

<i>Profondità dal p.c. (metri)</i>	<i>Velocità delle onde S (m/sec)</i>	<i>Profondità della base degli orizzonti omogenei (metri)</i>	<i>Spessore dei sismostrati omogenei (metri)</i>	<i>Velocità delle onde S per orizzonti omogenei (m/sec)</i>
-1.08	216	4.10	4.10	208
-2.42	201			
-4.10	209			
-6.20	253	6.20	2.10	253
-8.82	273	16.20	10.01	286
-12.10	287			
-16.20	294			
-21.33	308	27.73	11.53	324
-27.73	338			
-34.67	524	34.67	6.93	524

Velocità equivalente ($V_{s,eq}$) = 292 m/sec (riferimento al piano campagna)

Categoria sismica di suolo: C

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Prospezione A_Masw 02. Realizzata nella zona di “imbocco” dell’incisione nella dorsale collinare che divide la *Val di Chiana* dalla *Piana di Arezzo*. Le litologie sono caratterizzate dal prevalere dei depositi ghiaioso-sabbiosi, sabbiosi e sabbioso-limosi-argillosi, giacenti a profondità relativamente moderata sul substrato costituito dall’alternanza pelitico-arenacea da molto consistente a litoide (*Arenarie del Cervarola*). L’istogramma di velocità delle onde S risultante dall’inversione della curva di dispersione mostra un primo orizzonte, con Vs media pari a 241 m/sec e spessore di 5.7 m, riferibile ai depositi alluvionali sabbiosi, caratterizzati da uno stato di addensamento medio. Quindi nell’intervallo tra 5.7 e 11.1 m di profondità i valori di Vs si portano a 428 m/sec, attribuibili ancora alla compagine alluvionale, caratterizzata da un elevato stato di addensamento. E’ probabile che al di sotto degli 11.1 m di profondità si sia in presenza del substrato pelitico-arenaceo, caratterizzato da un forte stato di alterazione e fratturazione, che diviene man mano meno spinto con la profondità, raggiungendo caratteri litoidi intorno ai 25 m di profondità, dove il valore della velocità delle onde di taglio raggiunge i 1047 m/sec.

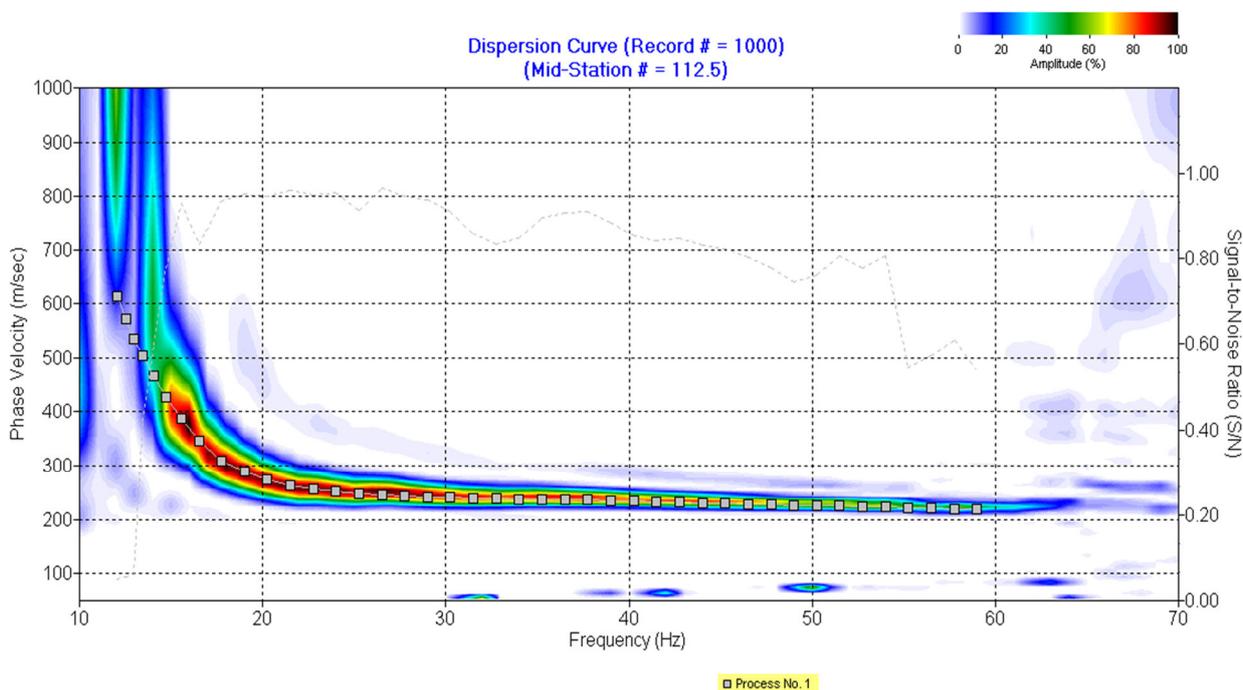
Tabella dei moduli elastici dinamici medi indagine A_Masw02

	<i>Sabbie e sabbie limoso-argillose a medio addensamento</i>	<i>Sabbie e ghiaie sabbiose molto addensate</i>	<i>Alternanze pelitico-arenacee molto fratturate e alterate</i>	<i>Alternanze pelitico-arenacee molto fratturate</i>	<i>Alternanze pelitiche-arenacee litoidi</i>
Coefficiente di Poisson μ	0.36	0.35	0.38	0.38	0.33
Velocità onde longitudinali Vp (m/sec)	515	891	1318	1757	2079
Velocità onde trasversali Vs (m/sec)	241	428	580	773	1047
Peso di volume γ (g/cm ³)	1.80	2.00	2.20	2.20	2.20
Modulo di Young Edin (Mpa)	289.9	1008.4	2082.2	3698.5	6539.3
Modulo di Rigidità G (Mpa)	106.6	373.5	754.4	1340.0	2458.4

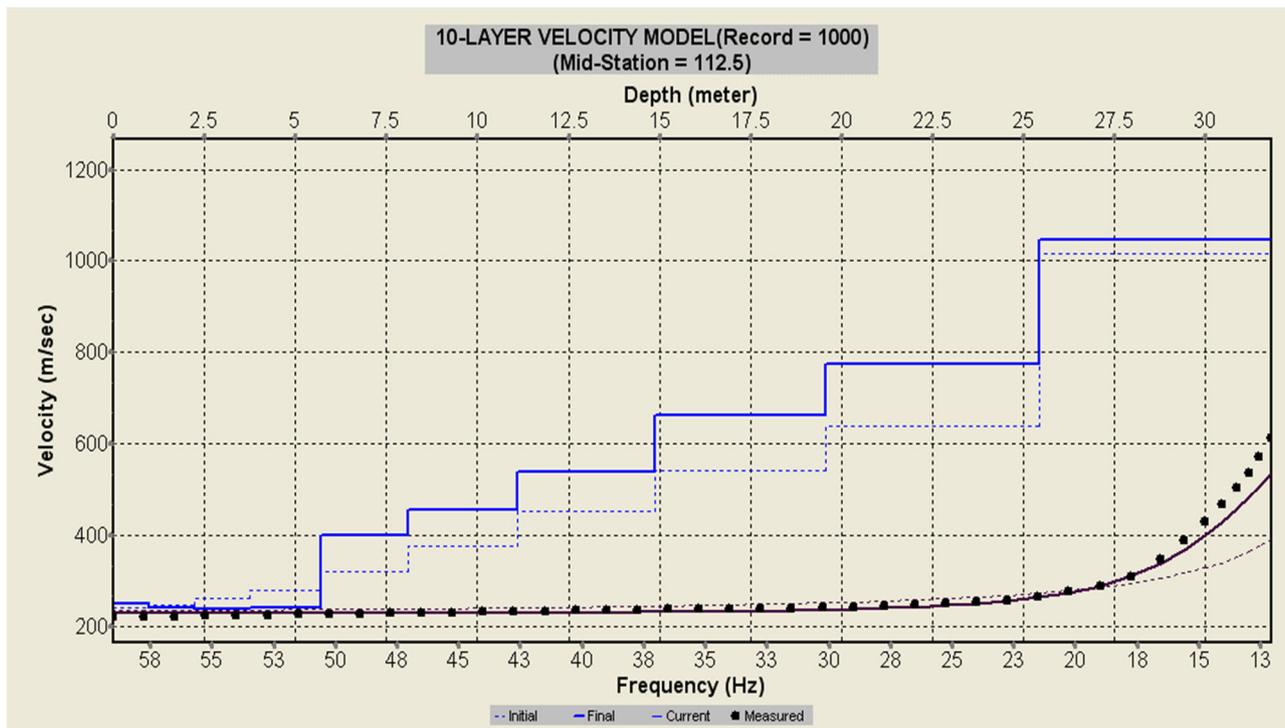


Esecuzione A_Masw2

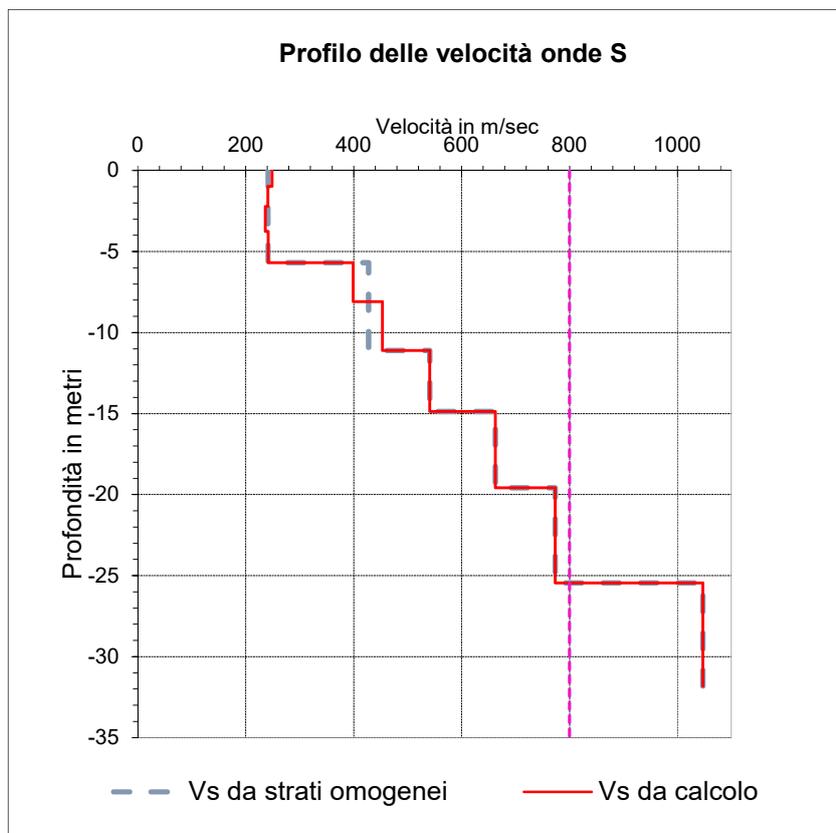
Tratto A – MASW 02



Curva di dispersione



Curve di inversione



Profondità dal p.c. (metri)	Velocità delle onde S (m/sec)	Profondità della base degli orizzonti omogenei (metri)	Spessore dei sismostrati omogenei (metri)	Velocità delle onde S per orizzonti omogenei (m/sec)
-0.99	249	5.69	5.69	241
-2.22	241			
-3.76	236			
-5.69	242			
-8.10	399	11.11	5.42	428
-11.11	453			
-14.87	541	14.87	3.76	541
-19.57	662	19.57	4.70	662
-25.45	773	25.45	5.88	773
-31.82	1047	31.82	6.36	1047

Velocità equivalente ($V_{s,eq}$) = 440 m/sec (riferimento al piano campagna)

Categoria sismica di suolo: B

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Prospezioni DH_AS08, A_Sism01 – A_Sism02 – A_Sism03. Le indagini di sismica in foro *DH_AS08* e di sismica a rifrazione in onde P ed onde S *A_Sism02* e in sole onde P *A_Sism03*, ricadono all'interno dell'incisione della dorsale che separa la *Val di Chiana* dalla *Piana di Arezzo*. Il contesto litostratigrafico è quindi caratterizzato dalla presenza di coperture alluvionali ed eluvio-colluviali giacenti sul substrato con carattere litoide del complesso torbiditico delle *Arenarie del Cervarola* a breve profondità.

I dati derivanti dall'elaborazione della sismica in foro eseguita sul carotaggio AS8, mostrano che l'orizzonte di copertura, con spessore di circa 4 m, è correlabile con un deposito mediamente addensato, giacente su una fascia ancora da considerare molto fratturata e alterata la cui base raggiunge i 9-10 m (V_s compreso tra 320 e 530 m/sec), comunque caratterizzato da consistenza elevata. Quindi si passa alle alteranze pelitiche-marnose e calcareo-marnose, a consistenza litoide del substrato locale, che assume valore delle velocità delle onde di compressione oscillanti intorno a 2000 m/sec e V_s comprese tra 780 e 1200 m/sec.



Esecuzione DH AS08



L'indagine di sismica a rifrazione relativa allo stendimento *ASism01*, nei modelli ad onde P ed S, è caratterizzata da un primo orizzonte con valori di V_p e V_s attribuibili ad un deposito da mediamente addensato in superficie ad addensato più in profondità (V_s compresa tra 250 e 450 m/sec), con spessore di 6-7 m. Quindi si passa, presumibilmente, alla compagine pelitico-marnosa del substrato locale, dove si osserva l'aumento del gradiente di velocità che denota un rapido aumento della rigidità della compagine con la profondità, al diminuire del grado di alterazione e fratturazione del complesso, che al di sotto dei 10-15 m assume caratteri litoidi ($V_s > 1000$ m/sec).

I modelli *ASism02* e *ASism03* ricadono in zona di affioramento del substrato pelitico-arenaceo e mostrano un esiguo orizzonte di copertura (compreso tra 1.0 e 2.0 m di spessore) di alterazione, assimilabile ad un deposito a media consistenza/addensamento. Al di sotto di esso si osserva un elevato valore del gradiente di velocità; condizione che denota un rapido aumento sia del valore della velocità delle onde di compressione, che di quelle di taglio, evidentemente dovuta al miglioramento dei caratteri geomeccanici dell'ammasso marnoso-arenaceo con la profondità. I valori di velocità delle onde P si portano a oltre 2000 m/sec ($V_s > 800$ m/sec) già a 4 m di profondità circa in entrambi i modelli. I valori di velocità delle onde P ed S continuano ad aumentare fino la profondità massima raggiunta (20-25 m), con un gradiente moderato e leggere variazioni laterali, indicative di uno stati di fratturazione variabile lateralmente.



Esecuzione indagine sismica a rifrazione A_Sism03

ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
SGC Grosseto-Fano - Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno)-Selci lama (E45). Adeguamento a 4 corsie
del Tratto San Zeno - Nodo di Arezzo (Lotto di completamento)

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE) SONDAGGIO: A S08

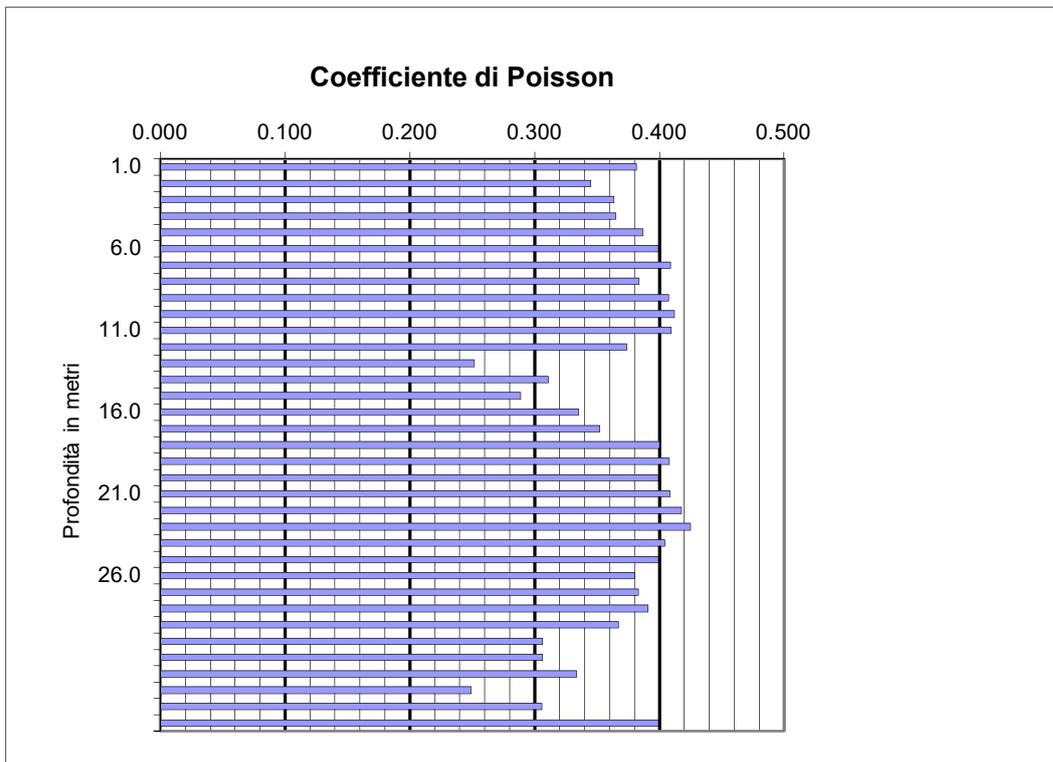
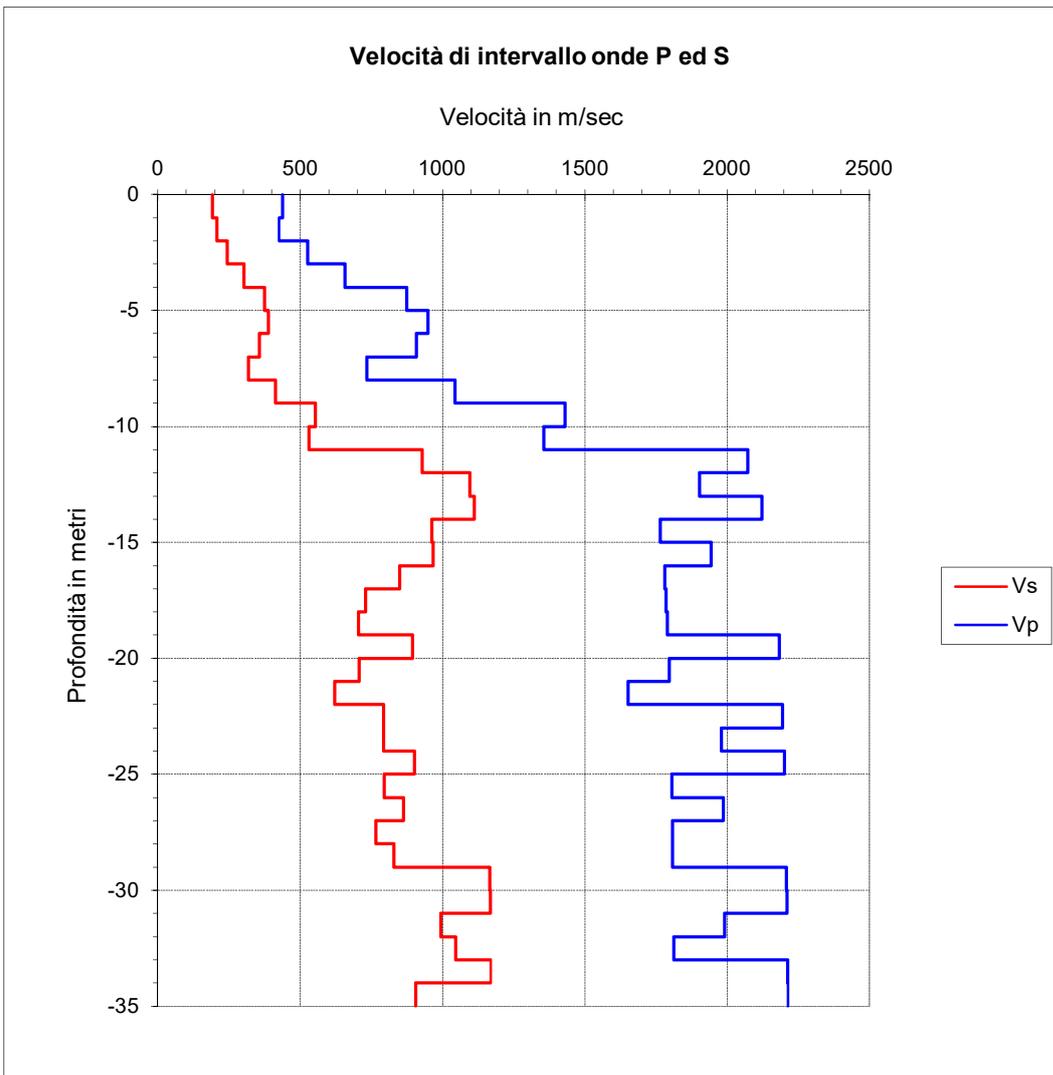
STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz.
 Profondità investigata: 35 m Intervallo di campionamento: 20 μ sec
 Intervallo di misura: 1.0 m Offset dal foro m: 2.0

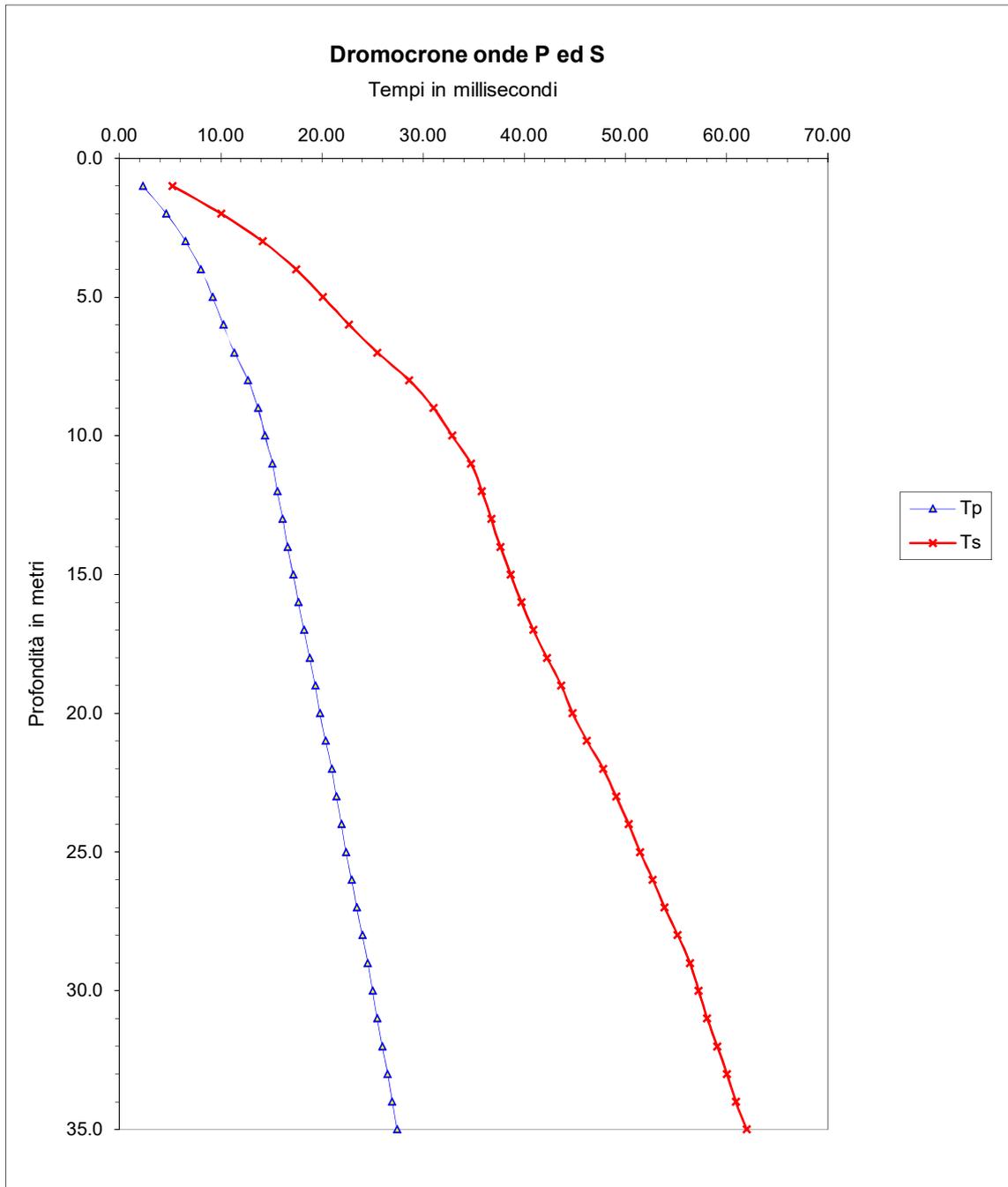
Profondità metri	Tempi di arrivo onde P ed S				Velocità P e S		Moduli elastici dinamici				
	Tp ms	Ts ms	Tp' ms	Ts' ms	Vp m/s	Vs m/s	γ g/cmc	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
1.0	5.10	11.65	2.28	5.21	438	192	1.80	0.381	183.2	66.3	257.6
2.0	6.55	14.20	4.63	10.04	425	207	1.80	0.345	207.5	77.1	222.9
3.0	7.85	17.00	6.53	14.14	526	244	1.80	0.364	291.5	106.9	356.1
4.0	9.00	19.50	8.05	17.44	659	303	1.80	0.365	452.3	165.6	560.0
5.0	9.90	21.65	9.19	20.10	876	376	2.00	0.387	784.0	282.6	1156.5
6.0	10.80	23.90	10.25	22.67	949	389	2.00	0.399	846.0	302.3	1397.7
7.0	11.80	26.50	11.35	25.48	909	356	2.00	0.409	715.5	253.9	1313.8
8.0	13.10	29.50	12.71	28.62	734	319	2.00	0.384	561.8	203.0	806.1
9.0	14.00	31.80	13.67	31.04	1044	413	2.00	0.407	958.5	340.5	1726.3
10.0	14.65	33.50	14.37	32.85	1431	553	2.00	0.412	1730.3	612.7	3277.7
11.0	15.35	35.30	15.10	34.73	1357	532	2.00	0.409	1593.1	565.2	2929.6
12.0	15.80	36.30	15.59	35.81	2072	930	2.00	0.374	4751.3	1729.1	6281.1
13.0	16.30	37.15	16.11	36.72	1903	1097	2.00	0.252	6019.9	2405.1	4037.5
14.0	16.75	38.00	16.58	37.62	2122	1111	2.00	0.311	6474.2	2468.7	5716.3
15.0	17.30	39.00	17.15	38.66	1765	962	2.00	0.289	4768.2	1849.8	3763.7
16.0	17.80	40.00	17.66	39.69	1944	968	2.00	0.335	5003.2	1873.4	5063.3
17.0	18.35	41.15	18.22	40.87	1780	850	2.00	0.353	3905.0	1443.6	4412.7
18.0	18.90	42.50	18.78	42.24	1785	729	2.00	0.400	2975.3	1062.6	4958.7
19.0	19.45	43.90	19.34	43.66	1790	705	2.00	0.408	2798.5	993.6	5081.8
20.0	19.90	45.00	19.80	44.78	2183	895	2.00	0.399	4478.3	1600.4	7396.1
21.0	20.45	46.40	20.36	46.19	1796	707	2.00	0.408	2816.3	999.9	5121.6
22.0	21.05	48.00	20.96	47.80	1651	620	2.00	0.418	2182.8	769.8	4425.7
23.0	21.50	49.25	21.42	49.06	2195	792	2.00	0.425	3579.2	1255.8	7959.9
24.0	22.00	50.50	21.92	50.33	1981	793	2.00	0.405	3534.7	1258.3	6169.7
25.0	22.45	51.60	22.38	51.44	2200	901	2.00	0.399	4542.0	1622.9	7518.2
26.0	23.00	52.85	22.93	52.69	1806	794	2.00	0.380	3484.3	1262.4	4839.1
27.0	23.50	54.00	23.44	53.85	1986	863	2.00	0.383	4125.8	1491.1	5899.8
28.0	24.05	55.30	23.99	55.16	1808	765	2.00	0.391	3256.9	1170.8	4976.9
29.0	24.60	56.50	24.54	56.37	1809	829	2.00	0.367	3756.0	1373.6	4712.7
30.0	25.05	57.35	24.99	57.22	2208	1167	2.00	0.306	7116.5	2724.0	6122.3
31.0	25.50	58.20	25.45	58.08	2210	1168	2.00	0.306	7125.8	2727.7	6127.4
32.0	26.00	59.20	25.95	59.08	1991	995	2.00	0.334	5277.2	1978.3	5290.0
33.0	26.55	60.15	26.50	60.04	1812	1047	2.00	0.249	5477.5	2192.4	3640.4
34.0	27.00	61.00	26.95	60.89	2212	1170	2.00	0.306	7147.5	2736.5	6139.2
35.0	27.45	62.10	27.41	62.00	2213	906	2.00	0.399	4591.6	1640.6	7606.9

Ve_q = 524 m/sec (Riferimento al piano campagna)

