

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE  
LOTTO 1+2**

**INDAGINI GEOGNOSTICHE**

**Indagini geofisiche integrative – Settembre 2020 eseguite da  
Vicenzetto**

SCALA:

-

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

RS3Z 00 D 69 IG GE0005 004 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	T. VICENZETTO 	Set. 2020	A. Salvagnini 	Set. 2020	A. Barraica 	Set. 2020	M. Comedini Set. 2020 



File: RS3Z00D69IGGE0005004A

n. Elab.: 69\_78

## INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	METODOLOGIE DI INDAGINE.....	4
3.	INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA DOWNHOLE .....	5

## 1. PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume i risultati delle indagini geofisiche a supporto del progetto definitivo della Terza e Quarta Fase per la Progettazione Definitiva del nuovo collegamento Palermo-Catania, Tratta Fiumetorto Montemaggiore - Lercara diramazione (Lotto 1+2).

Nel corso della campagna sono state eseguite prove di tipo Downhole come in elenco sotto riportato:

- DOWNHOLE → 2SNV23 (40 m);  
                   → 1SNV37 (40 m);  
                   → 1SNV20 (30 m);

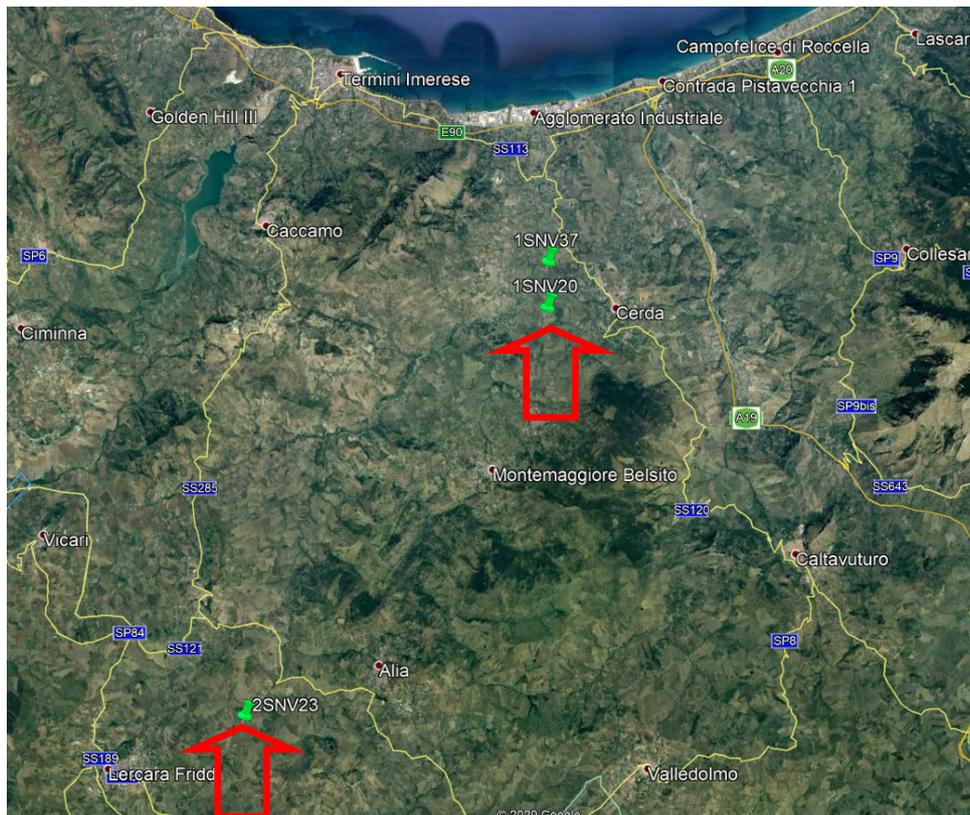


Fig. 1: UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO (DA GOOGLE EARTH)

Tecnica Geofisica utilizzata	Codice Sito	Luogo	Coordinate (WGS84 gradi decimali)		Coordinate (UTM-WGS84, fuso 33N)	
			Latitudine	Longitudine	X (est)	Y (nord)
Down-hole	2SNV23	Lercara Friddi (PA)	37.76052	13.654468	381480.01	4180097.05
Down-hole	1SNV20	Sciara (PA)	37.899784	13.783894	393082.02	4195393.01
Down-hole	1SNV37	Termini Imerese (PA)	37.915697	13.784428	393152.01	4197158.01

## 2. METODOLOGIE DI INDAGINE

La campagna di misure geofisiche condotta, è consistita in indagini sismiche in foro mediante metodologia Down Hole. Di seguito si riporta una breve descrizione dei principi base delle tecniche d'indagine ed i relativi risultati.



Fig. 2: STRUMENTAZIONE IMPIEGATA PER LE PROVE IN FORO MEDIANTE METODOLOGIA DOWN HOLE.

### 3. INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA DOWNHOLE

Lo scopo della prova down-hole consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde SH), calcolando il tempo ad esse necessario per raggiungere il geofono ricevitore (all'interno del foro di sondaggio) dalla zona sorgente (su piano campagna a distanza nota dal foro). Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno d'ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo.

La prova consiste nel produrre in superficie sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione P, ed orizzontali per la generazione di onde di taglio polarizzate orizzontalmente SH e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da un geofono da foro (in questo caso costituito da 5 sensori di cui uno polarizzato verticalmente e quattro polarizzati sul piano orizzontale orientati a 45° l'uno rispetto all'altro), ancorati a profondità nota nel foro di sondaggio (Fig. 3).

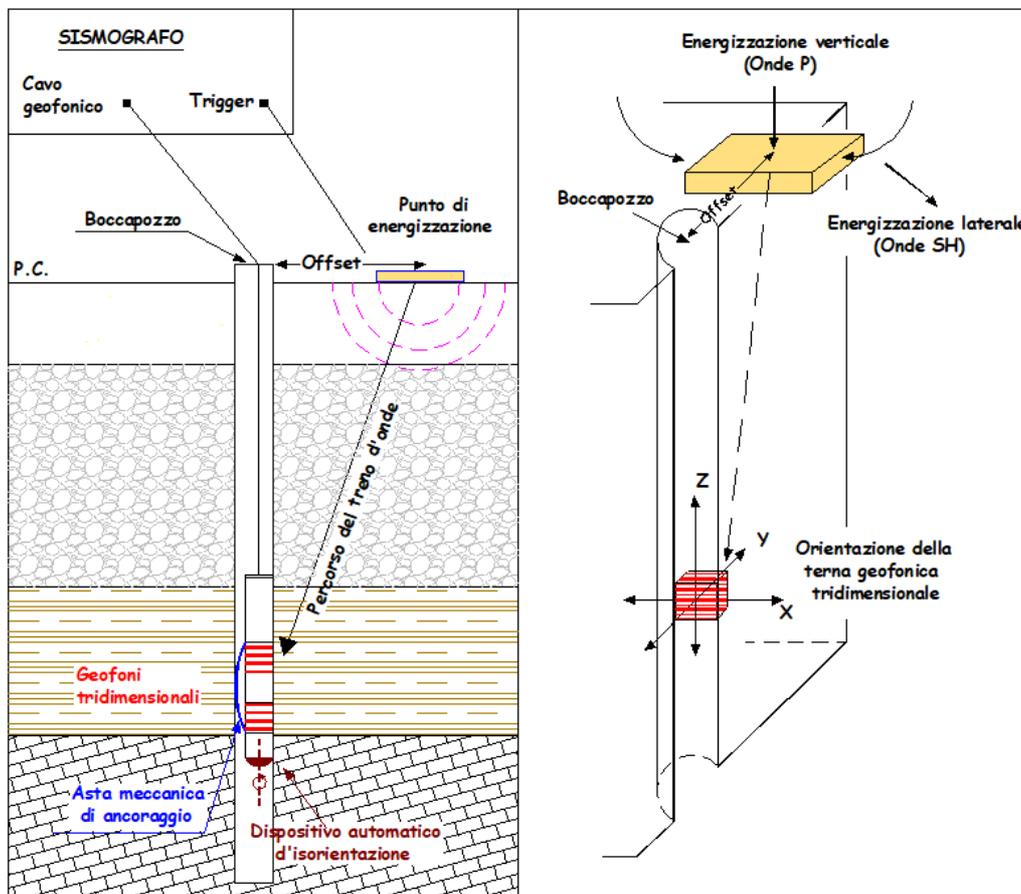


Fig. 3: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DI UN CAROTAGGIO SISMICO PER IL DOWNHOLE

Conosciuta la distanza tra la sorgente ed i ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P e SH) in corrispondenza della verticale di misura.

Per generare le onde di compressione P è stata utilizzata una massa battente da 8 kg. Per le onde SH è stato invece utilizzato, come sorgente, un apposito dispositivo, la cui forma permette colpi laterali su entrambi i lati. Il sistema energizzante adottato è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza, con forme d'onda ripetibili e direzionali, vale a dire con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali, ed eventualmente anche verticali. Come sistema di ricezione è stata utilizzata una sonda meccanizzata al cui interno sono alloggiati cinque ricevitori, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità. Il trasduttore verticale è orientato secondo la lunghezza della sonda, mentre i trasduttori orizzontali, sono disposti in direzioni ad essa perpendicolare e a 45° l'uno dall'altro. I trasduttori hanno una frequenza propria di 12 Hz ed una sensibilità tale da poter ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente. La sonda possiede un'asta meccanica motorizzata che garantisce l'aderenza tra i ricevitori e le pareti del rivestimento. Il sistema d'acquisizione dati è di tipo multicanale ed è in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 24 bit.

