

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.

CUP: J14H20000440001

U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA

LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

REPORT INDAGINI

CAMPAGNE GEOFISICHE PREGRESSE

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IN1A 20 D 69 IG GE0005 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Definitiva	G. Rossi	09.10.21	M. Sciarra	09.10.21	C. Mazzocchi	09.10.21	M. Comedini 09.10.21



File: IN1A20D69IGGE0005003A

n. Elab.:



LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

REPORT INDAGINI
CAMPAGNE GEOFISICHE PREGRESSE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D 69 IG	GE 0005 003	A	2 di 4

INDICE

1 INTRODUZIONE3

ALLEGATO 1 – CERTIFICATI

1 INTRODUZIONE

Durante la campagna indagine ITALFERR 2014, sulla linea Brescia-Verona, per il progetto preliminare Nodo di Verona AV/AC Ingresso Ovest, sono state eseguite prove sismiche in foro di tipo Down-Hole (1) e profili tomografici elettrici per la ricostruzione dei rapporti geostratigrafici tra le unità litostratigrafiche individuate. Per lo studio del Ponte sul F. Adige venne eseguito nel 2019 una prova a Down Hole in sinistra idrografica del F.Adige.

ALLEGATO 1 – CERTIFICATI

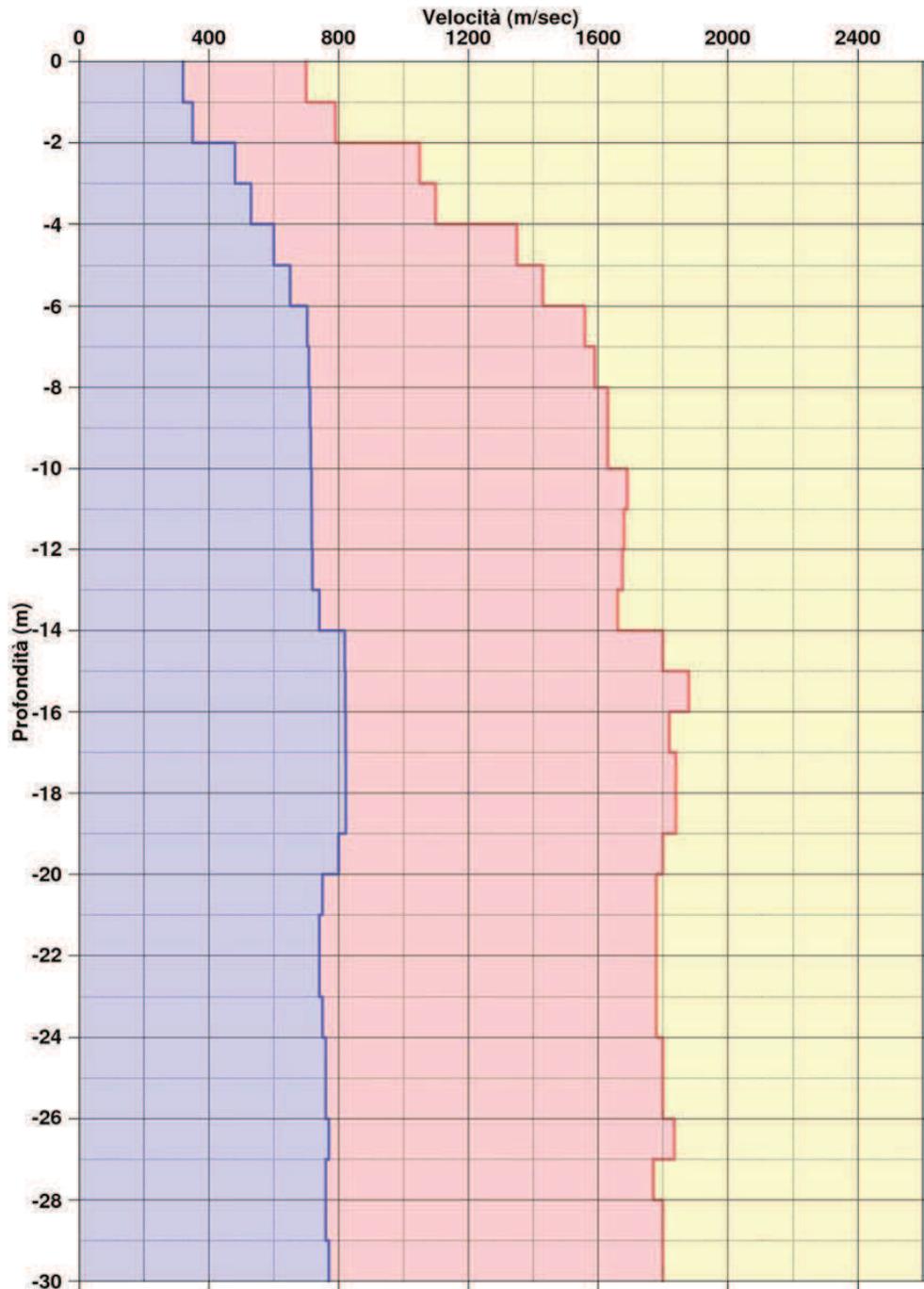
Documentazione Fotografica DH1



GRAFICO VELOCITÀ

DOWN HOLE

DH1



Velocità
Onde VSH



Velocità
Onde VP

Vs30 = 670 m/sec

Classificazione sismica del
suolo di fondazione:

Categoria B

4 RILIEVO TOMOGRAFICO ELETTRICO

Al fine di una ricostruzione stratigrafica continua su sezioni bidimensionali sono stati eseguiti quattro profili tomografici elettrici con elettrodi intervallati ogni 3 metri per le sezioni **L1, L3, L4** e 4 metri per il profilo **L2**.

L'ubicazione dei profili sono riportati nella planimetria generale ed è stata definita in accordo con la Committenza.

Sono parte integrante del rilievo le sezioni di resistività con relativa proposta interpretativa su unità geolitologiche.

4.1 Tomografia elettrica / Metodologia

Le metodologia "geoelettrica" rappresenta uno dei metodi geofisici storicamente più utilizzati per la ricostruzione delle strutture presenti nel sottosuolo con particolare riferimento alle tematiche legate alla caratterizzazione delle diverse formazioni geolitologiche.

I recenti sviluppi dell'elettronica e delle procedure di acquisizione dati gestite via software, hanno consentito di applicare questa metodologia, un tempo lenta e laboriosa, ai più disparati settori dello studio del sottosuolo con tempistiche e dettaglio un tempo impensabili.

4.2 Cenni teorici

Il parametro di base è la "resistività elettrica", proprietà fisica che esprime la "resistenza" che i materiali offrono al passaggio della corrente elettrica.

Le misure geoelettriche consentono, valutando le deformazioni del flusso di corrente indotte dalle proprietà fisiche dei materiali, di caratterizzare i materiali stessi e ricostruirne la distribuzione spaziale.

La resistività che caratterizza i materiali costituenti il sottosuolo, è determinata essenzialmente dai seguenti fattori:

- natura litologica (conducibilità intrinseca dei componenti di base)
- porosità e/o fatturazione e quindi forma, dimensione e continuità dei pori
- percentuale di presenza di fluidi interstiziali (essenzialmente presenza acqua)
- grado di salinità dell'acqua saturazione
- presenza di matrice fine

4.3 Modalità di misura

La misura del valore di resistività elettrica dei materiali si realizza creando un campo elettrico artificiale nel mezzo oggetto dell'indagine e studiandone la distribuzione nel sottosuolo.

Il dispositivo di misura è costituito quindi da due coppie di elettrodi metallici (quadripolo) infissi sul terreno con geometrie che si differenziano in funzione del tipo di rilievo da realizzare.

Generalmente i dispositivi utilizzati sono simmetrici rispetto ad un punto centra O al quale si riferisce il valore misurato. Per le ricostruzioni stratigrafico/strutturali, con particolare riferimento ad aree con topografia accidentata il dispositivo Schlumberger è ritenuto il più idoneo in termini di rapporto S/N e capacità risolutiva laterale.

A1_____A1_____M__O__N_____B1_____B2

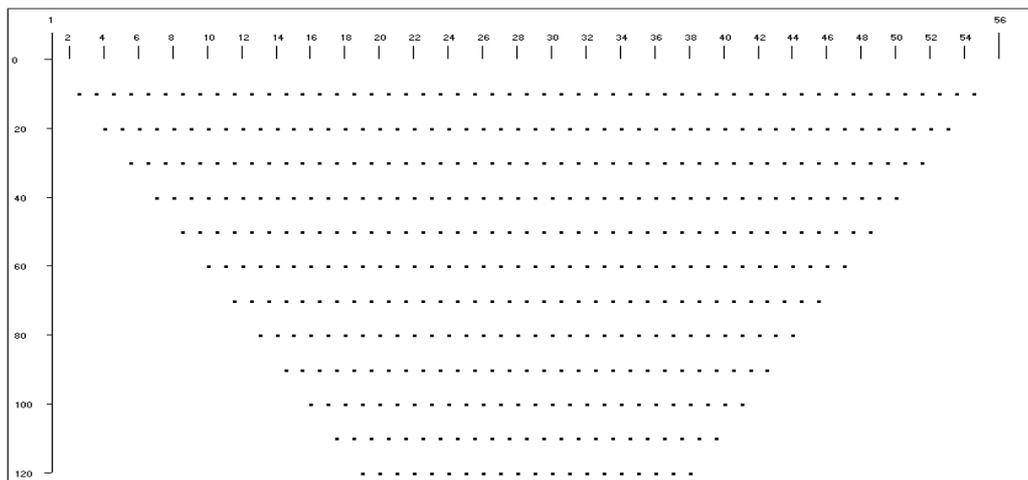
Dispositivo Schlumberger

La coppia elettrodo (A-B) costituisce il circuito con il quale s'immette corrente nel terreno misurandone l'intensità (I), la coppia elettrodo (M-N) rappresenta il circuito di misura della differenza di potenziale (DV) generata nel terreno stesso dal passaggio della corrente. Dal rapporto delle due grandezze si calcola la resistività apparente.

La profondità dell'esplorazione è direttamente proporzionale alla distanza tra i due elettrodi A e B e alle caratteristiche intrinseche del mezzo esplorato.

La scelta del dispositivo più opportuno è legata alle condizioni dell'area da indagare, sia in termini strutturali sia di rapporto segnale-rumore (S/N).

L'innovazione fondamentale introdotta nell'acquisizione tomografica è rappresentata dall'utilizzo di strumentazioni digitali "multicanale" in grado di gestire automaticamente un gran numero di elettrodi che riducono largamente i tempi di acquisizione e forniscono la misura della resistività in corrispondenza di un elevato numero di punti costituenti la sezione indagata.



Tomografia elettrica – Esempio di distribuzione delle misure

Grazie all'elevata densità dei punti si rende possibile, nella fase di elaborazione, l'applicazione di potenti algoritmi di "inversione" bidimensionale (2D) ricostruendo con estremo dettaglio, la sezione di resistività "vera", definendo in particolare gli effetti delle "variazioni laterali" e quindi restituendo una rappresentazione finale largamente corrispondente alla situazione reale.

4.4 Modalità d'intervento

La capacità della tomografia elettrica di discriminare con grande dettaglio le unità di copertura, le variazioni laterali, nonché le eventuali "inversioni di velocità" (che costituiscono un grande limite per altre metodologie) rappresenta una fondamentale caratteristica del metodo.

Gli elettrodi vengono disposti lungo stendimenti sulla superficie topografica, secondo lo schema rappresentato nella figura precedente.

In tal caso, la profondità di esplorazione è direttamente proporzionale alla lunghezza dello stendimenti, mentre il dettaglio è funzione della distanza elettrodo.

Entrambe queste dimensioni rappresentano quindi un aspetto fondamentale per la progettazione dell'intervento. In genere le indagini sono volte all'esplorazione secondo sezioni bidimensionali (2D) ma è possibile intervenire con modalità tridimensionale (3D) sia in acquisizione sia in elaborazione.

E' inoltre possibile l'elaborazione 3D sulla base di una geometria di acquisizione 2D.

I dati saranno acquisiti tramite un resistivimetro digitale del tipo A.G.I. SUPER STING R1/IP dotato di sistema automatico di commutazione degli elettrodi di misura (smart electrodes) secondo le diverse configurazioni elettroniche e pacchetto software dedicato per la gestione di tutte le fasi di rilievo.



Georesistivimetro digitale

La principale innovazione introdotta dalla strumentazione utilizzata è rappresentata dalla gestione totalmente automatizzata delle misure che si realizza grazie alla tecnologia dei cosiddetti "elettrodi intelligenti" (smart electrodes), che consente ad ogni elettrodo, dotato di elettronica interna, di essere utilizzato sia per l'invio della corrente sia per la misura del potenziale. E' quindi possibile l'acquisizione in tempi brevi di un elevato numero di punti (800/1000 punti/h).