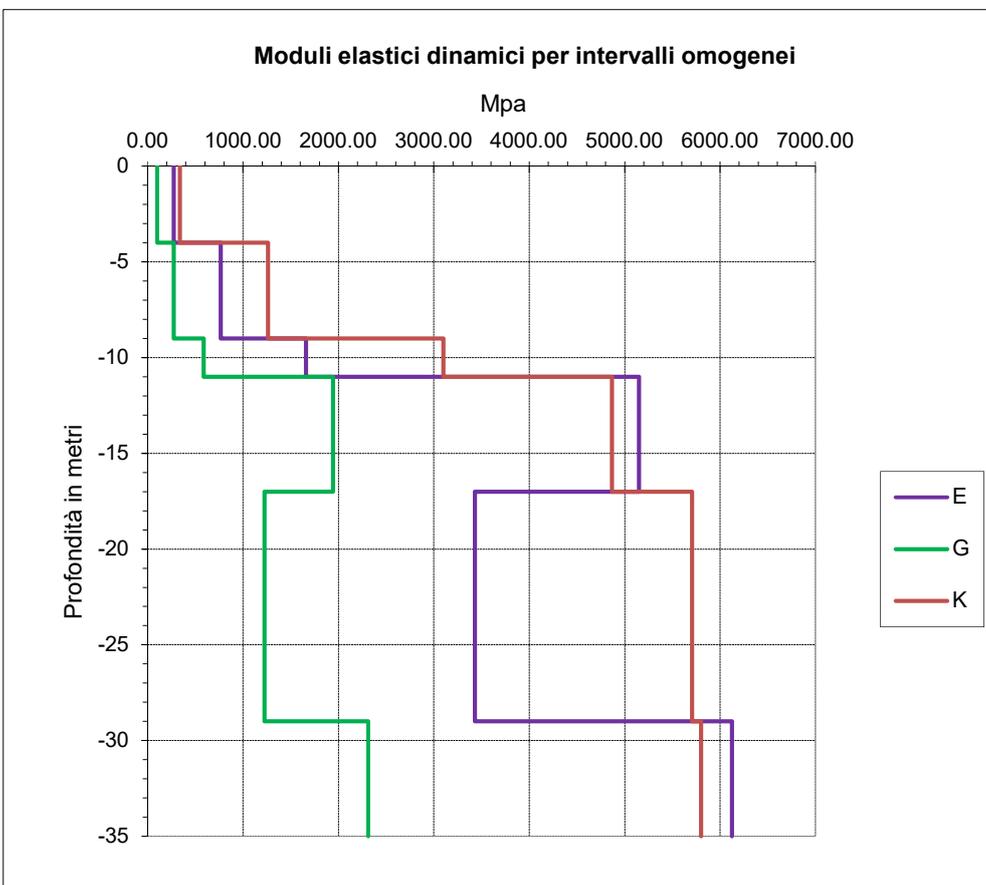
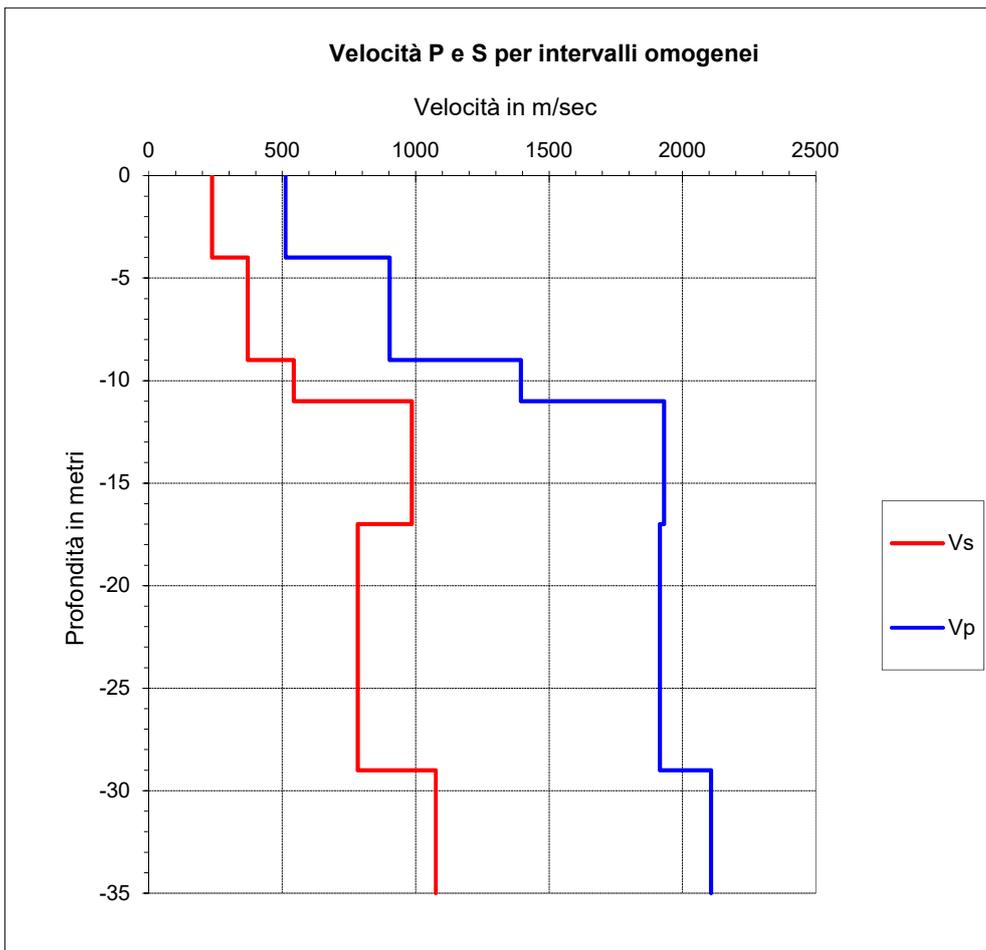
-  Coltre di riporto e di copertura
-  Alternanze pelitiche-marnose alterate
-  Alternanze pelitiche-marnose prevalenti
-  Alternanze calcareo-marnose prevalenti

- Tp:** Tempo di arrivo onde longitudinali (P)
- Ts:** Tempo di arrivo onde trasversali (S)
- Tp':** Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale
- Ts':** Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale
- Vp Vs:** Velocità di intervallo onde P ed S
- ν :** Coefficiente di Poisson
- E:** Modulo di Young
- G:** Modulo di taglio
- γ :** Peso di Volume
- K:** Modulo di incompressibilità

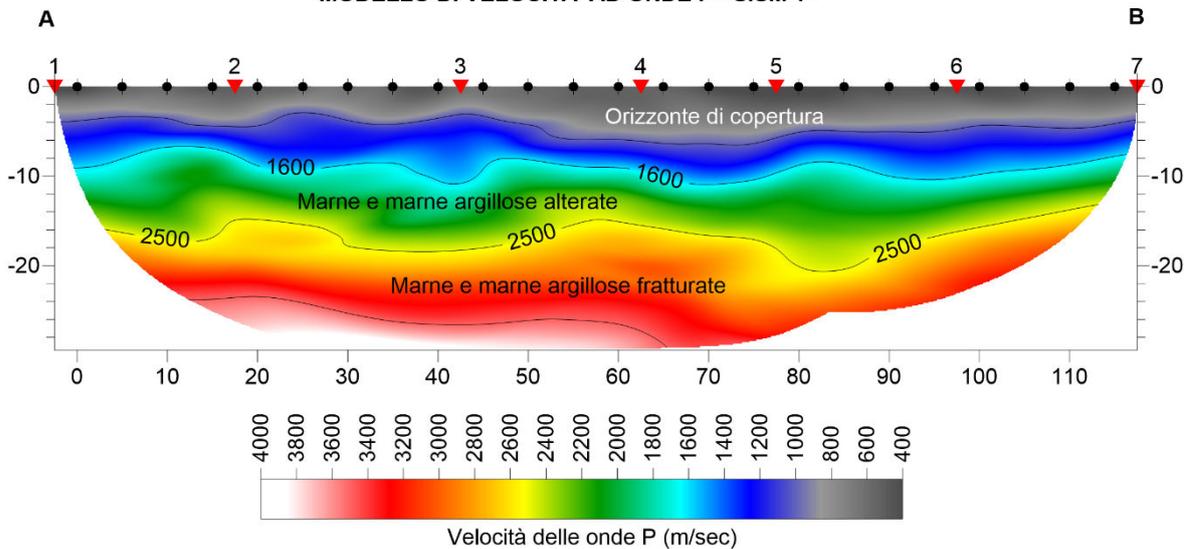




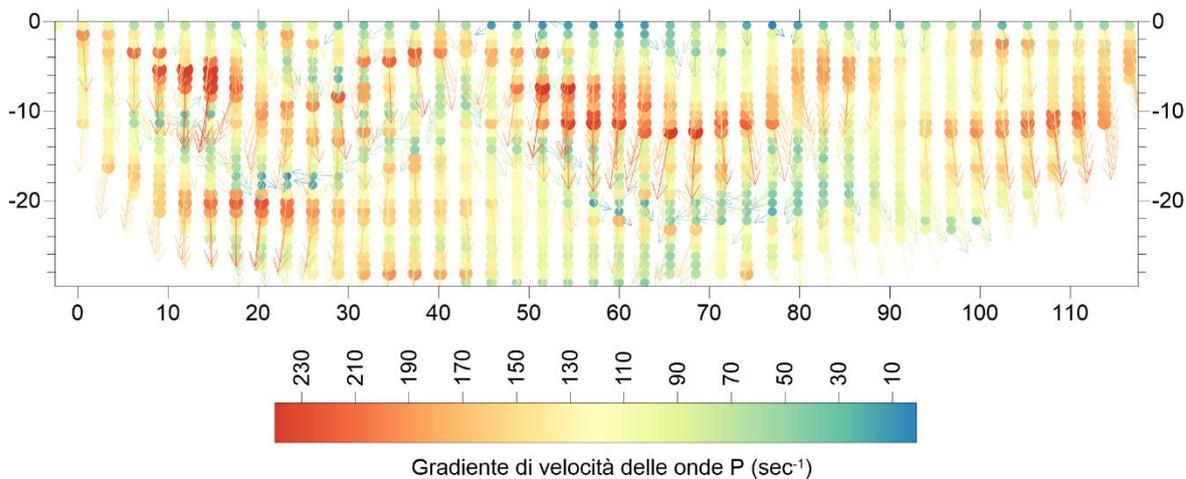
Intervalli omogenei di velocità			Moduli elastici dinamici				
Intervalli misure	Vp m/sec	Vs m/sec	γ g/cm ³	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
0 - 4	512	236	1.80	0.36	274.73	100.67	338.0
4 - 9	902	370	2.00	0.40	767.71	274.45	1262.2
9 - 11	1394	543	2.00	0.41	1661.00	588.70	3101.2
11 - 17	1931	986	2.00	0.32	5148.39	1944.77	4865.6
17 - 29	1916	783	2.00	0.40	3431.31	1225.65	5706.8
29 - 35	2108	1075	2.00	0.32	6123.94	2312.59	5800.6



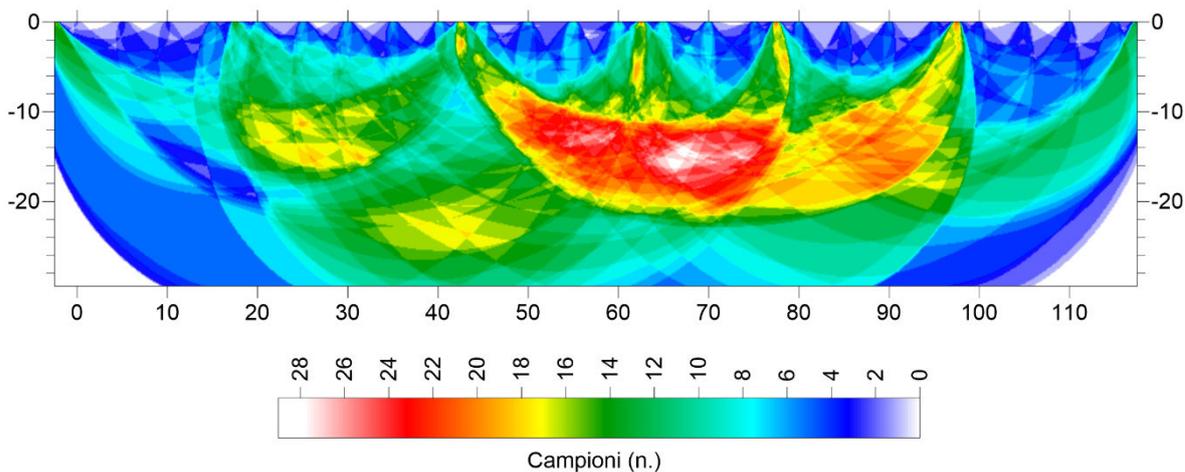
MODELLO DI VELOCITA' AD ONDE P - SISM 1-

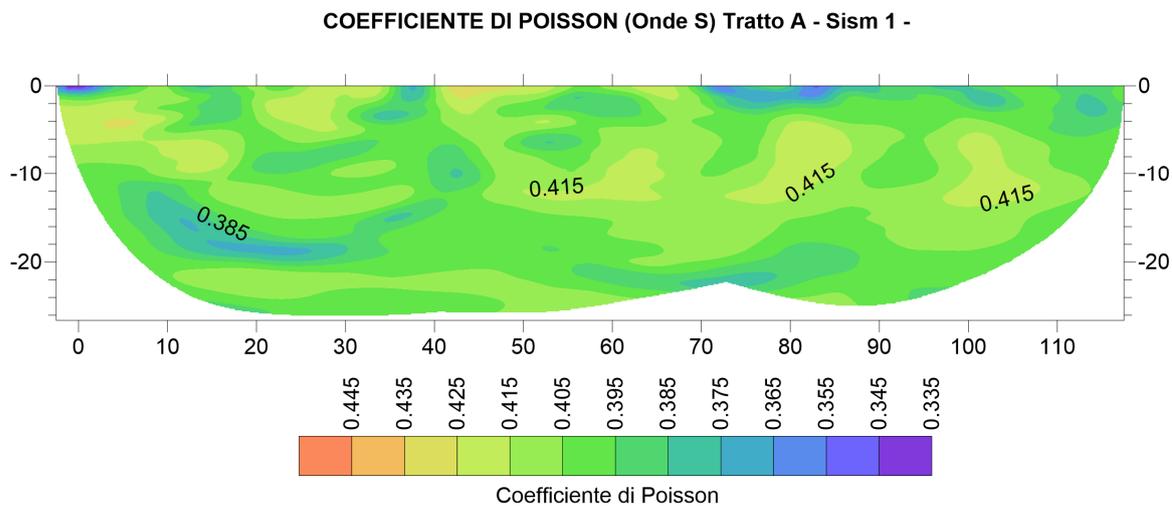
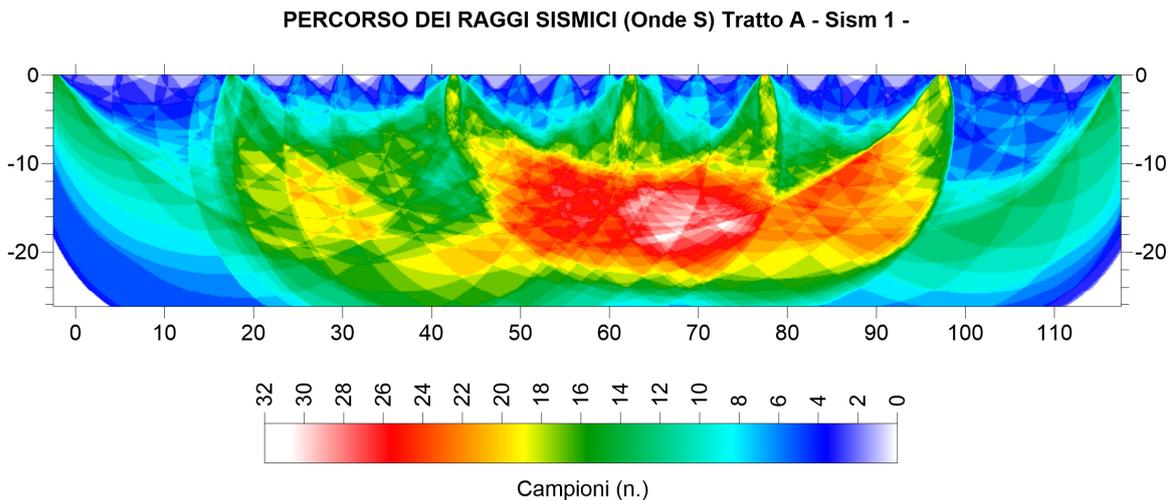
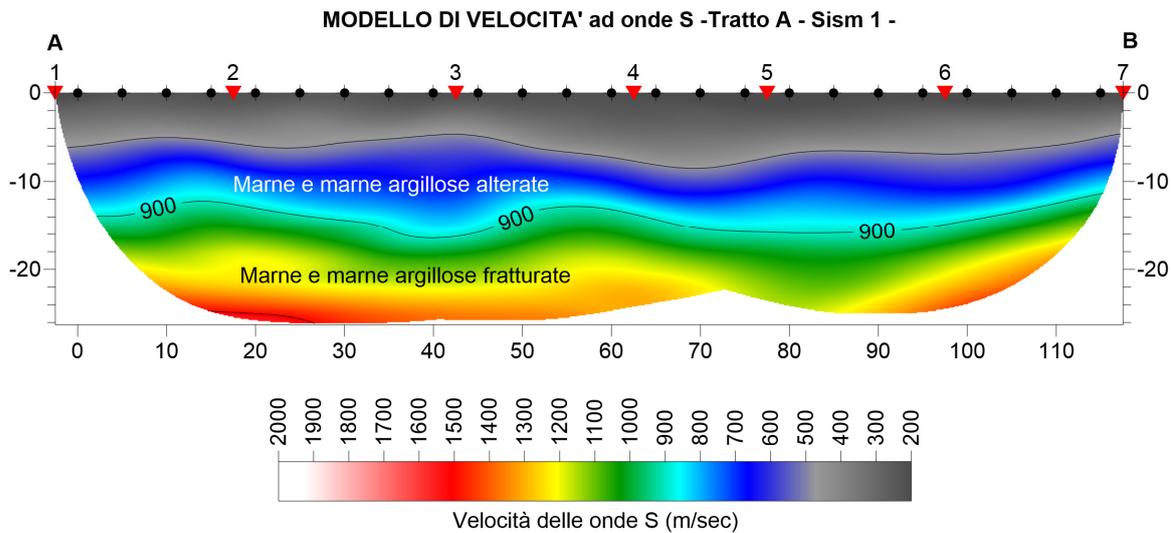


GRADIENTE DI VELOCITA' - SISM 1-

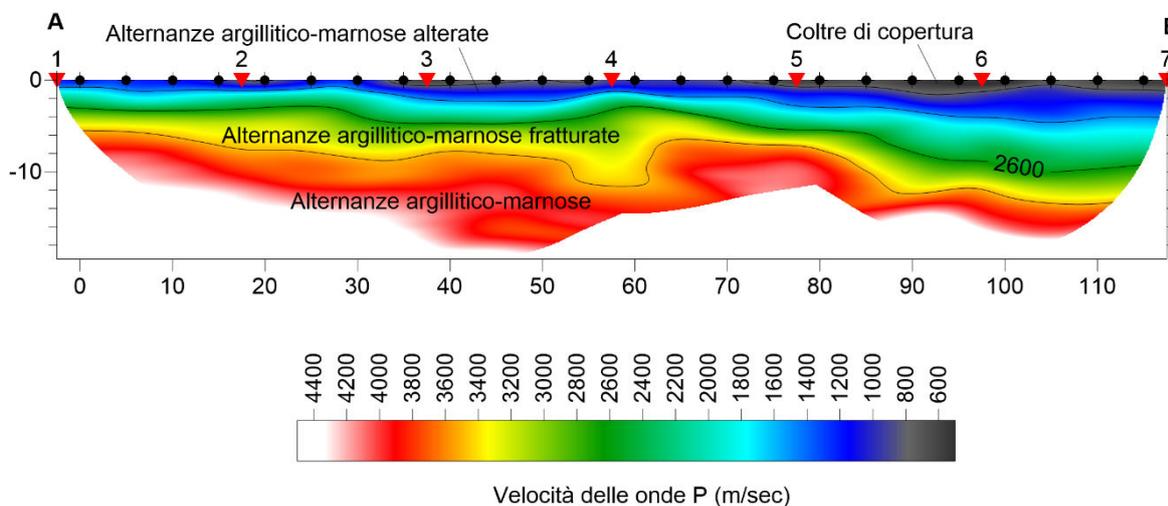


PERCORSO DEI RAGGI SISMICI - SISM 1-

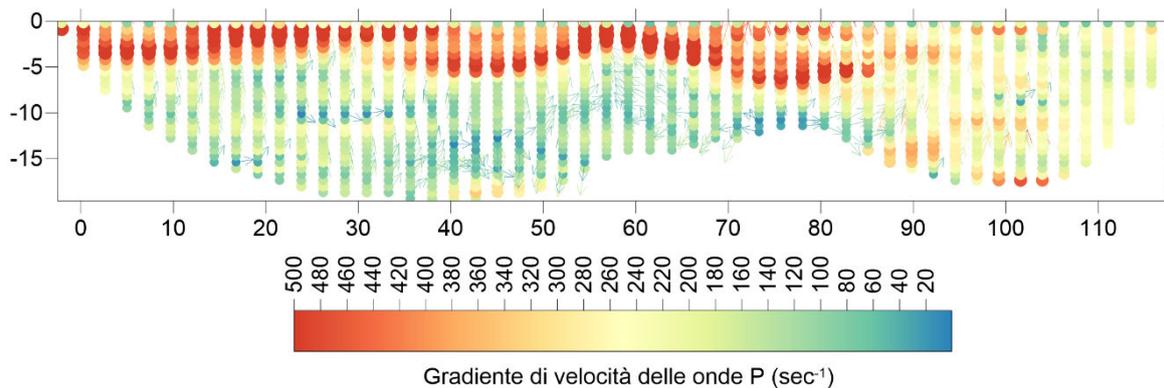




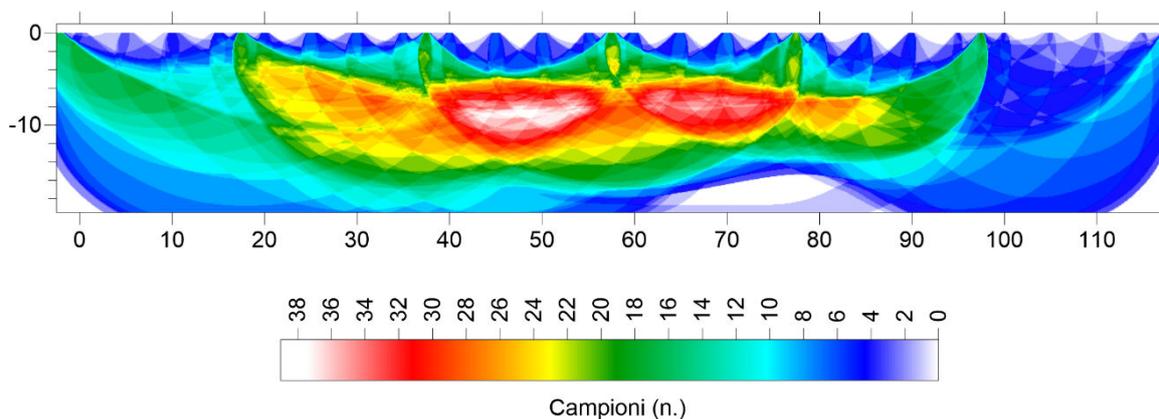
MODELLO DI VELOCITA' AD ONDE P - A_SISM 2-

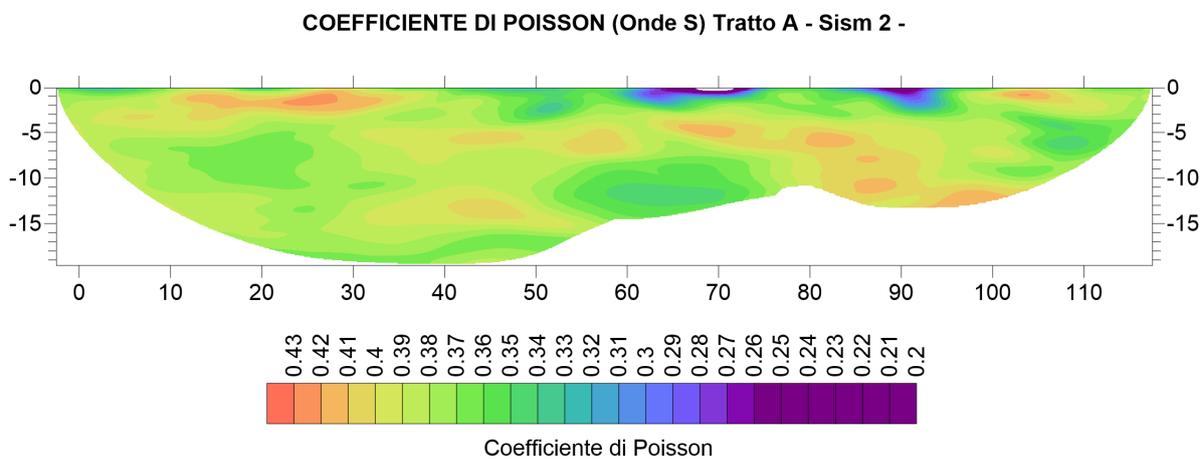
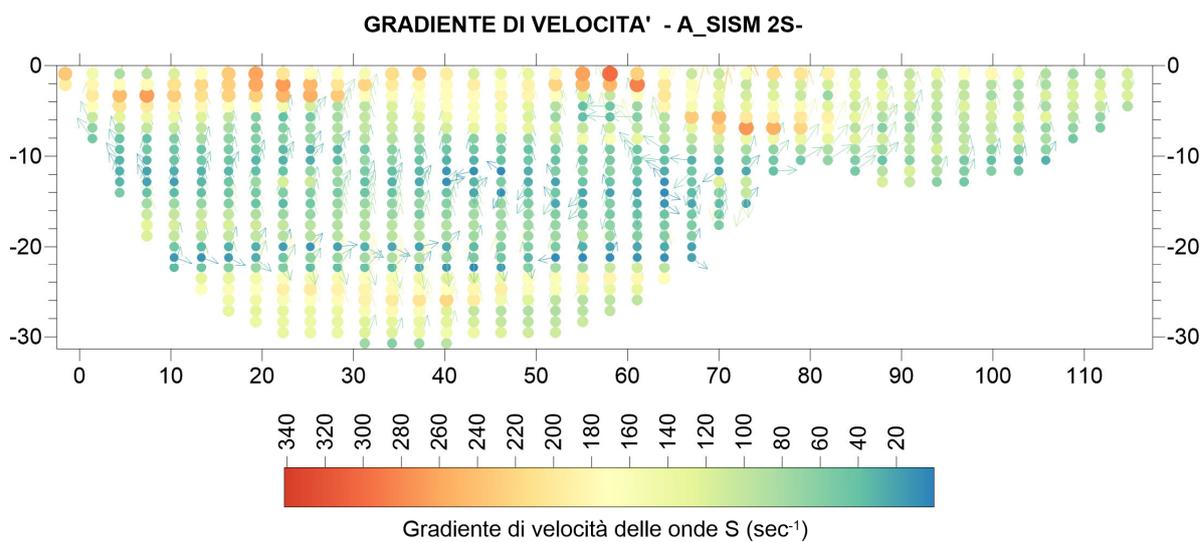
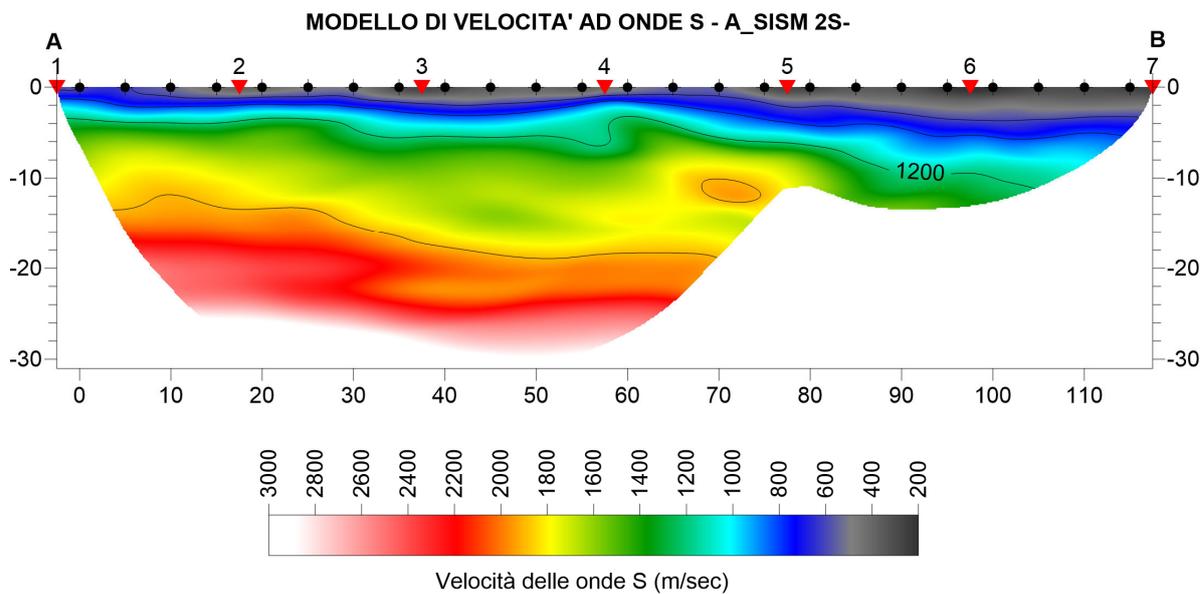


