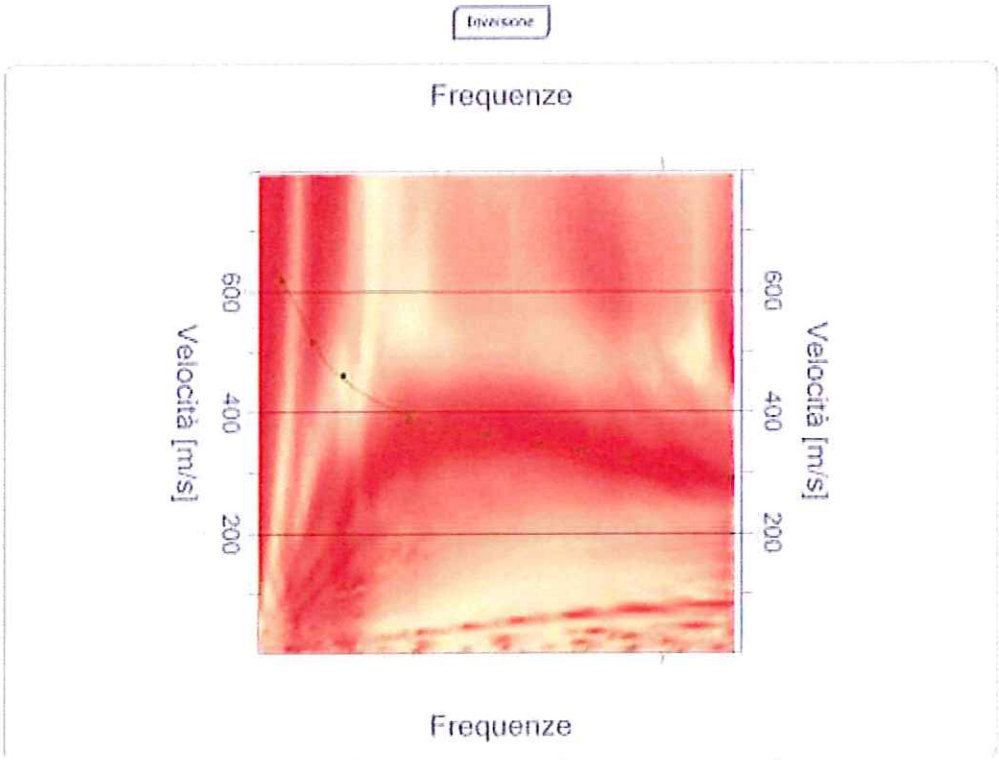


FIGURA 18 – MASW 2] Grafico della curva di inversione.

MODELLO SISMICO DEL SOTTOSUOLO

n.	PROFONDITÀ [m]	SPESSORE [m]	PUV [kg/mc]	COEFFICIENTE POISSON	FALDA	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1,13	1,13	1.800	0,20	No	298,60	182,90
2	2,56	1,44	1.800	0,20	Si	514,20	314,90
3	8,87	6,30	1.800	0,20	Si	690,60	422,90
4	15,47	6,60	1.800	0,20	Si	814,30	498,70
5	22,87	7,40	1.800	0,20	No	914,20	559,80
6	oo	oo	1.800	0,20	No	1.276,50	781,70