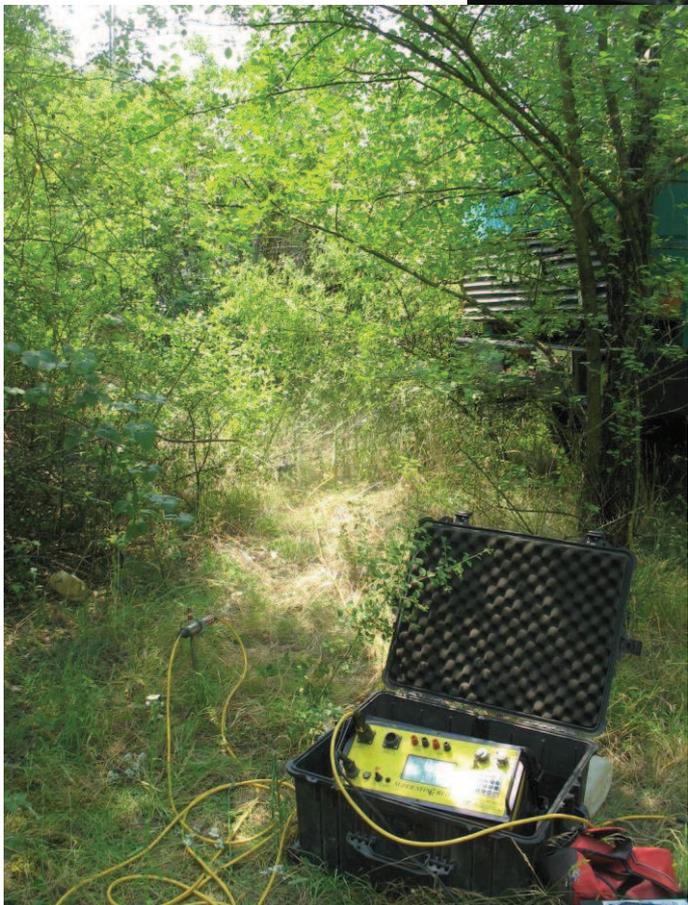
Smart electrode

Lo strumento è in grado di gestire fino a 254 elettrodi contemporaneamente collegati, gestendo via software tutte le operazioni relative al controllo di qualità dei dati acquisiti attraverso le seguenti fasi:

- controllo del dispositivo di misura tramite verifica della resistenza di contatto degli elettrodi;
- azzeramento dei potenziali spontanei;
- iniezione di corrente in quantità, periodo e sequenza opportune;
- misura della differenza di potenziale e verifica della qualità del dato tramite il calcolo della “deviazione standard”;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all’acquisizione

4.4.1 *Acquisizione dati*

L’acquisizione automatica dei dati garantisce, come accennato, un’elevata velocità di esecuzione. In tale situazione per la miglior qualità dei dati è di fondamentale importanza un “layout” ottimale della linea degli elettrodi. In particolare è necessario verificare la “resistenza di contatto” tra gli elettrodi ed il terreno ed eventualmente adottare le adeguate procedure di riduzione di tale parametro prima dell’inizio del processo di acquisizione.



Prima dell'avvio delle misure, tramite la stessa strumentazione, si procede quindi alla verifica dei valori di resistenza di contatto che vengono registrati per il successivo controllo di qualità.

Una volta verificato il layout e iniziata la serie di misure, che procede automaticamente, è possibile proseguire con il successivo layout di elettrodi lungo il profilo che consente di realizzare l'acquisizione in continuo secondo la procedura definita del "roll-along".

Ogni misura di resistività viene effettuata con una ripetizione del ciclo "+-+" di cui viene calcolato il valore della **deviazione standard**.

4.4.2 *Elaborazione dati*

L'elaborazione dei dati segue il seguente schema:

- editing per l'individuazione e rimozione dei valori caratterizzati da un errore elevato (deviazione standard > 2%);
- ricostruzione della sezione di pseudoresistività apparente misurata;
- definizione delle dimensioni della griglia da utilizzare per l'inversione 2D;
- inversione 2D e la ricostruzione della sezione di resistività tramite iterazioni successive condotte sulla base del confronto delle pseudosezioni di resistività misurata e calcolata.

I passi indicati sono sviluppati tramite l'utilizzo dei seguenti pacchetti software:

- RES2DINV 3.5

Programma che, dai dati di resistività apparente calcolata e utilizzando la tecnica di inversione smoothness-constrained least-squares, produce un modello bidimensionale di resistenza reale Vs profondità. Il programma è completamente automatico ed è stato ottimizzato per essere utilizzato con "data set" di grandi dimensioni acquisiti secondo le configurazioni Wenner, Schlumberger, polo-polo, polo-dipolo, ecc.

Tramite questo programma è inoltre possibile effettuare le adeguate correzioni topografiche. Unitamente al programma RES2DMOD costituisce un avanzato pacchetto di "inversione" e "modeling" bidimensionale. Il programma seleziona automaticamente i migliori parametri di inversione per ogni particolare set di dati e comunque i parametri che influenzano il processo di inversione possono essere modificati dall'utente.

Sono forniti tre differenti variazioni del metodo least-squares: uno molto veloce "quasi Newton", uno più lento ma più accurato "Gauss-Newton" e una tecnica ibrida mediamente veloce che include i vantaggi di entrambe i metodi precedenti.

- GOLDEN SOFTWARE – SURFER

Software utilizzato per la rappresentazione dei dati acquisiti tramite curve ad isovalori (contouring) di resistività apparente.

4.5 Analisi dei dati

Le procedure di lavoro descritte hanno consentito di acquisire dati di un elevato livello qualitativo e pertanto il successivo processo di inversione per l'elaborazione delle sezioni finali, ha raggiunto livelli minimi di scostamento tra dati acquisiti e modello teorico.

Le sezioni allegate, nelle quali, tramite le diverse gradazioni di colore, è stata rappresentata la distribuzione dei valori di resistività elettrica, mostrano il miglior modello bidimensionale possibile e consentono di evidenziare la presenza di differenti unità geofisiche ed i loro rapporto stratigrafici.

Facendo riferimento ai litotipi presenti nella zona, è possibile descrivere come segue tali unità geofisiche:

- Unità a bassa resistività relativa** (colore giallo) caratterizzata da elementi litologici relativi a sabbie con valori di resistività inferiori a 500 ohm m
- Unità medio resistiva** (colore arancio) definisce elementi ghiaiosi-sabbioso con valori compresi fra 500-800 ohm m;
- Unità resistiva** (colore rosso) relativa a litotipi ghiaioso-ghiaioso-sabbiosi con resistività superiore a 800 ohm m.

Le sezioni interpretative mostrano i rapporti stratigrafici fra le unità sopra descritte, inoltre viene proposto, per ogni singola sezione, un'interpretazione litostratigrafica delle unità geofisiche.

Le aeree analizzate sono prevalentemente caratterizzate da elementi resistivi (*ghiaie*) con intercalazioni medio resistive (*ghiaiose sabbie*) e con una struttura basale sabbioso-ghiaioso probabilmente satura.

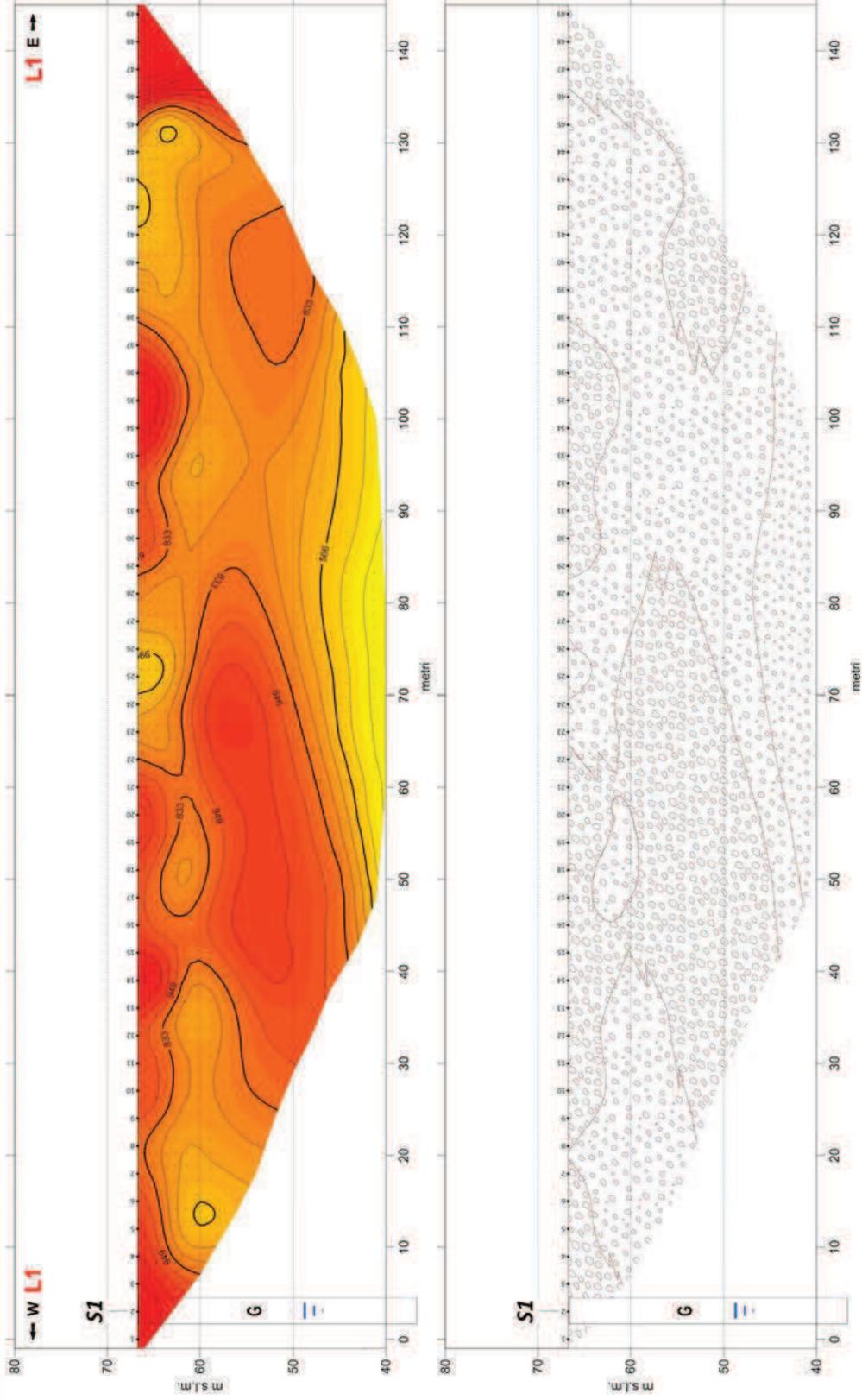
Nello specifico la sezione **L1** evidenzia una diffusa presenza di elementi ghiaiosi con intercalazioni di litotipi sabbioso e ghiaiosi; nella porzione basale si osserva un'unità bassa resistività passante ad elementi sabbiosi.

La sezione **L2** evidenzia la diffusa presenza di elementi ghiaiosi con elementi più sabbiosi nella porzione orientale.

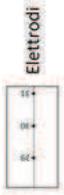
La sezione **L3** evidenzia due distinti settori litologici con elementi prevalentemente ghiaiosi ad occidente mentre si incrementano le componenti sabbioso-ghiaiose nella porzione orientale.

Sezione **L4**, assai omogenea nella sua componente ghiaiosa con debole copertura sabbiosa e evidenzia un'unità di fondo ove si incrementano gli elementi sabbiosi.