Le quattro prove si sono sviluppate secondo le seguenti fasi:

1. Dopo ad aver predisposto un opportuno piano d'appoggio, il dispositivo sorgente è stato collocato sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza di 2.50 (BH 30) e 3.0 m ed orientato con direzione perpendicolare al raggio condotto dal foro.
2. Il sistema, costituito dai cinque ricevitori è stato calato a fondo foro.
3. Dopo aver calato il dispositivo si è provveduto ad ancorare quest'ultimo alle pareti del foro
4. Campionamento del rumore ambientale.
5. È stato quindi attivato il dispositivo sorgente, producendo una sollecitazione che, attivando il trigger, si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con vibrazioni di tipo compressivo; di seguito (con energizzazione separata e distinta) sono state generate vibrazioni di tipo SH, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e

polarizzate sul piano orizzontale. Per l'ottenimento di una buona qualità dei dati, è necessario produrre alla sorgente due onde di polarità opposta e sommare le registrazioni d'ogni singolo arrivo, così da individuare in modo migliore l'istante di primo arrivo (metodo cross-over).

6. La prova è stata quindi ripetuta con interdistanza fra le misure pari a 1,0 m per tutto il tratto di sondaggio.

Nel presente rilievo sono stati impiegati rispettivamente fondo scala di 0.2 secondi e passo di campionamento di 0,125 millisecondi. I tempi relativi alle onde P ed SH sono stati letti attraverso uno specifico programma di picking (Front End; precisione dell'ordine di 0,1 millisecondi).

Per avere un buon controllo sulla procedura di lettura dei tempi e valutare al contempo la qualità dei dati sismici acquisiti per tutto il tragitto di ogni sondaggio, i valori numerici dei primi arrivi delle onde sismiche P ed SH sono stati riportati su sezioni tempo/tracce ove le varie tracce sono scelte in funzione dell'orientamento del sistema ricevitore/sorgente.

Tale procedura consente di ottenere così delle forme d'onda più definite nelle ampiezze. In particolare con riferimento alle onde di taglio sono state scelte le tracce riferite alla differenza tra la battuta destra e quella sinistra.

I tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio sono stati riportati in un diagramma profondità – tempi e successivamente, dopo la correzione rispetto alla verticale, sono state determinate le velocità puntuali in corrispondenza di ogni singola stazione (grafico velocità – profondità). In seguito sono state calcolate anche le velocità intervallari delle onde P ed SH nel terreno metro per metro e riportate nel rispettivo grafico.

## 7.1 ANALISI DEI RISULTATI DEI CAROTAGGI SISMICI DOWN-HOLE

### 2SNV23

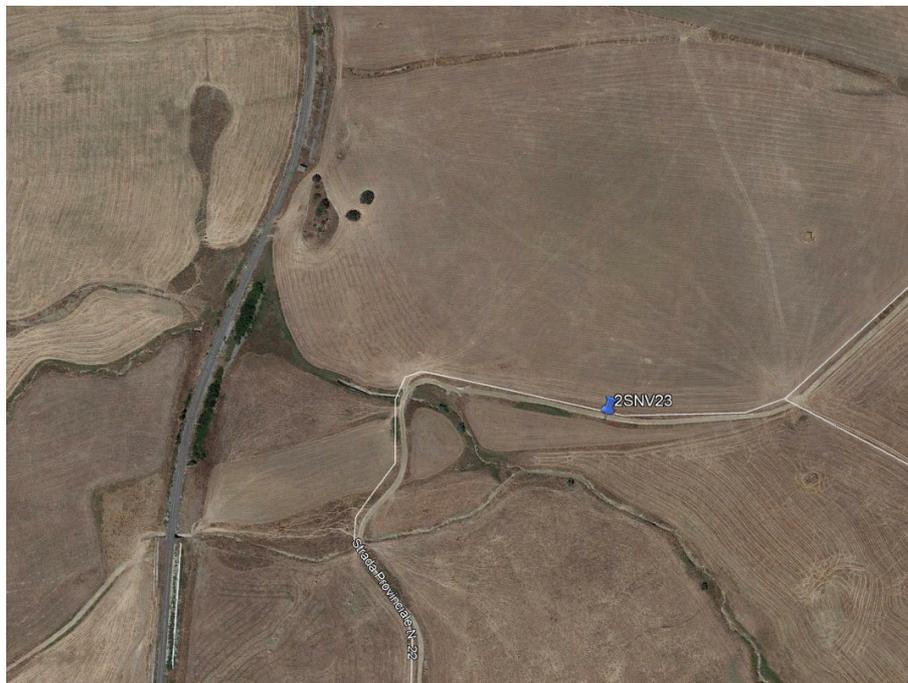


Fig. 4: UBICAZIONE 2SNV23



Fig. 5: ESECUZIONE PROVA DOWNHOLE 2SNV23

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 Fig. 6 e Fig. 7.

depth	P-time	S <sub>H</sub> -time	P-velocity puntuale	S <sub>H</sub> -velocity puntuale
m	ms	ms	m/s	m/s
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	6.69	13.86	472.69	228.16
2	6.89	14.82	523.30	243.29
3	7.43	16.25	571.01	261.09
4	7.79	18.16	641.85	275.33
5	8.13	19.12	717.21	304.97
6	8.44	20.22	794.81	331.76
7	8.77	21.51	868.39	354.06
8	9.08	23.42	940.97	364.82
9	9.42	25.33	1007.09	374.53
10	9.74	27.25	1071.90	383.13
11	10.08	29.64	1131.13	384.67
12	10.42	32.03	1187.07	386.18
13	10.76	33.66	1239.93	396.37
14	11.18	35.37	1280.66	404.80
15	11.62	37.18	1316.44	411.43
16	12.09	39.01	1346.47	417.30
17	12.55	40.81	1375.51	423.00
18	12.98	42.10	1405.88	433.45
19	13.42	43.52	1433.34	442.04
20	13.86	44.93	1459.14	450.12
21	14.31	46.37	1482.40	457.48
22	14.76	47.79	1504.31	464.61
23	15.21	49.15	1524.97	471.92
24	15.66	50.38	1544.49	480.09
25	16.12	51.62	1561.99	487.78
26	16.59	53.06	1577.61	493.26
27	17.02	54.45	1596.13	498.97
28	17.46	55.84	1613.31	504.30
29	17.87	57.08	1631.49	510.81
30	18.29	58.32	1648.42	516.97
31	18.71	59.56	1665.05	522.92
32	19.14	60.81	1679.66	528.54
33	19.60	62.14	1690.62	533.25
34	20.07	63.57	1700.65	536.92
35	20.55	65.49	1709.41	536.39
36	21.02	67.25	1718.59	537.17
37	21.45	68.63	1730.60	540.89
38	21.85	69.91	1744.54	545.25

depth	P-time	S <sub>H</sub> -time	P-velocity puntuale	S <sub>H</sub> -velocity puntuale
39	22.26	71.22	1757.59	549.22
40	22.67	72.66	1769.79	552.06

Nella seguente tabella sono riportate le velocità intervallari (in metri/secondo) per ciascun metro di indagine; il grafico relativo è riportato in Fig. 8.

depth	P-velocity intervallare	S <sub>H</sub> -velocity intervallare
m	m/s	m/s
0	0.0	0.0
1	472.69	228.16
2	586.06	260.57
3	698.36	305.83
4	1022.29	329.22
5	1352.42	535.54
6	1731.46	591.70
7	1953.37	593.30
8	2267.74	463.39
9	2300.29	475.89
10	2546.92	482.95
11	2527.86	400.83
12	2603.72	403.54
13	2662.66	579.93
14	2235.23	559.64
15	2162.09	533.87
16	2046.76	530.83
17	2100.36	541.37
18	2250.43	747.29
19	2210.50	687.13
20	2217.89	689.46
21	2176.19	679.79
22	2181.14	690.70
23	2185.37	721.82
24	2189.00	797.58
25	2145.45	792.81
26	2103.14	685.88
27	2297.55	713.41
28	2273.94	709.11
29	2383.93	799.48
30	2358.00	795.20

depth	P-velocity intervallare	S <sub>H</sub> -velocity intervallare
31	2387.82	798.42
32	2307.13	792.73
33	2136.54	746.11
34	2114.97	694.84
35	2072.12	519.00
36	2116.54	565.94
37	2312.43	720.56
38	2485.17	776.62
39	2455.66	759.26
40	2426.74	691.43

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<sub>H</sub>. 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)	$\gamma$ (t/mc)	Coefficiente di Poisson	Mod. di taglio Go (MPa)	Mod. di elasticità Ed (MPa)	Mod. di Lamè $\lambda$ (MPa)	Mod. di Bulk k (MPa)
1	472.69	228.16	1.64	0.35	85.46	230.42	195.89	252.86
2	586.06	260.57	1.71	0.38	116.11	319.73	355.15	432.55
3	698.36	305.83	1.77	0.38	165.37	456.87	531.58	641.82
4	1022.29	329.22	1.90	0.44	206.02	594.22	1574.48	1711.83
5	1352.42	535.54	2.01	0.41	574.95	1617.91	2516.67	2899.97
6	1731.46	591.70	2.10	0.43	735.57	2109.45	4827.53	5317.92
7	1953.37	593.30	2.15	0.45	756.70	2193.19	6689.06	7193.53
8	2267.74	463.39	2.21	0.48	474.87	1403.93	10423.32	10739.91
9	2300.29	475.89	2.22	0.48	502.21	1484.16	10729.19	11063.99
10	2546.92	482.95	2.26	0.48	527.31	1562.28	13610.98	13962.52
11	2527.86	400.83	2.26	0.49	362.72	1078.79	13700.93	13942.74
12	2603.72	403.54	2.27	0.49	369.71	1100.04	14652.02	14898.50
13	2662.66	579.93	2.28	0.48	766.81	2262.25	14631.10	15142.31
14	2235.23	559.64	2.21	0.47	690.74	2026.03	9637.51	10098.00
15	2162.09	533.87	2.19	0.47	624.63	1833.33	8995.43	9411.85
16	2046.76	530.83	2.17	0.46	611.13	1789.33	7863.54	8270.96
17	2100.36	541.37	2.18	0.46	638.77	1870.87	8337.47	8763.32
18	2250.43	747.29	2.21	0.44	1233.21	3546.79	8717.37	9539.51
19	2210.50	687.13	2.20	0.45	1039.11	3006.19	8675.59	9368.33
20	2217.89	689.46	2.20	0.45	1046.83	3028.51	8739.02	9436.91
21	2176.19	679.79	2.20	0.45	1014.00	2932.34	8363.59	9039.59
22	2181.14	690.70	2.20	0.44	1047.25	3025.03	8348.95	9047.11
23	2185.37	721.82	2.20	0.44	1144.18	3292.43	8199.47	8962.26
24	2189.00	797.58	2.20	0.42	1397.39	3978.27	7731.28	8662.88
25	2145.45	792.81	2.19	0.42	1375.46	3908.87	7321.91	8238.88