GRADIENTE DI VELOCITA' - A_SISM 2-

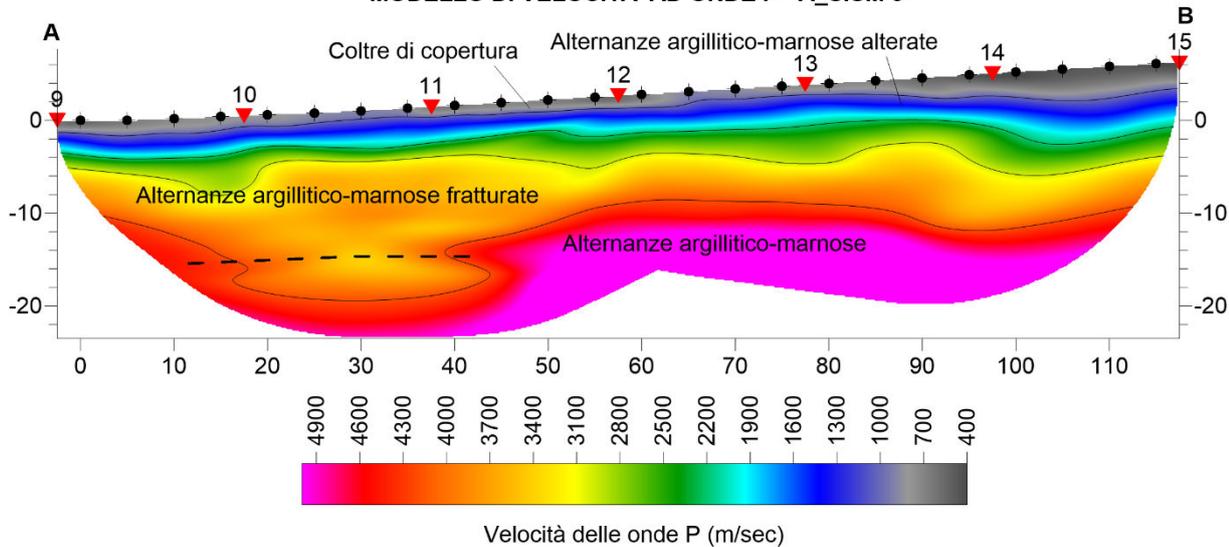


PERCORSO DEI RAGGI SISMICI - A_SISM 2-

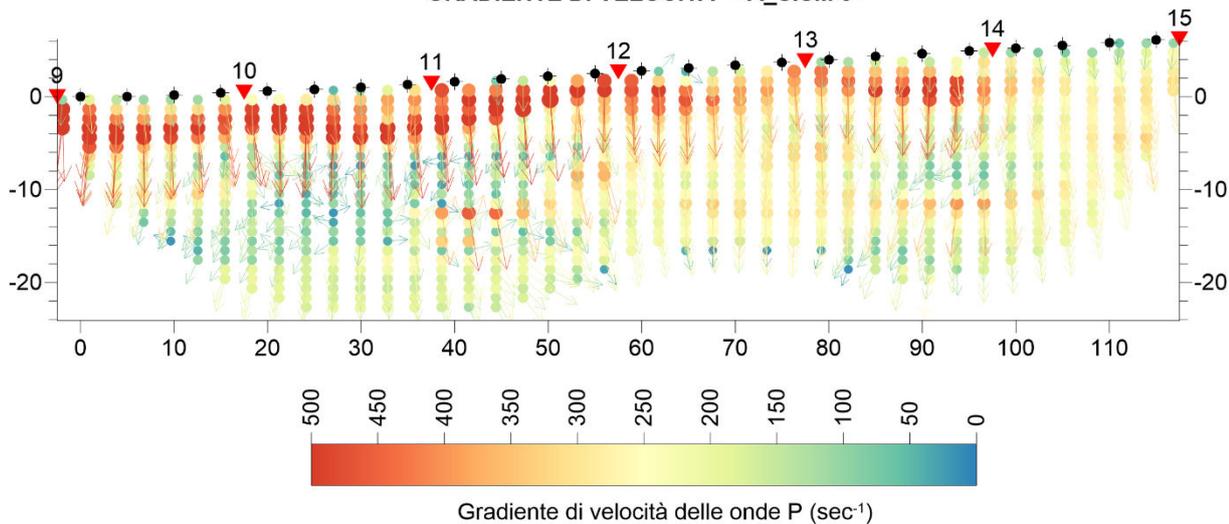




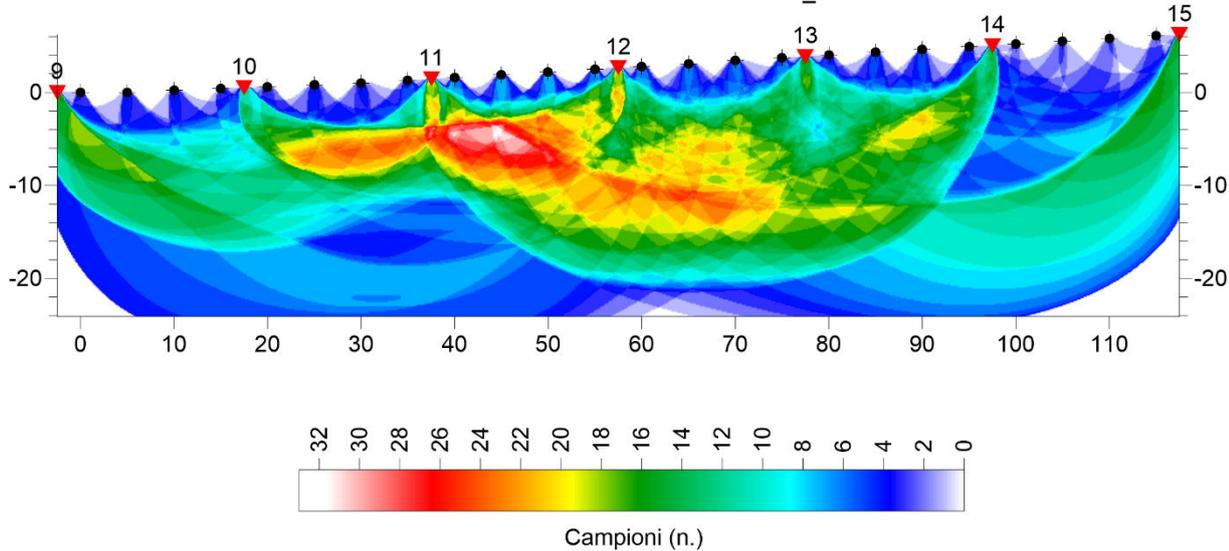
MODELLO DI VELOCITA' AD ONDE P - A_SISM 3-



GRADIENTE DI VELOCITA' - A_SISM 3-



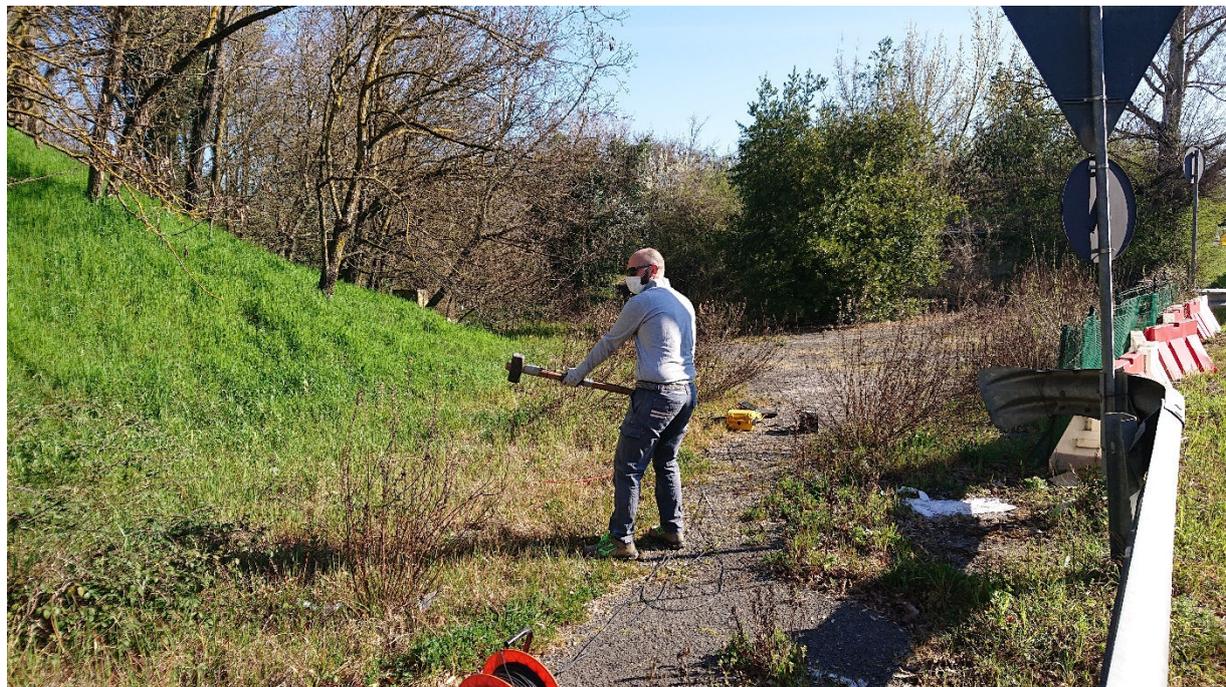
PERCORSO DEI RAGGI SISMICI - A_SISM 3-



Prospezioni A_Masw03, A_Masw04 e A_Sism04. Sono dislocate nel tratto più orientale del *Tratto C*, nuovamente in area di piana alluvionale (*Piana di Arezzo*) caratterizzata da terreni medio-fini, costituiti in prevalenza da limi più o meno argillosi, con frequenti intercalazioni di ghiaie a matrice sabbioso-limosa-argillosa.

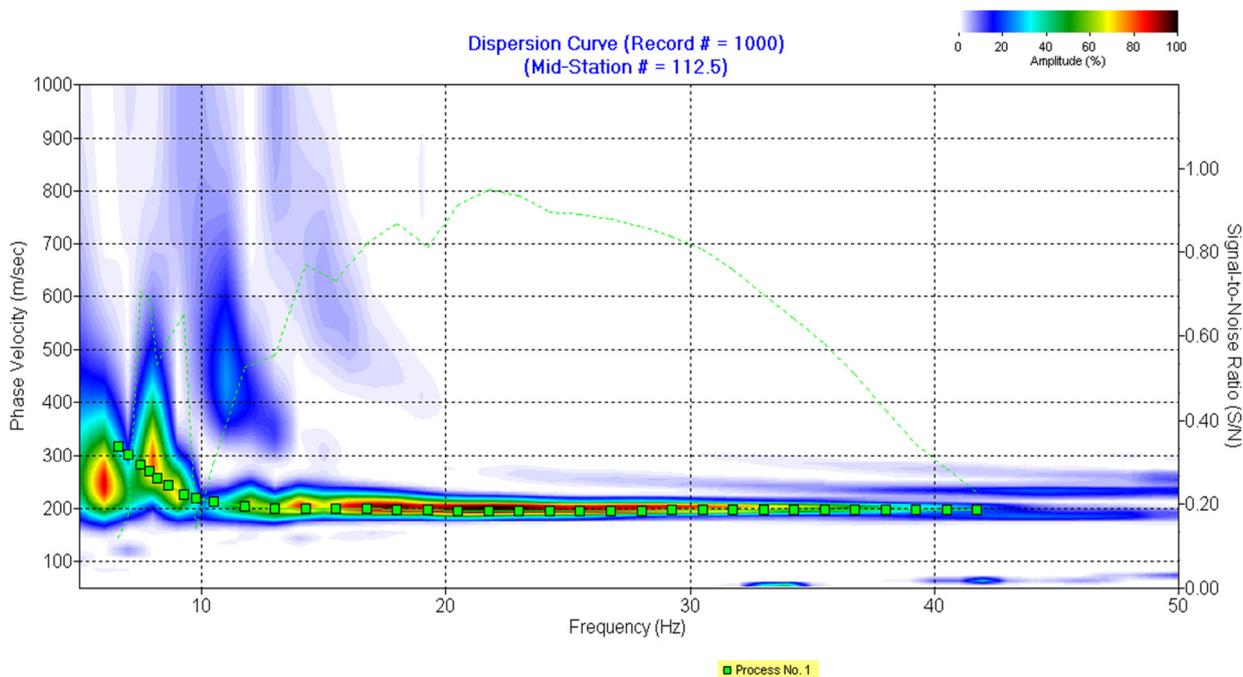
In entrambi gli istogrammi di velocità delle onde di taglio derivanti dalle elaborazioni *Masw03* e *Masw04*, tra loro distanti circa 1000 m, si osserva un orizzonte con spessore di 10-12 m caratterizzato da velocità delle onde trasversali intorno a 200 m/sec, attribuibili a compagini alluvionali limo-argillose a scarsa consistenza con intercalazioni sabbiose sciolte. Al di sotto dei 10 m nel *Masw03* e di 12 m nel *Masw04*, si osserva un graduale aumento della velocità delle onde S con la profondità, che denota un graduale aumento della consistenza/addensamento della compagine alluvionale che tra 15 e 23 m sono da considerarsi da mediamente consistenti a consistenti/addensati nel *Masw03*, dove si osserva un salto di velocità ($V_s=532$ m/sec) che fa supporre un cambiamento litologico o un netto aumento del grado di addensamento della compagine. Questo salto di rigidità si osserva anche nel *Masw04*, ma più profondo, posto a circa 28 m dal piano di campagna, dove il valore della velocità delle onde di taglio passa a 514 m/sec.

Nell'elaborazione tomografica relativi alla sismica a rifrazione ad onde P ed S *A_Sism04* si osservano modelli tra loro non correlabili in profondità, con velocità delle onde di compressione molto più elevate di quanto ci si aspetterebbe osservando quello relativo all'elaborazione in onde S. Infatti i valori di V_p passano rapidamente oltre i 1500 m/sec già a 7-8 m di profondità, mentre i valori di velocità delle onde di taglio si mantengono intorno a 270 m/sec. Questa condizione è imputabile alla presenza di totale saturazione del terreno, per cui l'onda di primo arrivo ai sensori geofonici è quella che si rifrange e propaga nell'acqua di saturazione e non nello scheletro solido. Per tale motivo, per la definizione dei caratteri di addensamento/consistenza delle compagini presenti, si è fatto riferimento al modello ad onde S, dove si osserva uno spesso orizzonte (circa 10-12 m) con V_s inferiore a 280 m/sec, compatibile con gli orizzonti da sciolti a mediamente addensati/consistenti visti nelle indagini *Masw03* e *Masw04*. Al di sotto, sempre in coerenza con i modelli Masw, si osserva un graduale aumento della rigidità, verso terreni da addensati/consistenti a molto addensati/consistenti.

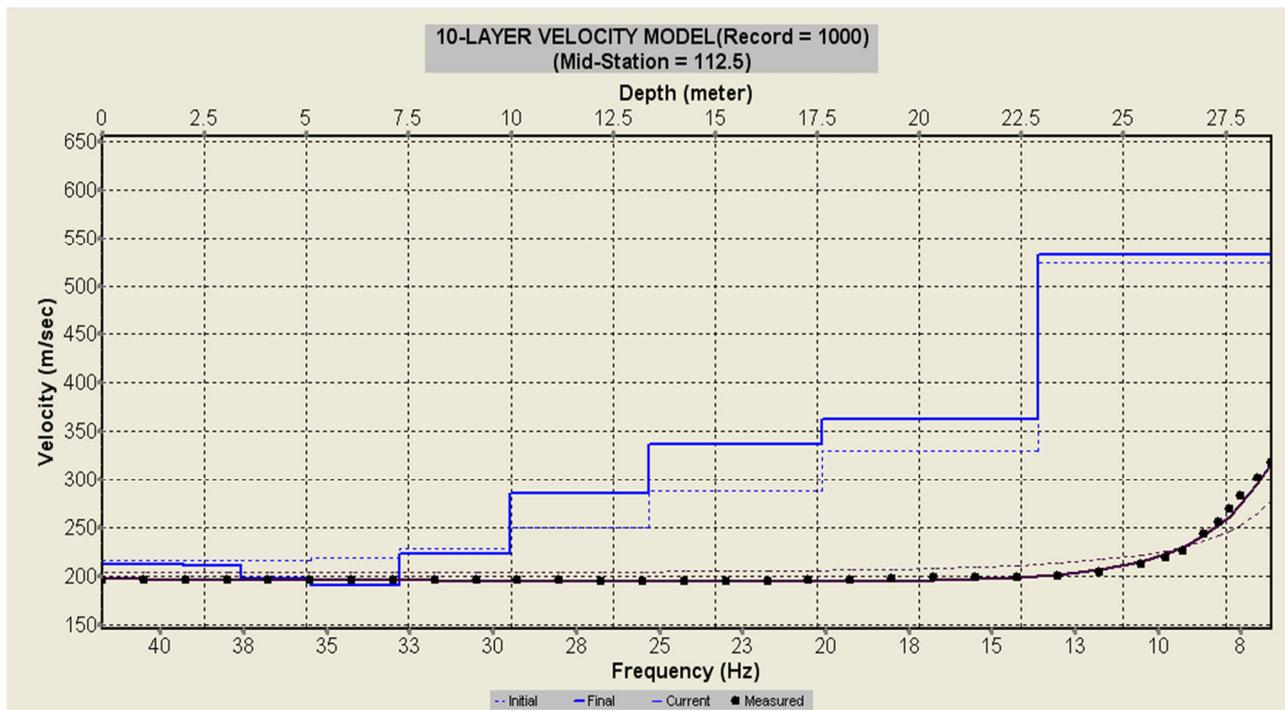


Esecuzione indagine sismica a rifrazione A_Sism03

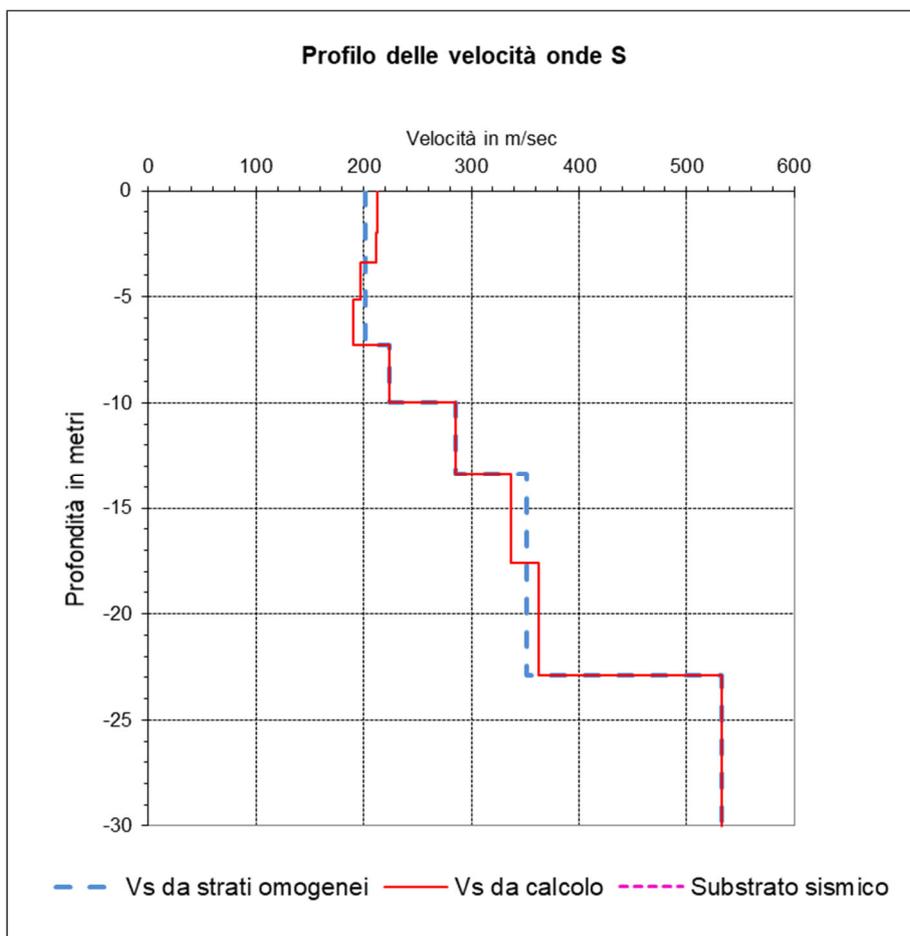
Tratto A – MASW 03



Curva di dispersione



Curve di inversione



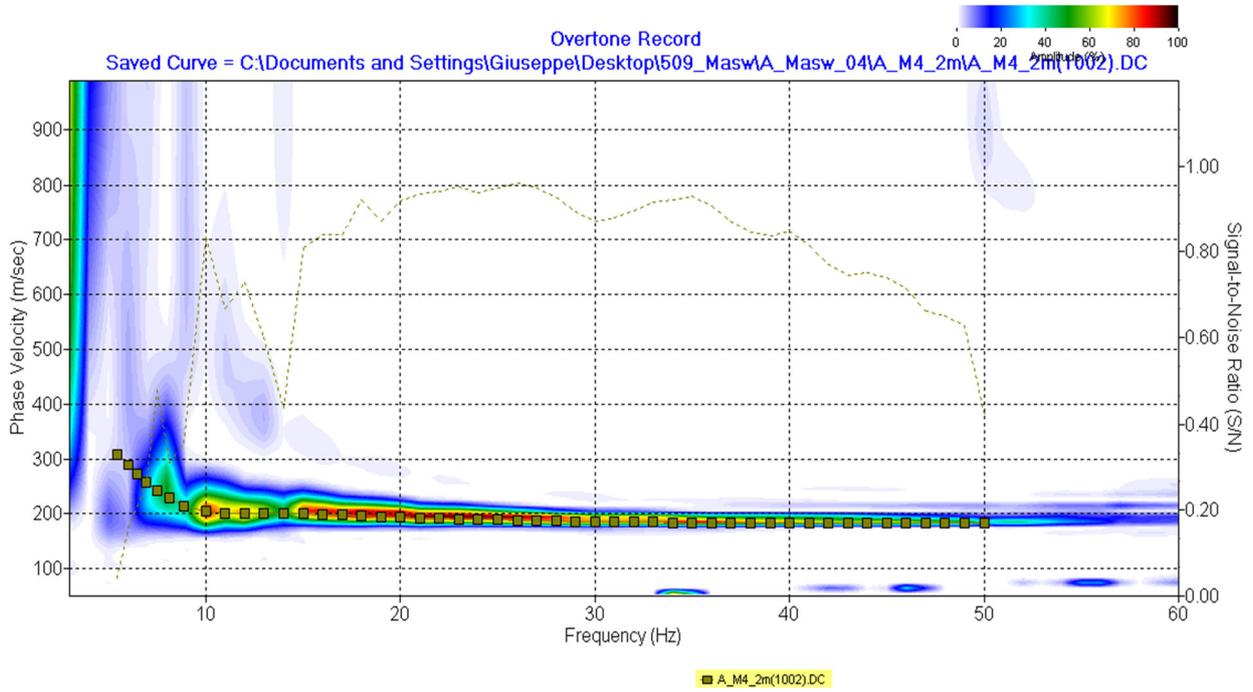
<i>Profondità dal p.c. (metri)</i>	<i>Velocità delle onde S (m/sec)</i>	<i>Profondità della base degli orizzonti omogenei (metri)</i>	<i>Spessore dei sismostrati omogenei (metri)</i>	<i>Velocità delle onde S per orizzonti omogenei (m/sec)</i>
-0.89	212	7.28	7.28	202
-2.00	213			
-3.38	211			
-5.12	197			
-7.28	190	9.99	2.71	223
-9.99	223	13.38	3.39	285
-13.38	285	22.90	9.52	351
-17.61	337			
-22.90	363	30.00	7.10	532
-30.00	532			

Velocità equivalente (Vs,eq) = 298 m/sec (riferimento al piano campagna)

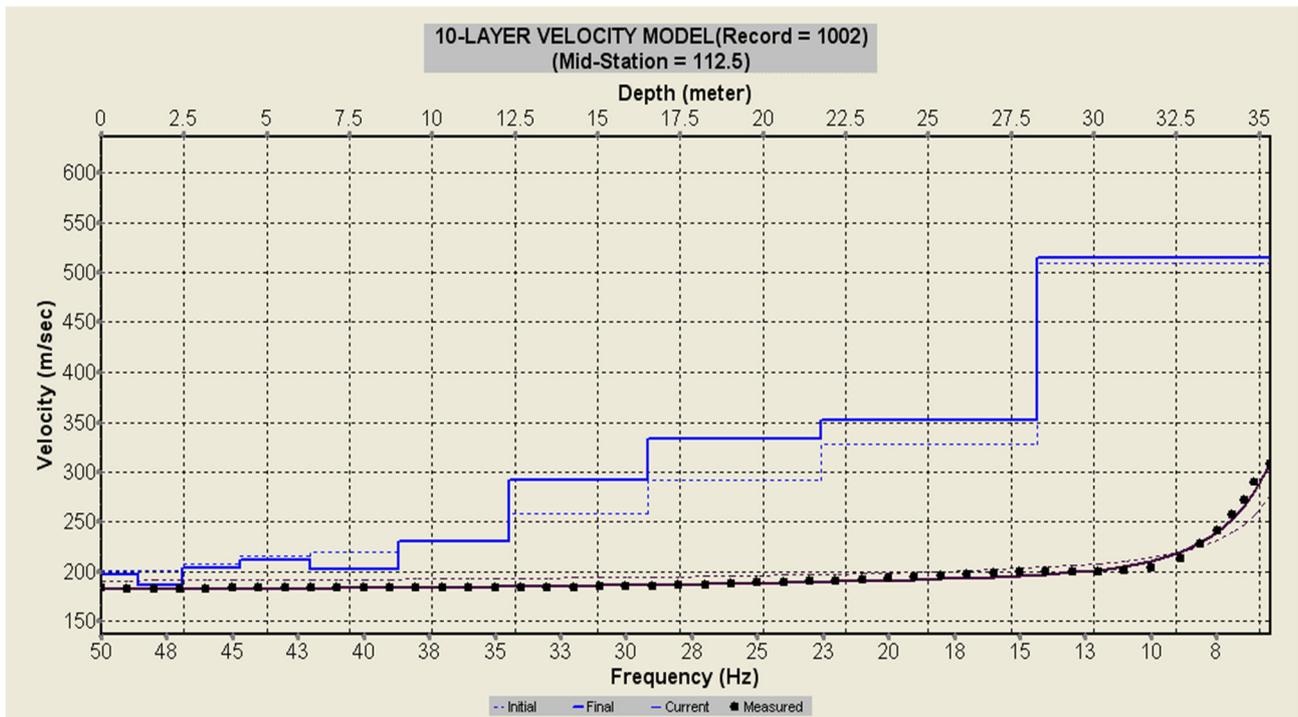
Categoria sismica di suolo: C

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

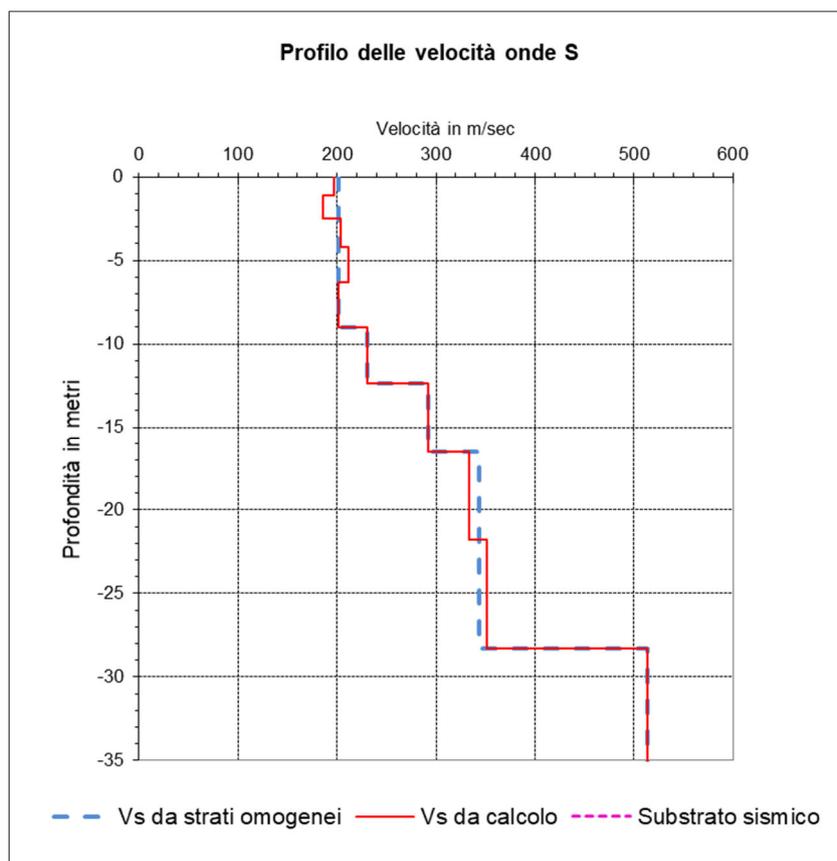
Tratto A – MASW 04



Curva di dispersione



Curve di inversione



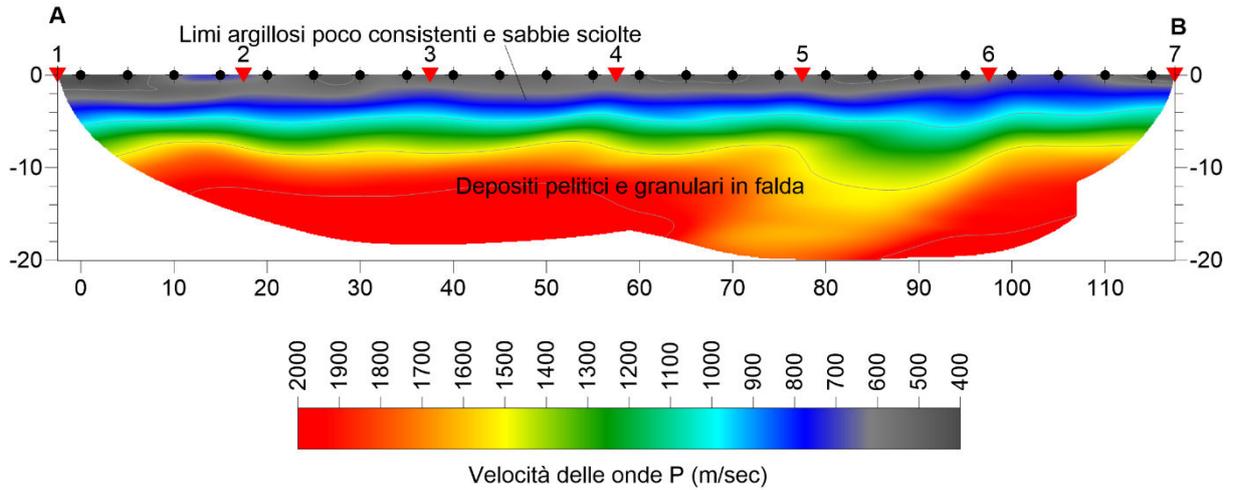
Profondità dal p.c. (metri)	Velocità delle onde S (m/sec)	Profondità della base degli orizzonti omogenei (metri)	Spessore dei sismostrati omogenei (metri)	Velocità delle onde S per orizzonti omogenei (m/sec)
-1.096	196.716	9.00	9.00	201
-2.466	186.274			
-4.179	204.034			
-6.32	211.237			
-8.996	201.894	12.34	3.35	230
-12.341	230.432			
-16.522	291.924	16.52	4.18	292
-21.749	333.641	28.28	11.76	344
-28.282	351.962			
-35.353	513.684	35.35	7.07	514

Velocità equivalente ($V_{s,eq}$) = 270 m/sec (riferimento al piano campagna)