Sezione Elettrica L1



Schematizzazione
Sondaggio
Meccanico





LOTTO FUNZIONALE TRATTA BRESCIA-VERONA

NODO AV/AC DI VERONA, INGRESSO OVEST

ESITI CAMPAGNA GEOFISICA

PROGETTO
1N09

LOTTO
10

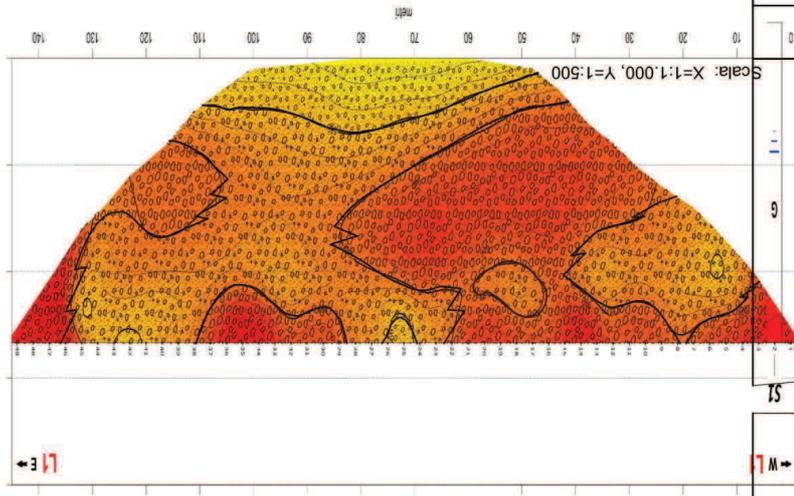
CODIFICA
R 09 RH

DOCUMENTO
GEMMIS 001

REV.
A

FOGLIO
37 di 43

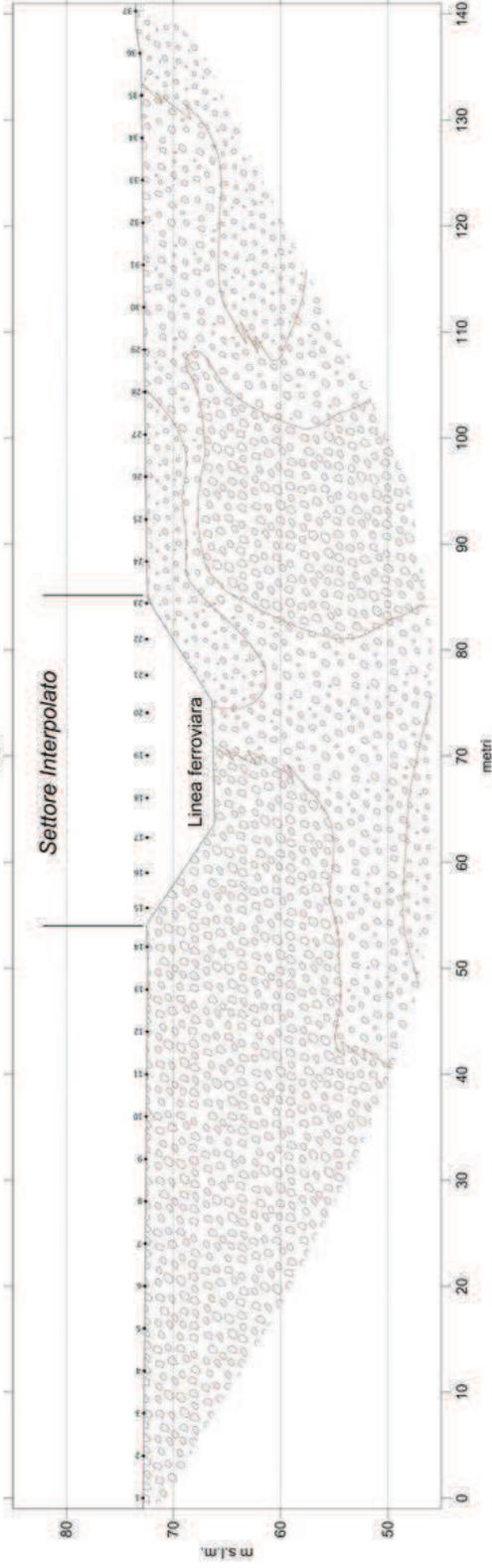
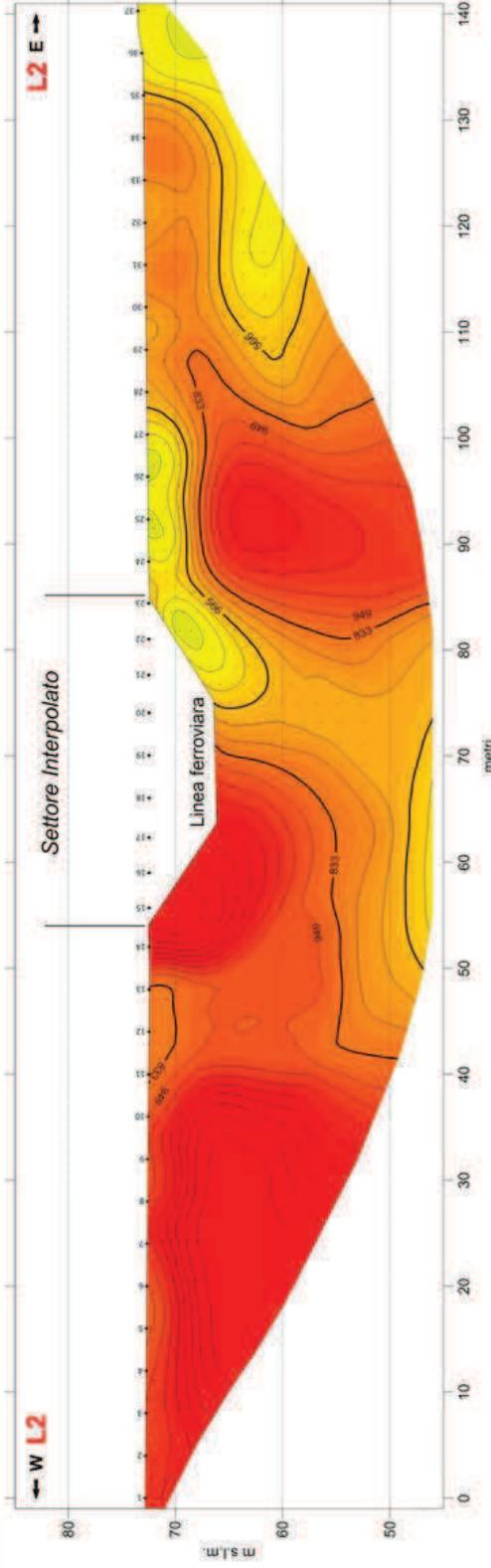
Sovrapposizione su Profilo di Progetto della Sezione Elettrica L1



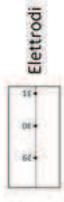
73270	73277	144+1218	144+1000				
0	0	0	0	0	0	0	0

00
00
000
|||
V1

Sezione Elettrica L2



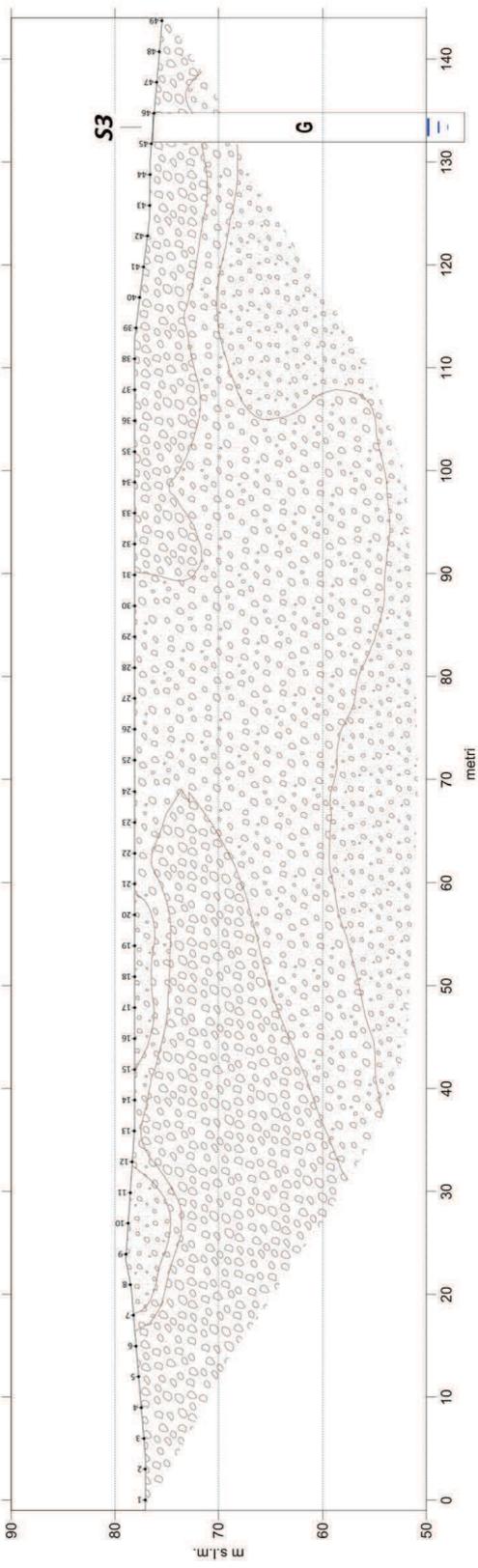
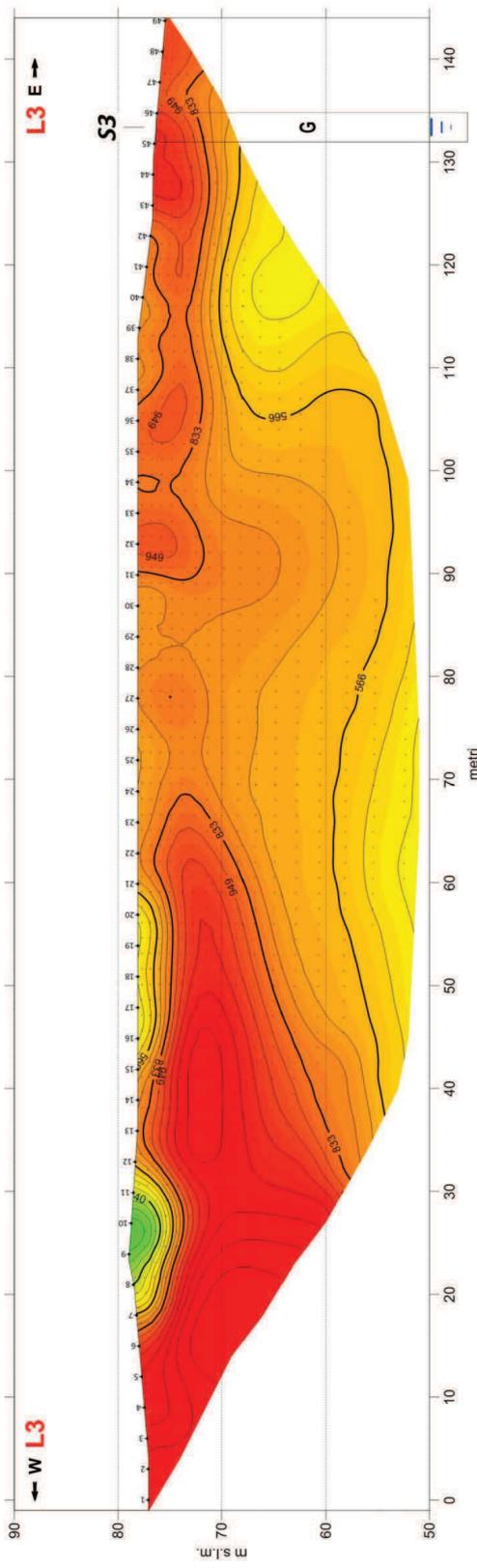
Schematizzazione
Sondaggio
Meccanico



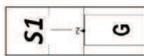
Resistività ohm.m



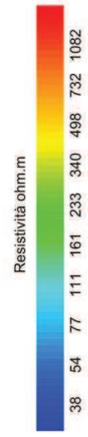
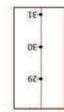
Sezione Elettrica L3