Profondità (m da p.c.)	VP (m/s)	VS (m/s)	$\gamma$ (t/mc)	Coefficiente di Poisson	Mod. di taglio Go (MPa)	Mod. di elasticità Ed (MPa)	Mod. di Lamè $\lambda$ (MPa)	Mod. di Bulk k (MPa)
26	2103.14	685.88	2.18	0.44	1025.58	2954.70	7591.75	8275.47
27	2297.55	713.41	2.22	0.45	1128.35	3264.65	9446.27	10198.50
28	2273.94	709.11	2.21	0.45	1112.60	3217.95	9216.05	9957.79
29	2383.93	799.48	2.23	0.44	1427.03	4100.26	9834.09	10785.45
30	2358.00	795.20	2.23	0.44	1408.86	4045.78	9570.22	10509.46
31	2387.82	798.42	2.24	0.44	1423.66	4091.78	9886.27	10835.38
32	2307.13	792.73	2.22	0.43	1394.30	3996.26	9021.54	9951.07
33	2136.54	746.11	2.19	0.43	1217.24	3482.67	7547.01	8358.50
34	2114.97	694.84	2.18	0.44	1053.68	3033.56	7654.77	8357.22
35	2072.12	519.00	2.18	0.47	585.58	1717.55	8163.01	8553.40
36	2116.54	565.94	2.18	0.46	699.11	2043.48	8379.82	8845.89
37	2312.43	720.56	2.22	0.45	1152.49	3333.55	9564.61	10332.94
38	2485.17	776.62	2.25	0.45	1357.25	3924.86	11183.69	12088.53
39	2455.66	759.26	2.25	0.45	1294.32	3746.14	10950.61	11813.49
40	2426.74	691.43	2.24	0.46	1070.97	3118.28	11050.64	11764.62

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

*valore  $V_{seq} = 516.97$  m/s*

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

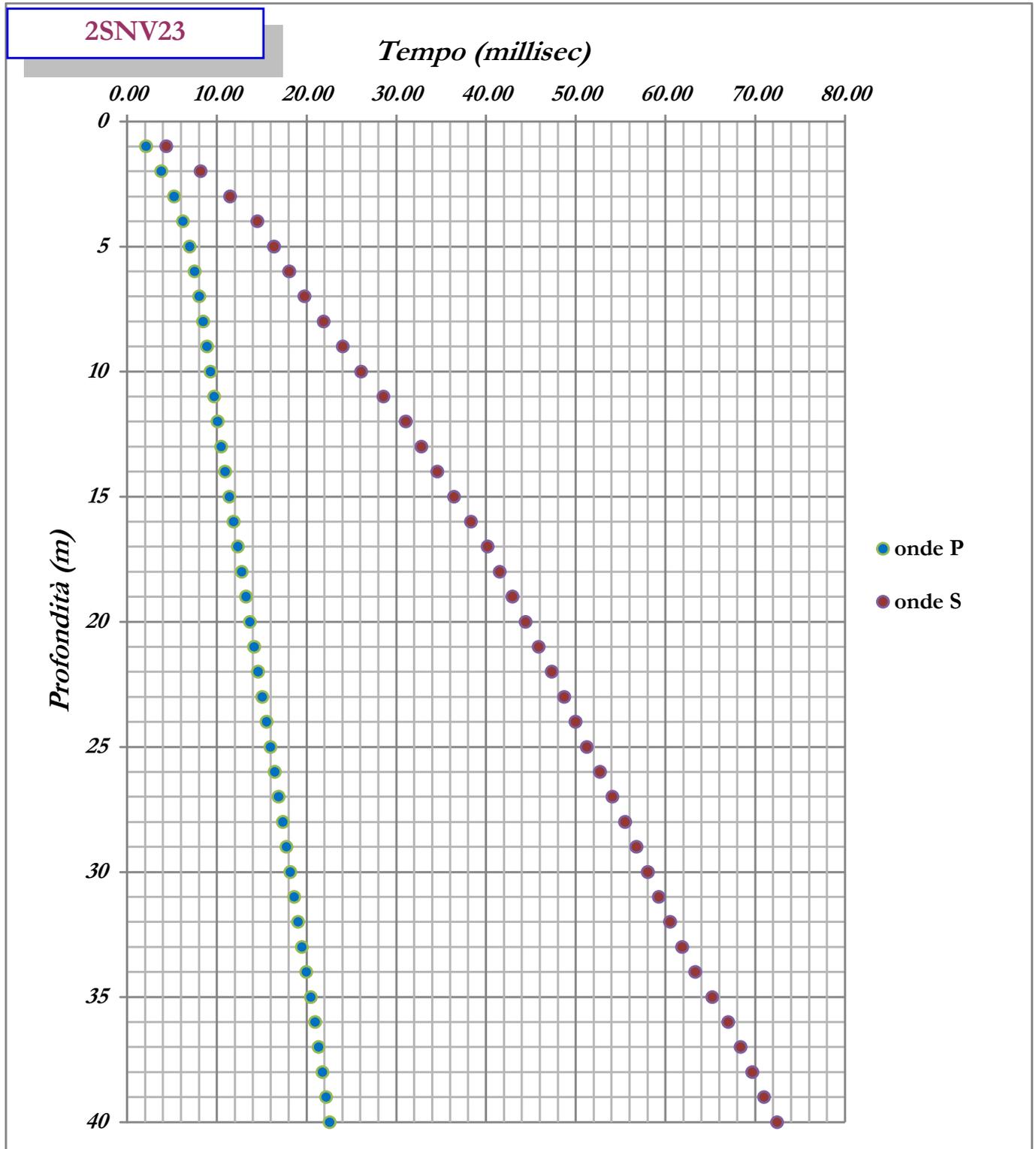


Fig. 6: ANDAMENTO DEI TEMPI-PROFONDITÀ PER LA PROVA DOWN-HOLE 2SNV23 METRO PER METRO

2SNV23

Velocità Puntuali

Vp : Velocità in onde P (m/s)