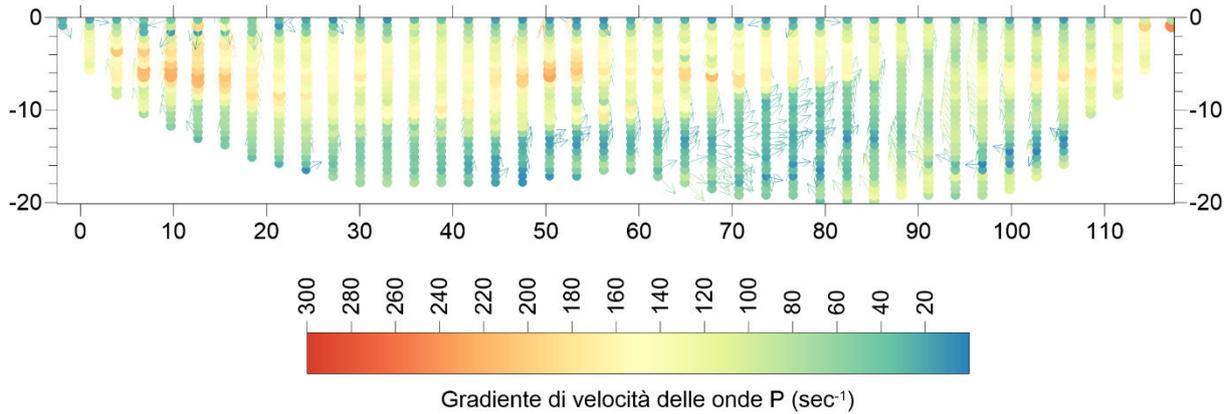
Categoria sismica di suolo: C

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

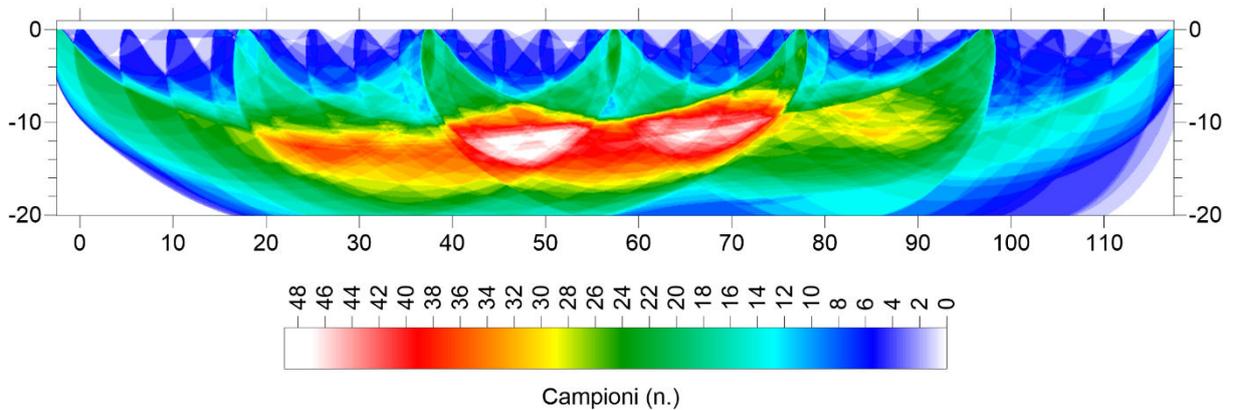
MODELLO DI VELOCITA' AD ONDE P - SISM 4-

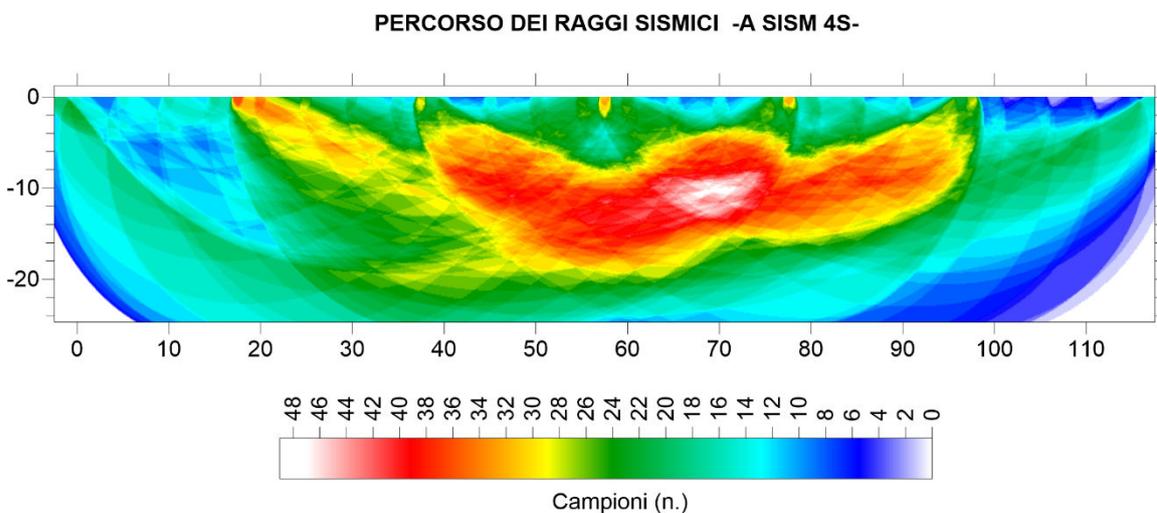
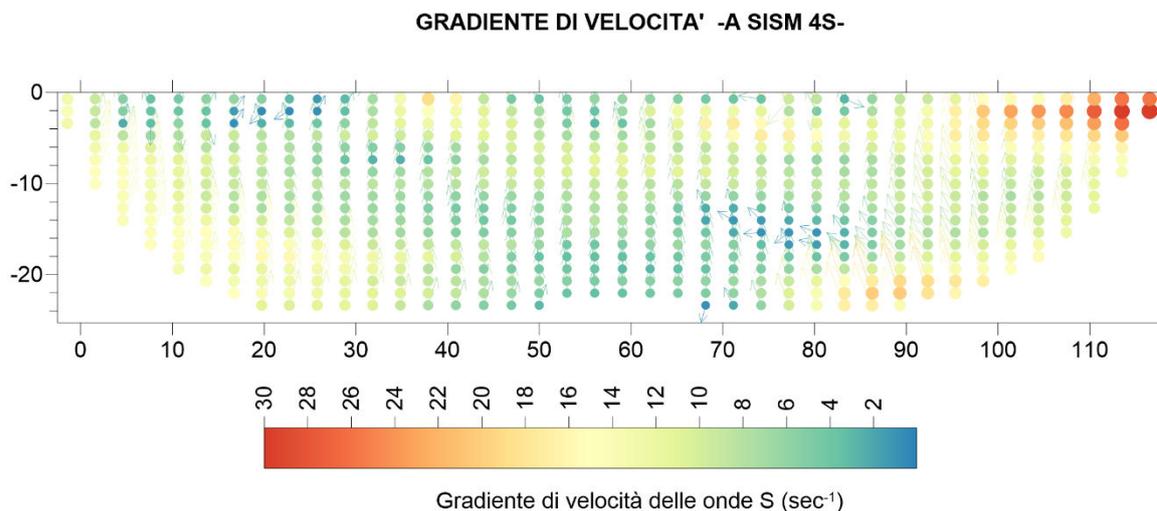
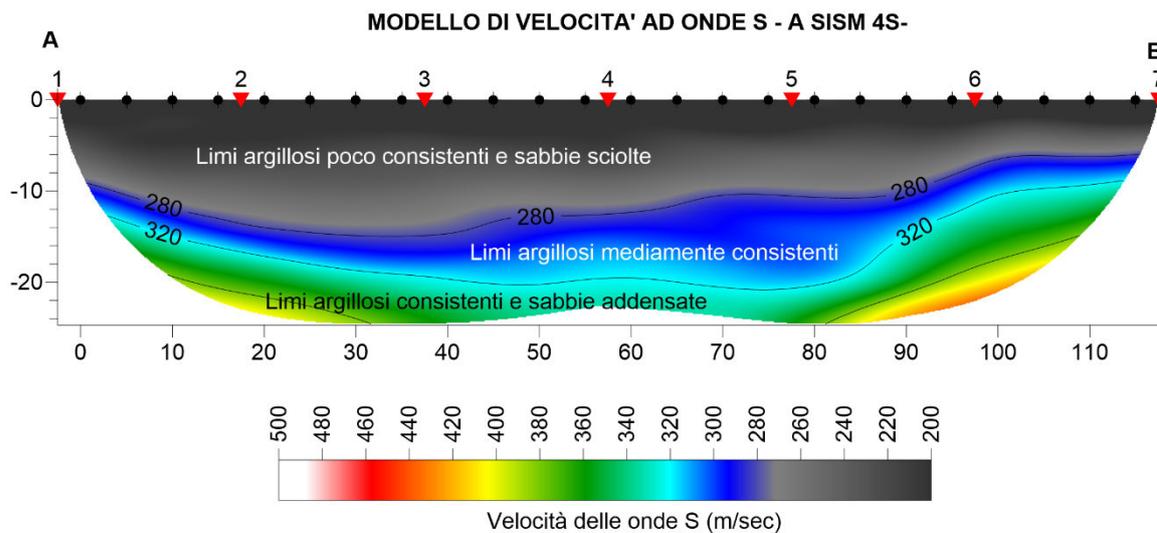


GRADIENTE DI VELOCITA' - SISM 4-



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI - SISM 4-





TRATTO C

Le indagini relative al *Tratto C* decorrono lungo una direttrice in direzione SSE-NNW, all'interno della *Val di Chiana*, quindi in terreni alluvionali da pelitici a psammitici, arrivando a lambire la dorsale collinare, dove affiora la successione in facies torbidiche delle *Arenerie del Cervarola*, nel suo settore più nord-occidentale. La stratigrafia si differenzia quindi dal tratto prossimo alla dorsale, dove il substrato litoide è relativamente superficiale e i tratti più distanti da essa, all'interno della piana, dove i depositi alluvionali assumono spessori più elevati. Il tratto è stato investigato mediante 5 indagini sismiche in foro del tipo Down-Hole, fino a 35 m di profondità e tre prospezioni di sismica a rifrazione con elaborazione tomografica sia in onde P che in onde di taglio (S). In particolare, la presenza di condizioni di saturazione, almeno negli strati più profondi di terreno investigato, ha reso particolarmente importante l'analisi sismica in onde S, essendo la velocità delle onde di compressione di primo arrivo spesso dovuta all'attraversamento dell'acqua di saturazione e non dello scheletro solido.

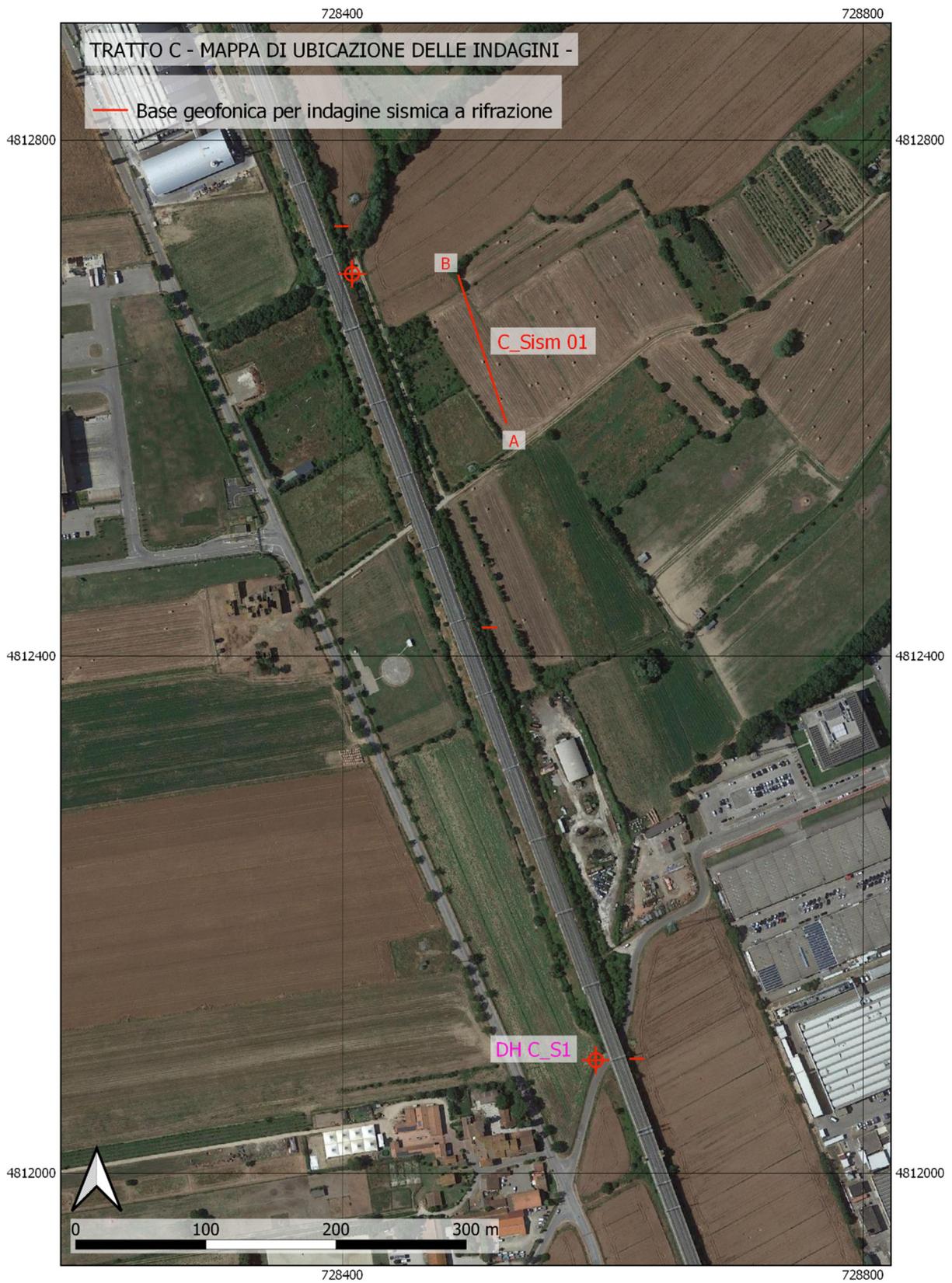
Indagini di sismica in foro C_DHS1 e a rifrazione C_Sism01. Ricadono all'interno della piana, quindi interessati da spessori di sedimenti alluvionali considerevoli e caratterizzati dall'alternanza di termini pelitici, costituiti da argille limose e limoso-sabbiose (prevalenti nella porzione superiore), con psammiti sabbiose e sabbioso-limose. Verso il basso i depositi grossolani eterometrici, di natura ghiaioso sabbiosa in matrice limo-argillosa tendono invece a prevalere sulle peliti.

L'indagine in foro vede la presenza di un orizzonte superficiale, con spessore di circa 2 m, caratterizzato da velocità delle onde di taglio in media pari a 172 m/sec, attribuibile ad una coltre di alterazione da considerarsi sciolta. Quindi si passa ad orizzonti a media consistenza (nelle porzioni argillo-limose prevalenti) e a medio addensamento nelle parti più sabbiose: i valori della velocità delle onde di taglio, fino a 18 m di profondità sono comprese tra 240 m/sec e 284 m/sec, con coefficiente di poisson intorno a 0.4 nelle parti pelitiche, che si riduce a 0.37 nelle porzioni in cui prevale la componente sabbiosa. Nell'intervallo tra i 18 m e i 35 m di profondità, si passa a compagini da considerarsi addensate (o consistenti nelle parti più pelitiche), con valore medio di V_s pari a 316 m/sec fino a 26 m di profondità, che passa a 332 m/sec, nell'intervallo sottostante, fino a 35 m dal

piano di campagna. Nell'indagine di sismica a rifrazione ad onde P si rilevano valori orizzonti relativamente lenti nella parte superficiale del modello, compatibili quindi con depositi alluvionali da sciolti a mediamente addensati, mentre negli orizzonti più profondi, già al di sotto di 8-10 m di profondità, le velocità delle onde di compressione subiscono un brusco aumento; evidentemente dovuto alla presenza di totale saturazione del terreno, quindi l'onda di primo arrivo è attribuibile all'onda trasmessa nel fluido ($V_p=1500$ m/sec) e non nello scheletro solido, avendo questo velocità più bassa. Più efficace è invece il modello elaborato in onde S, che non trasmettendosi nei fluidi, è attribuibile allo scheletro solido del terreno. Vi si riconoscono un primo orizzonte con V_s media pari a 235 m/sec, riconducibile a depositi alluvionali da poco consistenti/addensati, con spessore di circa 5 m; quindi si passa, fino a 14-16 m di profondità a valori di V_s compresi tra 260 e 360 m/sec, attribuibili a compagini da mediamente addensati ad addensati/consistenti. Il valore della velocità delle onde di taglio tende ancora a crescere con la profondità, superando i 500 m/sec oltre i 30 m dal piano di campagna, associabili a termini molto addensati.



Esecuzione indagine sismica a rifrazione C_Sism01



ANAS Gruppo FS Italiane - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori
SGC Grosseto-Fano - Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno)-Selci lama (E45). Adeguamento a 4 corsie
del Tratto San Zeno - Nodo di Arezzo (Lotto di completamento)

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE) SONDAGGIO: C S01

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz.
 Profondità investigata: 35 m Intervallo di campionamento: 20 µsec
 Intervallo di misura: 1.0 m Offset dal foro m: 2.0

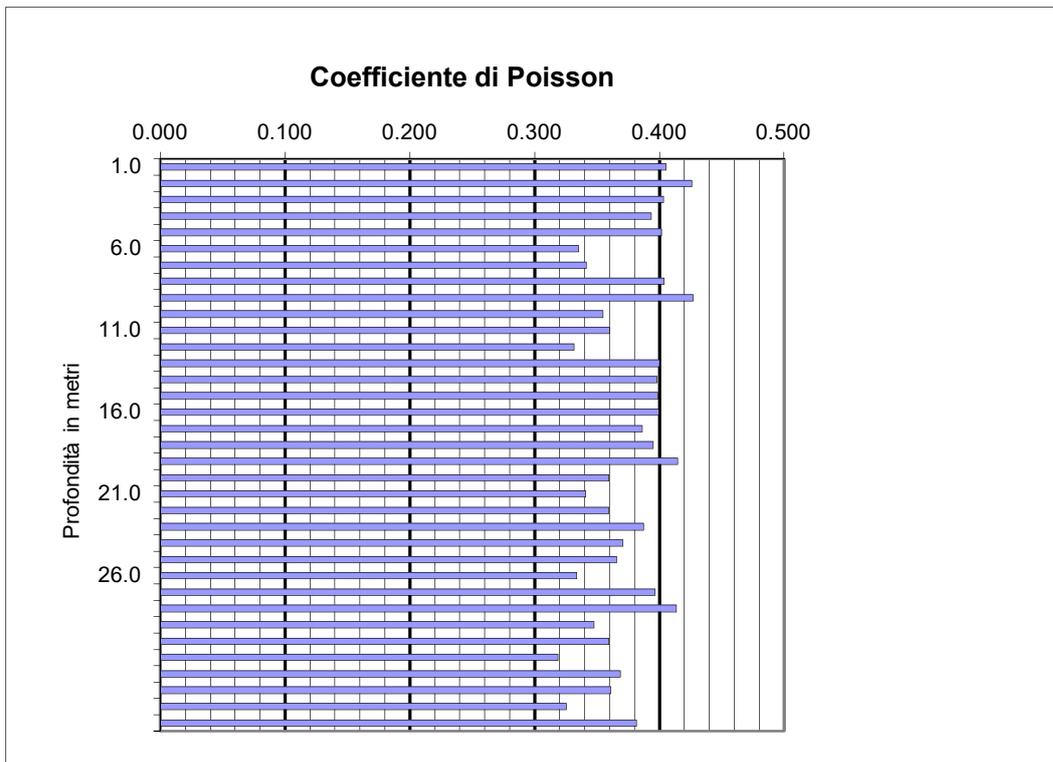
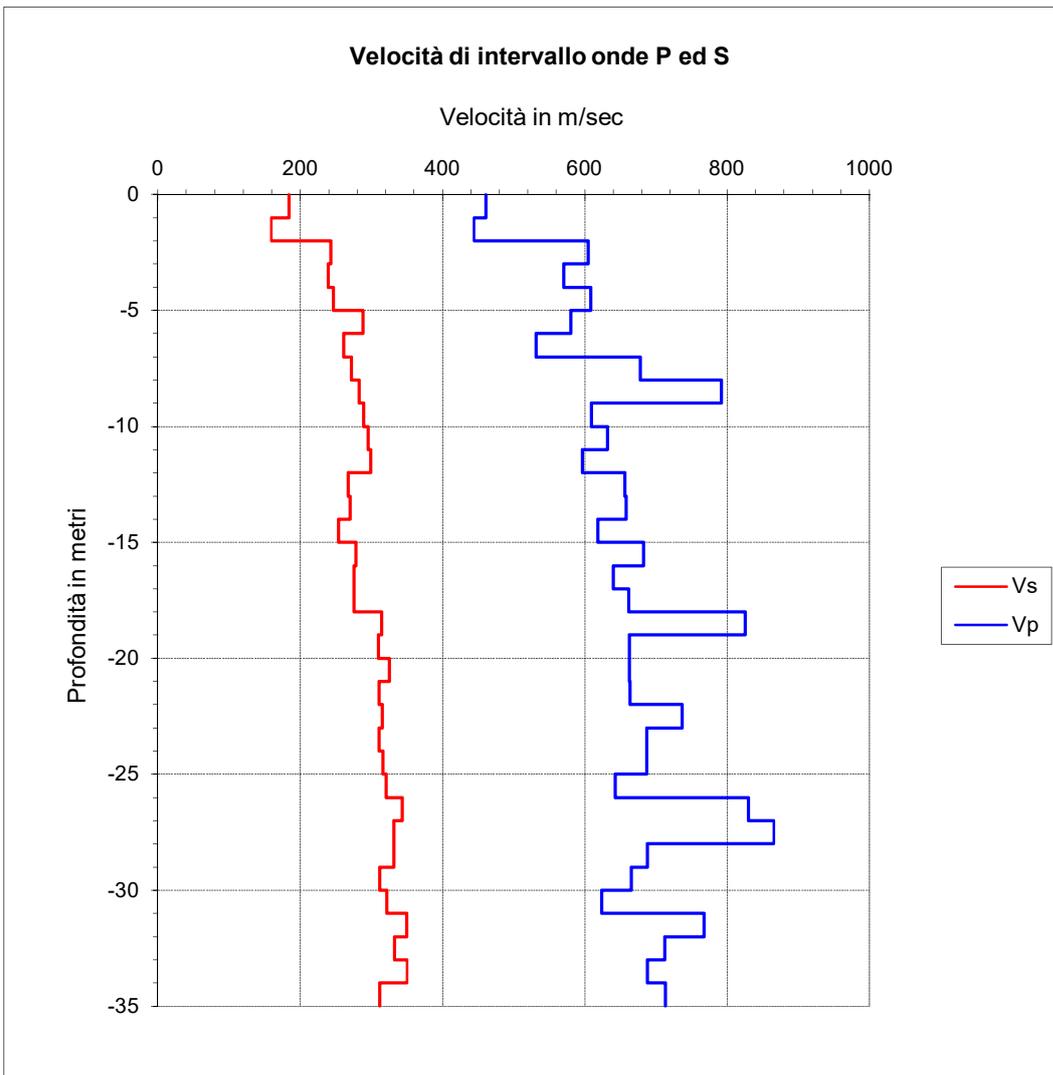
Profondità metri	Tempi di arrivo onde P ed S				Velocità P e S		Moduli elastici dinamici				
	Tp ms	Ts ms	Tp' ms	Ts' ms	Vp m/s	Vs m/s	γ g/cm ³	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
1.0	4.85	12.15	2.17	5.43	461	184	2.00	0.405	190.4	67.7	334.8
2.0	6.25	16.55	4.42	11.70	444	160	2.00	0.426	145.1	50.9	327.1
3.0	7.30	19.00	6.07	15.81	604	244	2.00	0.403	332.8	118.6	572.4
4.0	8.75	22.35	7.83	19.99	571	239	2.00	0.393	318.8	114.4	498.9
5.0	10.20	25.90	9.47	24.05	608	246	2.00	0.402	340.6	121.5	577.8
6.0	11.80	29.00	11.19	27.51	580	289	2.00	0.335	445.1	166.7	450.7
7.0	13.60	32.60	13.08	31.35	531	261	2.00	0.341	365.0	136.1	383.1
8.0	15.00	36.10	14.55	35.02	678	272	2.00	0.404	415.5	148.0	721.5
9.0	16.20	39.50	15.81	38.56	792	283	2.00	0.427	456.2	159.8	1042.5
10.0	17.80	42.85	17.45	42.02	610	289	2.00	0.355	453.1	167.2	520.6
11.0	19.35	46.15	19.04	45.41	631	295	2.00	0.360	474.1	174.3	565.2
12.0	21.00	49.42	20.71	48.75	597	299	2.00	0.332	477.0	179.1	472.9
13.0	22.50	53.10	22.24	52.48	656	268	2.00	0.400	401.5	143.4	669.8
14.0	24.00	56.75	23.76	56.18	658	270	2.00	0.398	409.2	146.3	670.1
15.0	25.60	60.65	25.38	60.12	619	254	2.00	0.399	360.7	128.9	593.3
16.0	27.05	64.20	26.84	63.70	682	279	2.00	0.400	435.3	155.5	723.7
17.0	28.60	67.80	28.40	67.34	640	275	2.00	0.386	420.5	151.7	616.5
18.0	30.10	71.40	29.92	70.96	661	276	2.00	0.395	424.0	152.0	672.4
19.0	31.30	74.55	31.13	74.14	825	315	2.00	0.415	560.7	198.1	1097.1
20.0	32.80	77.75	32.64	77.36	663	310	2.00	0.360	523.3	192.4	621.5
21.0	34.30	80.80	34.15	80.44	663	326	2.00	0.341	568.5	211.9	596.6
22.0	35.80	84.00	35.65	83.66	663	311	2.00	0.360	524.8	193.0	622.7
23.0	37.15	87.15	37.01	86.82	737	316	2.00	0.388	553.2	199.4	819.7
24.0	38.60	90.35	38.47	90.04	687	311	2.00	0.371	530.4	193.4	685.1
25.0	40.05	93.50	39.92	93.20	687	316	2.00	0.366	545.6	199.7	677.4
26.0	41.60	96.60	41.48	96.32	643	321	2.00	0.334	550.5	206.4	552.0
27.0	42.80	99.50	42.68	99.23	829	343	2.00	0.397	658.5	235.7	1061.7
28.0	43.95	102.50	43.84	102.24	866	332	2.00	0.414	623.6	220.5	1204.5
29.0	45.40	105.50	45.29	105.25	688	332	2.00	0.348	594.9	220.7	651.6
30.0	46.90	108.70	46.80	108.46	665	312	2.00	0.359	527.9	194.2	625.6
31.0	48.50	111.80	48.40	111.57	624	322	2.00	0.319	545.8	206.9	502.2
32.0	49.80	114.65	49.70	114.43	767	350	2.00	0.369	670.0	244.7	850.5
33.0	51.20	117.65	51.11	117.43	713	332	2.00	0.361	601.7	221.1	721.0
34.0	52.65	120.50	52.56	120.29	688	350	2.00	0.326	649.4	244.9	620.9
35.0	54.05	123.70	53.96	123.50	713	312	2.00	0.382	537.5	194.5	756.9

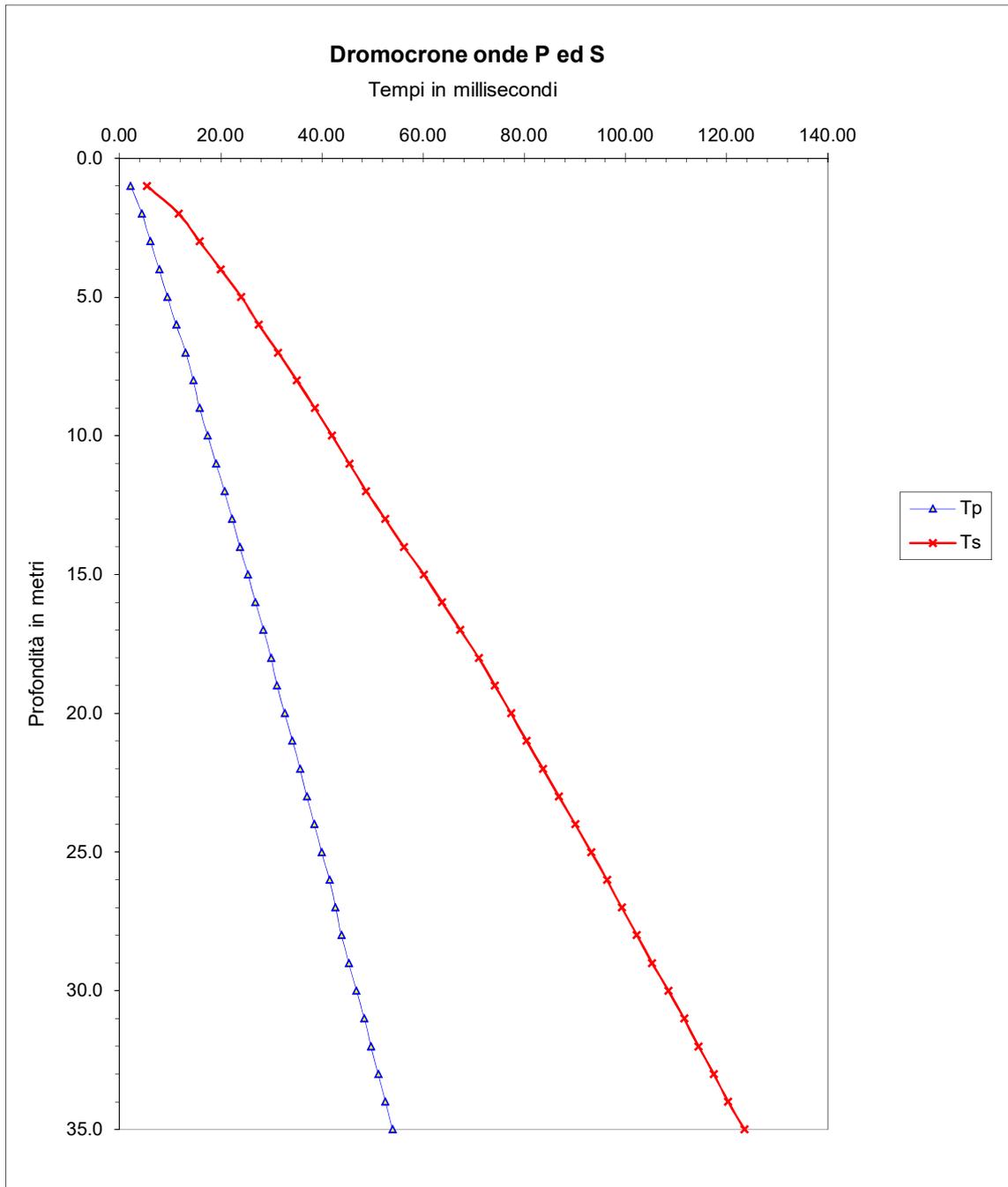
Veq = 277 m/sec (Riferimento al piano campagna)