Schematizzazione
Sondaggio
Meccanico



Elettrodi



Sabbia-Ghiaia



Ghiaia-Sabbia



Ghiaia





LOTTO FUNZIONALE TRATTA BRESCIA-VERONA

NODO AV/AC DI VERONA, INGRESSO OVEST

ESITI CAMPAGNA GEOFISICA

PROGETTO
IN/9

LOTTO
10

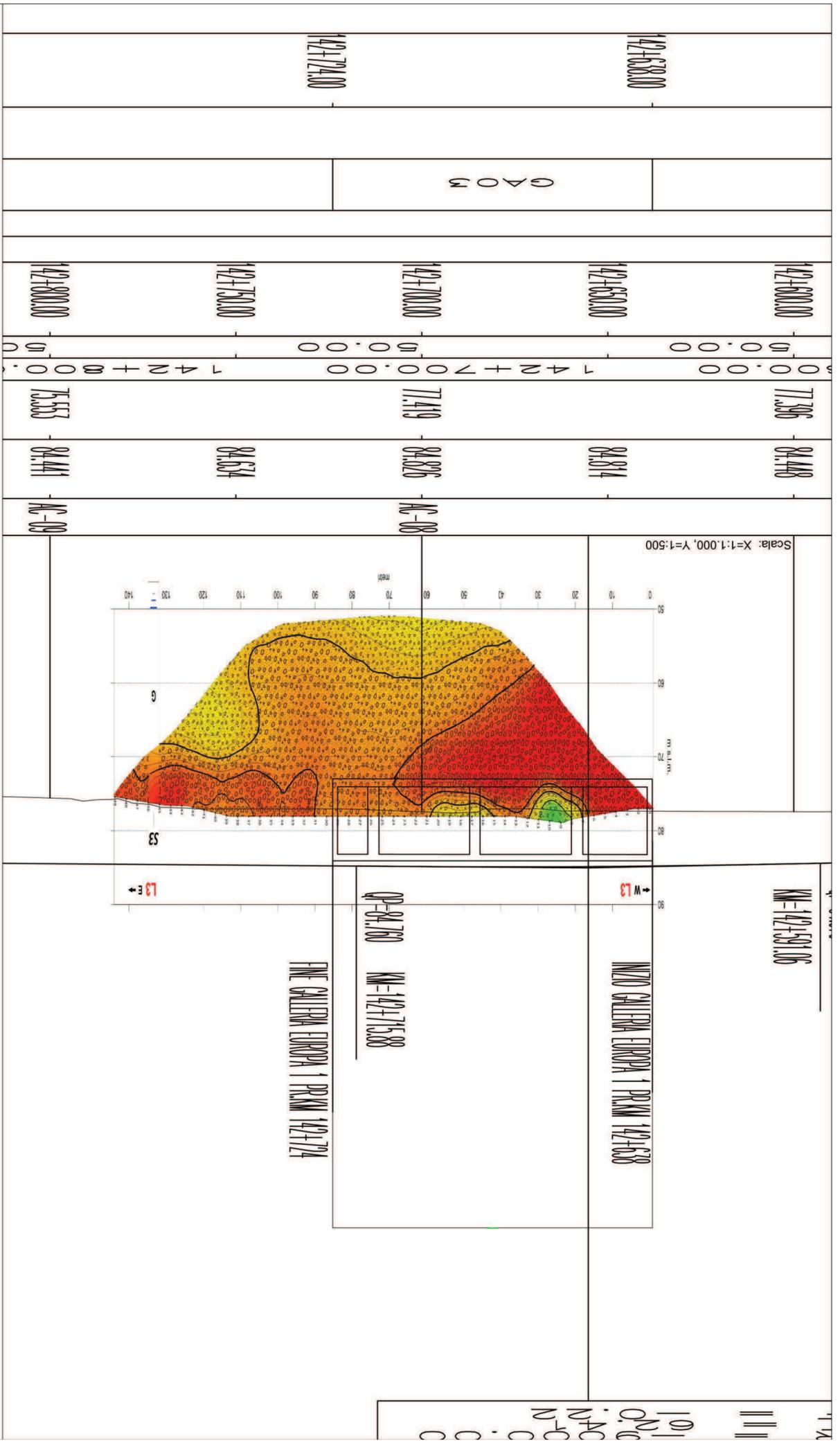
CODIFICA
R.09.RH

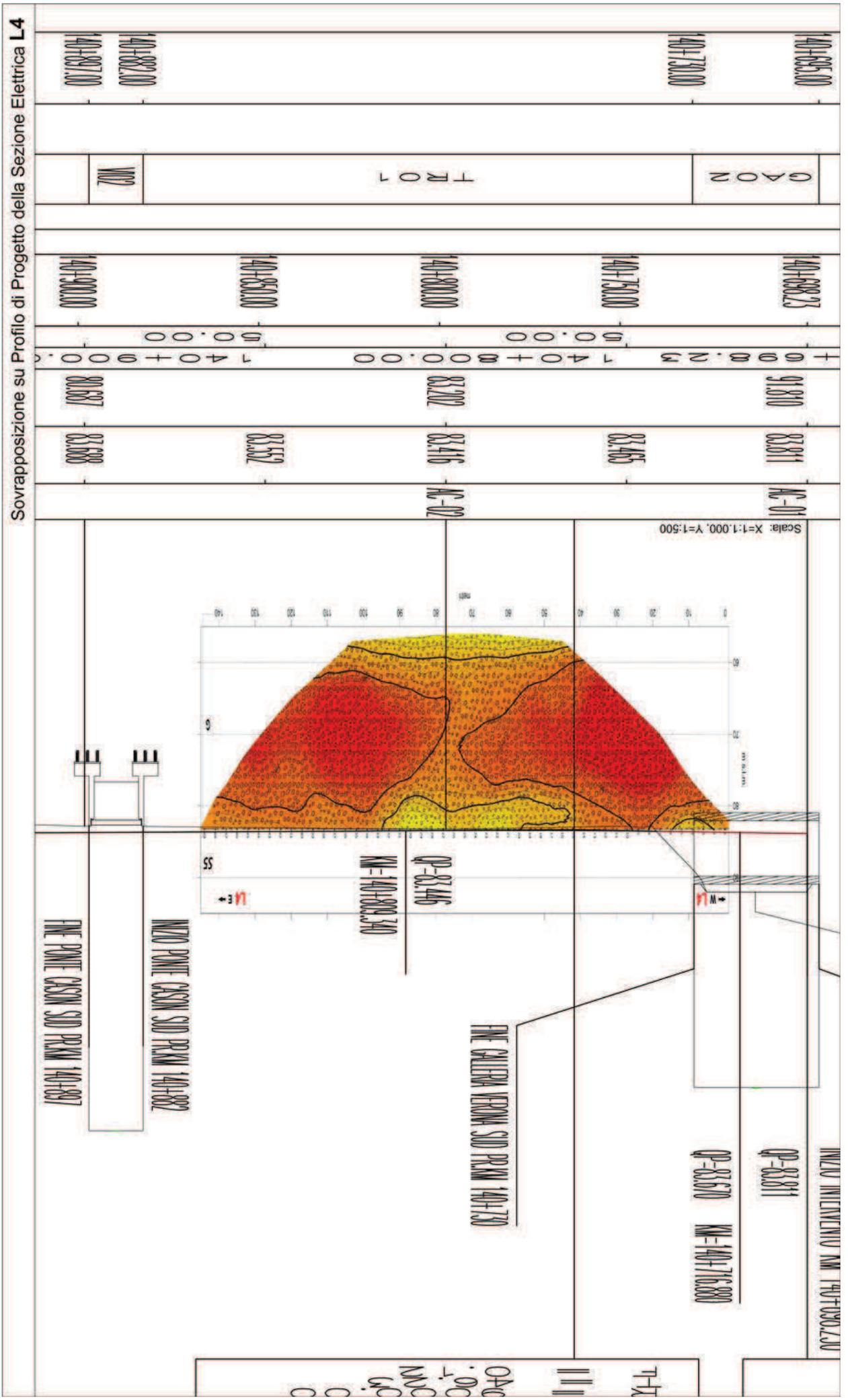
DOCUMENTO
GEMMIS.001

REV.
A

FOGLIO
41 di 43

Sovrapposizione su Profilo di Progetto della Sezione Elettrica L3





ALLEGATO 1- MISURE VLF

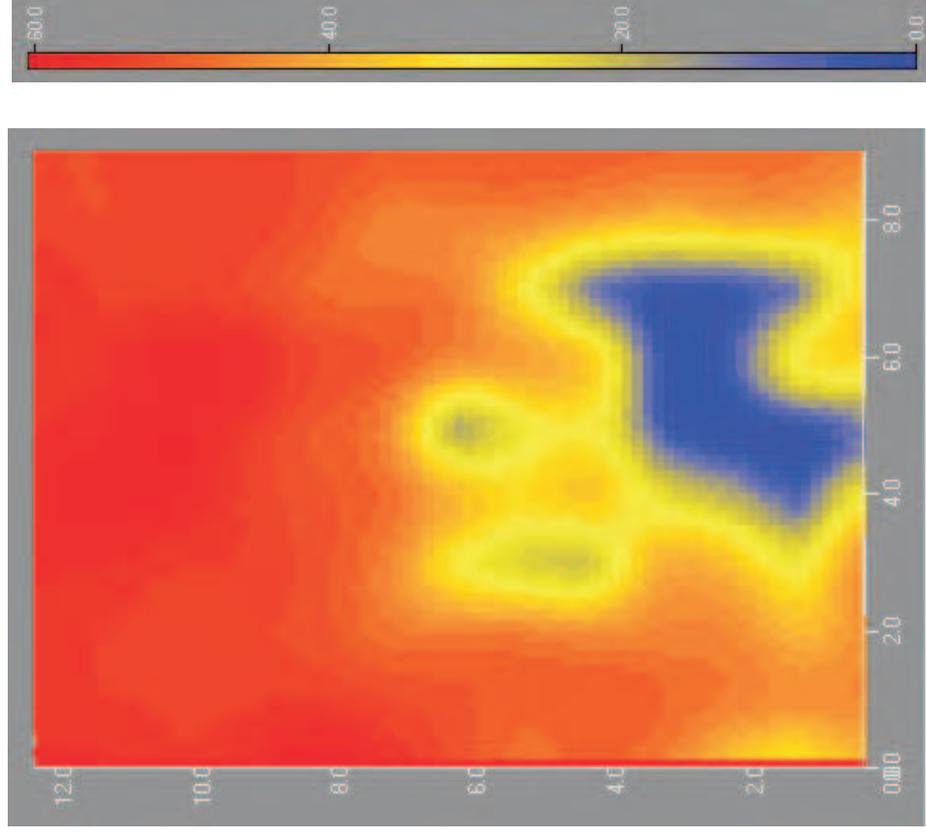
VERONA - VIA BASSO ACQUAR



Ortofoto con indicazione dell'area di indagine



Dettaglio dell'area indagata



Mappa delle anomalie

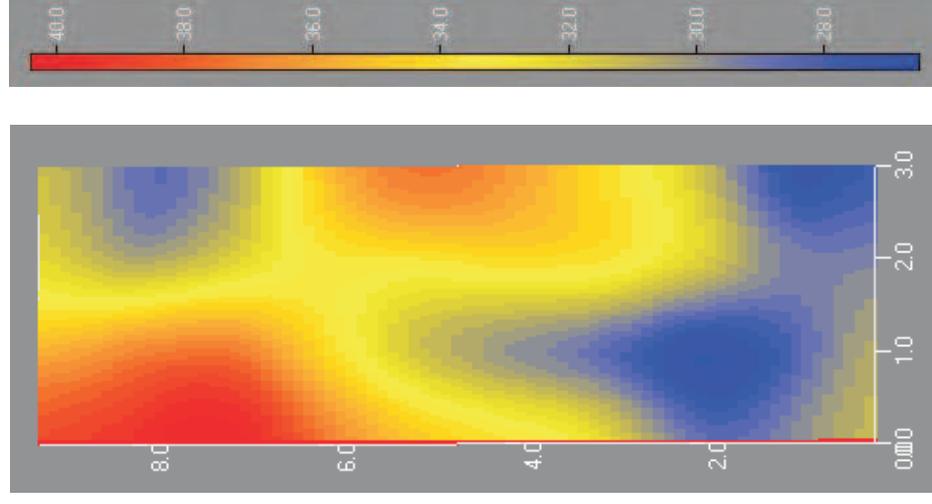
VERONA - VIA LIGABO'