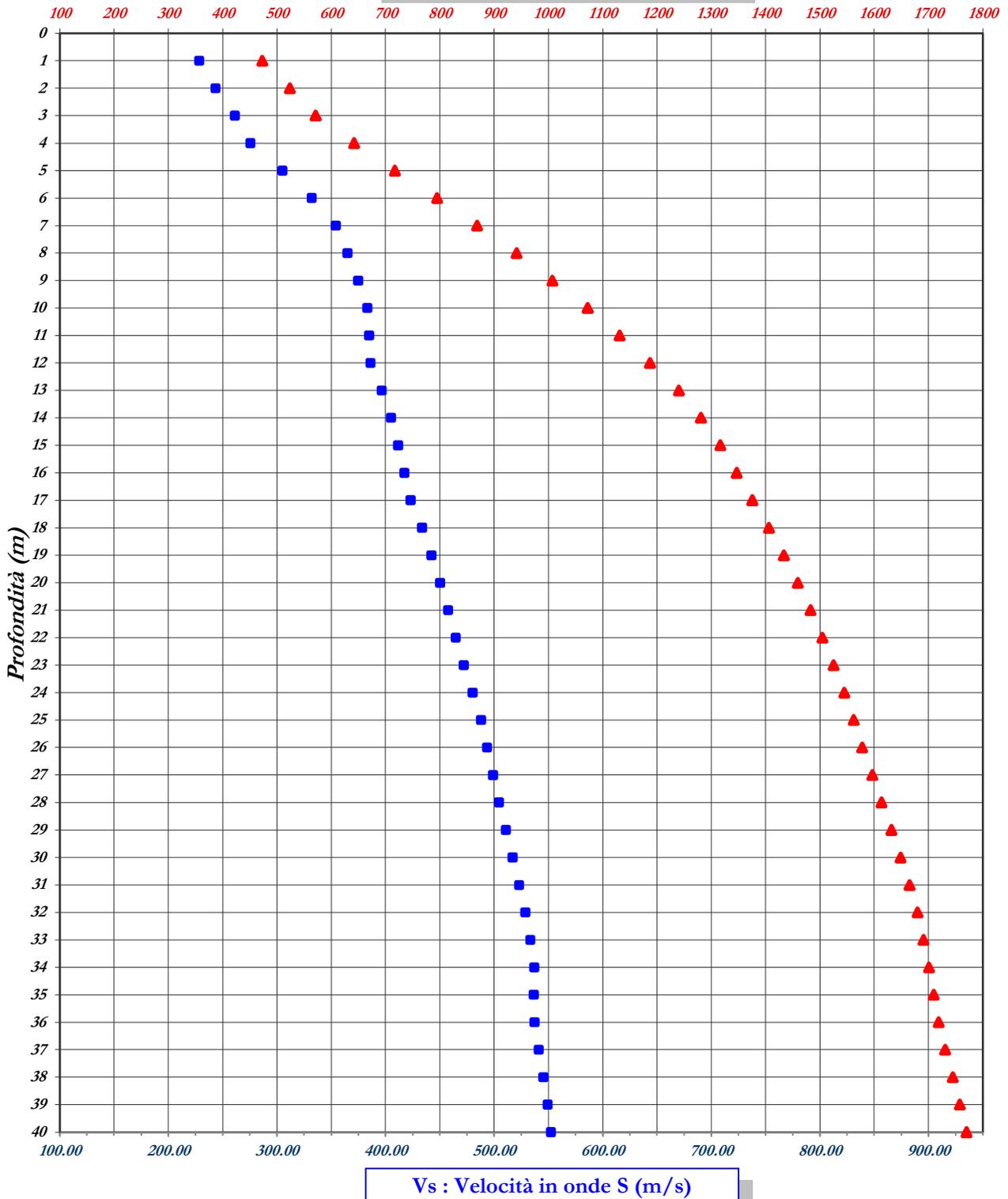


Fig. 7: ANDAMENTO DELLE VP E VS, IN METRI AL SECONDO, CHE RAPPRESENTANO RISPETTIVAMENTE LE VELOCITÀ PUNTUALI METRO PER METRO

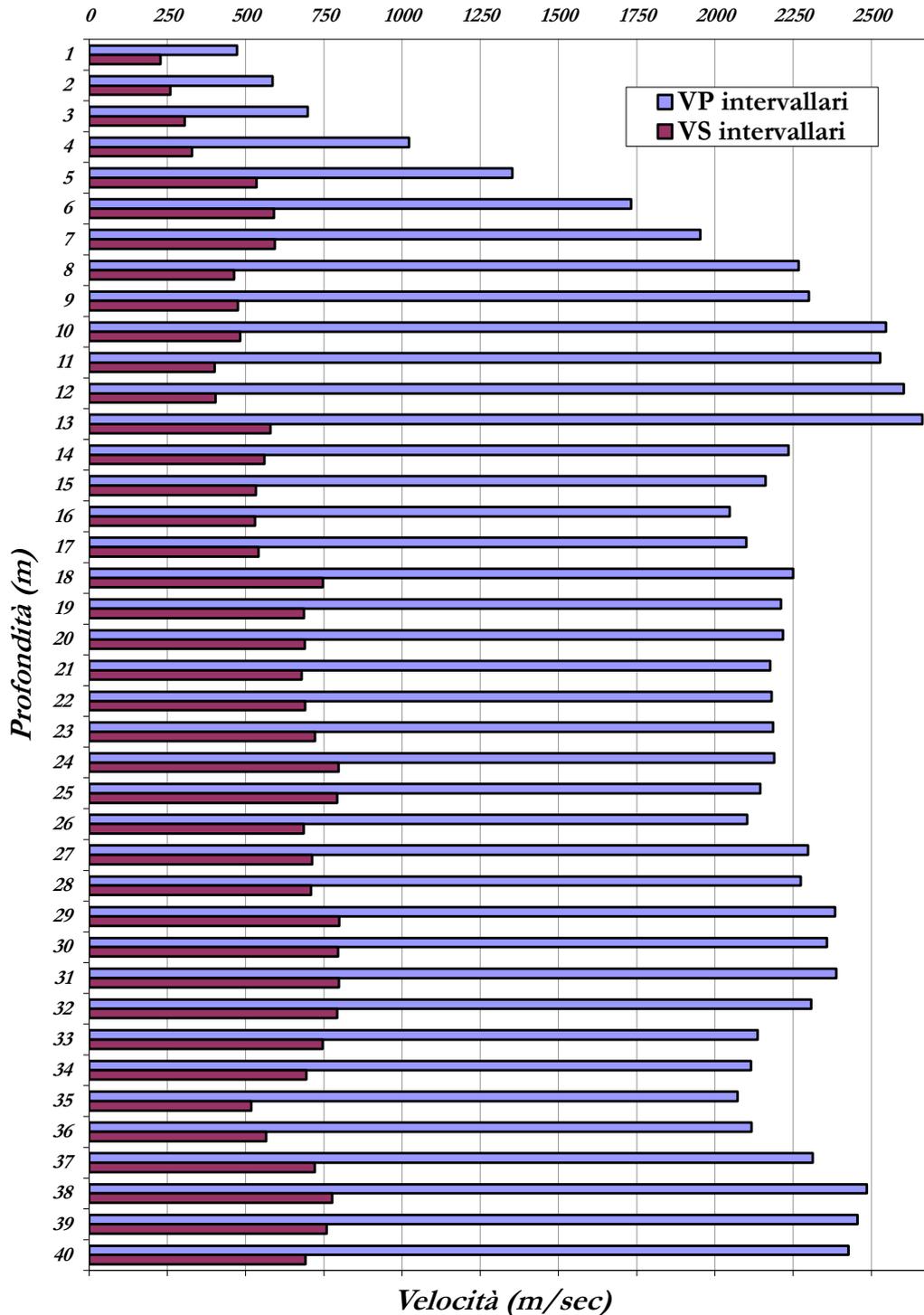
**2SNV23**
*Velocità Intervallari*


Fig. 8: ANDAMENTO DELLE VP E VS, IN METRI AL SECONDO, CHE RAPPRESENTANO RISPETTIVAMENTE LE VELOCITÀ INTERVALLARI METRO PER METRO

## 1SNV37

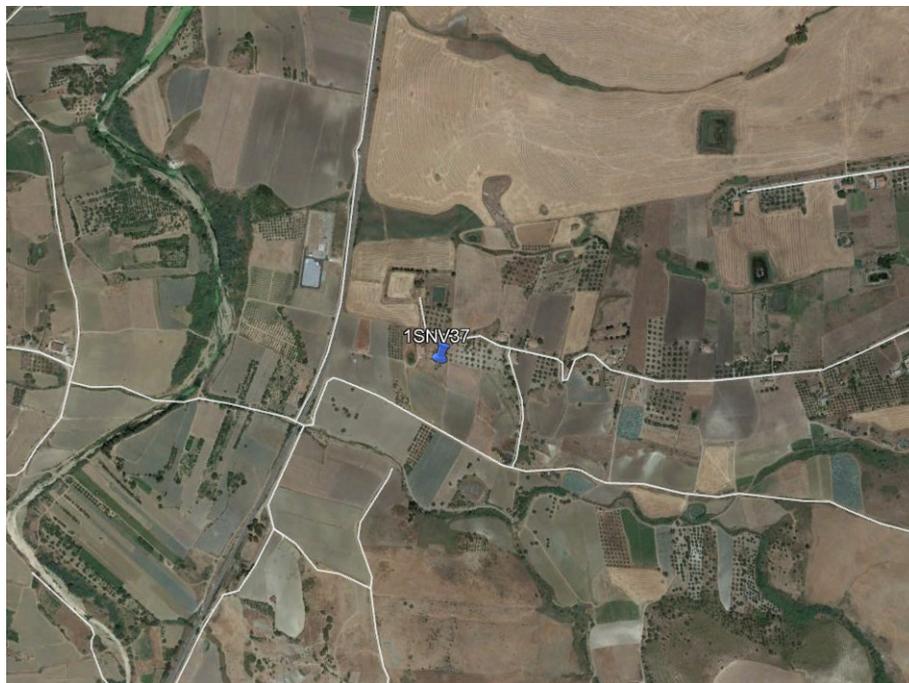


Fig. 9: UBICAZIONE 1SNV37



Fig. 10: FOTO ESECUZIONE PROVA DOWNHOLE 1SNV37

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 Fig. 11 e Fig. 12.

depth	P-time	S <sub>H</sub> -time	P-velocity puntuale	S <sub>H</sub> -velocity puntuale
m	ms	ms	m/s	m/s
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	11.91	17.69	265.51	178.76
2	12.45	18.64	289.60	193.43
3	13.50	20.85	314.27	203.48
4	13.60	23.60	367.65	211.86
5	13.63	24.90	427.80	234.17
6	13.85	27.25	484.35	246.17
7	14.05	29.64	542.05	256.94
8	14.35	32.13	595.40	265.92
9	14.66	34.57	647.12	274.42
10	15.01	36.98	695.56	282.32
11	15.38	38.72	741.34	294.47
12	15.78	40.07	783.86	308.69
13	16.26	41.79	820.52	319.25
14	16.76	44.28	854.29	323.35
15	17.25	46.74	886.79	327.28
16	17.77	49.79	916.08	326.95
17	18.28	52.58	944.35	328.31
18	18.79	54.61	971.17	334.16
19	19.36	56.88	993.56	338.17
20	19.99	59.27	1011.69	341.21
21	20.61	61.66	1029.27	344.04
22	21.22	64.05	1046.35	346.66
23	21.76	65.89	1065.94	352.02
24	22.36	67.80	1081.70	356.74
25	22.91	69.31	1099.06	363.29
26	23.46	70.76	1115.62	369.88
27	23.96	72.19	1134.05	376.31
28	24.46	73.91	1151.28	381.01
29	24.95	75.52	1168.53	386.05
30	25.46	77.44	1184.43	389.33
31	25.96	79.2	1199.72	393.19
32	26.455	80.6	1214.91	399.01
33	26.99	82.0	1227.72	404.32
34	27.53	83.5	1239.81	408.91
35	28.11	85.1	1249.67	412.89
36	28.69	86.6	1259.14	417.10
37	29.26	88.1	1268.67	421.21
38	29.81	89.6	1278.71	425.24

depth	P-time	S <sub>H</sub> -time	P-velocity puntuale	S <sub>H</sub> -velocity puntuale
39	30.31	91.0	1290.51	429.84
40	30.81	92.4	1301.93	434.35