Litologie prevalenti:

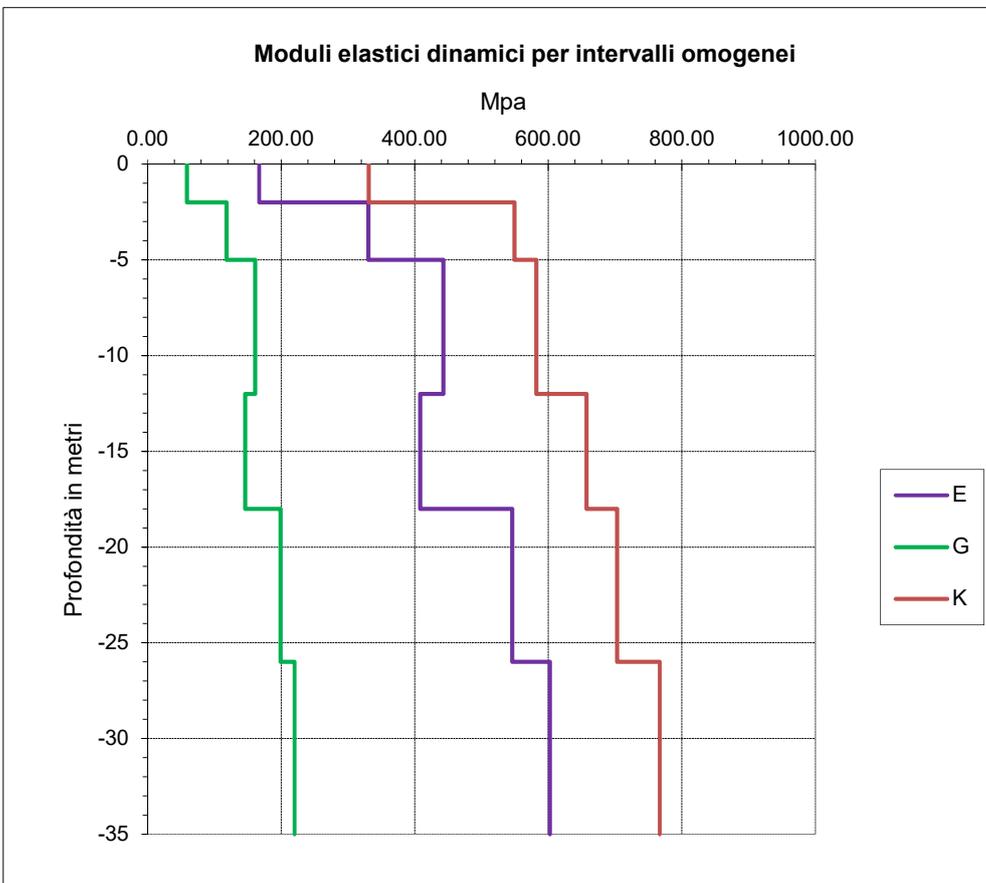
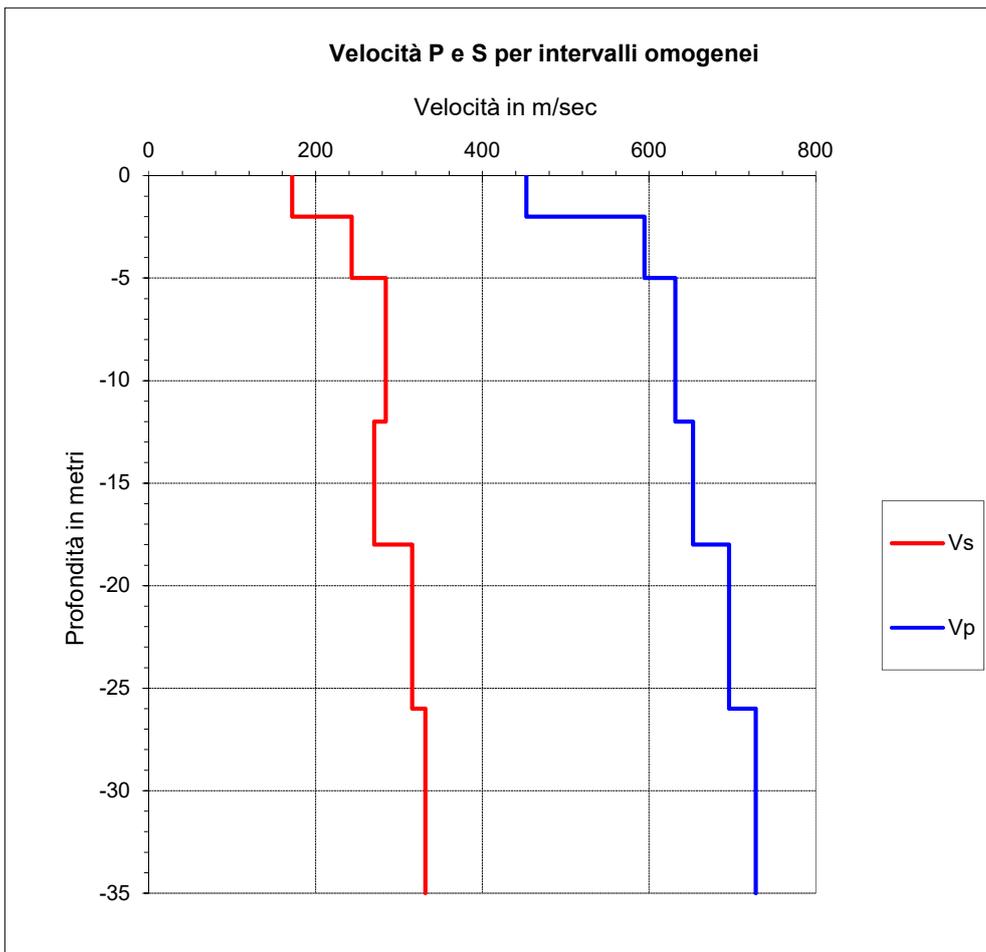
-  Coltre di alterazione
-  Argille limose sabbiose e limi sabbiosi
-  Sabbie fini prevalenti
-  Clasti eterometrici in matrice sabbioso-limoso-argillosa

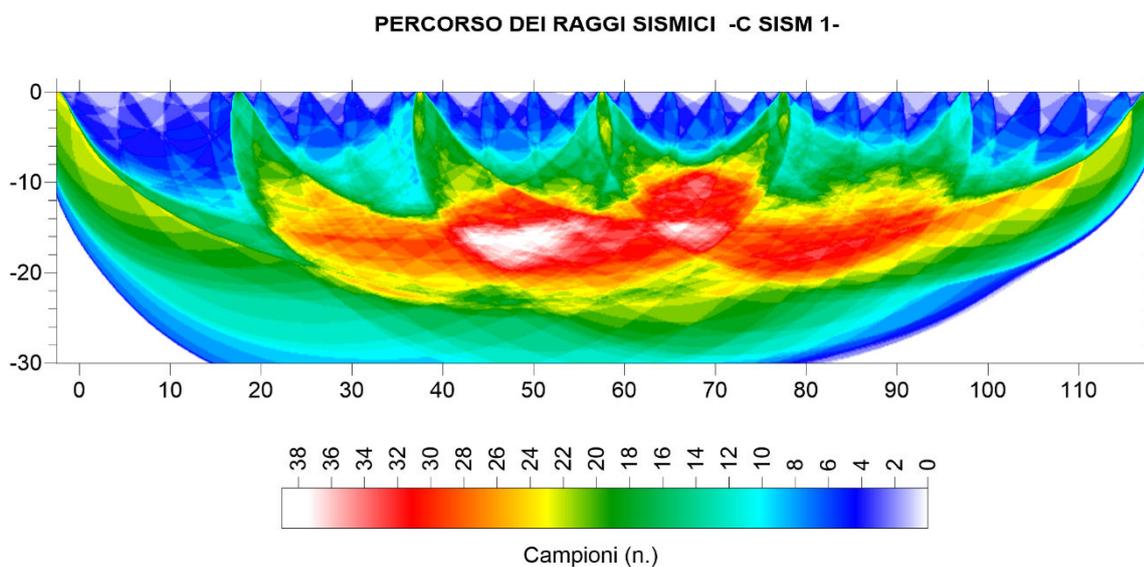
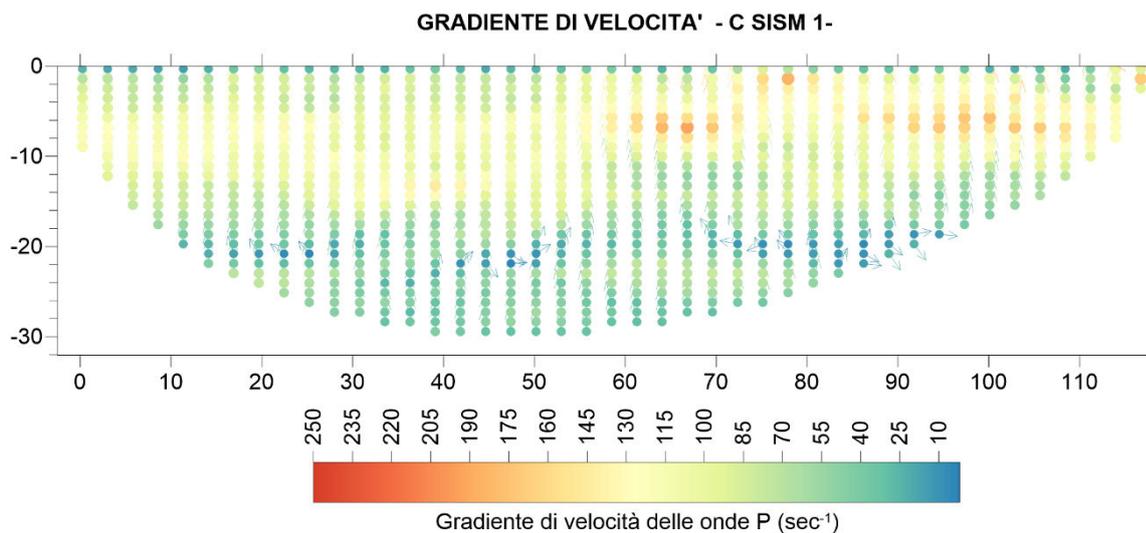
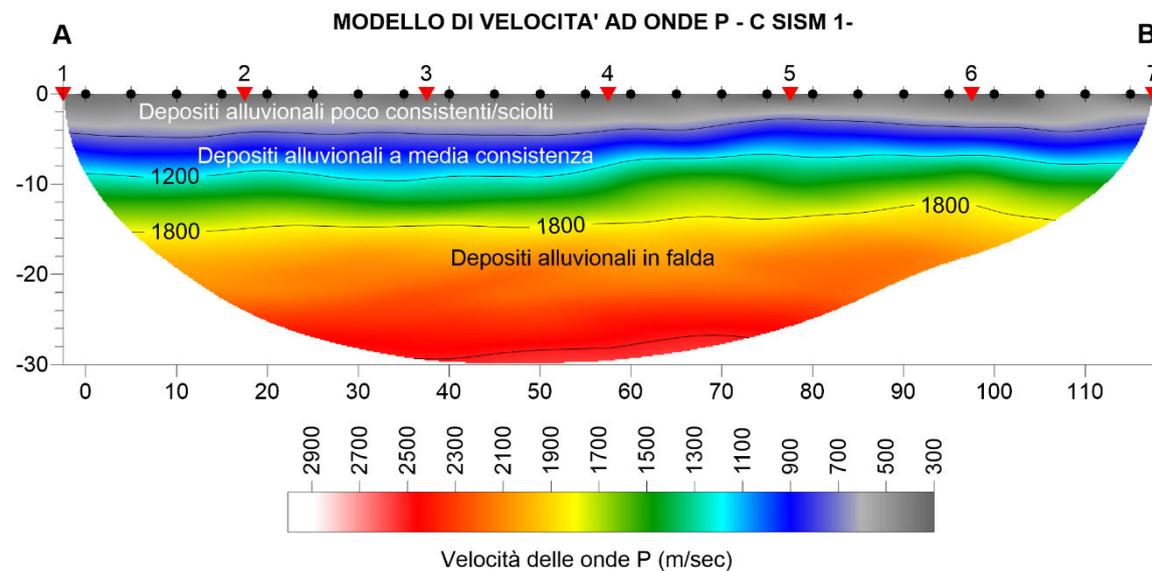
- Tp:** Tempo di arrivo onde longitudinali (P)
- Ts:** Tempo di arrivo onde trasversali (S)
- Tp':** Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale
- Ts':** Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale
- Vp Vs:** Velocità di intervallo onde P ed S
- ν:** Coefficiente di Poisson
- E:** Modulo di Young
- G:** Modulo di taglio
- γ:** Peso di Volume
- K:** Modulo di incompressibilità

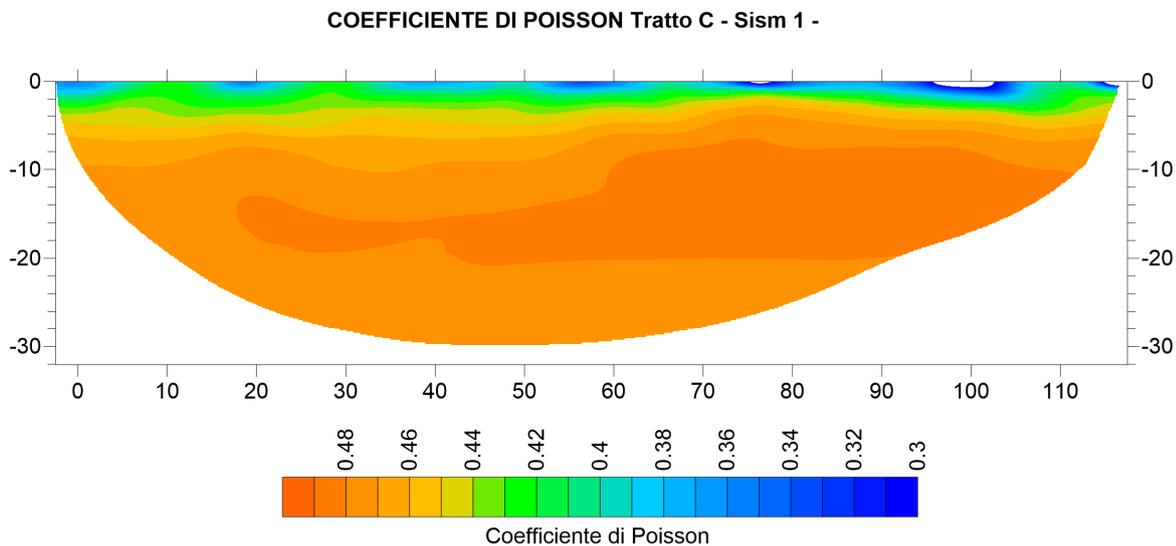
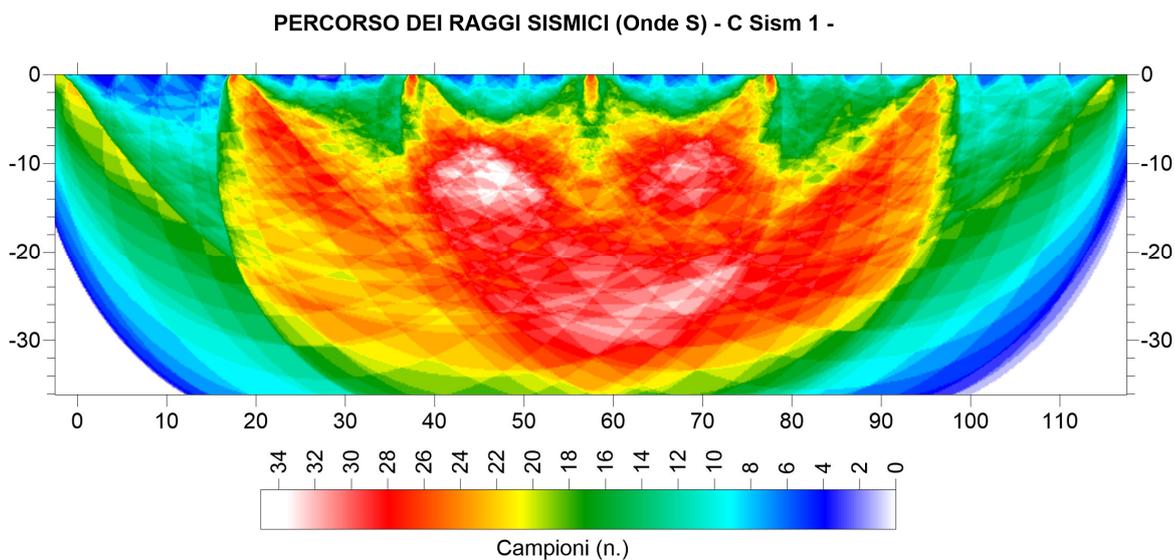
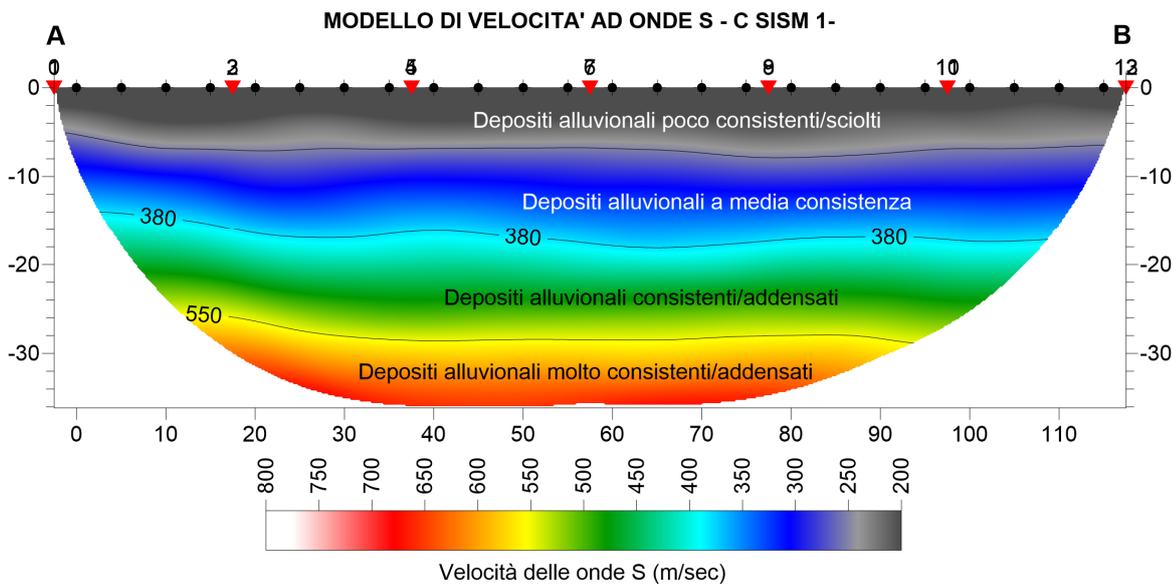




Intervalli omogenei di velocità			Moduli elastici dinamici				
Intervalli misure	Vp m/sec	Vs m/sec	γ g/cm ³	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
0 - 2	453	172	2.00	0.42	167.12	59.01	331.2
2 - 5	594	243	2.00	0.40	330.73	118.15	549.1
5 - 12	631	284	2.00	0.37	442.91	161.27	582.1
12 - 18	653	270	2.00	0.40	408.22	146.16	657.0
18 - 26	696	316	2.00	0.37	546.15	199.25	702.9
26 - 35	728	332	2.00	0.37	602.38	220.00	766.8







Indagini di sismica in foro C_DHS3, C_DHS4 e a rifrazione C_Sism02. Come si può osservare nella mappa di ubicazione allegata a seguire, le indagini di sismica in foro C_DHS3, C_DHS4 e di sismica a rifrazione in onde P ed S C_Sism02, ricadono sempre nella piana alluvionale della Val di Chiana, ma relativamente prossime alla dorsale dove è in affioramento l'alternanza pelitico-arenacea delle *Arenarie del Cervarola*, che costituisce anche il substrato locale. In effetti entrambe le perforazioni in cui sono state realizzate le misure in foro hanno intercettato tale substrato intorno ai 15-18 m di profondità. Quindi le indagini in foro sono caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali, al di sotto delle coltri di alterazione, da poco a mediamente addensati/consistenti, con valori di velocità delle onde di taglio comprese tra 170 e 230 m/sec, poggianti sul substrato torbiditico che rapidamente assume caratteri litoidi, con Vs media superiore a 800 m/sec. I valori dei coefficienti di poisson sono compresi tra 0.38 e 0.42 nelle parti più pelitiche, mentre variano tra 0.32 e 0.34 all'interno dell'alternanza pelitico-arenacea.

Nell'indagine a rifrazione il modello ad onde P mostra valori di velocità delle onde di compressione tra 380 e 900 m/sec nelle porzioni più superficiali, correlabili con orizzonti da poco a mediamente addensati/consistenti, mentre subiscono un brusco primo incremento intorno a 7-8 m di profondità, presumibilmente a causa della presenza di condizioni di saturazione del terreno ($V_p=1500$ m/sec). Il gradiente di velocità rimane comunque ancora molto elevato anche al di sotto dei 10 m, probabilmente a causa della presenza del substrato, che porta il valore della V_p a oltre 2000 m/sec già a 15-16 m di profondità, con un aumento poi più graduale nella zona sottostante. In coerenza con quanto descritto, il modello a rifrazione in onde S, è caratterizzato dai primi due orizzonti che assumono valori di Vs inferiori a 500 m/sec, attribuibili alle alluvioni da sciolte a mediamente addensate. Al di sotto dei 15 m circa i valori di Vs aumentano rapidamente, superando 800 m/sec, indizio della presenza di un substrato inizialmente da considerarsi fratturato e alterato, e via via più integro con la profondità.



ANAS Gruppo FS Italiane

SGC Grosseto-Fano - Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno)-Selci lama (E45). Adeguamento a 4 corsie del Tratto San Zeno - Nodo di Arezzo (Lotto di completamento)

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: C S03

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz.

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m

Offset dal foro m: 2.0

Profondità metri	Tempi di arrivo onde P ed S				Velocità P e S		Moduli elastici dinamici				
	Tp ms	Ts ms	Tp' ms	Ts' ms	Vp m/s	Vs m/s	γ g/cmc	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
1.0	6.00	13.55	2.68	6.06	373	165	2.00	0.378	150.1	54.5	205.2
2.0	7.00	16.15	4.95	11.42	441	187	2.00	0.391	193.7	69.6	296.5
3.0	8.30	20.20	6.91	16.81	511	186	2.00	0.424	196.2	68.9	430.7
4.0	9.80	24.55	8.77	21.96	538	194	2.00	0.425	214.9	75.4	478.0
5.0	11.55	29.35	10.72	27.25	511	189	2.00	0.421	202.9	71.4	426.2
6.0	13.50	34.40	12.81	32.63	480	186	2.00	0.412	194.8	69.0	368.8
7.0	15.30	39.40	14.71	37.88	525	191	2.00	0.424	206.7	72.6	454.9
8.0	17.00	44.80	16.49	43.46	561	179	2.00	0.443	185.5	64.3	544.8
9.0	19.00	50.40	18.55	49.20	487	174	2.00	0.426	173.3	60.8	392.5
10.0	21.10	55.80	20.69	54.72	467	181	2.00	0.411	185.5	65.7	348.0
11.0	23.00	60.00	22.63	59.03	516	232	2.00	0.374	295.0	107.4	388.9
12.0	24.90	64.50	24.56	63.62	518	218	2.00	0.392	264.3	94.9	409.1
13.0	26.50	68.80	26.19	68.00	613	228	2.00	0.419	296.3	104.4	613.0
14.0	28.30	73.00	28.02	72.27	548	234	2.00	0.388	305.1	109.9	454.8
15.0	30.10	77.50	29.84	76.82	549	220	2.00	0.405	271.0	96.4	474.9
16.0	31.90	81.80	31.65	81.17	550	230	2.00	0.394	294.9	105.8	464.3
17.0	33.50	86.00	33.27	85.41	618	236	2.00	0.415	314.5	111.1	616.9
18.0	35.00	90.25	34.79	89.70	660	233	2.00	0.429	310.9	108.8	725.8
19.0	36.20	93.00	36.00	92.49	823	358	2.00	0.383	710.2	256.7	1012.1
20.0	37.05	95.00	36.87	94.53	1156	490	2.00	0.390	1337.0	480.8	2031.7
21.0	37.90	96.80	37.73	96.36	1159	545	2.00	0.358	1612.5	593.7	1892.9
22.0	38.50	98.10	38.34	97.70	1632	750	2.00	0.366	3074.7	1125.3	3828.8
23.0	39.05	99.30	38.90	98.93	1782	813	2.00	0.368	3620.4	1322.9	4584.0
24.0	39.55	100.25	39.41	99.90	1960	1024	2.00	0.313	5500.0	2095.2	4890.1
25.0	40.15	101.40	40.02	101.08	1643	852	2.00	0.316	3823.0	1452.7	3460.1
26.0	40.70	102.50	40.58	102.20	1792	892	2.00	0.335	4250.3	1591.5	4301.7
27.0	41.15	103.50	41.04	103.22	2186	981	2.00	0.374	5291.0	1925.6	6989.9
28.0	41.70	104.60	41.59	104.33	1797	895	2.00	0.335	4280.0	1603.1	4321.6
29.0	42.20	105.80	42.10	105.55	1976	823	2.00	0.395	3779.6	1354.6	6006.2
30.0	42.70	107.00	42.61	106.76	1979	824	2.00	0.395	3788.2	1357.7	6018.9
31.0	43.20	108.15	43.11	107.93	1980	860	2.00	0.384	4095.0	1479.7	5871.1
32.0	43.70	109.50	43.61	109.29	1982	735	2.00	0.420	3066.6	1079.5	6417.8
33.0	44.10	110.40	44.02	110.20	2473	1098	2.00	0.377	6637.9	2409.6	9020.7
34.0	44.50	111.35	44.42	111.16	2475	1042	2.00	0.392	6042.9	2169.9	9361.8
35.0	45.00	112.50	44.93	112.32	1986	863	2.00	0.384	4120.8	1489.1	5903.7

$V_{eq} = 225$ m/sec (Riferimento al piano campagna)

Litologie prevalenti:

-  Coltre di alterazione
-  Limi argillosi debolmente sabbiosi
-  Argilliti scagiose fratturate
-  Argilliti marnose a consistenza litoide

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

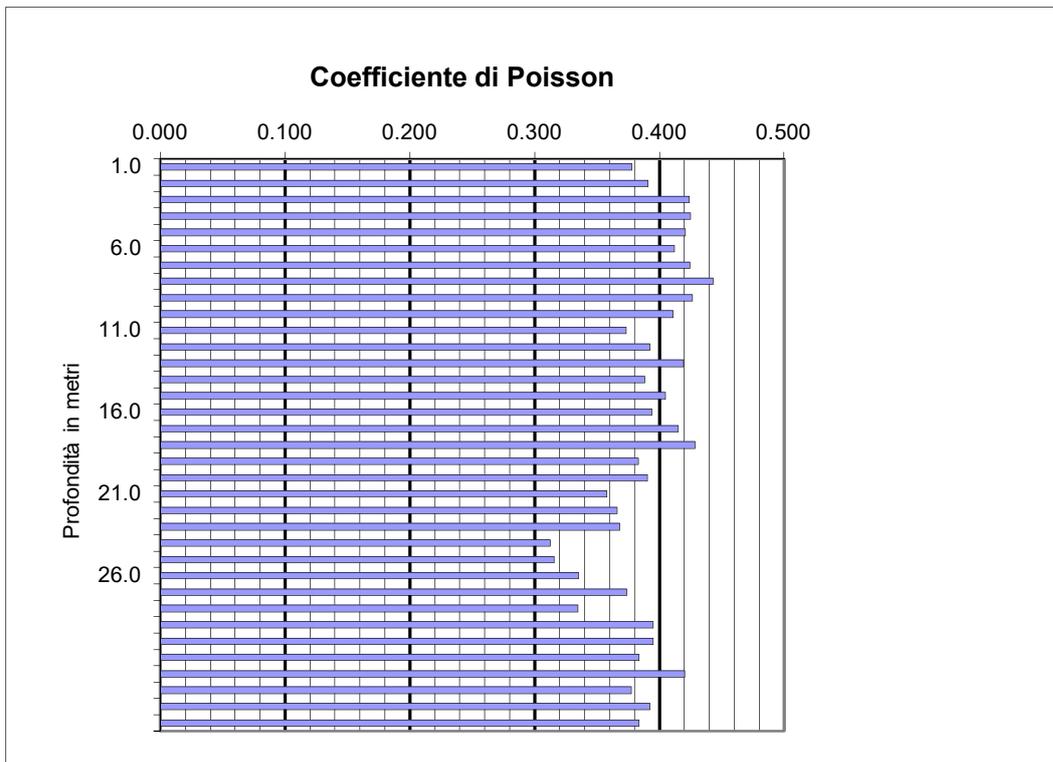
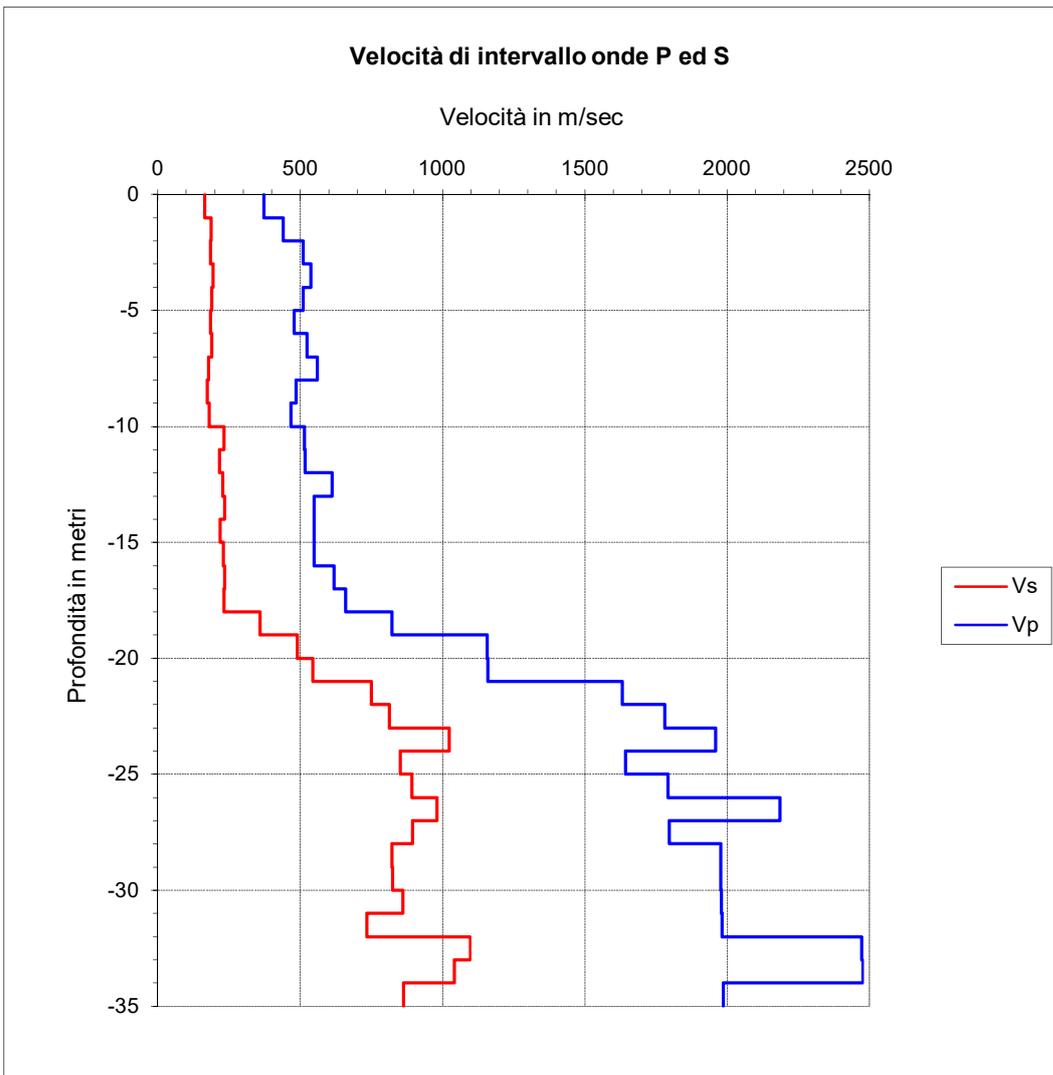
ν : Coefficiente di Poisson