Ortofoto con indicazione dell'area di indagine



Dettaglio dell'area indagata



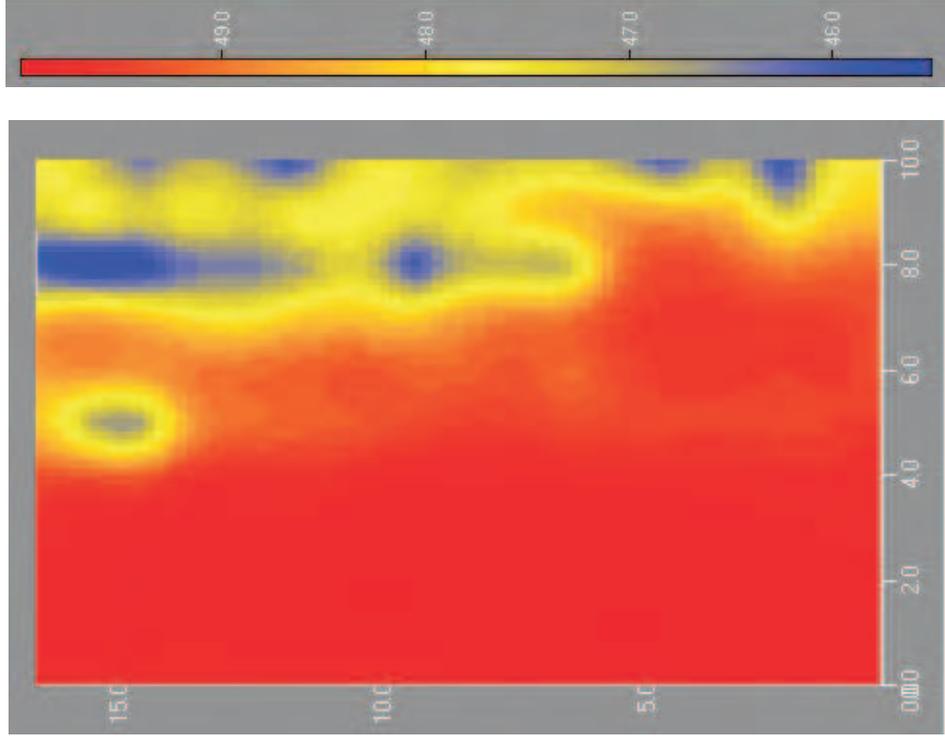
VERONA VIA CAMPO MARZO



Ortofoto con indicazione dell'area di indagine



Dettaglio dell'area indagata



Mappa delle anomalie

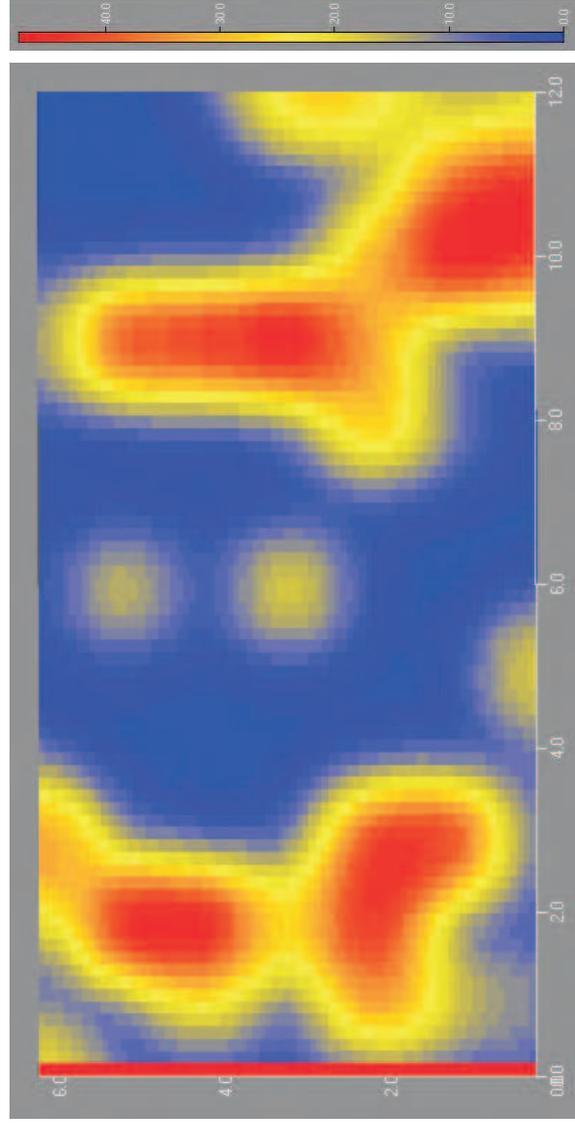
VERONA - VIA CONTRADA POLESE



Ortofoto con indicazione dell'area di indagine



Dettaglio dell'area indagata



Mappa delle anomalie

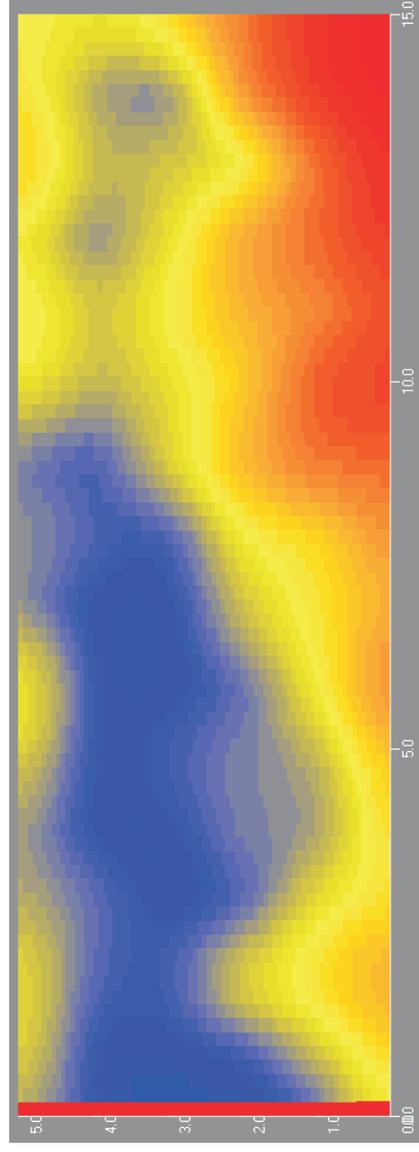
STAZIONE VERONA PORTANUOVA



Ortofoto con indicazione dell'area di indagine



Dettaglio dell'area indagata



Mappa delle anomalie

Allegato 2 Indagine Down Hole

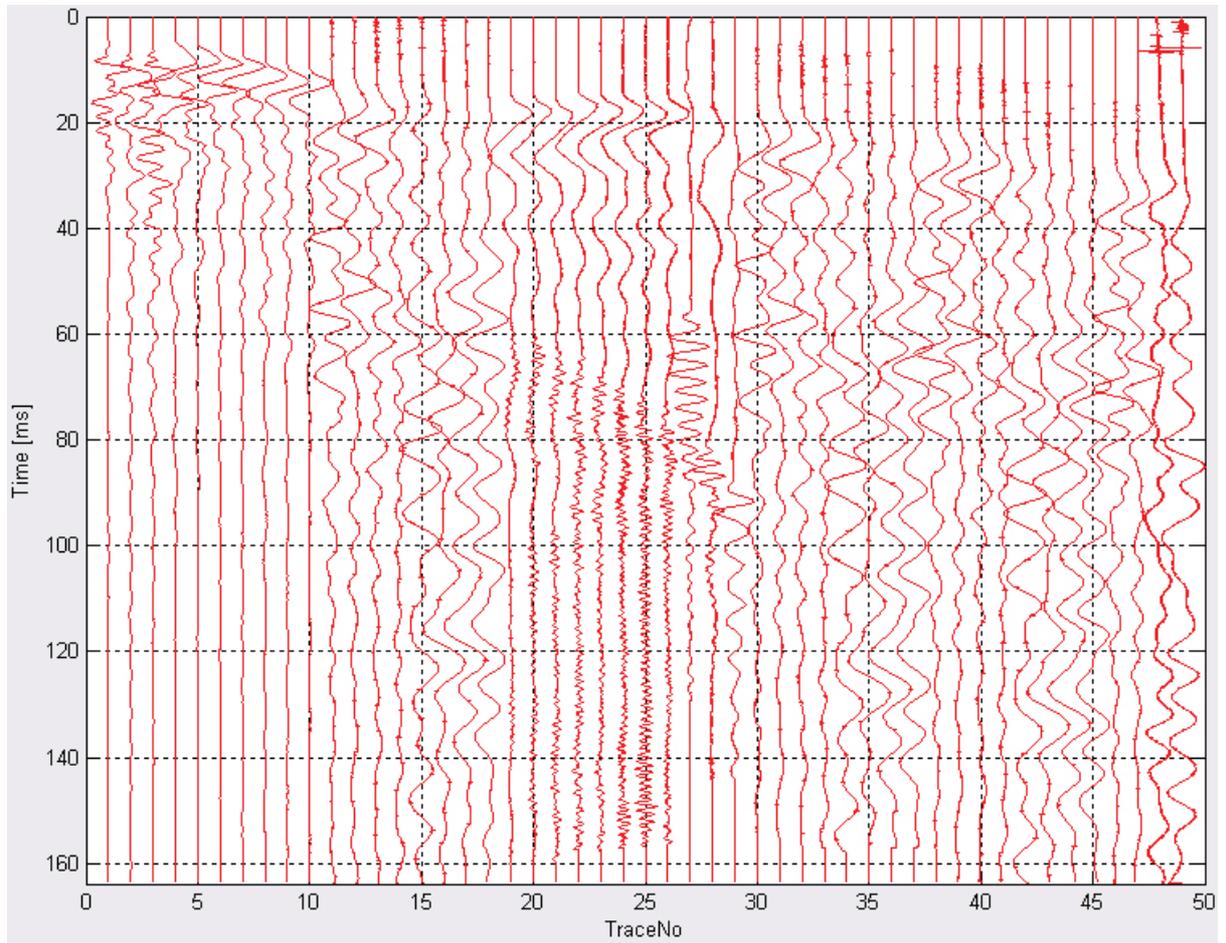
ALLEGATO 2

Indagine Down Hole



Fase di acquisizione dati

TRACCIATO ONDE P



TRACCIATO ONDE S (PLUS _ MINUS)

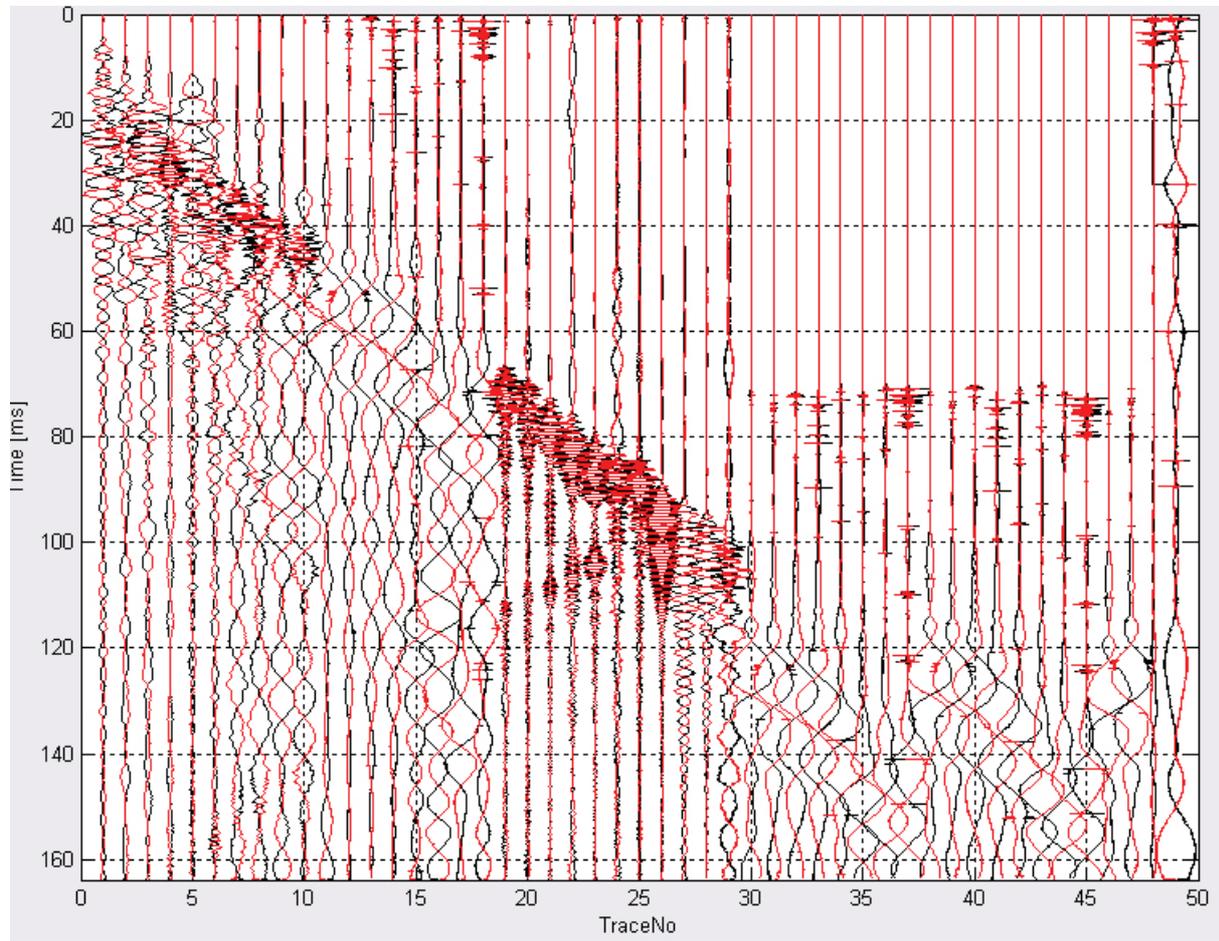


TABELLA PARAMETRI SISMICI

Prof. (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Vp/Vs	Densità (t/mc)	Poisson	G (MPa)	E (MPa)	Lamè	Bulk
-1.00	1466	397	3.69	2.04	0.46	321	939	3738	3953
-2.00	431	126	3.42	1.61	0.45	26	75	249	266
-3.00	920	195	4.72	1.86	0.48	71	209	1435	1483
-4.00	1460	154	9.49	2.04	0.49	48	144	4241	4273
-5.00	1566	239	6.56	2.06	0.49	118	350	4826	4905
-6.00	816	233	3.50	1.82	0.46	99	289	1017	1083
-7.00	1029	191	5.40	1.91	0.48	69	205	1880	1926
-8.00	1393	270	5.15	2.02	0.48	148	437	3623	3722
-9.00	868	447	1.94	1.84	0.32	368	971	653	898
-10.00	1108	505	2.20	1.93	0.37	492	1348	1388	1716
-11.00	1344	320	4.20	2.00	0.47	205	604	3207	3344
-12.00	1237	612	2.02	1.97	0.34	738	1975	1546	2038
-13.00	2544	1007	2.52	2.26	0.41	2296	6462	10045	11576
-14.00	2386	778	3.07	2.24	0.44	1353	3898	10024	10926
-15.00	732	204	3.59	1.79	0.46	74	216	808	857
-16.00	3180	475	6.70	2.36	0.49	532	1583	22811	23166
-17.00	968	136	7.14	1.88	0.49	35	103	1697	1720
-18.00	2493	296	8.42	2.25	0.49	198	590	13617	13749
-19.00	1429	346	4.13	2.03	0.47	242	712	3657	3818
-20.00	1966	516	3.81	2.15	0.46	574	1680	7180	7563
-21.00	1238	875	1.41	1.97		1512	3025		1009
-22.00	1414	252	5.61	2.02	0.48	128	381	3792	3878
-23.00	1975	376	5.25	2.16	0.48	306	905	7800	8004
-24.00	1977	411	4.81	2.16	0.48	364	1076	7706	7948
-25.00	1980	323	6.12	2.16	0.49	226	671	8002	8152
-26.00	1981	324	6.12	2.16	0.49	226	672	8018	8169
-27.00	1655	264	6.27	2.09	0.49	145	432	5419	5516
-28.00	1244	451	2.76	1.98	0.42	402	1144	2252	2520
-29.00	1421	343	4.14	2.03	0.47	238	700	3614	3773
-30.00	1986	1399	1.42	2.16	0.01	4225	8516		2884
-31.00	1987	824	2.41	2.16	0.40	1466	4093	5595	6572
-32.00	2482	473	5.24	2.25	0.48	505	1495	12860	13196
-33.00	1989	452	4.40	2.16	0.47	441	1300	7660	7955
-34.00	1914	585	3.27	2.14	0.45	732	2122	6385	6873
-35.00	1133	452	2.50	1.94	0.41	397	1116	1698	1962
-36.00	1108	709	1.56	1.93	0.15	973	2243	428	1076
-37.00	1424	663	2.15	2.03	0.36	890	2424	2330	2923
-38.00	1992	524	3.80	2.16	0.46	593	1735	7383	7778
-39.00	2488	622	4.00	2.25	0.47	872	2557	12204	12785
-40.00	1425	828	1.72	2.03	0.24	1391	3462	1334	2261
-41.00	2489	903	2.76	2.25	0.42	1839	5239	10284	11510
-42.00	1425	829	1.72	2.03	0.24	1393	3466	1332	2260
-43.00	1662	1241	1.34	2.09		3212	5598		1484
-44.00	1426	1241	1.15	2.03		3123			
-45.00	1663	623	2.67	2.09	0.42	810	2297	4150	4690
-46.00	1995	905	2.20	2.16	0.37	1769	4849	5057	6236
-47.00	1995	1105	1.80	2.16	0.28	2639	6749	3319	5079
-48.00	2492	1440	1.73	2.25	0.25	4673	11678	4656	7771
-49.00	2432	522	4.66	2.24	0.48	612	1807	12046	12454
-50.00	2036	1106	1.84	2.17	0.29	2654	6850	3686	5455

CURVA TEMPI - PROFONDITA'
(blu = V_p ; rosso = V_s)