Percentuale di errore 0,008%

Fattore di disadattamento della soluzione 0,009

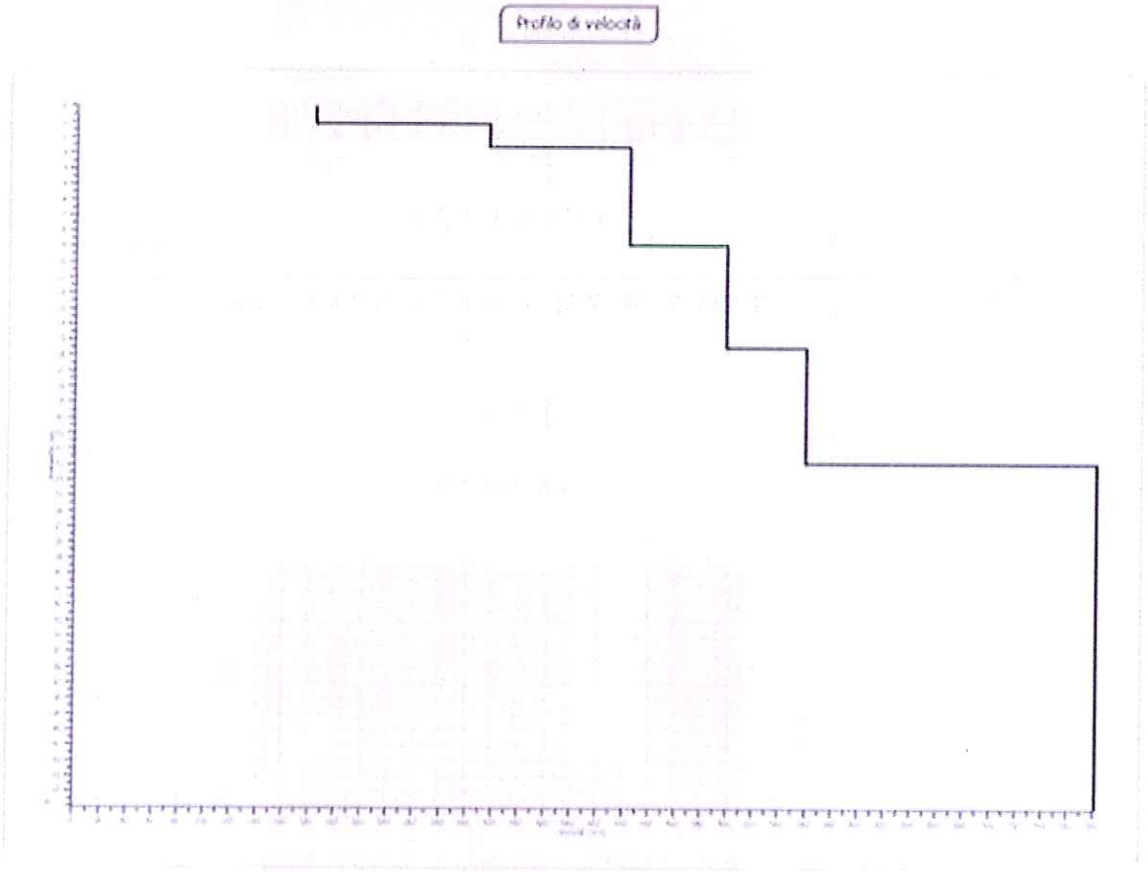


FIGURA 19 – MASW 2] Grafico della variazione della Vs con la profondità.