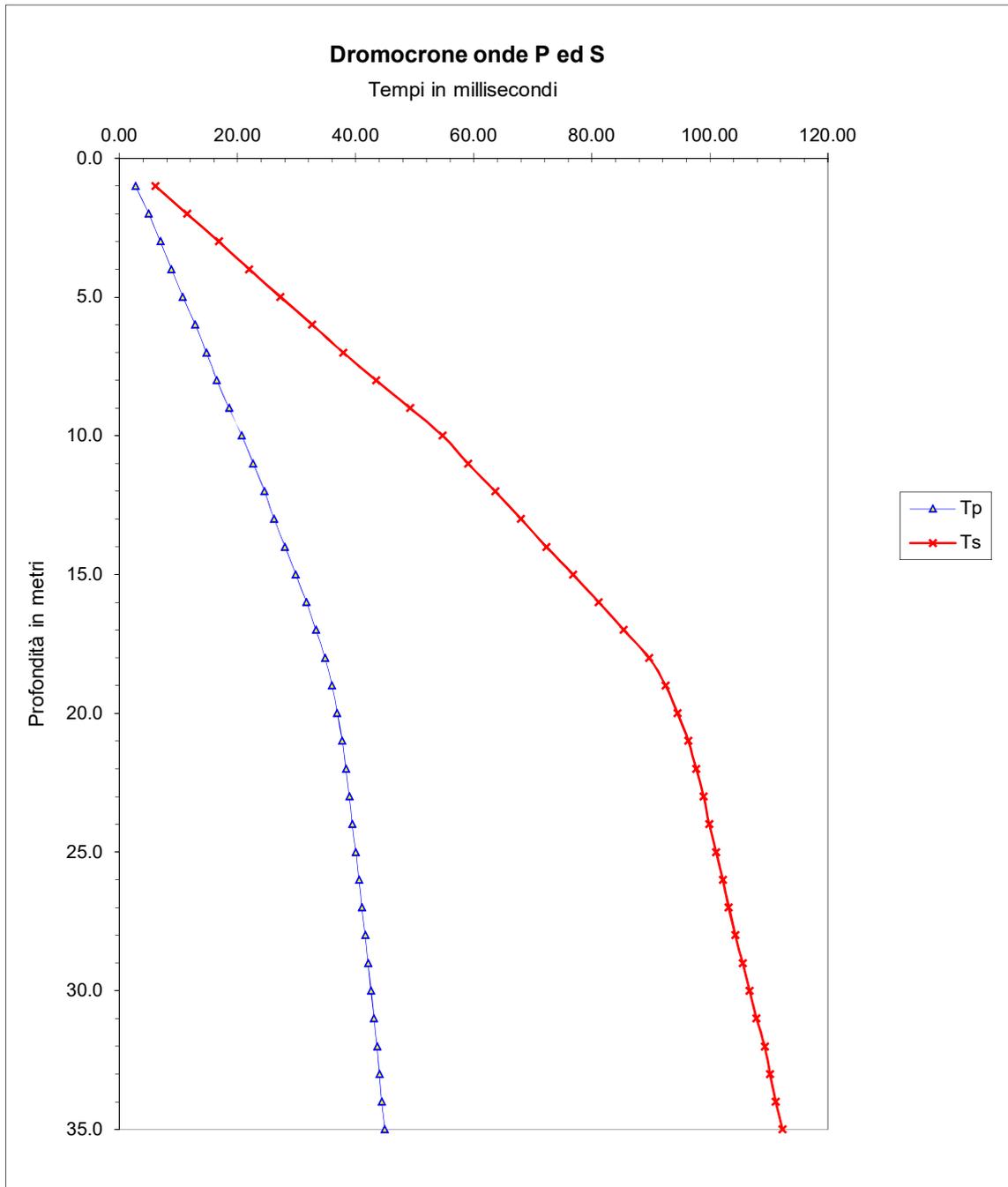
E: Modulo di Young

G: Modulo di taglio

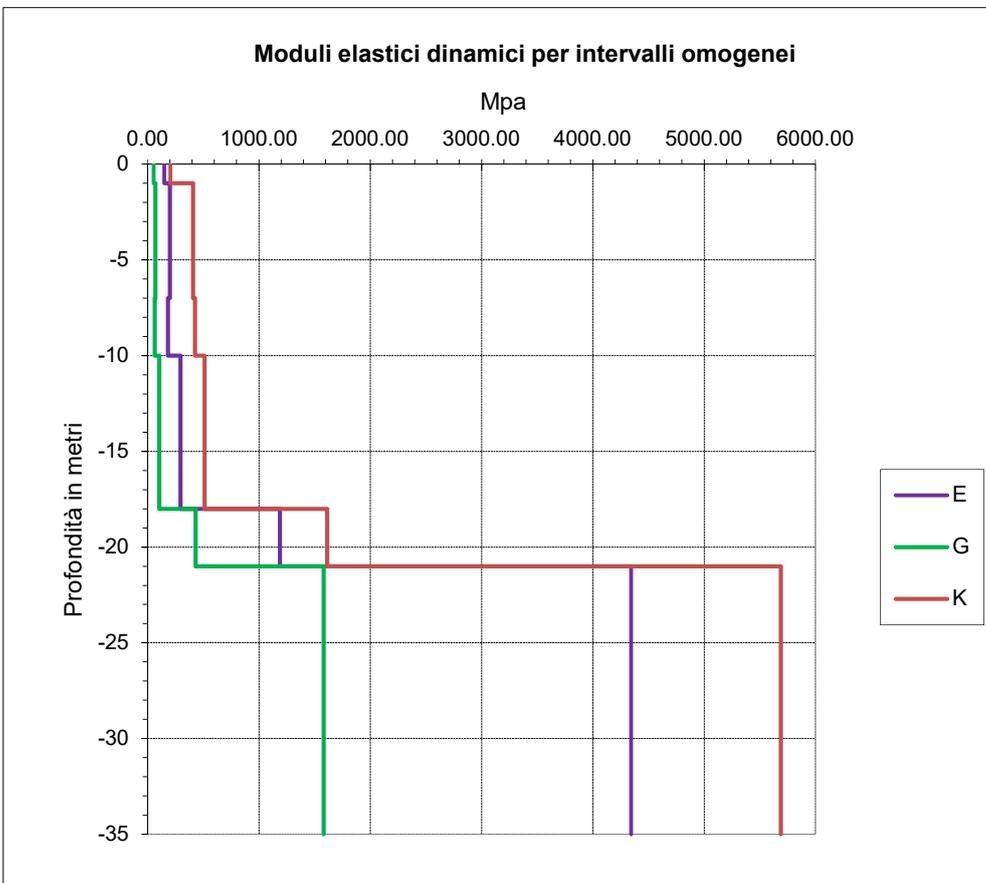
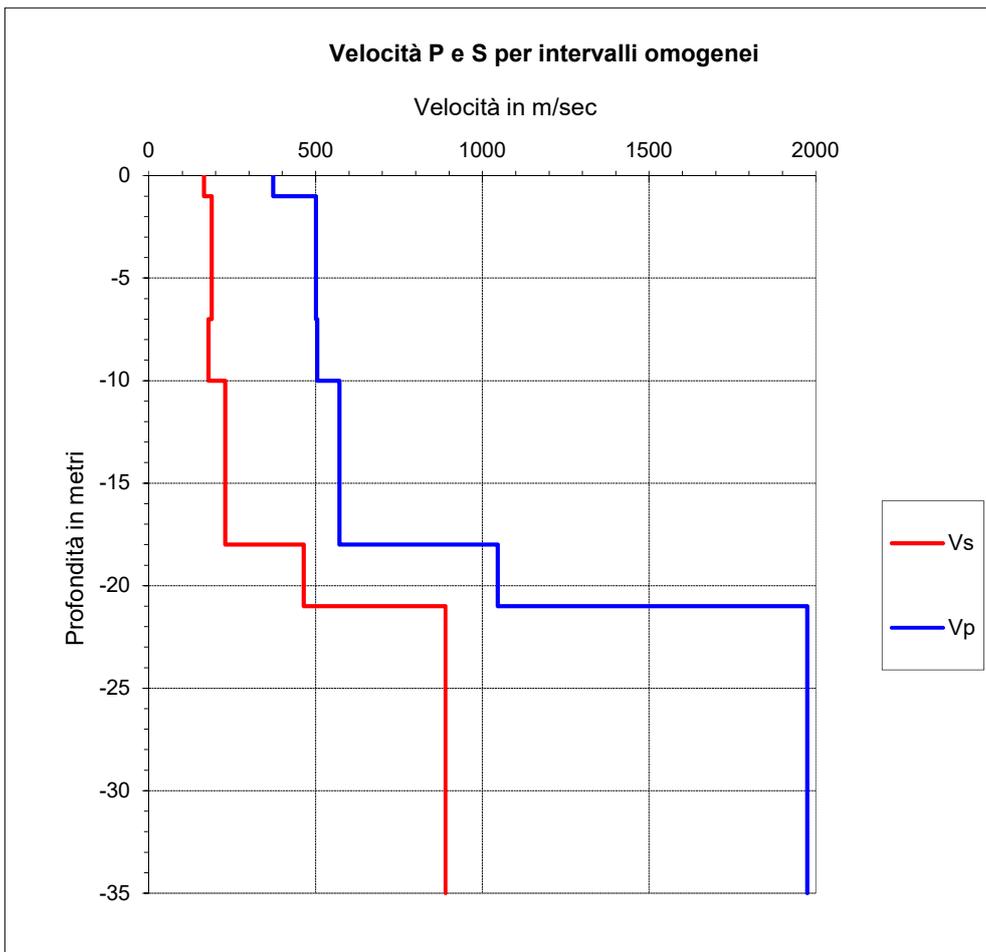
γ : Peso di Volume

K: Modulo di incompressibilità





Intervalli omogenei di velocità			Moduli elastici dinamici				
Intervalli misure	Vp m/sec	Vs m/sec	γ g/cm ³	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
0 - 1	373	165	2.00	0.38	150.11	54.47	205.2
1 - 7	501	189	2.00	0.42	201.64	71.13	407.2
7 - 10	505	178	2.00	0.43	181.64	63.57	425.1
10 - 18	572	229	2.00	0.40	294.28	104.76	513.8
18 - 21	1046	464	2.00	0.38	1188.42	431.48	1612.2
21 - 35	1975	889	2.00	0.37	4343.49	1582.05	5688.5



ANAS Gruppo FS Italiane

SGC Grosseto-Fano - Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno)-Selci lama (E45). Adeguamento a 4 corsie del Tratto San Zeno - Nodo di Arezzo (Lotto di completamento)

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: C S04

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz.

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m

Offset dal foro m: 2.0

Profondità metri	Tempi di arrivo onde P ed S				Velocità P e S		Moduli elastici dinamici				
	Tp ms	Ts ms	Tp' ms	Ts' ms	Vp m/s	Vs m/s	γ g/cm ³	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
1.0	5.20	14.00	2.33	6.26	430	160	2.00	0.420	144.9	51.0	301.8
2.0	6.10	16.50	4.31	11.67	503	185	2.00	0.422	194.6	68.4	414.9
3.0	7.50	19.15	6.24	15.93	519	234	2.00	0.372	301.5	109.9	392.1
4.0	9.00	22.50	8.05	20.12	553	239	2.00	0.385	315.5	113.9	459.0
5.0	10.85	26.30	10.07	24.42	494	233	2.00	0.357	294.4	108.5	343.5
6.0	12.70	30.10	12.05	28.56	507	242	2.00	0.352	316.2	116.9	357.2
7.0	14.60	34.20	14.04	32.88	503	231	2.00	0.366	291.6	106.7	362.7
8.0	16.50	38.25	16.01	37.11	508	237	2.00	0.361	305.2	112.1	366.3
9.0	18.40	43.00	17.96	41.98	512	205	2.00	0.404	237.0	84.4	411.0
10.0	20.10	47.50	19.71	46.58	572	217	2.00	0.416	267.4	94.5	528.7
11.0	21.80	52.00	21.45	51.16	575	218	2.00	0.416	269.6	95.2	534.7
12.0	23.60	56.50	23.28	55.73	546	219	2.00	0.404	269.0	95.8	469.2
13.0	25.40	60.80	25.10	60.09	548	229	2.00	0.394	293.0	105.1	459.8
14.0	27.30	65.50	27.03	64.84	521	211	2.00	0.402	248.7	88.7	423.7
15.0	28.90	69.80	28.65	69.19	617	230	2.00	0.419	300.6	105.9	620.1
16.0	30.25	73.00	30.02	72.44	730	308	2.00	0.392	527.6	189.5	813.0
17.0	31.65	76.00	31.43	75.48	706	329	2.00	0.362	588.1	216.0	708.4
18.0	32.60	77.80	32.40	77.32	1034	542	2.00	0.310	1540.2	587.7	1353.5
19.0	33.50	79.60	33.32	79.16	1093	544	2.00	0.335	1580.1	591.7	1598.2
20.0	34.20	81.00	34.03	80.60	1400	697	2.00	0.335	2592.6	970.7	2625.1
21.0	34.80	82.20	34.64	81.83	1631	812	2.00	0.335	3520.9	1318.3	3565.2
22.0	35.45	83.50	35.30	83.16	1512	753	2.00	0.335	3030.9	1135.2	3061.6
23.0	36.20	84.80	36.06	84.48	1317	755	2.00	0.255	2862.8	1140.7	1946.3
24.0	36.85	86.15	36.72	85.85	1518	729	2.00	0.350	2871.9	1063.7	3189.8
25.0	37.50	87.50	37.38	87.22	1520	731	2.00	0.350	2881.3	1067.3	3198.2
26.0	38.10	88.70	37.99	88.44	1647	821	2.00	0.334	3601.5	1349.5	3625.2
27.0	38.80	90.00	38.69	89.75	1416	760	2.00	0.297	2999.7	1155.9	2468.9
28.0	39.40	91.10	39.30	90.87	1650	897	2.00	0.290	4155.6	1610.5	3300.9
29.0	40.00	92.30	39.91	92.08	1652	825	2.00	0.334	3628.1	1359.7	3645.0
30.0	40.55	93.50	40.46	93.29	1802	825	2.00	0.367	3725.3	1362.3	4677.1
31.0	41.10	94.65	41.01	94.45	1803	862	2.00	0.352	4014.4	1484.5	4524.4
32.0	41.60	95.70	41.52	95.51	1983	943	2.00	0.354	4819.3	1780.0	5492.2
33.0	42.15	96.80	42.07	96.62	1806	902	2.00	0.334	4337.7	1625.9	4352.9
34.0	42.70	97.85	42.63	97.68	1807	945	2.00	0.312	4683.7	1785.3	4147.6
35.0	43.25	98.95	43.18	98.79	1808	903	2.00	0.334	4348.3	1630.0	4360.9

$V_{eq} = 287$ m/sec (Riferimento al piano campagna)

Litologie prevalenti:

- Coltre di alterazione argilloso-limosa
- Sabbie da fini a medio-fini, limo-argillose
- Alternanze argillitico-arenitiche fratturate e alterate
- Argilliti marnose a consistenza litoide

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

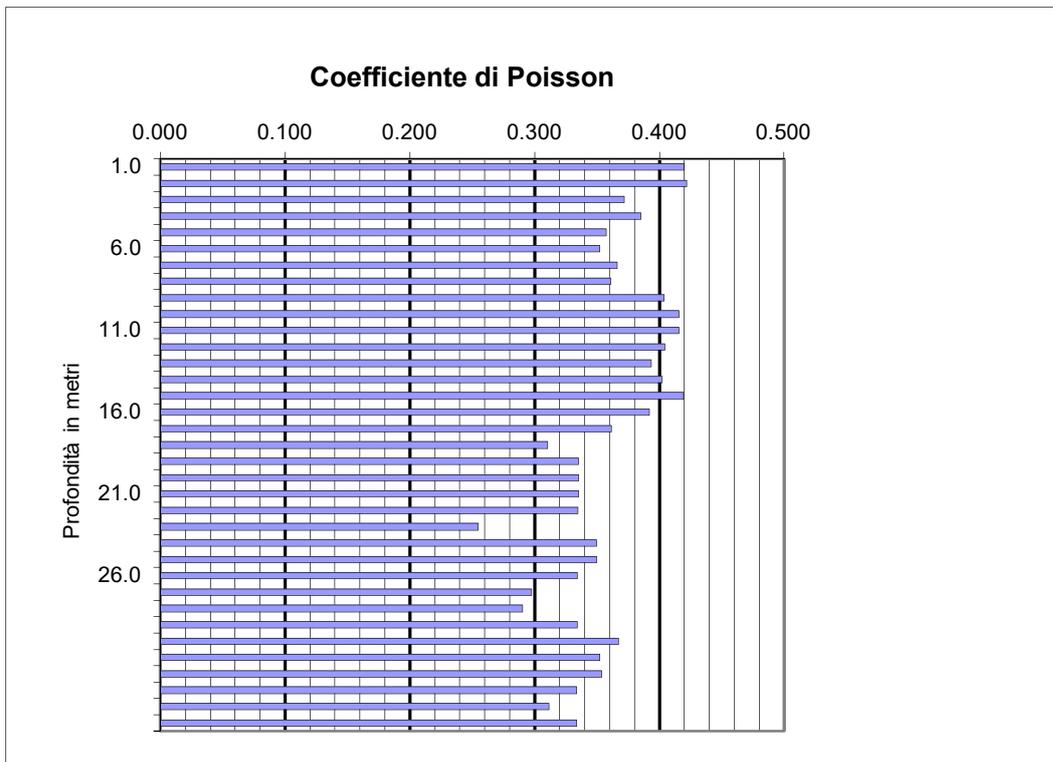
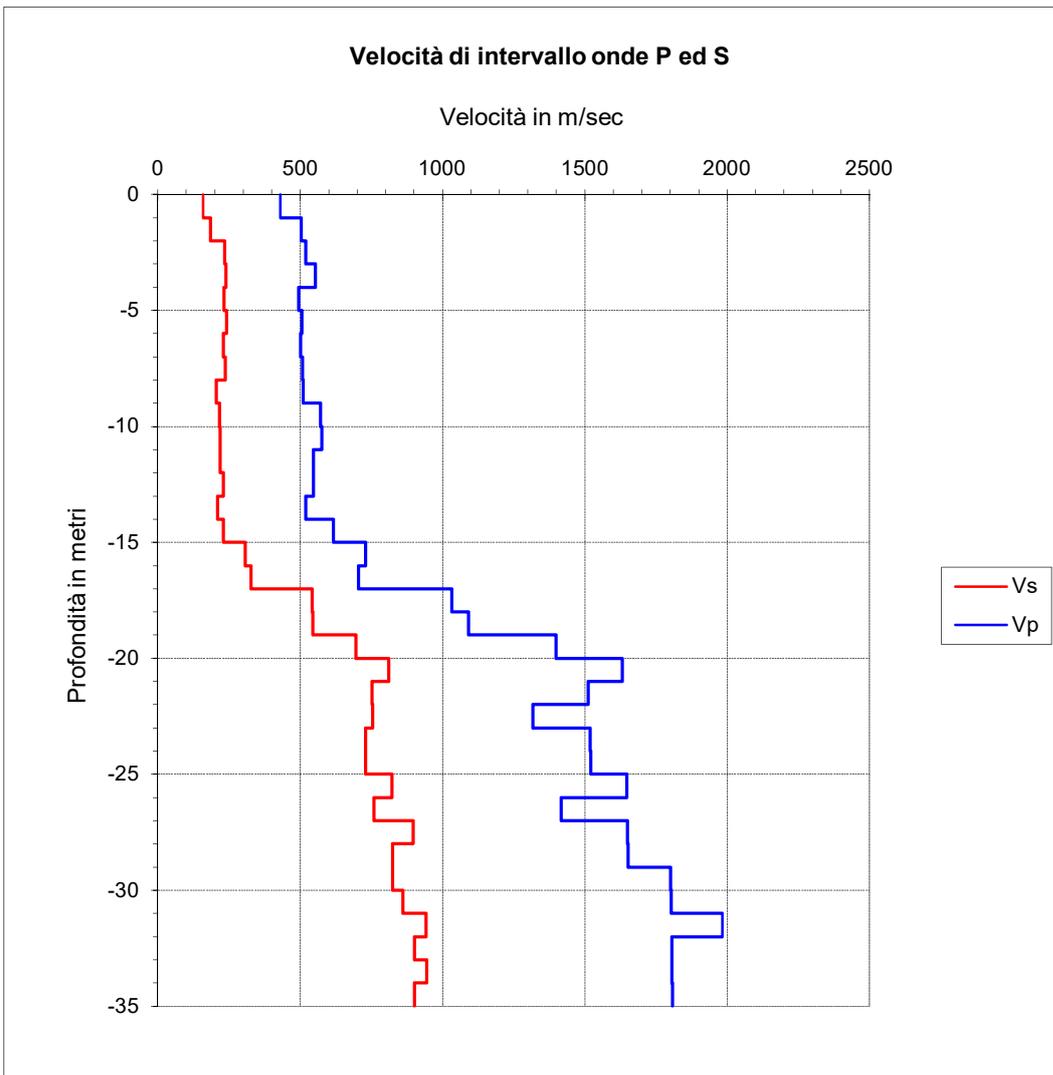
ν : Coefficiente di Poisson

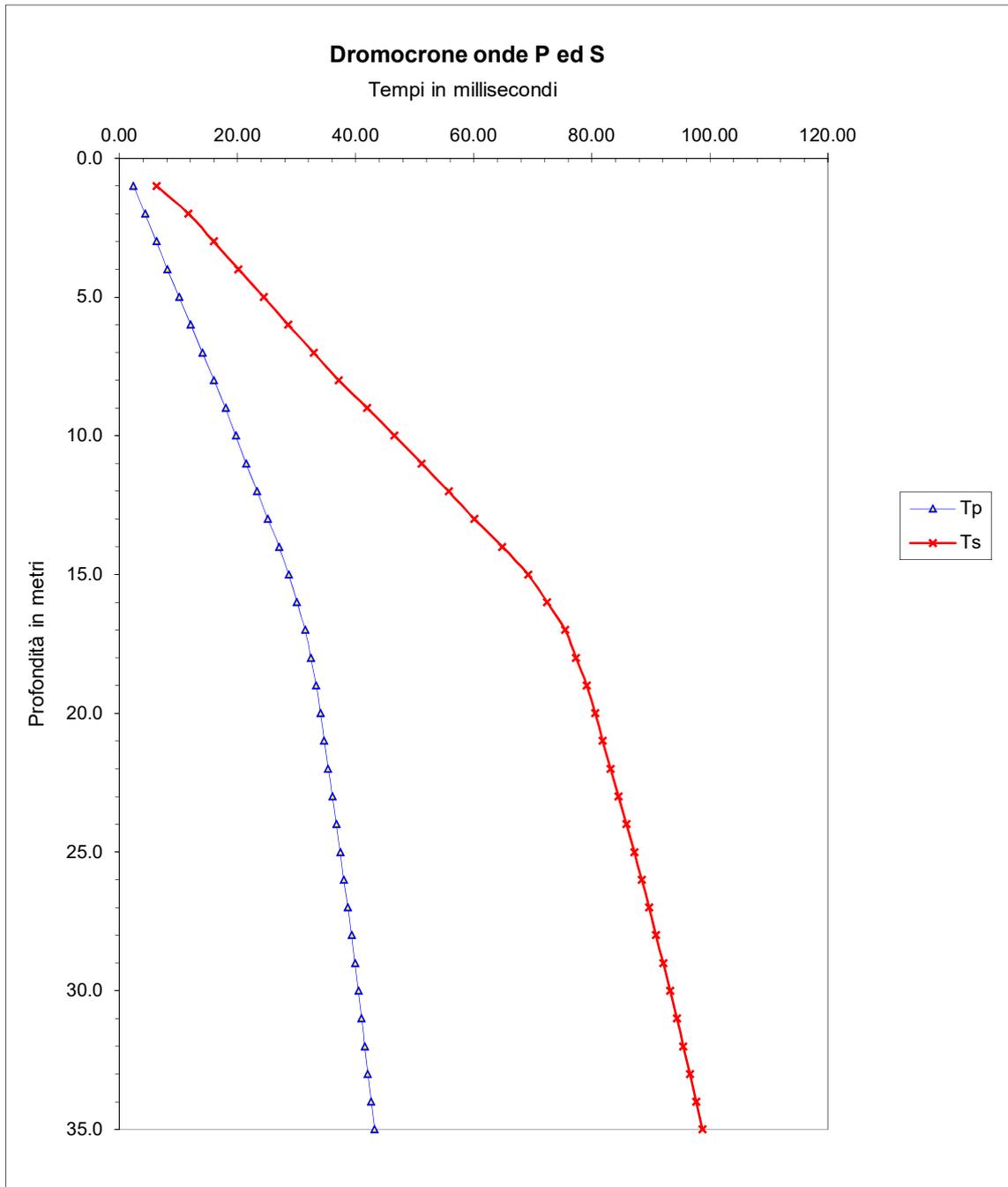
E: Modulo di Young

G: Modulo di taglio

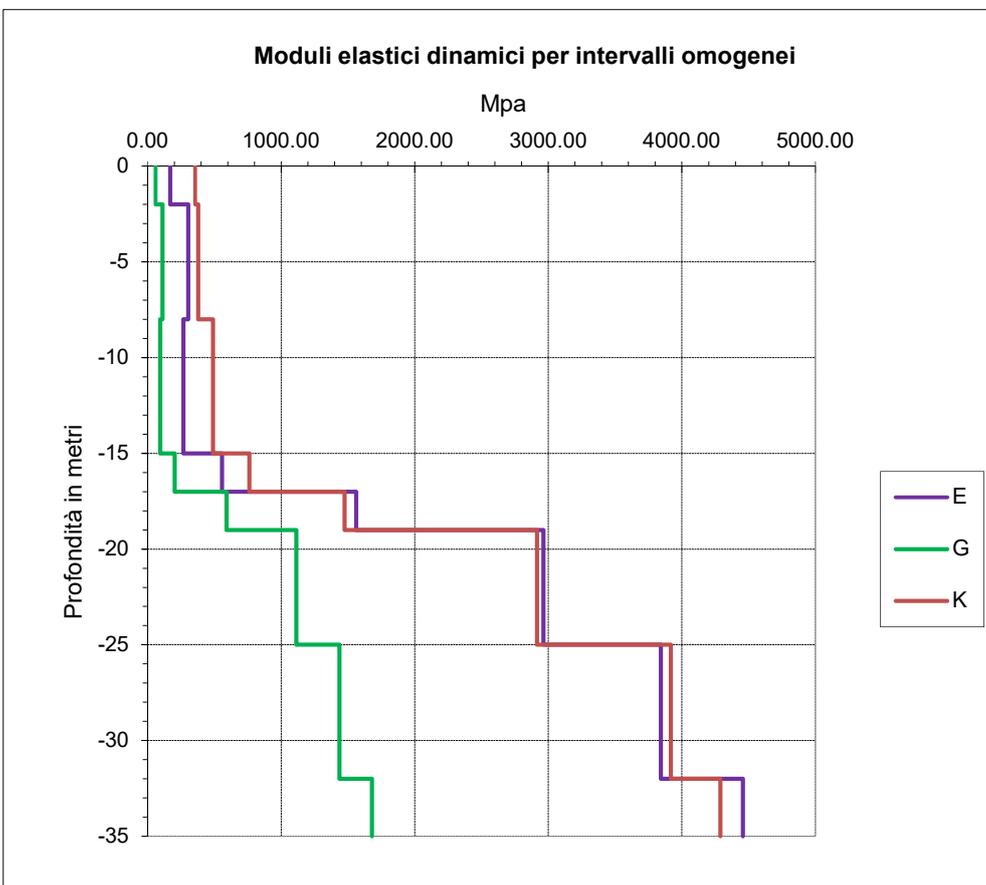
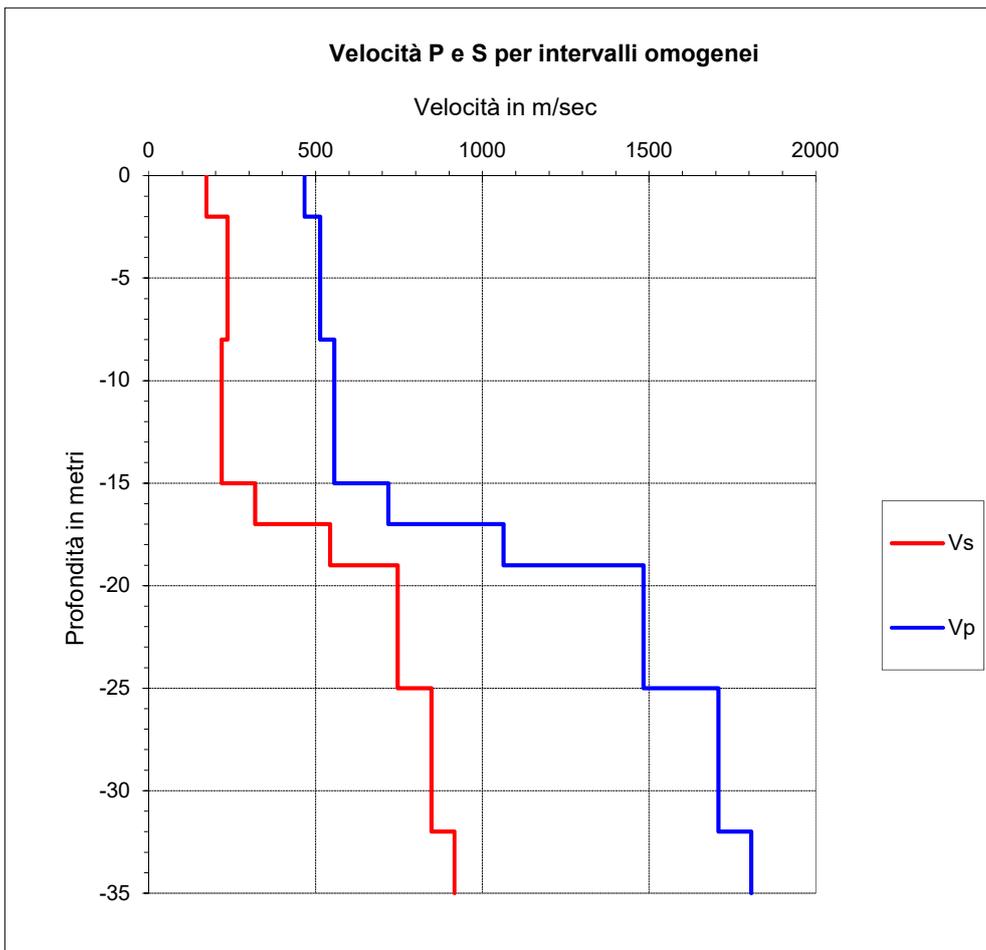
γ : Peso di Volume