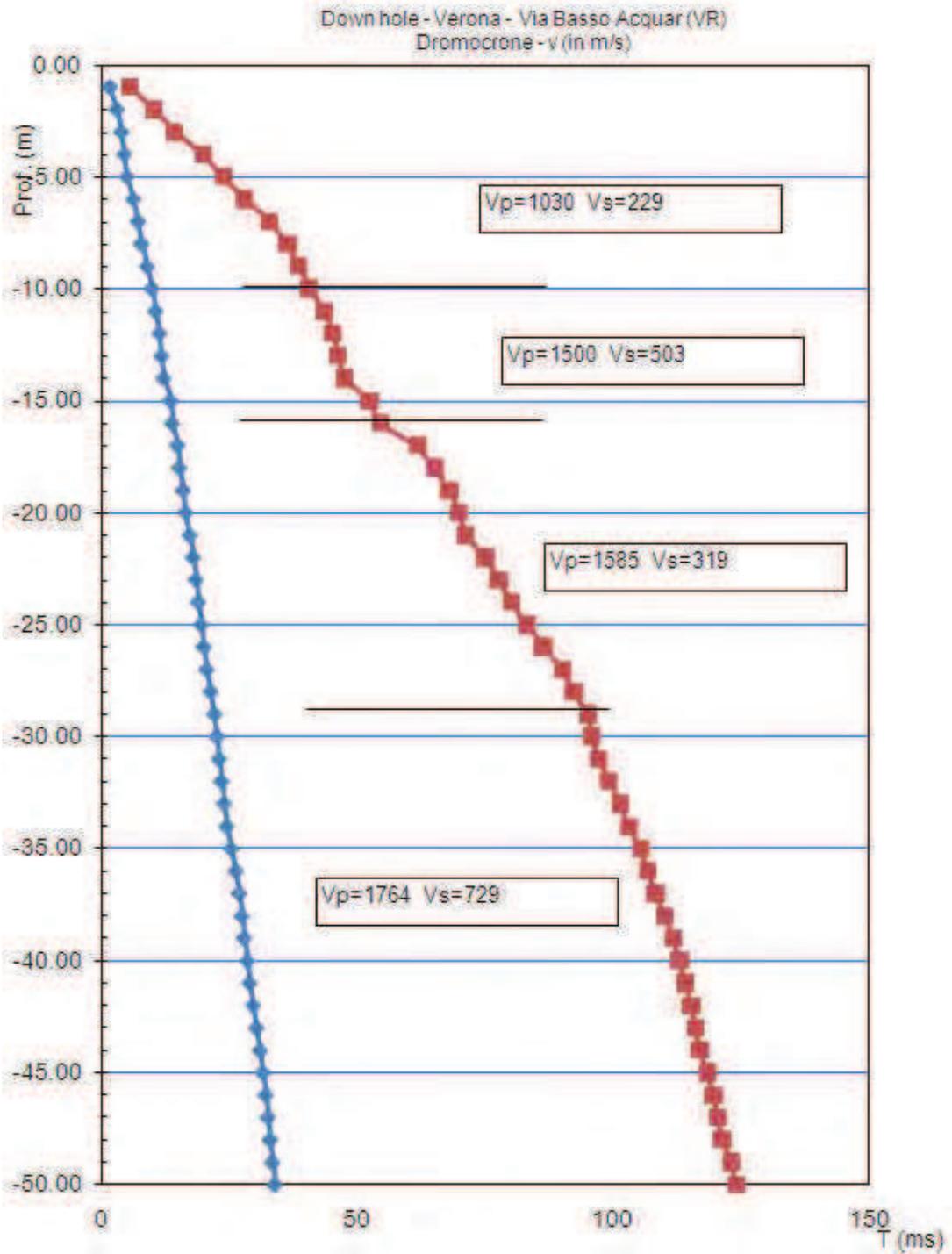
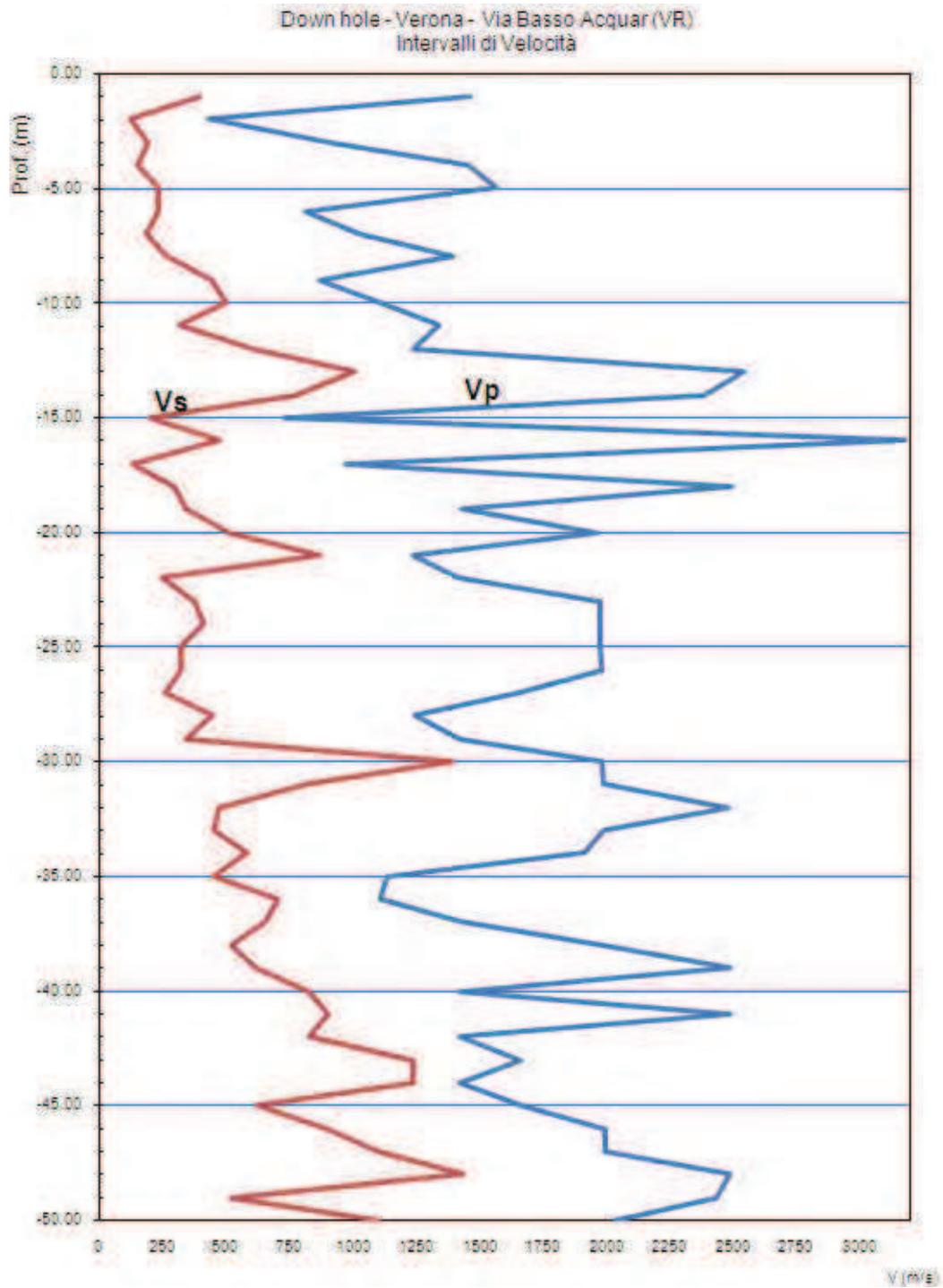
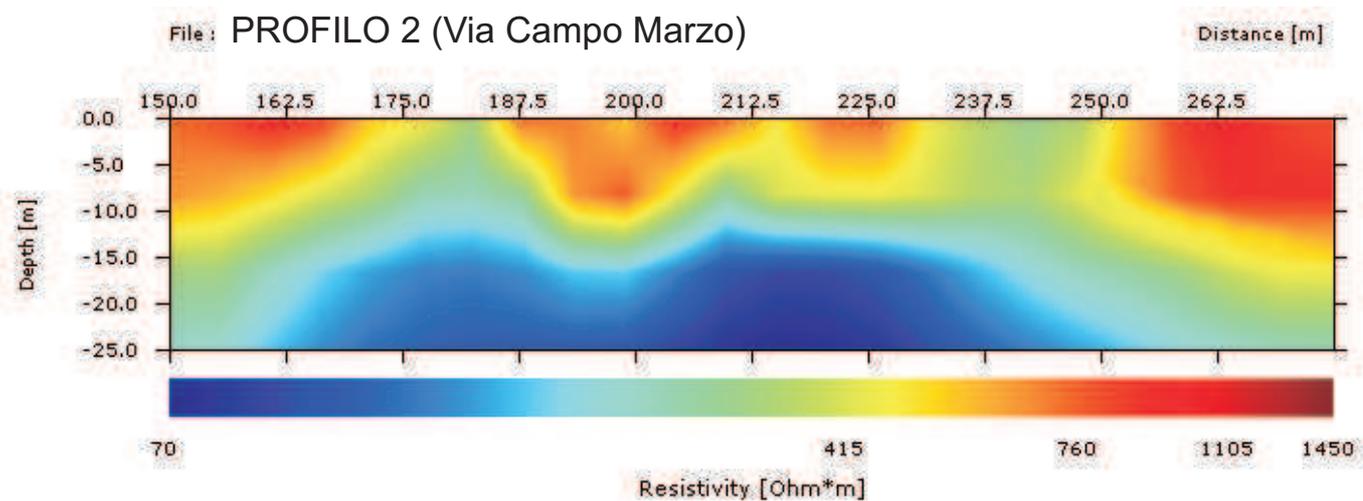
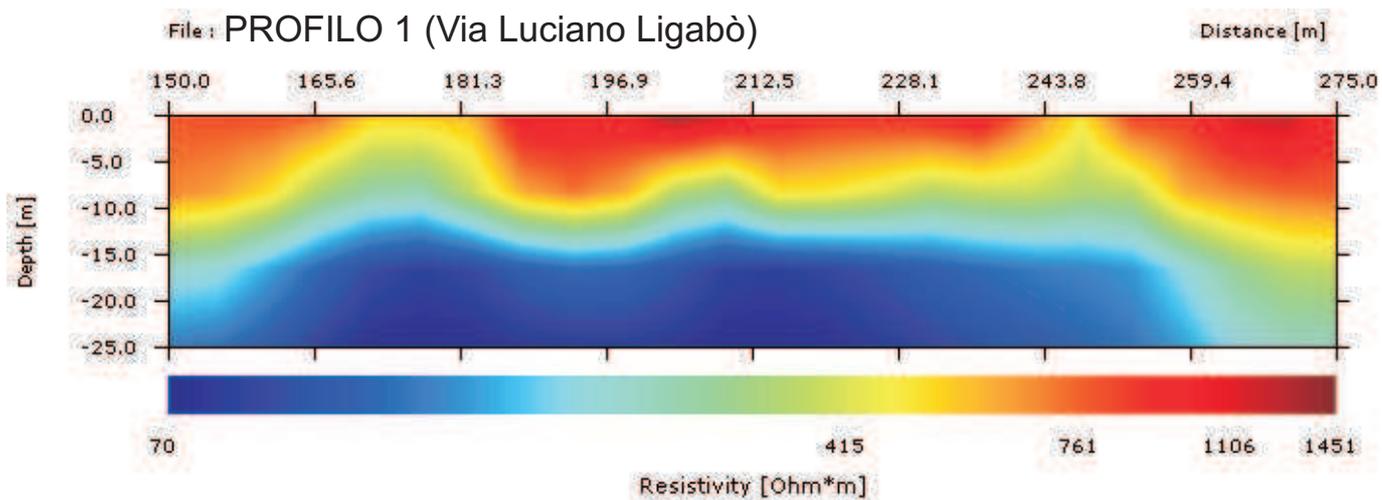


GRAFICO INTERVALLI DI VELOCITA'



Allegato 3 Indagine geoelettrica

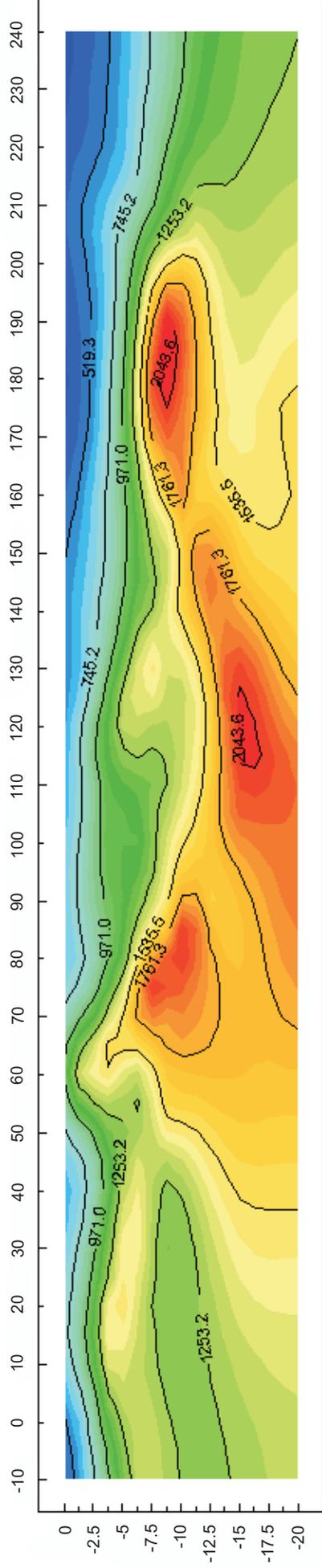
ALLEGATO 3 - SEZIONI TOMOGRAFIA ELETTRICA