Nella seguente tabella sono riportate le velocità intervallari (in metri/secondo) per ciascun metro di indagine; il grafico relativo è riportato in Fig. 13.

depth	P-velocity intervallare	S <sub>H</sub> -velocity intervallare
m	m/s	m/s
0	0.0	0.0
1	265.51	178.76
2	318.50	210.72
3	378.80	227.09
4	749.59	241.73
5	1238.19	404.60
6	1428.19	330.95
7	1900.52	348.39
8	1914.48	352.01
9	2121.46	368.77
10	2130.94	381.03
11	2168.75	516.73
12	2124.13	658.78
13	1870.03	541.65
14	1836.99	388.01
15	1897.36	394.44
16	1816.13	322.08
17	1864.96	351.78
18	1877.94	479.14
19	1698.52	431.60
20	1548.59	411.47
21	1577.23	412.20
22	1606.28	412.82
23	1812.22	533.65
24	1639.05	515.49
25	1787.39	649.41
26	1790.30	676.90
27	1987.63	687.36
28	1951.92	574.41
29	2013.05	613.60
30	1956.52	516.38

depth	P-velocity intervallare	S <sub>H</sub> -velocity intervallare
31	1958.42	559.91
32	1999.13	737.10
33	1853.04	704.18
34	1837.23	654.22
35	1712.77	616.44
36	1713.52	648.65
37	1744.00	653.21
38	1807.53	657.80
39	1987.33	729.92
40	1988.11	735.62

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<sub>H</sub>. 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)	$\gamma$ (t/mc)	Coefficiente di Poisson	Mod. di taglio Go (MPa)	Mod. di elasticità Ed (MPa)	Mod. di Lamè $\lambda$ (MPa)	Mod. di Bulk k (MPa)
1	265.51	178.76	1.47	0.09	47.02	102.07	9.69	41.04
2	318.50	210.72	1.52	0.11	67.63	150.24	19.24	64.33
3	378.80	227.09	1.58	0.22	81.17	197.98	63.51	117.63
4	749.59	241.73	1.79	0.44	104.72	301.99	797.49	867.30
5	1238.19	404.60	1.97	0.44	322.71	929.55	2376.86	2592.00
6	1428.19	330.95	2.03	0.47	221.86	652.98	3687.78	3835.69
7	1900.52	348.39	2.14	0.48	259.57	769.68	7205.16	7378.21
8	1914.48	352.01	2.14	0.48	265.36	786.80	7318.32	7495.23
9	2121.46	368.77	2.19	0.48	296.96	881.62	9233.91	9431.88
10	2130.94	381.03	2.19	0.48	317.31	941.45	9289.69	9501.23
11	2168.75	516.73	2.20	0.47	585.51	1721.30	9142.95	9533.29
12	2124.13	658.78	2.19	0.45	947.92	2742.89	7959.08	8591.03
13	1870.03	541.65	2.13	0.45	625.49	1819.19	6204.45	6621.45
14	1836.99	388.01	2.13	0.48	319.88	944.70	6530.31	6743.56
15	1897.36	394.44	2.14	0.48	332.61	982.80	7030.96	7252.70
16	1816.13	322.08	2.12	0.48	219.93	652.64	6553.05	6699.67
17	1864.96	351.78	2.13	0.48	263.69	781.33	6883.91	7059.70
18	1877.94	479.14	2.14	0.47	489.85	1435.43	6545.02	6871.59
19	1698.52	431.60	2.10	0.47	389.94	1142.89	5259.33	5519.29
20	1548.59	411.47	2.06	0.46	348.25	1018.31	4236.27	4468.43
21	1577.23	412.20	2.07	0.46	350.70	1026.39	4433.35	4667.15
22	1606.28	412.82	2.07	0.46	352.98	1033.97	4638.15	4873.47
23	1812.22	533.65	2.12	0.45	603.54	1753.31	5752.94	6155.30
24	1639.05	515.49	2.08	0.45	552.52	1596.90	4480.77	4849.12
25	1787.39	649.41	2.12	0.42	891.44	2538.73	4969.98	5564.27

Profondità (m da p.c.)	VP (m/s)	VS (m/s)	$\gamma$ (t/mc)	Coefficiente di Poisson	Mod. di taglio Go (MPa)	Mod. di elasticità Ed (MPa)	Mod. di Lamè $\lambda$ (MPa)	Mod. di Bulk k (MPa)
26	1790.30	676.90	2.12	0.42	968.80	2744.79	4839.37	5485.24
27	1987.63	687.36	2.16	0.43	1019.00	2918.59	6482.85	7162.19
28	1951.92	574.41	2.15	0.45	709.18	2060.30	6770.76	7243.55
29	2013.05	613.60	2.16	0.45	814.00	2358.63	7133.31	7675.98
30	1956.52	516.38	2.15	0.46	573.39	1677.24	7084.71	7466.96
31	1958.42	559.91	2.15	0.46	674.26	1962.77	6900.51	7350.01
32	1999.13	737.10	2.16	0.42	1173.12	3334.79	6282.94	7065.03
33	1853.04	704.18	2.13	0.42	1055.34	2987.90	5197.24	5900.80
34	1837.23	654.22	2.13	0.43	909.43	2596.23	5353.24	5959.52
35	1712.77	616.44	2.10	0.43	796.73	2271.64	4557.28	5088.44
36	1713.52	648.65	2.10	0.42	882.25	2499.18	4392.16	4980.33
37	1744.00	653.21	2.11	0.42	897.69	2546.59	4603.66	5202.12
38	1807.53	657.80	2.12	0.42	916.56	2609.76	5087.47	5698.51
39	1987.33	729.92	2.16	0.42	1149.09	3268.07	6219.85	6985.91
40	1988.11	735.62	2.16	0.42	1167.18	3316.40	6191.02	6969.14

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

*valore  $V_{seq} = 389.33$  m/s*

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

1SNV37

*Tempo (millisec)*

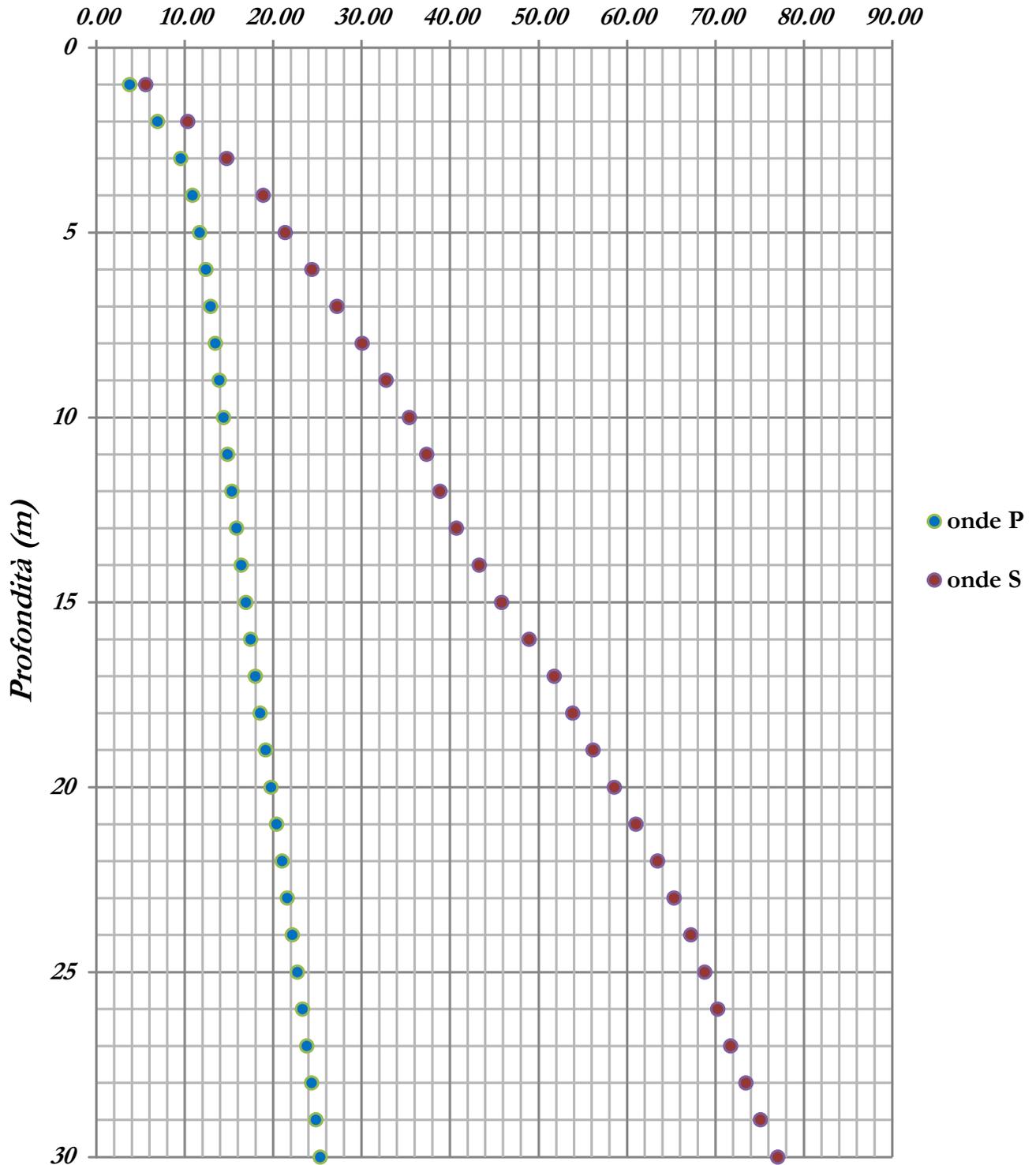


Fig. 11: ANDAMENTO DEI TEMPI-PROFONDITÀ PER LA PROVA DOWN-HOLE 1SNV37 METRO PER METRO

1SNV37

*Velocità Puntuali*

Vp : Velocità in onde P (m/s)