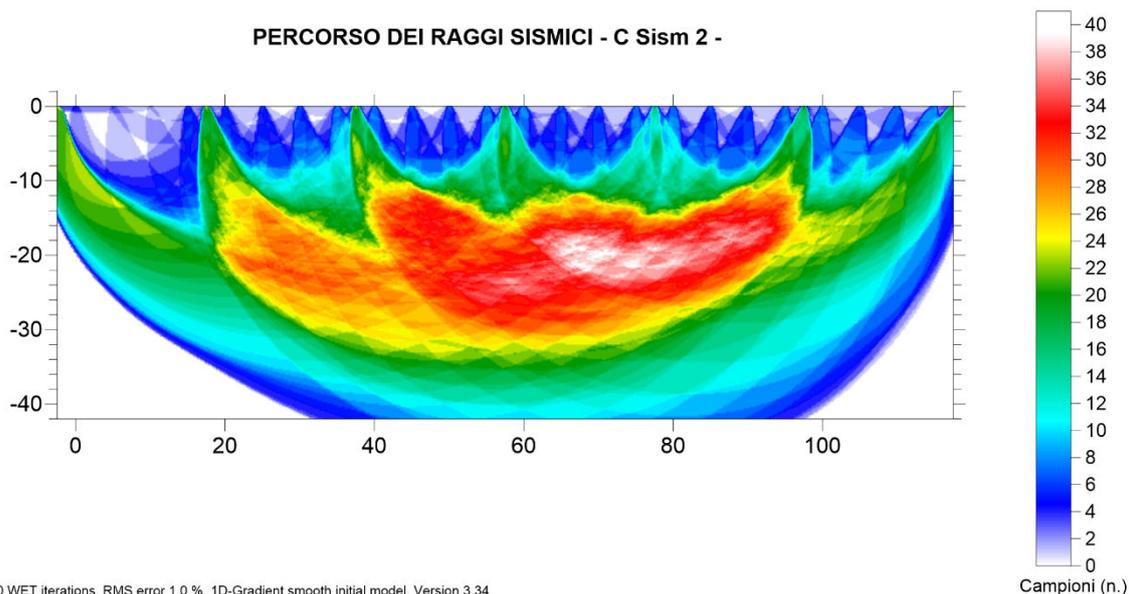
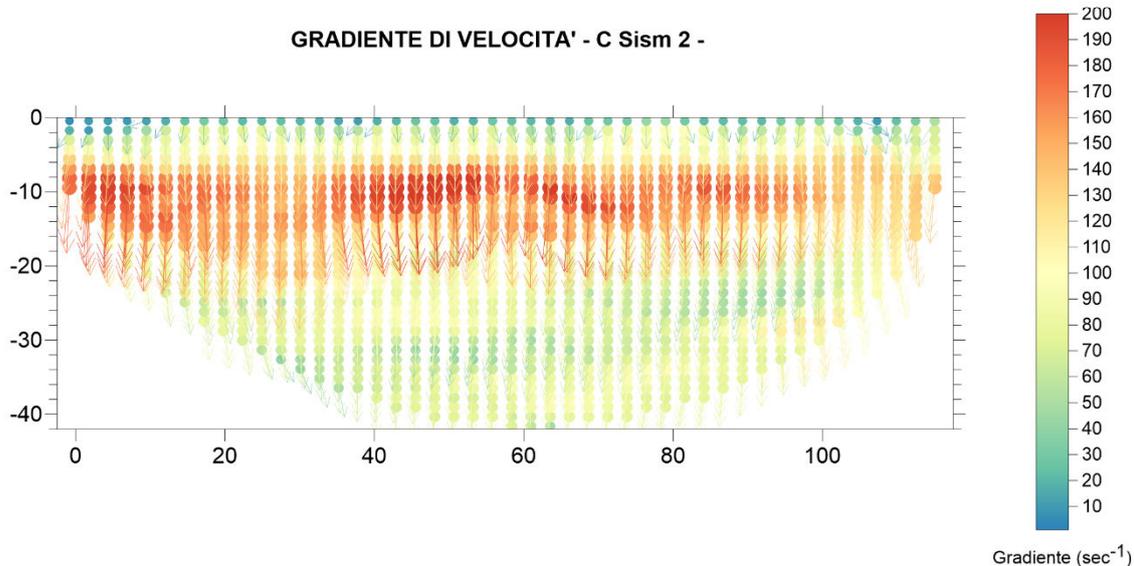
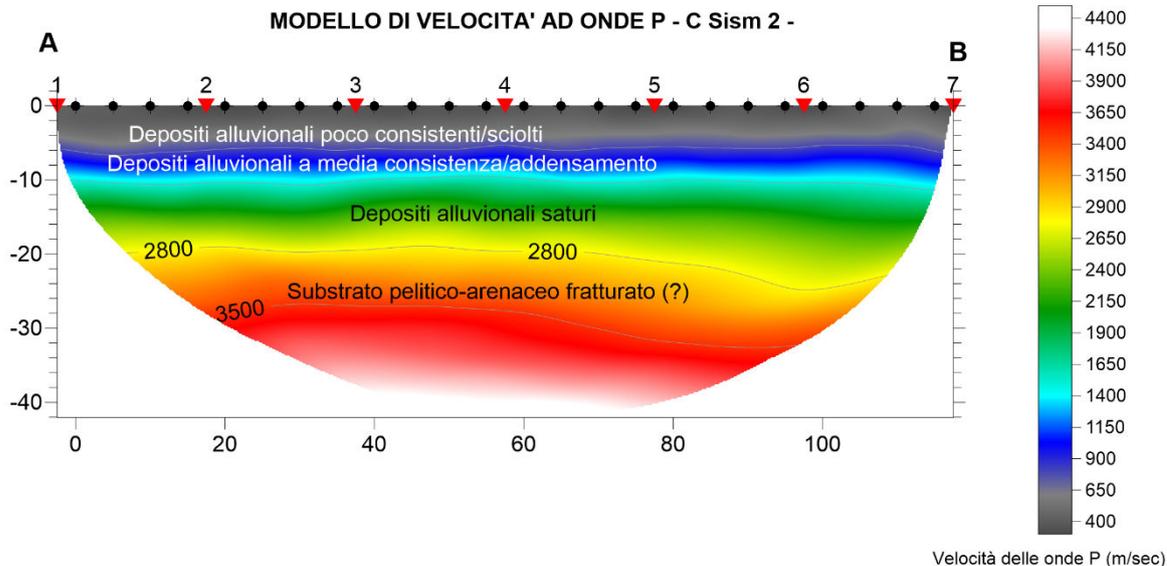
K: Modulo di incompressibilità

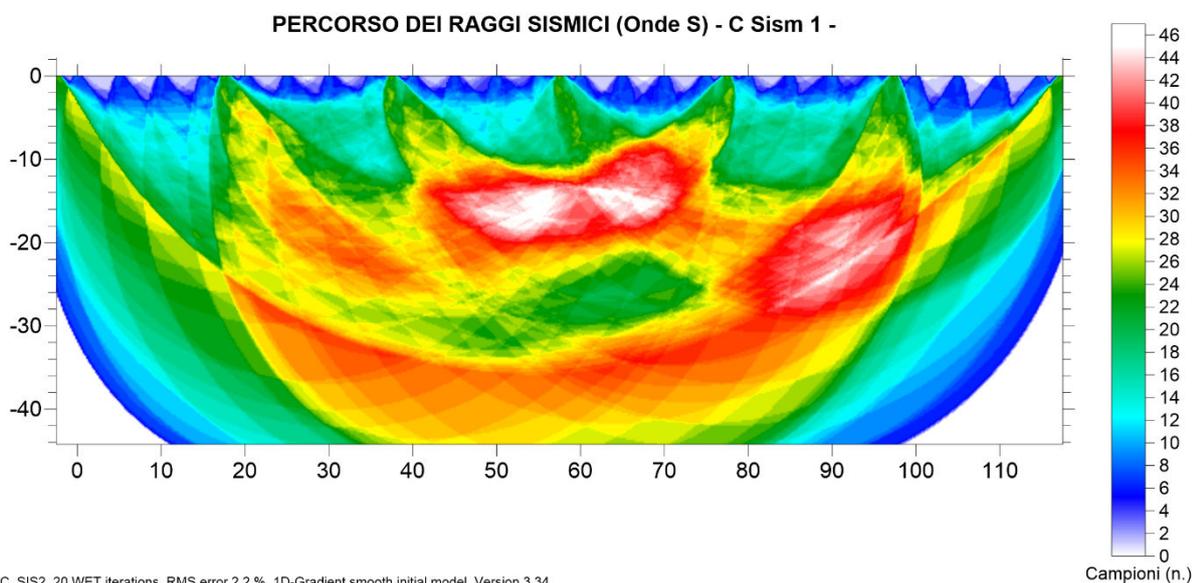
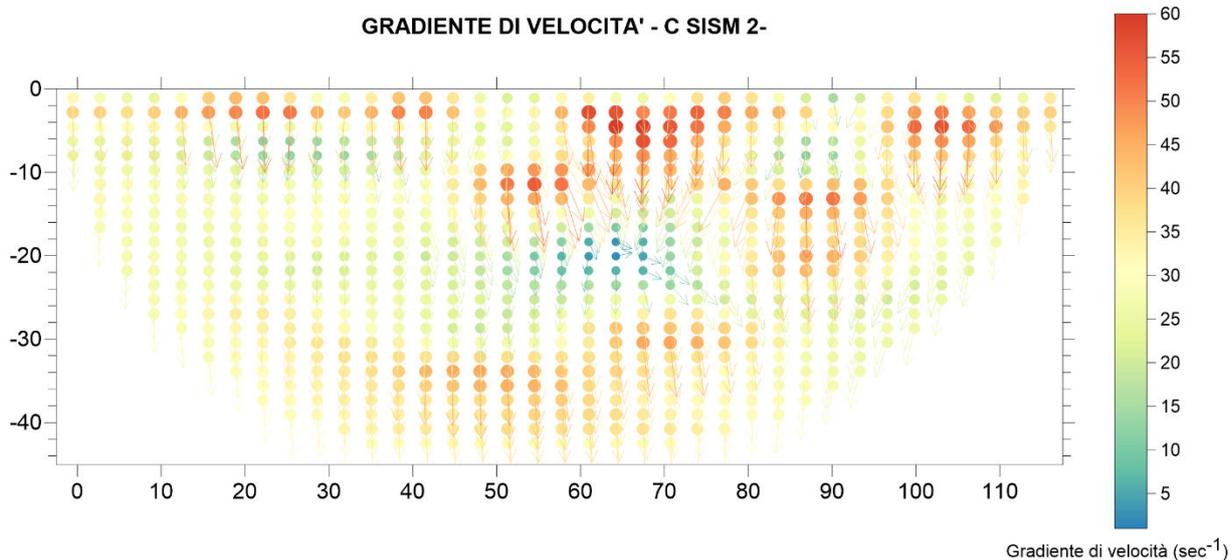
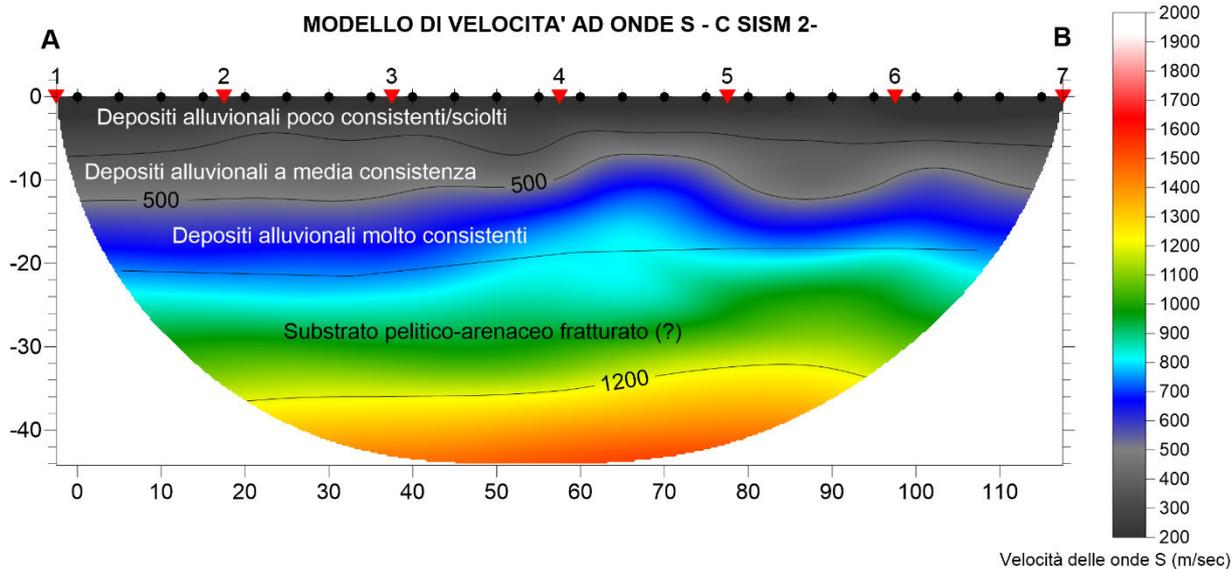




Intervalli omogenei di velocità			Moduli elastici dinamici				
Intervalli misure	Vp m/sec	Vs m/sec	γ g/cm ³	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
0 - 2	467	172	2.00	0.42	168.83	59.41	356.1
2 - 8	514	236	2.00	0.37	304.15	111.30	379.5
8 - 15	556	219	2.00	0.41	269.05	95.51	490.4
15 - 17	718	318	2.00	0.38	558.05	202.52	760.7
17 - 19	1063	543	2.00	0.32	1561.00	589.72	1474.1
19 - 25	1483	746	2.00	0.33	2963.11	1113.50	2914.3
25 - 32	1708	848	2.00	0.34	3841.53	1437.16	3916.0
32 - 35	1807	916	2.00	0.33	4456.89	1679.59	4288.2







Indagini di sismica in foro C_DHS6, C_DHS9 e a rifrazione C_Sism03. Ricadono nel tratto più settentrionale del tracciato, nella piana alluvionale della *Val di Chiana*. Le perforazioni realizzate per l'esecuzione delle indagini in foro, fino a 35 m di profondità, hanno intercettato i soli terreni alluvionali, costituiti dall'alternanza di litologie pelitiche (argille limose e sabbiose e ciottolame in matrice limoso-argillosa). Le alternanze litologiche determinano anche la presenza di inversioni di velocità tra i depositi più grossolani, generalmente più addensati, e le parti più fini (a consistenza da scarsa a media). Quindi, nella prospezione C_DH S06, al di sotto della coltre di alterazione, si rinviene uno spesso orizzonte molto addensato (con Vs di poco inferiore a 400 m/sec) che tra 10 e 16 m circa passa a peliti prevalenti con Vs media pari a 208 m/sec (consistenza da bassa a media). Quindi a maggiore profondità si osserva un graduale aumento della velocità delle onde di taglio, indicante un graduale aumento di addensamento/consistenza con la profondità.

Il profilo di velocità delle onde di taglio dell'indagine in foro C_DH S9 è caratterizzato da un primo orizzonte, spesso circa 2 m, poco consistente; seguono poi orizzonti pelitici, intercalati da facies più granulari, da considerarsi mediamente addensati (Vs tra 220 e 250 m/sec) fino alla profondità di 19 m, dove si osserva un netto aumento, sia della velocità delle onde di taglio, compresa 370 m/sec e oltre 400 m/sec, che di quella di compressione, attribuibili a compagini da addensate a molto addensate/consistenti.

Nella prospezione di sismica a rifrazione C_Sism03 le velocità delle onde di compressione si mantengono al di sotto degli 800 m/sec, nelle porzioni più superficiali del modello, mentre nella parti più profonde subiscono un rapido aumento a valori superiori a 1500 m/sec a causa della presenza di condizioni di saturazione. Il modello ad onde S invece è caratterizzato da orizzonti con Vs compresi tra 200 e 420 m/sec fino alla profondità di 15-17 m, quindi nelle porzioni più profonde si osserva un graduale aumento della stessa, fino a valori superiori a 600 m/sec a 33 m di profondità (compagini molto addensate/consistenti).



ANAS Gruppo FS Italiane

SGC Grosseto-Fano - Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno)-Selci lama (E45). Adeguamento a 4 corsie del Tratto San Zeno - Nodo di Arezzo (Lotto di completamento)

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: C S06

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz.

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m

Offset dal foro m:

2.0

Profondità metri	Tempi di arrivo onde P ed S				Velocità P e S		Moduli elastici dinamici				
	Tp ms	Ts ms	Tp' ms	Ts' ms	Vp m/s	Vs m/s	γ g/cm ³	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
1.0	6.10	11.20	2.73	5.01	367	200	2.00	0.289	205.5	79.7	162.5
2.0	6.20	11.65	4.38	8.24	604	310	2.00	0.322	507.0	191.8	473.5
3.0	7.00	13.00	5.82	10.82	694	388	2.00	0.273	765.9	300.7	563.1
4.0	8.20	15.10	7.33	13.51	662	372	2.00	0.270	702.3	276.6	508.5
5.0	9.35	17.20	8.68	15.97	742	406	2.00	0.287	847.9	329.4	663.1
6.0	10.50	19.40	9.96	18.40	781	411	2.00	0.309	883.4	337.4	771.0
7.0	11.75	21.65	11.30	20.82	748	415	2.00	0.278	878.6	343.6	661.1
8.0	13.00	24.10	12.61	23.38	761	390	2.00	0.322	804.6	304.4	752.6
9.0	14.30	26.45	13.96	25.82	742	410	2.00	0.280	860.5	336.0	653.3
10.0	15.65	29.00	15.35	28.44	721	382	2.00	0.305	762.2	292.1	650.7
11.0	17.50	33.55	17.22	33.01	534	219	2.00	0.399	267.8	95.7	443.4
12.0	19.80	38.50	19.53	37.98	432	201	2.00	0.362	220.7	81.1	265.8
13.0	21.90	43.30	21.65	42.80	473	207	2.00	0.381	237.7	86.1	332.4
14.0	23.80	48.05	23.56	47.57	522	210	2.00	0.404	246.7	87.9	427.9
15.0	25.80	53.00	25.57	52.54	497	201	2.00	0.402	227.2	81.0	385.6
16.0	27.80	57.80	27.59	57.35	497	208	2.00	0.394	240.2	86.1	379.4
17.0	29.50	61.00	29.30	60.58	584	310	2.00	0.304	500.5	191.9	426.0
18.0	31.00	63.65	30.81	63.26	661	373	2.00	0.266	705.8	278.8	502.6
19.0	32.20	65.90	32.02	65.54	825	439	2.00	0.302	1004.4	385.7	845.8
20.0	33.75	68.70	33.58	68.36	641	354	2.00	0.280	643.3	251.3	487.4
21.0	35.00	71.00	34.84	70.68	794	431	2.00	0.291	958.6	371.2	765.1
22.0	36.35	73.50	36.20	73.20	736	397	2.00	0.295	816.9	315.4	663.3
23.0	37.90	76.30	37.76	76.01	642	355	2.00	0.280	646.0	252.4	488.7
24.0	39.40	79.00	39.26	78.73	664	368	2.00	0.277	693.7	271.5	519.3
25.0	41.00	82.10	40.87	81.84	623	321	2.00	0.319	544.8	206.6	500.4
26.0	42.65	85.10	42.52	84.85	604	332	2.00	0.284	566.4	220.6	436.1
27.0	44.10	87.80	43.98	87.56	687	369	2.00	0.298	706.3	272.2	581.7
28.0	45.50	90.40	45.38	90.17	712	383	2.00	0.296	761.0	293.6	621.9
29.0	46.80	92.70	46.69	92.48	766	433	2.00	0.266	948.8	374.8	675.2
30.0	48.00	95.05	47.89	94.84	830	424	2.00	0.324	951.3	359.4	899.2
31.0	49.00	97.30	48.90	97.10	995	443	2.00	0.377	1079.4	392.0	1458.8
32.0	49.90	99.20	49.80	99.01	1106	524	2.00	0.355	1488.0	549.0	1712.7
33.0	51.00	101.50	50.91	101.31	906	433	2.00	0.352	1015.6	375.7	1140.7
34.0	51.95	103.30	51.86	103.12	1048	553	2.00	0.307	1600.1	612.1	1382.5
35.0	52.90	105.35	52.81	105.18	1049	486	2.00	0.363	1289.0	472.8	1569.4

Litologie prevalenti:

-  Coltre di alterazione
-  Sabbie grossolane e medio-fini con tratti di ghiaie sabbiose
-  Sabbie limoso-argillose
-  Alternanze tra livelli di sabbie, ghiaie sabbiose e argille.

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

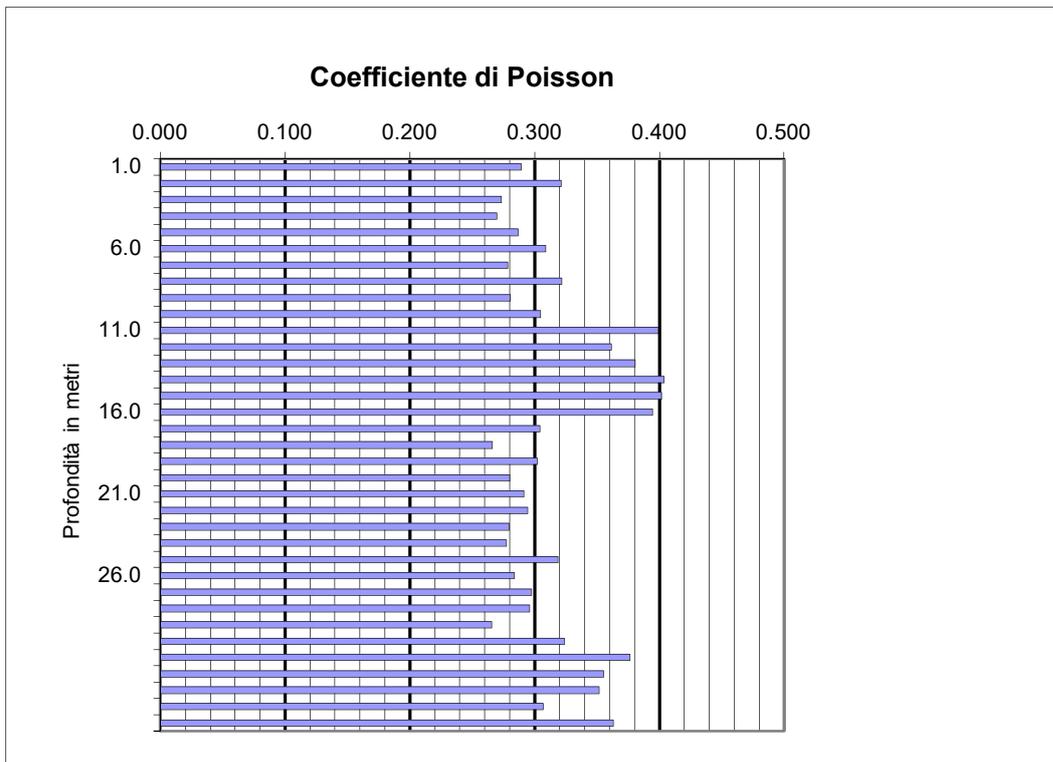
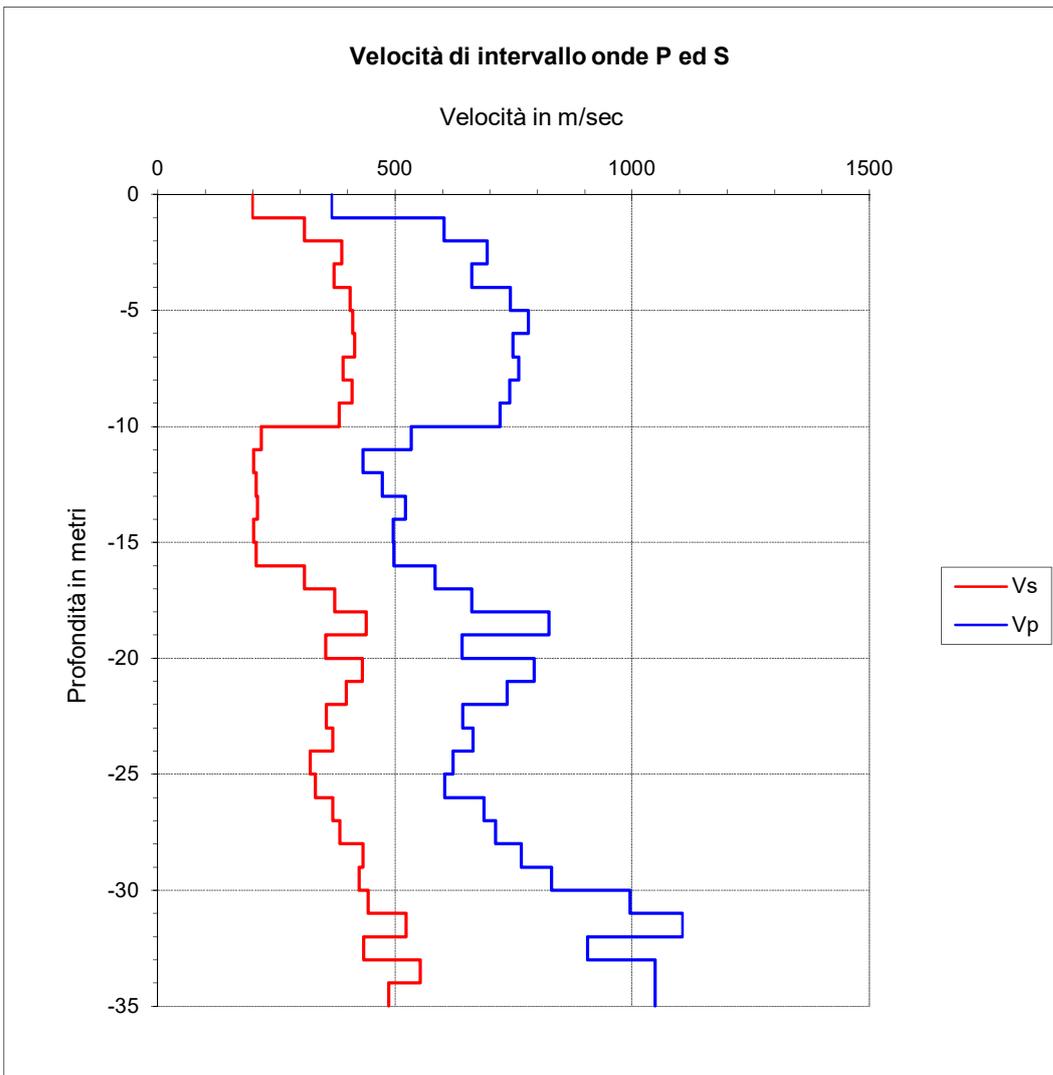
ν : Coefficiente di Poisson