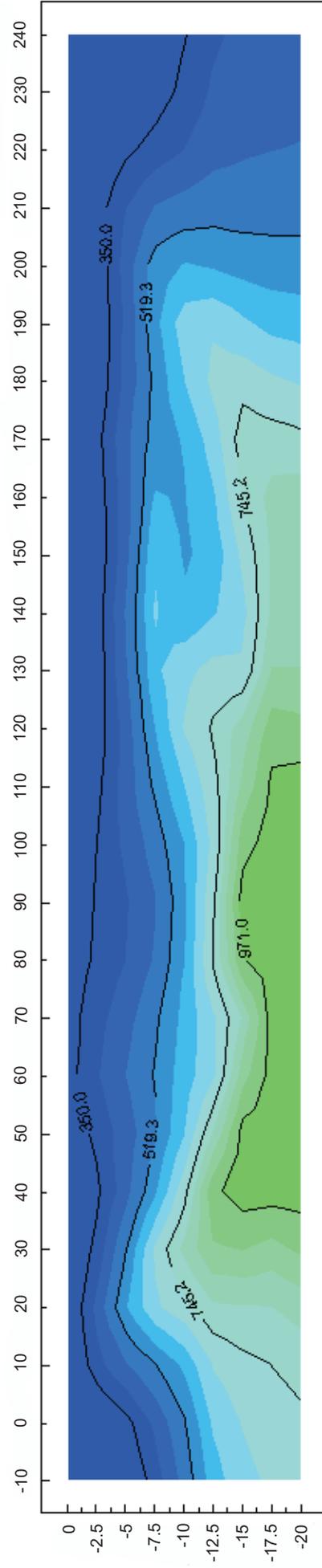
Allegato 4 Indagine sismica a rifrazione

ALLEGATO 4 - TOMOGRAFIA SISMICA

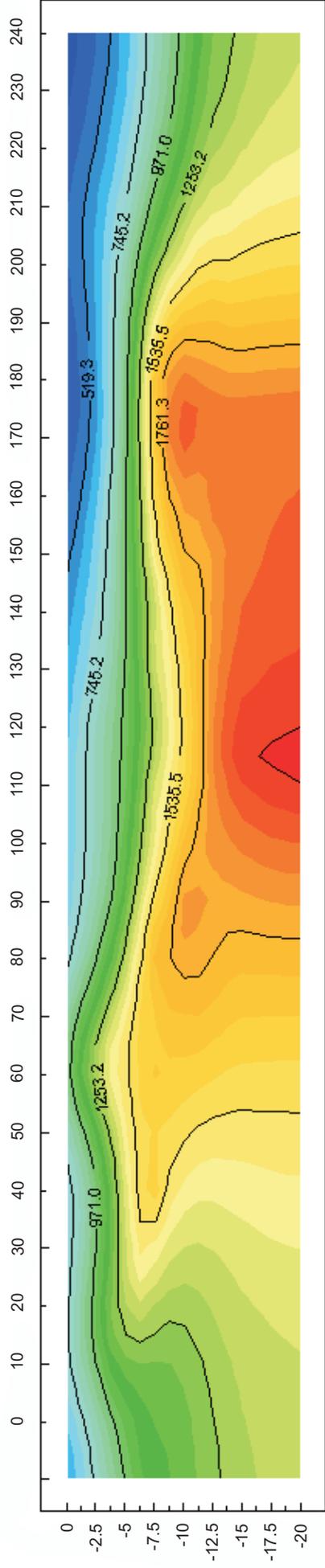
Profilo 1 - Onde P



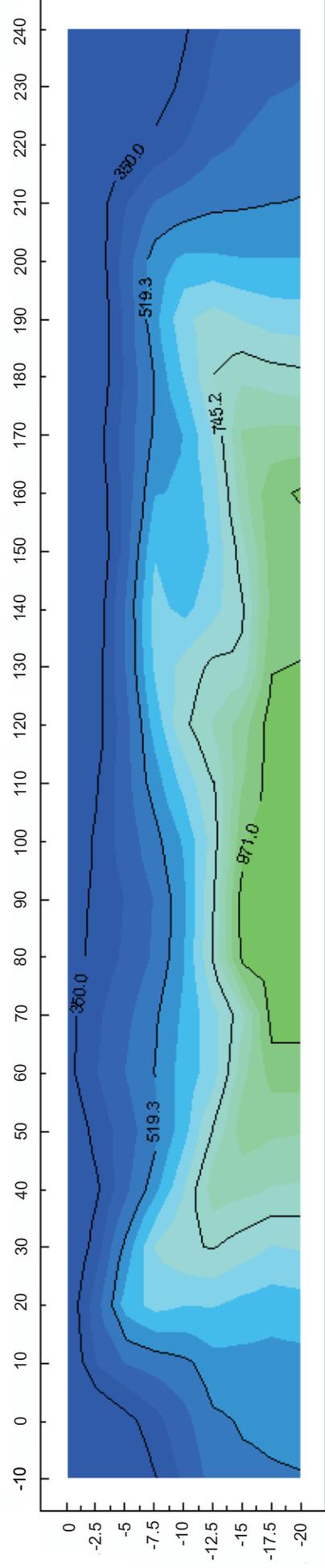
Profilo 1 - Onde S



Perfil 2 - Onde P



Perfil 2 - Onde S



**PP VERONA EST 2020
MODELLO FISICO
FIUME ADIGE**



Figura 26: foto relativa all'esecuzione della prova down-hole VR1.

Di seguito si riporta la tabella con i valori dei tempi d'arrivo sperimentali (in millisecondi) e delle velocità puntuali medie (in metri/secondo), ricavate dai tempi corretti in funzione della profondità di indagine (in metri da piano campagna). I grafici relativi sono riportati nelle figure Figura 27 e Figura 28.

depth	P-time	S _H -time	P-punctual velocity	S _H -punctual velocity
m	ms	ms	m/s	m/s
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	7.87	12.2	401.81	259.20
2	8.79	13.8	410.19	261.27
3	10.31	18.25	411.51	232.47
4	11.24	21.9	444.84	228.31
5	12.46	25.51	467.97	228.58
6	13.58	28.2	493.98	237.88
7	14.51	30.42	524.86	250.35
8	15.14	31.97	564.33	267.25
9	15.97	33.94	594.04	279.52
10	16.56	35.93	630.45	290.57

depth	P-time	S _H -time	P-punctual velocity	S _H -punctual velocity
11	16.9	37.9	674.66	300.84
12	17.26	39.88	716.65	310.16
13	17.6	41.72	758.05	319.79
14	17.955	43.6	797.43	328.39
15	18.31	45.01	835.45	339.86
16	18.65	46.35	872.86	351.22
17	19.01	47.8	908.08	361.14
18	19.37	49.15	942.09	371.28
19	19.75	50.65	973.94	379.77
20	20.15	52.3	1003.66	386.69
21	20.56	54.1	1031.77	392.11
22	20.97	55.89	1058.83	397.27
23	21.37	57.5	1085.39	403.39
24	21.76	59.01	1111.52	409.88
25	22.15	60.42	1136.77	416.74
26	22.57	62.02	1159.61	422.00
27	22.98	63.6	1182.17	427.14
28	23.41	65.23	1202.92	431.71
29	23.83	66.76	1223.45	436.71
30	24.24	68.28	1243.80	441.56
31	24.66	69.9	1262.97	445.56
32	25.11	71.85	1279.98	447.33
33	25.55	73.47	1296.91	451.02
34	25.961	74.92	1314.75	455.58
35	26.38	76.52	1331.63	459.07
36	26.805	78.185	1347.69	462.04
37	27.21	79.75	1364.26	465.47
38	27.6	81.66	1381.10	466.79
39	27.99	83.53	1397.47	468.28
40	28.37	85.14	1413.90	471.13
41	28.76	86.76	1429.40	473.83
42	29.16	88.55	1444.00	475.52
43	29.55	90.22	1458.70	477.77
44	29.98	93.4	1471.05	472.19
45	30.38	95.82	1484.53	470.67
46	30.79	98.43	1497.17	468.33
47	31.21	101.40	1508.99	464.45
48	31.62	104.36	1520.99	460.84
49	32.01	105.94	1533.64	463.39
50	32.40	107.49	1546.22	466.00

Nella seguente tabella sono riportate le velocità intervallari (in metri/secondo) per ciascun metro di indagine; il grafico relativo è riportato in Figura 29.

depth	P-interval velocity	S _H -interval velocity
m	m/s	m/s
0	0.0	0.0
1	401.81	259.20
2	418.92	263.37
3	414.17	190.48
4	587.64	216.67
5	590.89	229.64
6	684.01	298.67
7	840.00	365.29
8	1191.57	506.57
9	1026.22	441.72
10	1406.21	451.18
11	2257.82	465.15
12	2271.95	470.65
13	2471.42	509.60
14	2456.05	504.90
15	2512.63	665.00
16	2658.63	704.13
17	2562.99	659.40
18	2592.59	709.92
19	2488.38	645.61
20	2388.07	591.30
21	2345.80	544.99
22	2356.56	549.08
23	2422.53	609.93
24	2490.87	650.49
25	2498.40	696.72
26	2330.91	616.67
27	2391.15	625.08
28	2286.61	606.88
29	2343.41	646.48
30	2402.71	651.25
31	2349.46	612.06
32	2197.59	509.85
33	2248.73	612.76
34	2407.00	684.10

depth	P-interval velocity	S _H -interval velocity
35	2363.52	620.96
36	2332.17	597.20
37	2447.45	635.24
38	2542.00	521.50
39	2543.45	532.69
40	2611.04	618.20
41	2546.00	614.58
42	2483.99	556.70
43	2548.10	596.57
44	2313.67	314.23
45	2486.60	412.52
46	2427.09	382.62
47	2370.31	336.39
48	2428.32	337.53
49	2552.64	630.82
50	2586.17	643.07

Il carotaggio sismico down-hole ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate S_H. La seguente tabella mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati metro per metro.

Profondità (m da p.c.)	VP (m/s)	VS (m/s)	γ (t/mc)	Coefficiente di Poisson	Mod. di taglio Go (MPa)	Mod. di elasticità Ed (MPa)	Mod. di Lamè λ (MPa)	Mod. di Bulk k (MPa)
1	401.81	259.20	1.59	0.14	106.95	244.62	43.11	114.41
2	418.92	263.37	1.61	0.17	111.30	261.14	58.98	133.18
3	414.17	190.48	1.60	0.37	58.09	158.69	158.45	197.18
4	587.64	216.67	1.71	0.42	80.33	228.34	430.20	483.75
5	590.89	229.64	1.71	0.41	90.33	254.91	417.39	477.60
6	684.01	298.67	1.76	0.38	157.10	434.28	509.79	614.52
7	840.00	365.29	1.83	0.38	244.35	676.07	803.41	966.31
8	1191.57	506.57	1.96	0.39	502.20	1395.80	1774.23	2109.02
9	1026.22	441.72	1.90	0.39	371.16	1029.08	1260.98	1508.42
10	1406.21	451.18	2.02	0.44	411.12	1186.17	3171.30	3445.38
11	2257.82	465.15	2.21	0.48	478.09	1413.09	10308.17	10626.90
12	2271.95	470.65	2.21	0.48	490.04	1448.16	10439.22	10765.91
13	2471.42	509.60	2.25	0.48	583.78	1725.41	12562.76	12951.95
14	2456.05	504.90	2.25	0.48	572.38	1691.89	12399.27	12780.86
15	2512.63	665.00	2.26	0.46	997.24	2916.60	12242.16	12906.99
16	2658.63	704.13	2.28	0.46	1130.11	3305.07	13850.94	14604.35
17	2562.99	659.40	2.27	0.46	984.21	2882.87	12900.63	13556.77
18	2592.59	709.92	2.27	0.46	1143.29	3337.20	12961.10	13723.30

Profondità (m da p.c.)	VP (m/s)	VS (m/s)	γ (t/mc)	Coefficiente di Poisson	Mod. di taglio Go (MPa)	Mod. di elasticità Ed (MPa)	Mod. di Lamè λ (MPa)	Mod. di Bulk k (MPa)
19	2488.38	645.61	2.25	0.46	938.18	2746.83	12061.11	12686.56
20	2388.07	591.30	2.24	0.47	780.87	2291.60	11174.72	11695.30
21	2345.80	544.99	2.23	0.47	661.09	1945.55	10925.79	11366.51
22	2356.56	549.08	2.23	0.47	671.63	1976.34	11028.11	11475.87
23	2422.53	609.93	2.24	0.47	833.11	2442.94	11476.20	12031.61
24	2490.87	650.49	2.25	0.46	952.62	2788.14	12062.84	12697.92
25	2498.40	696.72	2.25	0.46	1093.45	3188.13	11873.87	12602.83
26	2330.91	616.67	2.23	0.46	845.41	2472.60	10387.50	10951.11
27	2391.15	625.08	2.24	0.46	872.85	2554.53	11026.82	11608.72
28	2286.61	606.88	2.22	0.46	815.78	2385.53	9949.72	10493.58
29	2343.41	646.48	2.23	0.46	930.06	2713.55	10360.58	10980.62
30	2402.71	651.25	2.24	0.46	948.31	2769.75	11011.54	11643.75
31	2349.46	612.06	2.23	0.46	834.06	2441.47	10621.73	11177.78
32	2197.59	509.85	2.20	0.47	571.46	1681.87	9473.80	9854.77
33	2248.73	612.76	2.21	0.46	829.05	2420.64	9507.16	10059.86
34	2407.00	684.10	2.24	0.46	1046.76	3048.29	10865.09	11562.93
35	2363.52	620.96	2.23	0.46	859.48	2514.72	10732.56	11305.55
36	2332.17	597.20	2.23	0.46	792.94	2323.17	10506.84	11035.46
37	2447.45	635.24	2.25	0.46	905.43	2650.90	11629.49	12233.12
38	2542.00	521.50	2.26	0.48	614.63	1816.88	13374.37	13784.12
39	2543.45	532.69	2.26	0.48	641.37	1894.69	13339.22	13766.80
40	2611.04	618.20	2.27	0.47	787.82	2316.69	12478.08	13003.30
41	2546.00	614.58	2.26	0.47	709.28	2083.95	10753.81	11226.66
42	2483.99	556.70	2.25	0.47	534.04	1573.87	9564.20	9920.22
43	2548.10	596.57	2.26	0.47	571.61	1681.69	9285.19	9666.27
44	2313.67	314.23	2.22	0.49	145.19	432.85	7581.22	7678.02
45	2486.60	412.52	2.25	0.49	237.64	706.20	8159.28	8317.71
46	2427.09	382.62	2.24	0.49	191.39	569.30	7318.59	7446.18
47	2370.31	336.39	2.23	0.49	139.01	414.16	6623.65	6716.32
48	2428.32	337.53	2.24	0.49	133.12	396.73	6623.89	6712.63
49	2552.64	630.82	2.26	0.47	445.71	1308.14	6406.81	6703.95
50	2586.17	643.07	2.27	0.47	937.67	2751.22	13289.84	13914.96

Calcolo del V_{seq} nei primi 30 metri di suolo (**tratto 0-30m**)

$$\text{valore } V_{seq} = 441.56 \text{ m/s}$$

il carotaggio sismico down-hole evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in **classe B**.