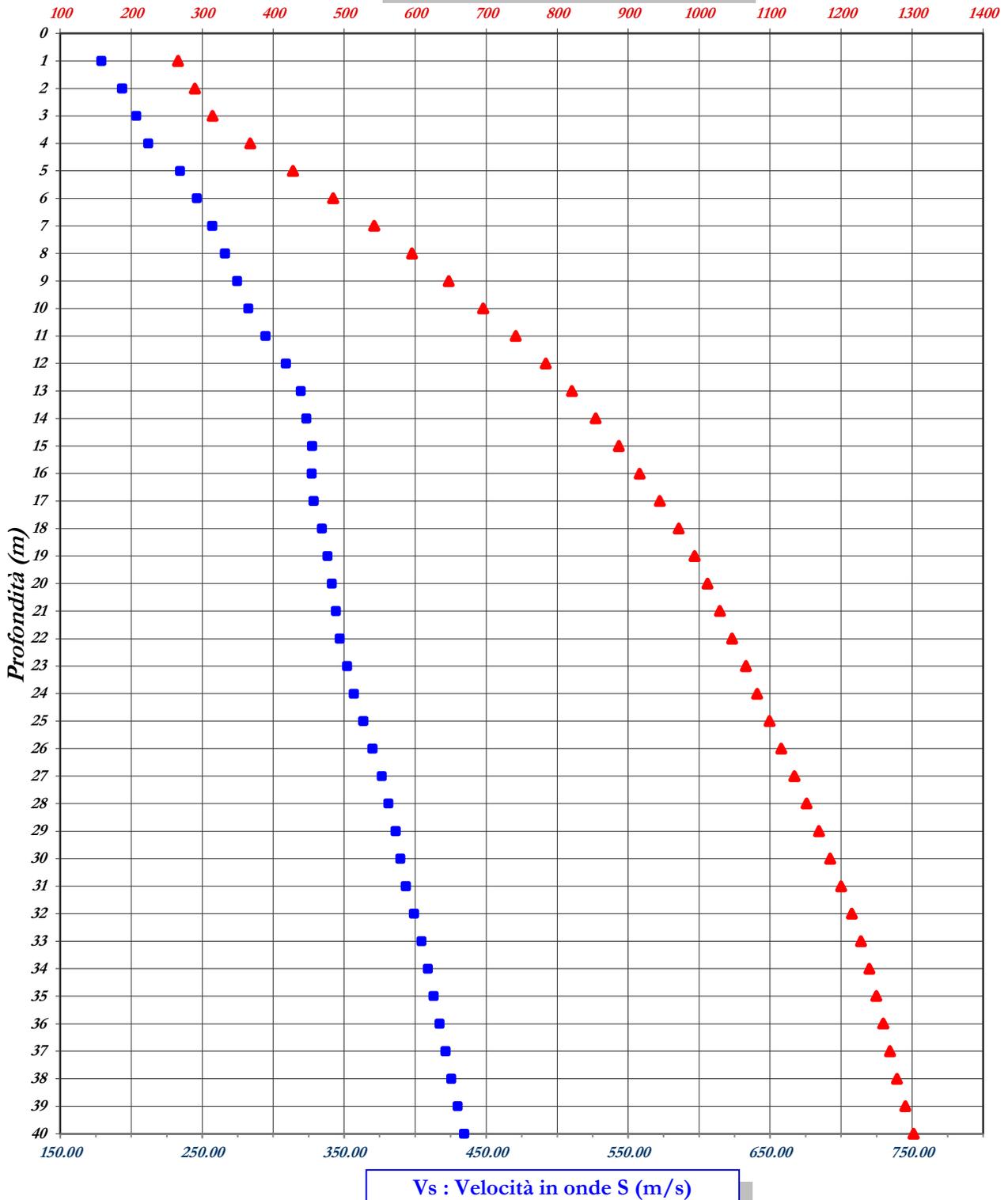


Fig. 12: ANDAMENTO DELLE VP E VS, IN METRI AL SECONDO, CHE RAPPRESENTANO RISPETTIVAMENTE LE VELOCITÀ PUNTUALI METRO PER METRO

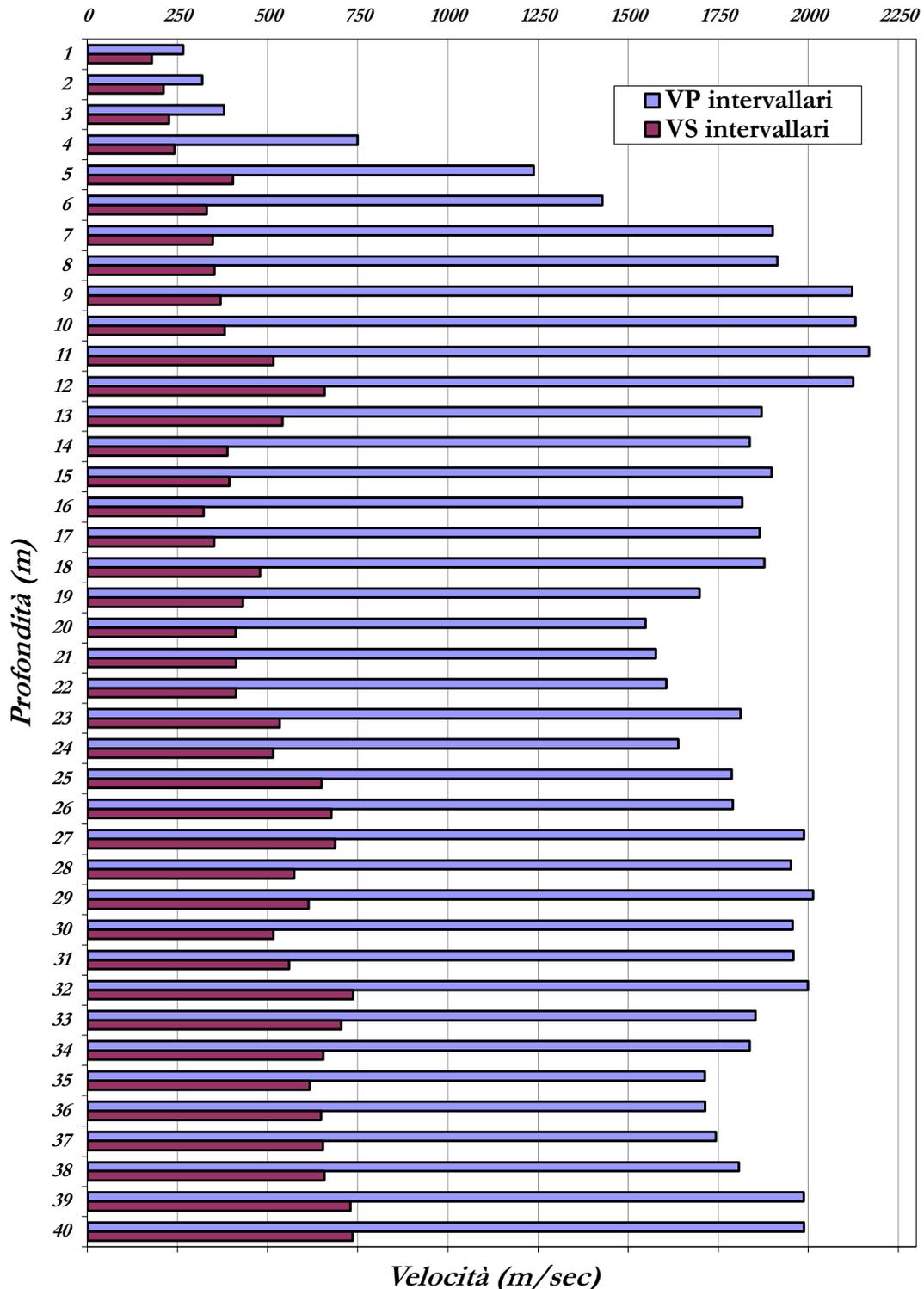
**1SNV37**
*Velocità Intervallari*


Fig. 13: ANDAMENTO DELLE VP E VS, IN METRI AL SECONDO, CHE RAPPRESENTANO RISPETTIVAMENTE LE VELOCITÀ INTERVALLARI METRO PER METRO