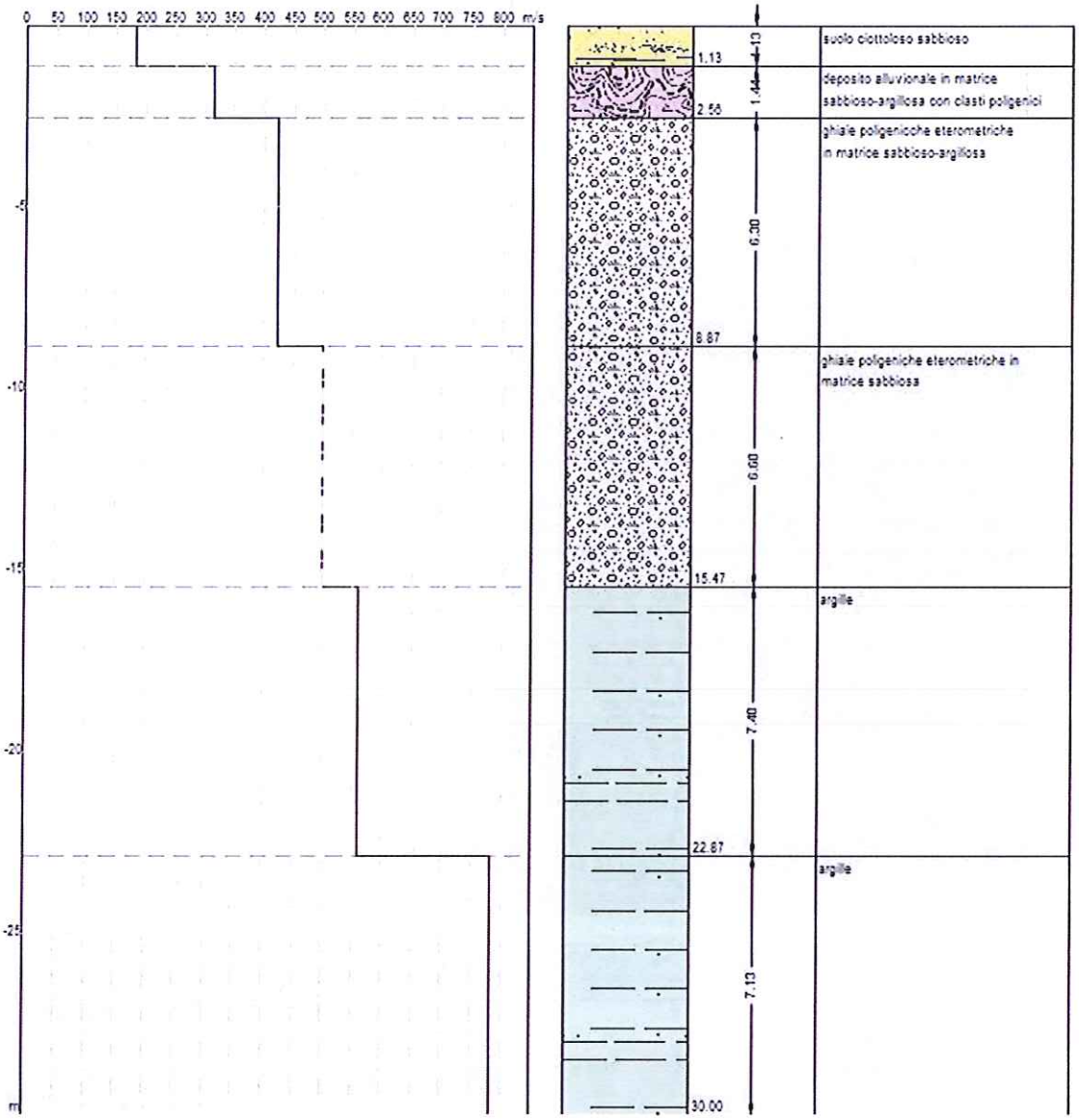


FIGURA 20 – MASW 2] Rappresentazione sismostratigrafica.

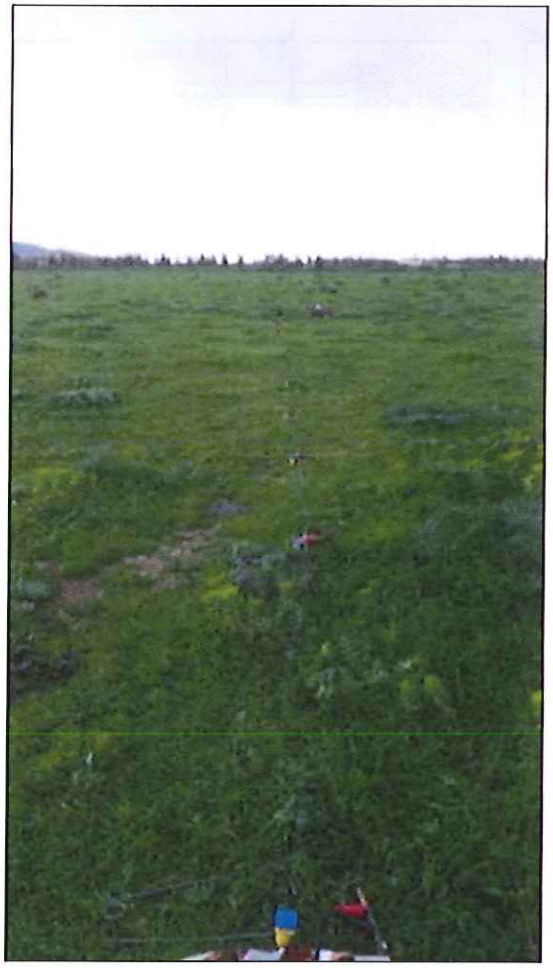


FOTO 4
Stesa geofonica usata per l'acquisizione della **MASW**

FOTO 5 - Stesa geofonica usata per l'acquisizione della **MASW 2.**

CONCLUSIONI

Ai fini della definizione del valore del parametro Vs30, secondo le nuove *"Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni"* e sulla base dei risultati delle prove MASW, i materiali costituenti l'area di sedime dell'opera in progetto sono da considerarsi come appartenenti alla classe "B" che comprende «*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di* Vs_{30} *compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero* $N_{SPT30} > 50$ *nei terreni a grana grossa e* $cu_{30} > 250$ *kPa nei terreni a grana fina)*». Nello specifico:

MASW 1

Profondità piano di posa [m]	**0,00**
Vs30 [m/sec]	**499,82**
Categoria del suolo	**B**

MASW 2

Profondità piano di posa [m]	**0,00**
Vs30 [m/sec]	**490,09**
Categoria del suolo	**B**

DATA: marzo 2014

IL TECNICO GEOFISICO:

Dott. Geol. Luciano Puddu