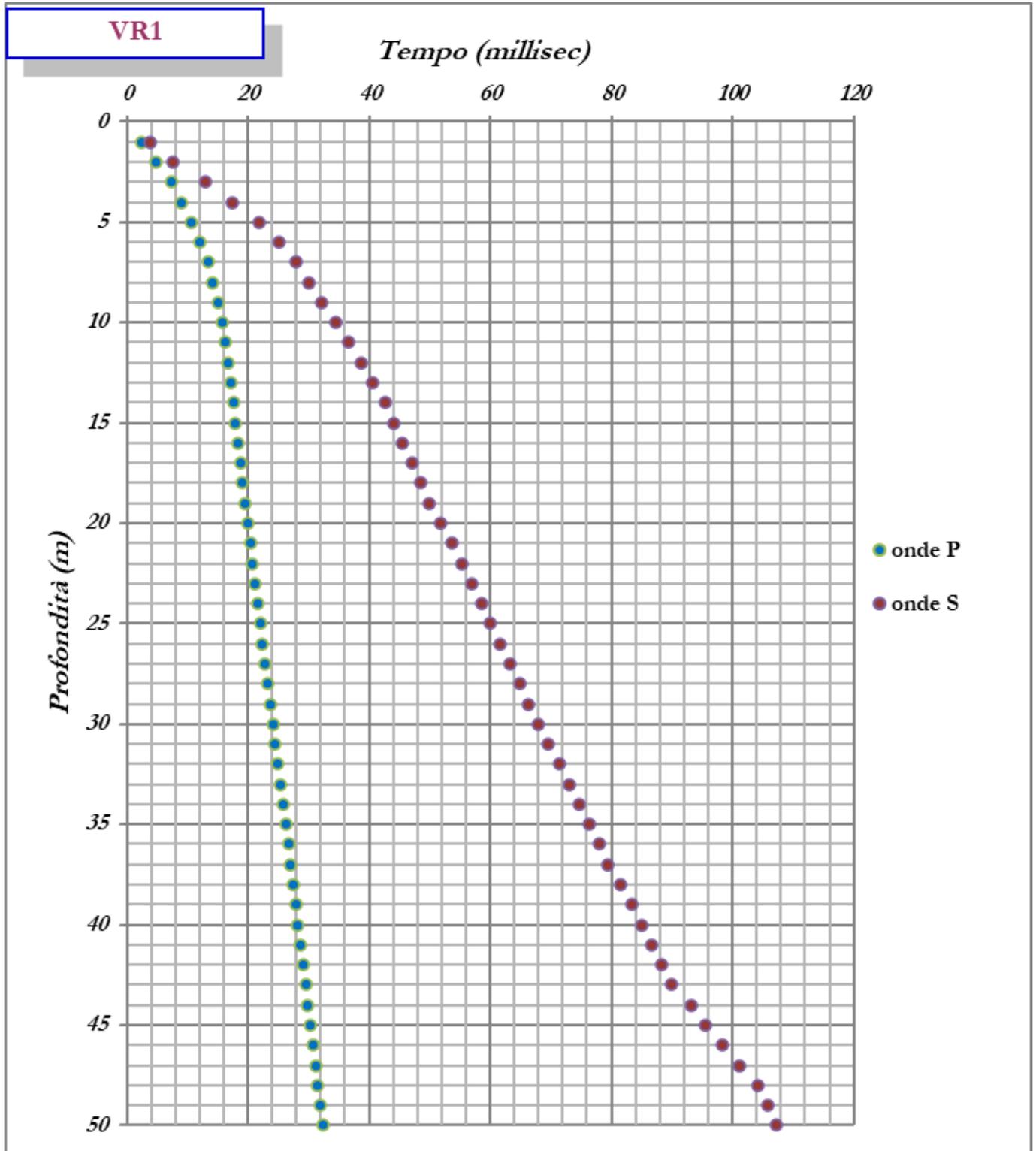


Figura 27: andamento dei tempi-profondità per la prova down-hole VR1 metro per metro.

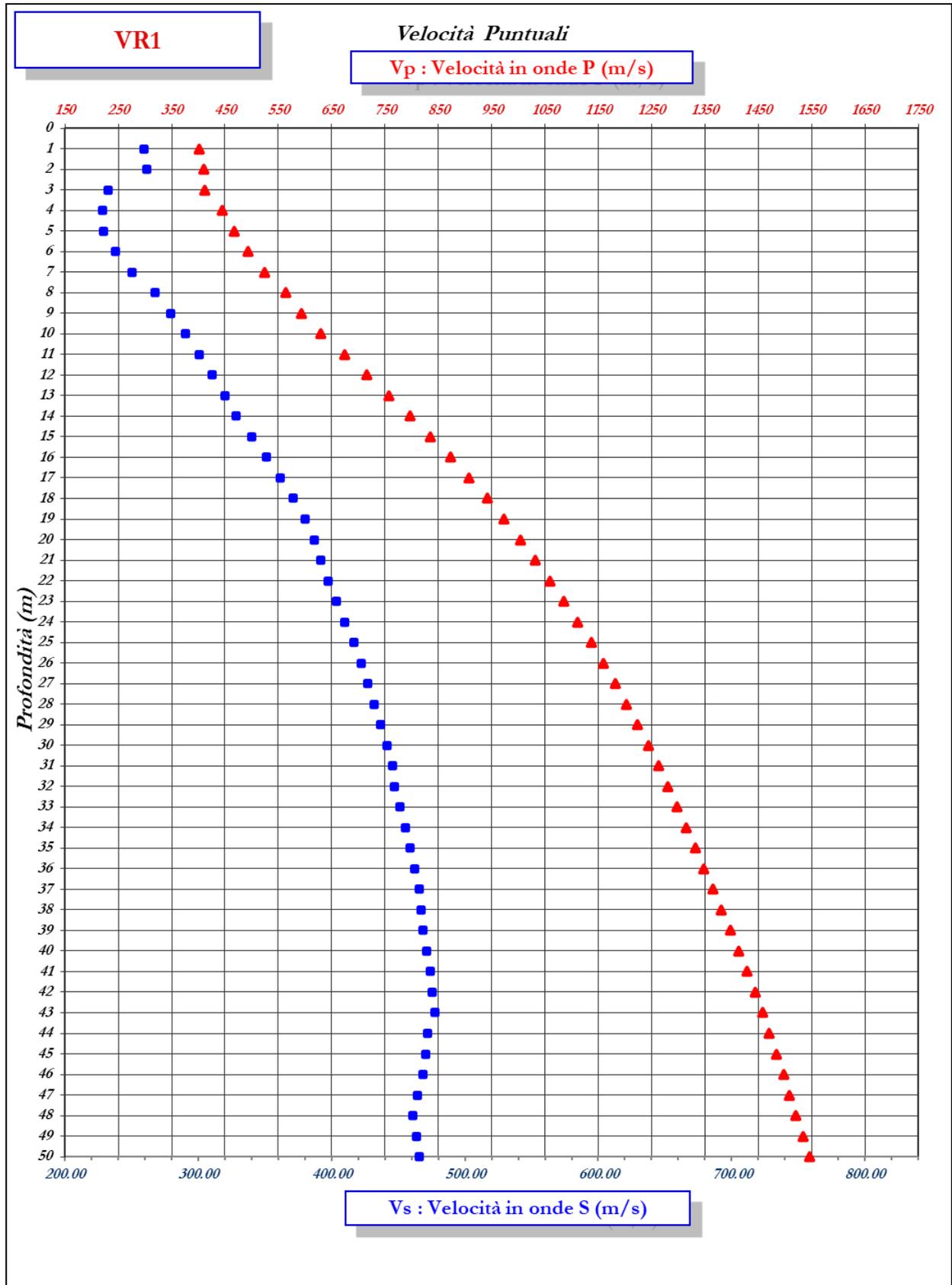


Figura 28: andamento delle Vp e Vs, in metri al secondo, che rappresentano rispettivamente le velocità puntuali metro per metro.

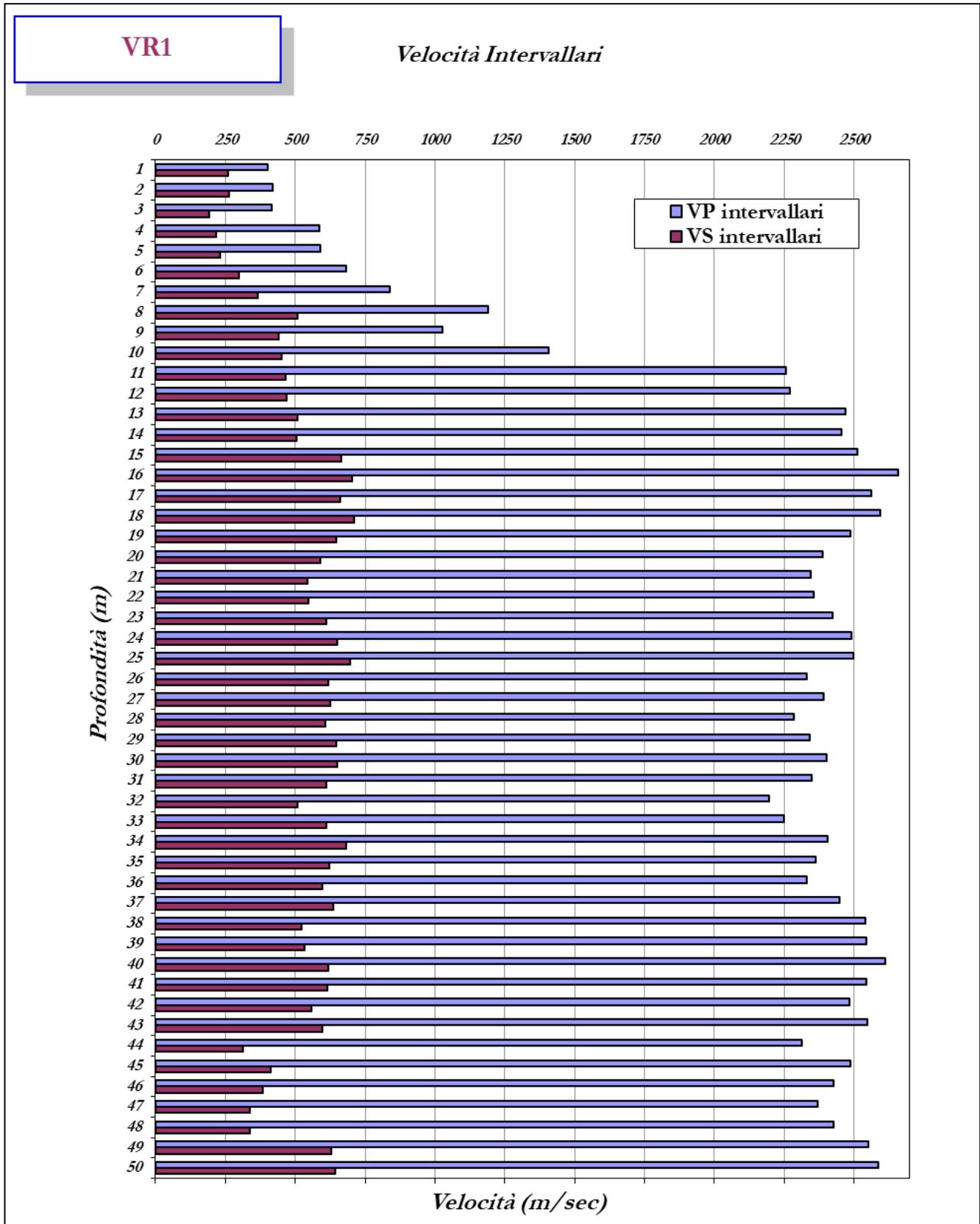


Figura 29: andamento delle Vp e Vs, in metri al secondo, che rappresentano rispettivamente le velocità intervallari metro per metro.