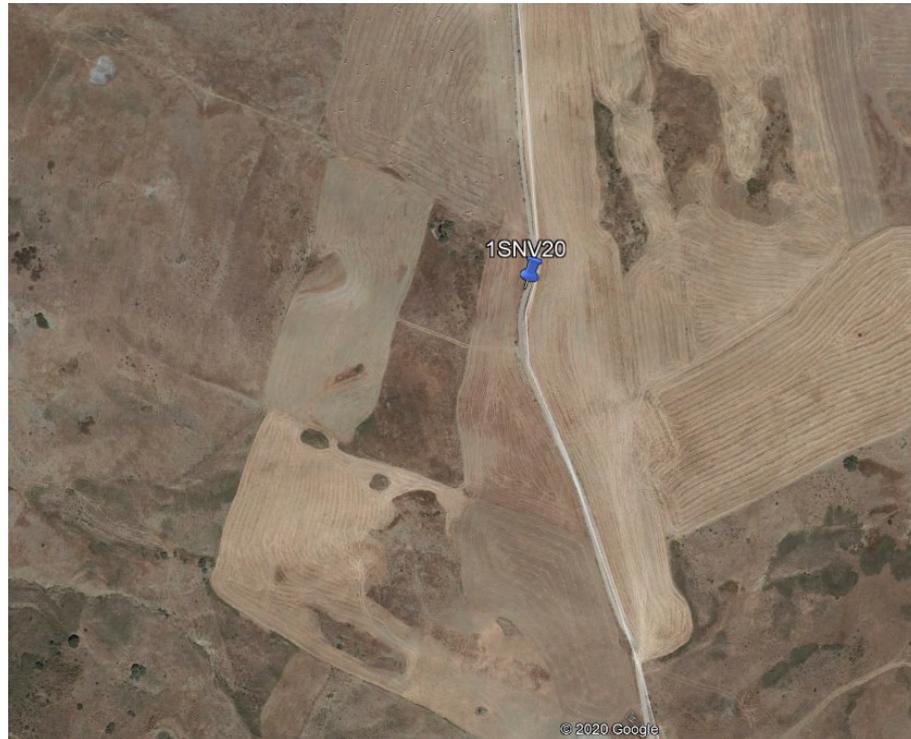
**1SNV20**


Fig. 14: UBICAZIONE 1SNV20



Fig. 15: FOTO ESECUZIONE PROVA DOWNHOLE 1SNV20

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 Fig. 16 e Fig. 17.

depth	P-time	S <sub>H</sub> -time	P-velocity puntuale	S <sub>H</sub> -velocity puntuale
m	ms	ms	m/s	m/s
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	9.75	23.04	324.34	223.48
2	10.36	27.23	348.03	239.09
3	11.93	30.16	355.63	244.39
4	14.05	33.09	355.87	244.50
5	15.01	35.19	388.47	261.71
6	15.17	37.70	442.20	276.17
7	15.47	39.79	492.29	287.60
8	15.89	42.31	537.70	292.20
9	16.32	44.82	581.30	297.11
10	16.70	47.33	625.17	308.34
11	17.15	50.27	664.83	316.98
12	17.58	53.20	703.60	325.85
13	18.06	55.29	738.74	331.63
14	18.62	57.84	768.95	336.57
15	19.20	60.74	796.72	333.49
16	19.70	62.83	826.34	336.62
17	20.15	64.09	856.71	340.69
18	20.61	66.18	885.62	343.92
19	21.05	67.86	913.79	346.90
20	21.47	69.79	941.95	352.58
21	21.90	72.88	968.64	357.79
22	22.34	74.14	993.89	361.39
23	22.76	75.40	1019.10	367.59
24	23.18	77.07	1043.43	374.70
25	23.60	78.33	1066.92	381.74
26	24.04	80.01	1088.71	388.32
27	24.49	82.10	1109.50	391.95
28	24.90	83.13	1130.93	398.08
29	25.34	84.41	1150.54	403.92
30	25.75	85.73	1170.86	409.70

Nella seguente tabella sono riportate le velocità intervallari (in metri/secondo) per ciascun metro di indagine; il grafico relativo è riportato in Fig. 18.

depth	P-velocity intervallare	S <sub>H</sub> -velocity intervallare
m	m/s	m/s
0	0.0	0.0
1	324.34	223.48
2	375.45	257.05
3	371.87	255.72
4	356.61	244.82
5	613.13	364.31
6	1433.71	381.58
7	1536.78	382.65
8	1517.23	329.02
9	1654.97	343.27
10	1948.61	467.17
11	1818.18	440.42
12	1963.07	470.80
13	1843.66	421.38
14	1641.56	417.37
15	1611.69	295.55
16	1867.65	391.78
17	2079.84	422.43
18	2077.89	409.99
19	2137.83	410.95
20	2272.45	511.79
21	2234.98	507.95
22	2196.59	458.19
23	2305.85	590.53
24	2313.87	674.97
25	2320.77	695.11
26	2223.92	682.31
27	2204.14	518.05
28	2363.76	689.01
29	2236.18	685.20
30	2399.71	700.31

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<sub>H</sub>. 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)	$\gamma$ (t/mc)	Coefficiente di Poisson	Mod. di taglio $G_0$ (MPa)	Mod. di elasticità $E_d$ (MPa)	Mod. di Lamè $\lambda$ (MPa)	Mod. di Bulk $k$ (MPa)
1	324.34	223.48	1.53	0.05	76.33	159.99	8.11	59.00
2	375.45	257.05	1.57	0.06	103.83	219.88	13.84	83.07
3	371.87	255.72	1.57	0.05	102.57	215.70	11.77	80.15
4	356.61	244.82	1.56	0.05	93.27	196.66	11.35	73.53
5	613.13	364.31	1.73	0.23	228.93	561.86	190.59	343.21
6	1433.71	381.58	2.03	0.46	295.14	862.91	3576.28	3773.04
7	1536.78	382.65	2.06	0.47	300.74	882.35	4249.21	4449.70
8	1517.23	329.02	2.05	0.48	221.81	654.48	4272.97	4420.85
9	1654.97	343.27	2.09	0.48	245.45	725.31	5214.39	5378.02
10	1948.61	467.17	2.15	0.47	468.95	1378.26	7220.83	7533.46
11	1818.18	440.42	2.12	0.47	411.33	1208.36	6187.56	6461.78
12	1963.07	470.80	2.15	0.47	476.93	1401.68	7338.11	7656.06
13	1843.66	421.38	2.13	0.47	377.53	1111.79	6472.09	6723.78
14	1641.56	417.37	2.08	0.47	362.30	1061.86	4879.95	5121.48
15	1611.69	295.55	2.07	0.48	181.04	536.82	5021.51	5142.20
16	1867.65	391.78	2.13	0.48	327.16	966.41	6780.38	6998.48
17	2079.84	422.43	2.18	0.48	388.20	1147.89	8634.09	8892.89
18	2077.89	409.99	2.18	0.48	365.61	1082.03	8659.93	8903.68
19	2137.83	410.95	2.19	0.48	369.32	1093.78	9256.06	9502.27
20	2272.45	511.79	2.21	0.47	579.48	1707.49	10265.90	10652.22
21	2234.98	507.95	2.21	0.47	569.01	1676.05	9878.34	10257.68
22	2196.59	458.19	2.20	0.48	461.48	1363.44	9683.14	9990.79
23	2305.85	590.53	2.22	0.46	773.67	2266.71	10248.46	10764.24
24	2313.87	674.97	2.22	0.45	1011.39	2940.10	9863.09	10537.35
25	2320.77	695.11	2.22	0.45	1073.26	3114.01	9817.02	10532.53
26	2223.92	682.31	2.21	0.45	1025.76	2970.69	8845.71	9529.55
27	2204.14	518.05	2.20	0.47	590.32	1736.43	9505.48	9899.02
28	2363.76	689.01	2.23	0.45	1058.20	3076.35	10337.88	11043.35
29	2236.18	685.20	2.21	0.45	1035.55	2999.34	8958.13	9648.50
30	2399.71	700.31	2.24	0.45	1096.33	3186.93	10680.16	11411.04

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

*valore  $V_{seq} = 409.07$  m/s*

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

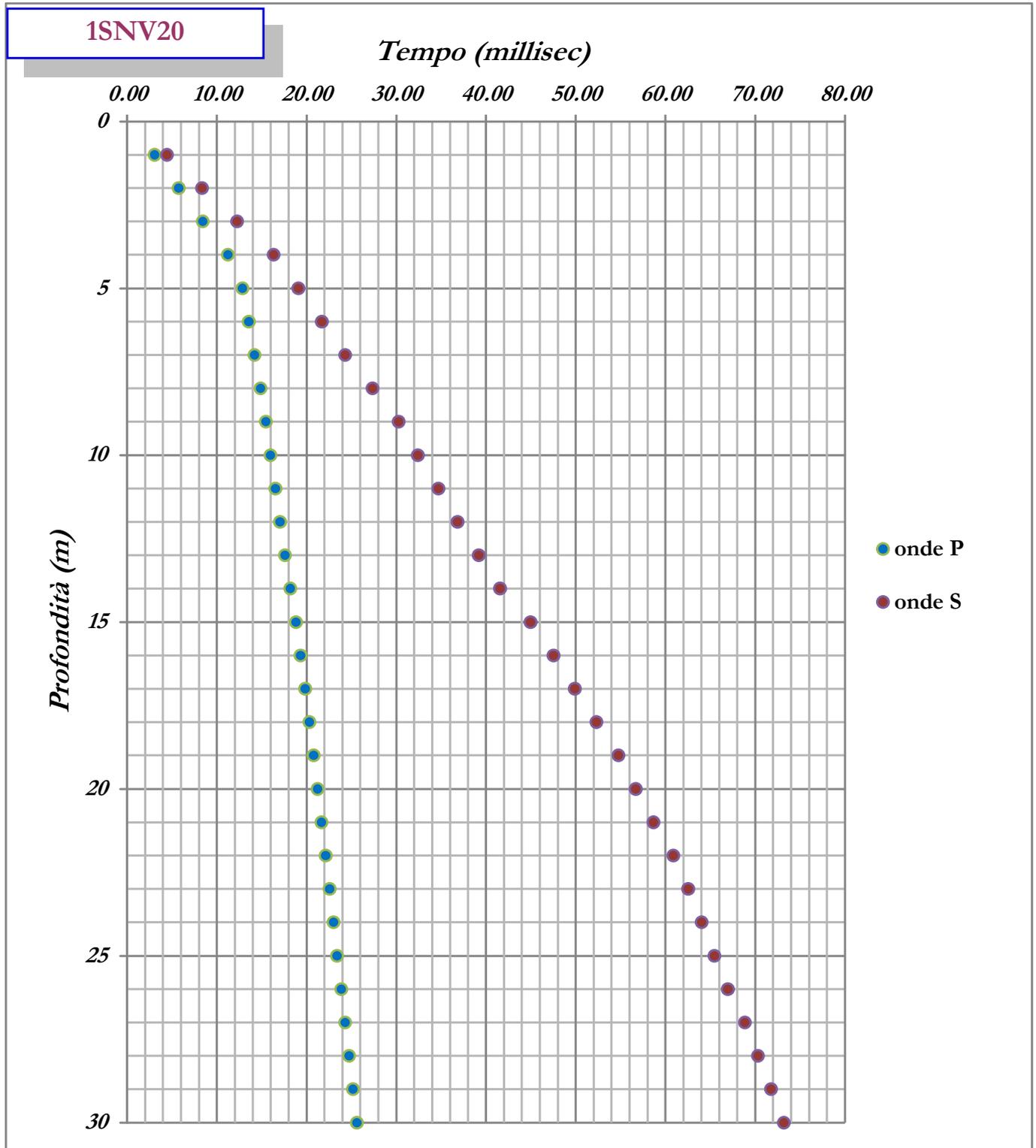


Fig. 16: ANDAMENTO DEI TEMPI-PROFONDITÀ PER LA PROVA DOWN-HOLE 1SNV20 METRO PER METRO

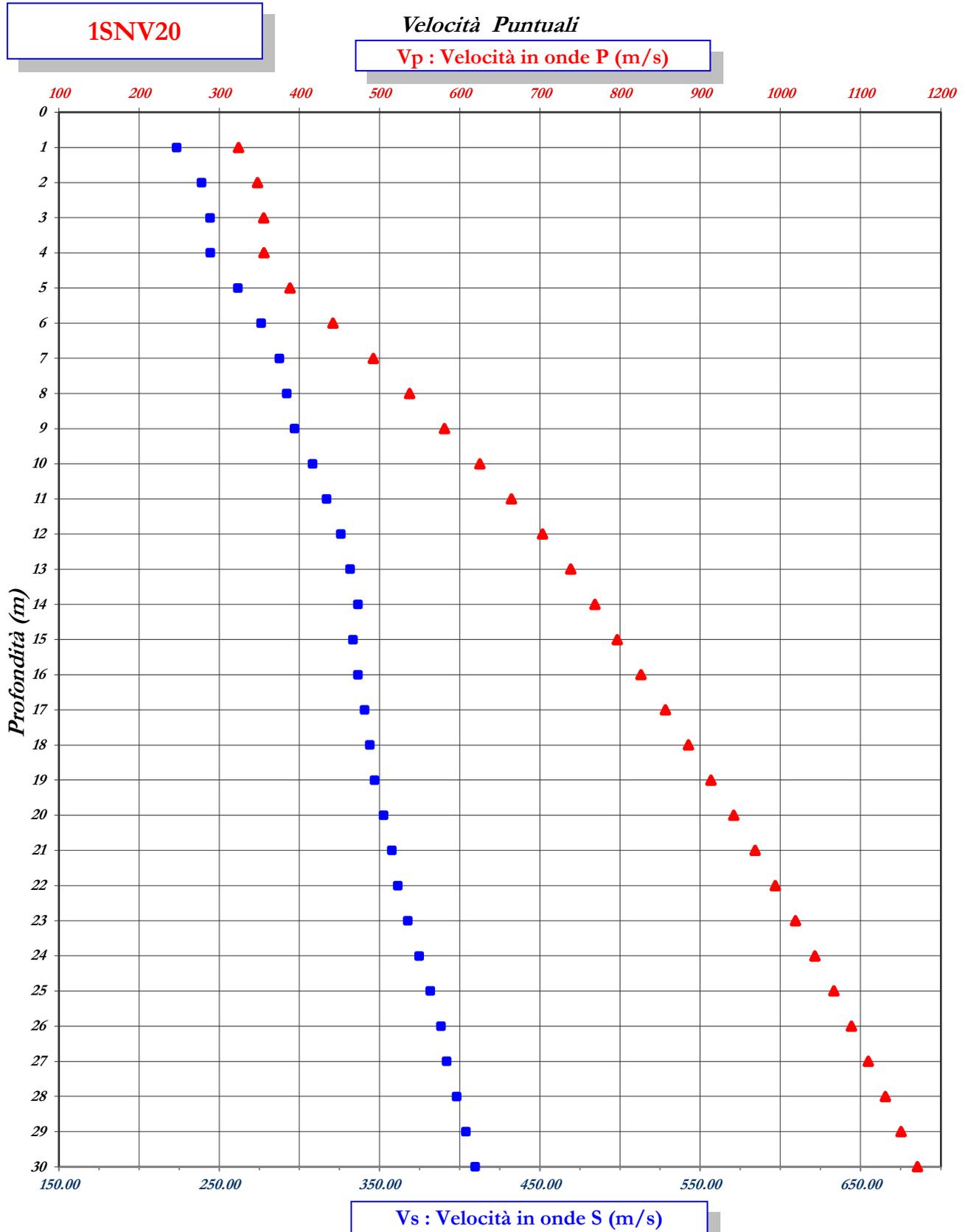


Fig. 17: ANDAMENTO DELLE VP E VS, IN METRI AL SECONDO, CHE RAPPRESENTANO RISPETTIVAMENTE LE VELOCITÀ PUNTUALI METRO PER METRO

1SNV20

*Velocità Intervallari*

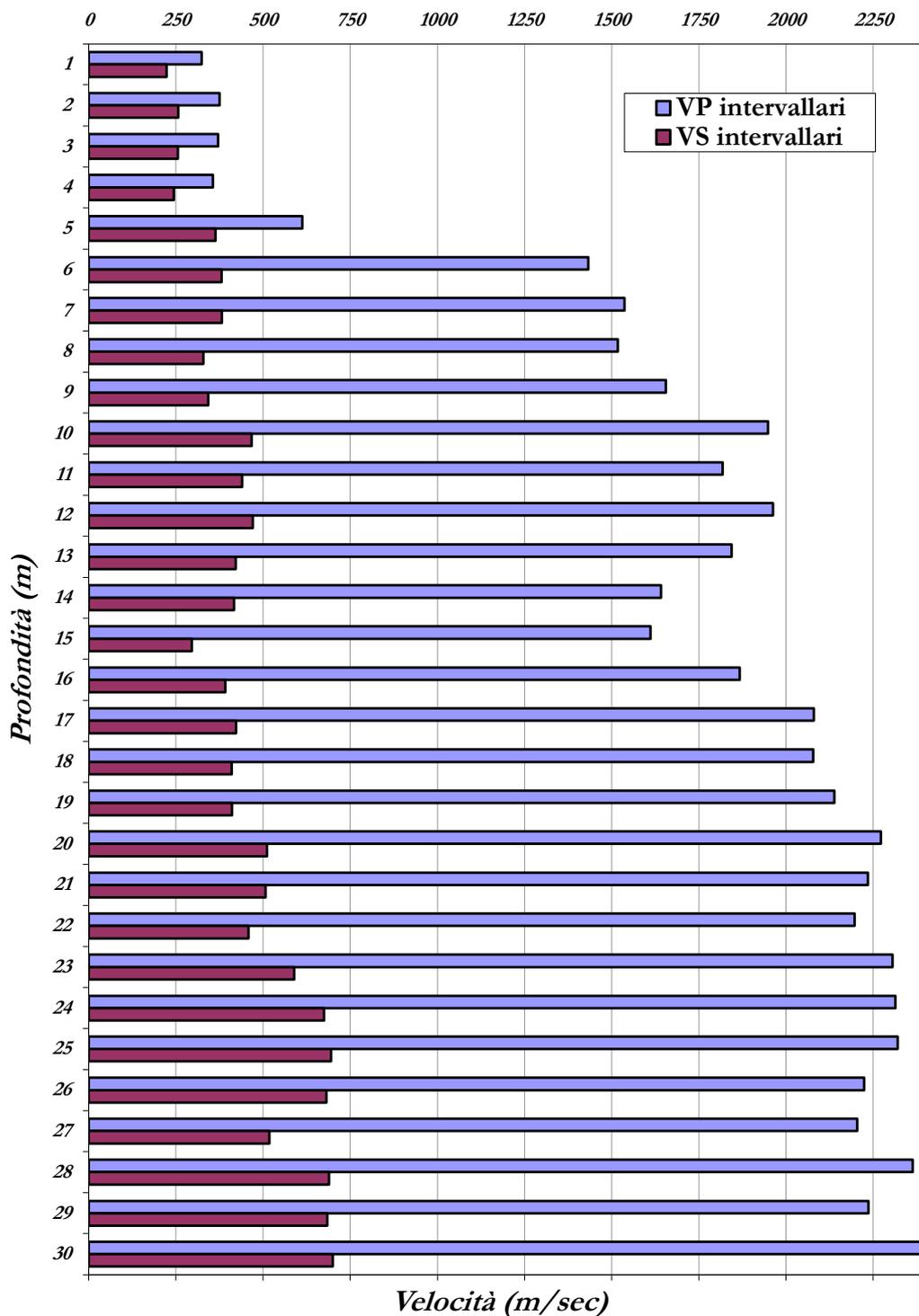


Fig. 18: ANDAMENTO DELLE VP E VS, IN METRI AL SECONDO, CHE RAPPRESENTANO RISPETTIVAMENTE LE VELOCITÀ INTERVALLARI METRO PER METRO