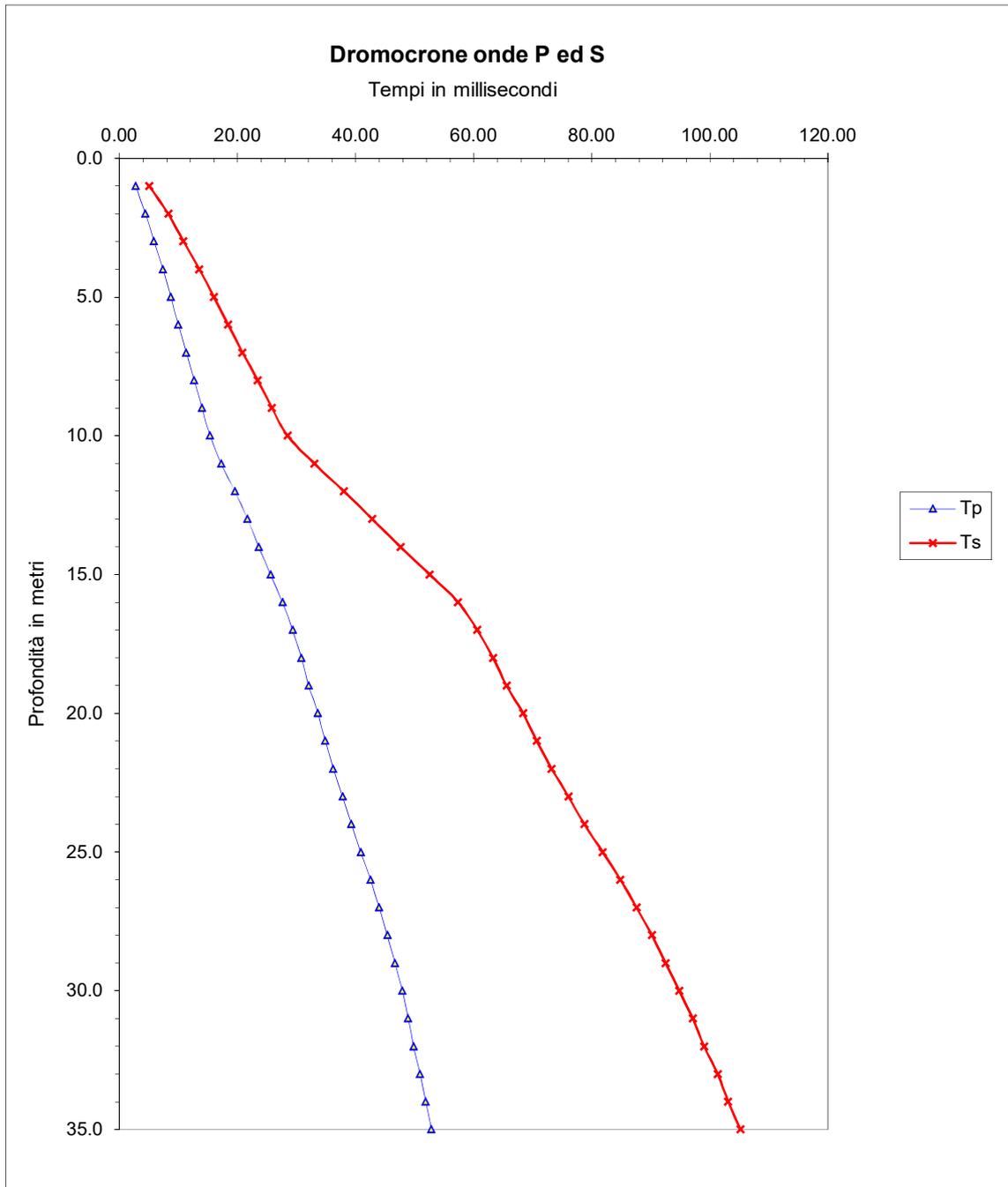
E: Modulo di Young

G: Modulo di taglio

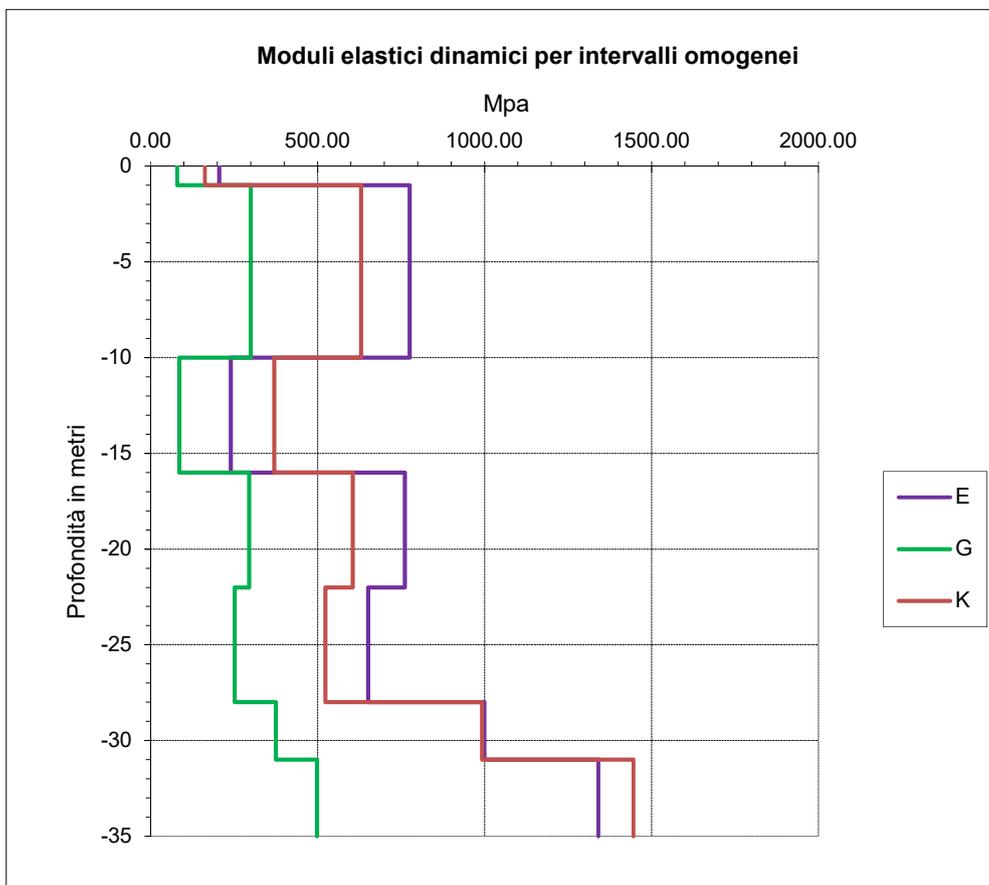
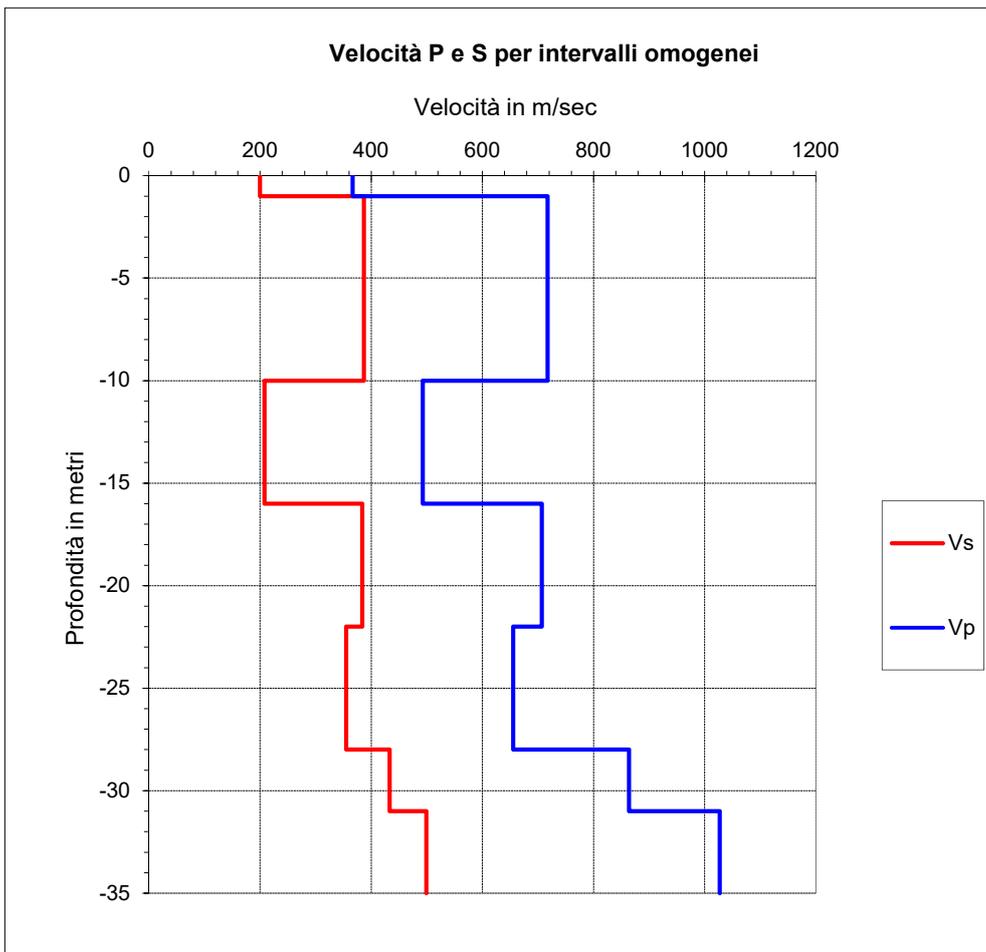
γ : Peso di Volume

K: Modulo di incompressibilità





Intervalli omogenei di velocità			Moduli elastici dinamici				
Intervalli misure	Vp m/sec	Vs m/sec	γ g/cm ³	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
0 - 1	367	200	2.00	0.29	205.54	79.72	162.5
1- 10	717	387	2.00	0.29	775.51	299.46	630.0
10 - 16	493	208	2.00	0.39	240.08	86.24	370.3
16 - 22	707	384	2.00	0.29	761.57	295.08	605.7
22 - 28	655	355	2.00	0.29	651.14	251.87	523.2
28 - 31	864	433	2.00	0.33	999.82	375.27	992.6
31 - 35	1027	499	2.00	0.35	1341.05	498.38	1445.8



ANAS Gruppo FS Italiane

SGC Grosseto-Fano - Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno)-Selci lama (E45). Adeguamento a 4 corsie del Tratto San Zeno - Nodo di Arezzo (Lotto di completamento)

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE)

SONDAGGIO: C S09

STRUMENTAZIONE: Sismografo Geometrics Geode - Sei Sensori da foro 14 Hz.

Profondità investigata: 35 m

Intervallo di campionamento: 20 μ sec

Intervallo di misura: 1.0 m

Offset dal foro m:

2.0

Profondità metri	Tempi di arrivo onde P ed S				Velocità P e S		Moduli elastici dinamici				
	Tp ms	Ts ms	Tp' ms	Ts' ms	Vp m/s	Vs m/s	γ g/cm ³	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
1.0	5.00	13.25	2.24	5.93	447	169	2.00	0.417	161.4	57.0	324.1
2.0	6.00	15.25	4.24	10.78	498	206	2.00	0.397	236.8	84.8	383.7
3.0	7.10	18.10	5.91	15.06	601	234	2.00	0.411	308.5	109.3	575.7
4.0	8.50	21.85	7.60	19.54	590	223	2.00	0.417	281.9	99.5	563.4
5.0	10.20	26.00	9.47	24.14	535	218	2.00	0.401	265.2	94.6	447.1
6.0	12.30	29.90	11.67	28.37	455	237	2.00	0.314	294.5	112.0	264.5
7.0	14.20	34.00	13.65	32.69	504	231	2.00	0.367	292.1	106.9	365.2
8.0	16.15	38.00	15.67	36.87	496	240	2.00	0.348	309.6	114.8	339.9
9.0	18.00	42.00	17.57	41.00	525	242	2.00	0.365	319.5	117.0	395.9
10.0	19.80	46.50	19.42	45.60	542	218	2.00	0.404	265.8	94.6	461.9
11.0	21.50	51.00	21.15	50.18	575	218	2.00	0.416	270.0	95.3	535.2
12.0	23.00	54.95	22.69	54.20	652	248	2.00	0.415	349.4	123.5	685.5
13.0	24.90	59.50	24.61	58.81	520	217	2.00	0.394	262.9	94.3	414.9
14.0	26.70	63.95	26.43	63.31	549	222	2.00	0.402	277.0	98.8	471.3
15.0	28.30	67.90	28.05	67.30	617	250	2.00	0.402	350.9	125.2	595.1
16.0	30.00	72.20	29.77	71.64	583	231	2.00	0.407	299.1	106.3	537.0
17.0	31.65	76.60	31.43	76.08	601	226	2.00	0.418	288.6	101.8	585.8
18.0	33.35	81.05	33.15	80.55	584	223	2.00	0.414	282.0	99.7	548.8
19.0	35.30	85.30	35.11	84.83	510	234	2.00	0.367	298.9	109.3	374.8
20.0	36.50	88.00	36.32	87.56	825	366	2.00	0.377	738.1	268.0	1002.4
21.0	37.80	90.55	37.63	90.14	763	388	2.00	0.326	797.4	300.7	762.9
22.0	39.20	93.20	39.04	92.82	710	374	2.00	0.308	731.1	279.5	634.4
23.0	40.40	95.70	40.25	95.34	827	396	2.00	0.351	848.9	314.2	949.1
24.0	41.55	98.20	41.41	97.86	863	397	2.00	0.366	860.1	314.8	1070.8
25.0	42.65	100.65	42.51	100.33	903	405	2.00	0.374	901.8	328.2	1192.4
26.0	43.90	103.00	43.77	102.70	796	422	2.00	0.304	930.8	356.9	790.9
27.0	45.00	105.15	44.88	104.86	904	462	2.00	0.324	1128.3	426.3	1065.6
28.0	46.10	107.50	45.98	107.23	904	423	2.00	0.360	973.3	357.8	1158.5
29.0	47.20	109.80	47.09	109.54	905	432	2.00	0.352	1010.9	373.8	1138.6
30.0	48.70	112.50	48.59	112.25	665	369	2.00	0.278	695.4	272.1	521.4
31.0	49.90	115.15	49.80	114.91	830	376	2.00	0.371	775.0	282.6	1002.1
32.0	51.20	118.00	51.10	117.77	767	350	2.00	0.369	669.8	244.7	850.3
33.0	52.50	120.60	52.40	120.38	767	383	2.00	0.334	783.8	293.8	785.2
34.0	53.60	123.15	53.51	122.94	906	391	2.00	0.386	846.8	305.6	1234.5
35.0	55.00	125.80	54.91	125.60	713	376	2.00	0.307	740.1	283.2	638.6

Litologie prevalenti:

-  Coltre di alterazione
-  Sabbie grossolane e medio-fini limoso-argillose
-  Limi argillosi
-  Clasti eterometrici di natura siltico-argillitica in matrice sabbioso-limoso-argillosa

Tp: Tempo di arrivo onde longitudinali (P)

Ts: Tempo di arrivo onde trasversali (S)

Tp': Tempo di arrivo onde P corretto sulla verticale

Ts': Tempo di arrivo onde S corretto sulla verticale

Vp Vs: Velocità di intervallo onde P ed S

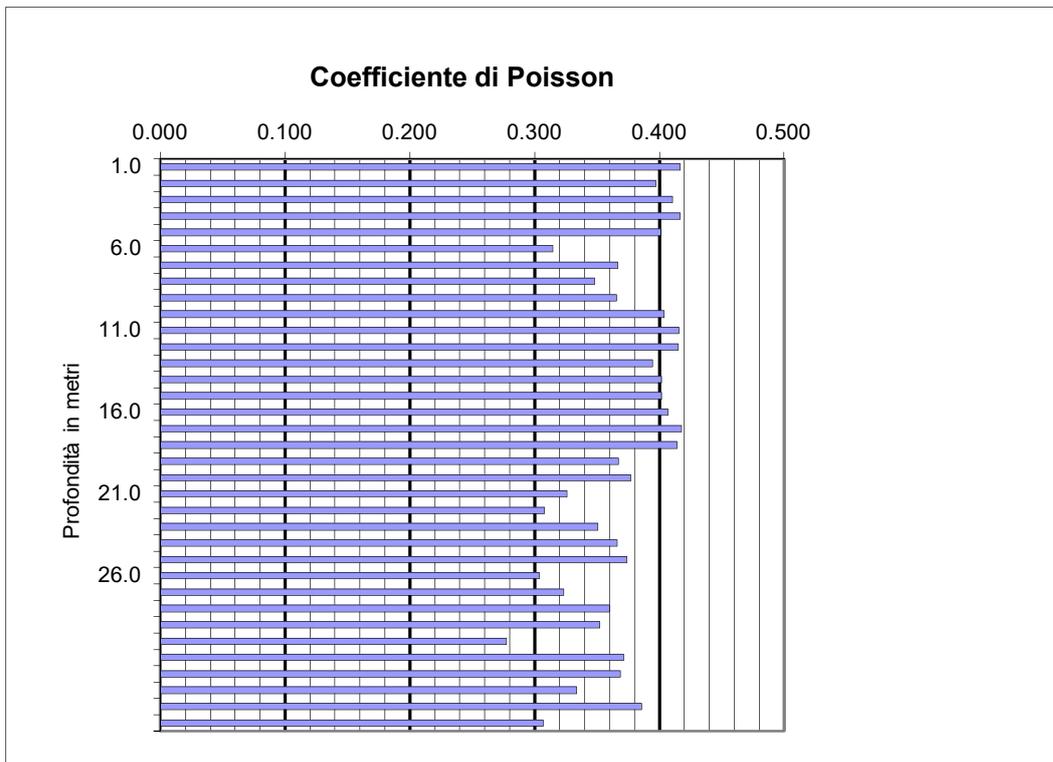
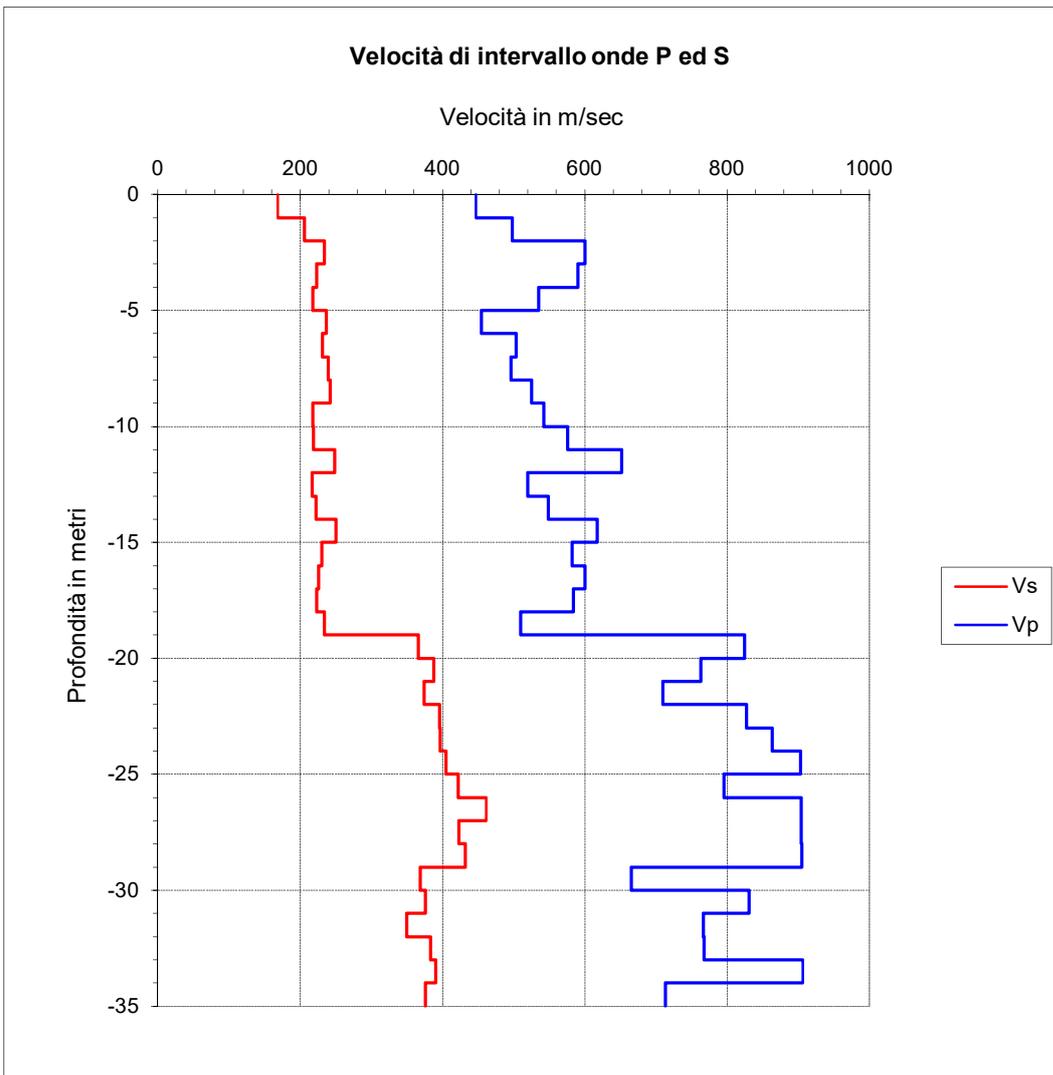
ν : Coefficiente di Poisson

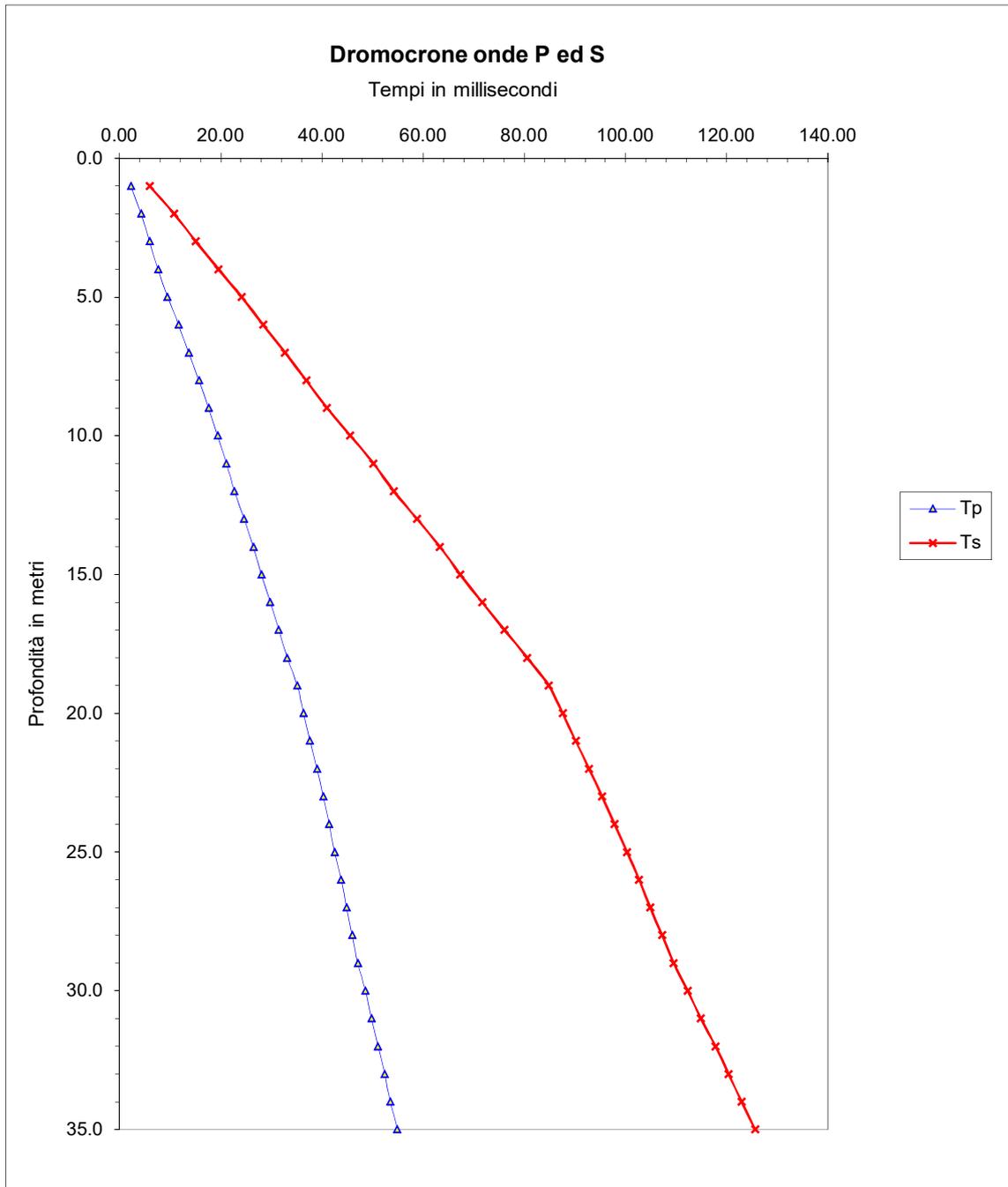
E: Modulo di Young

G: Modulo di taglio

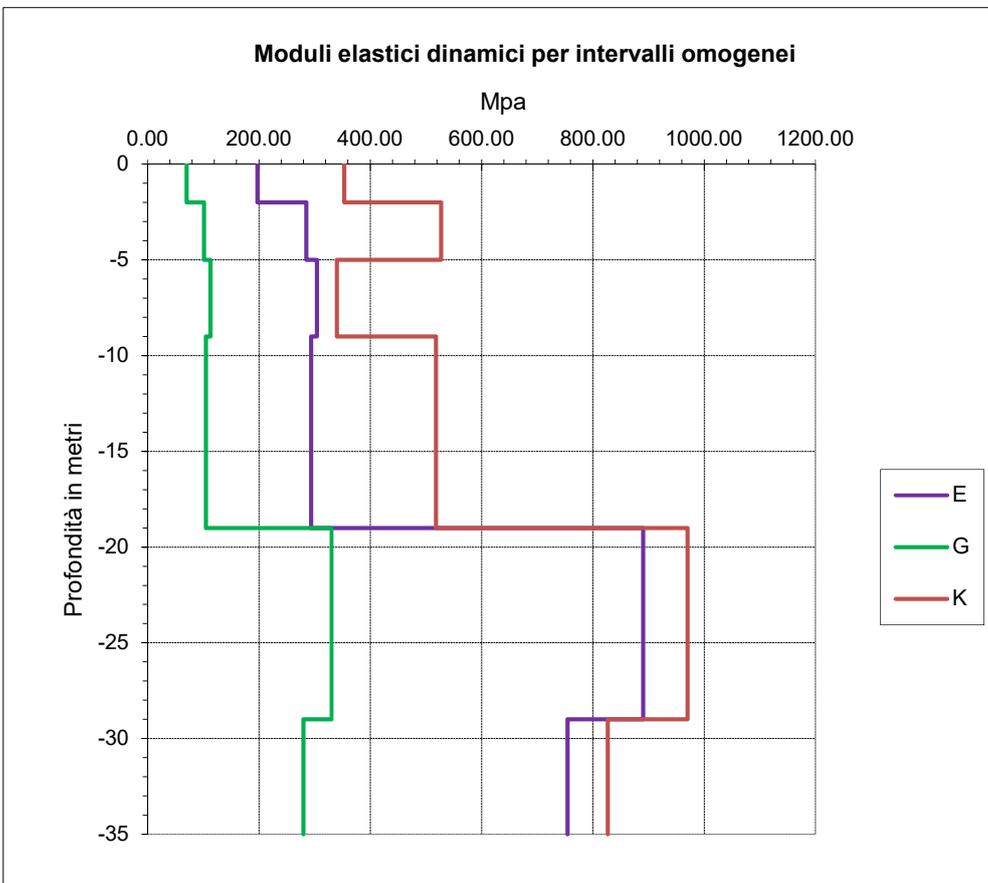
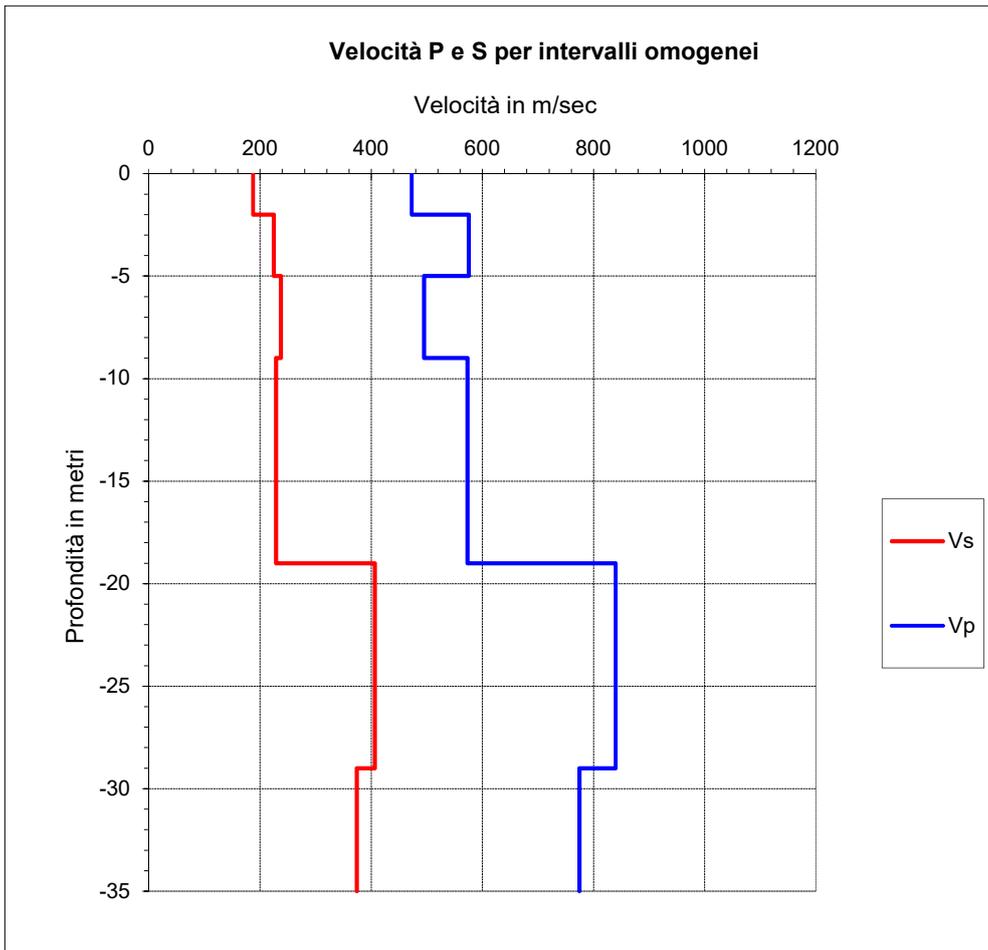
γ : Peso di Volume

K: Modulo di incompressibilità

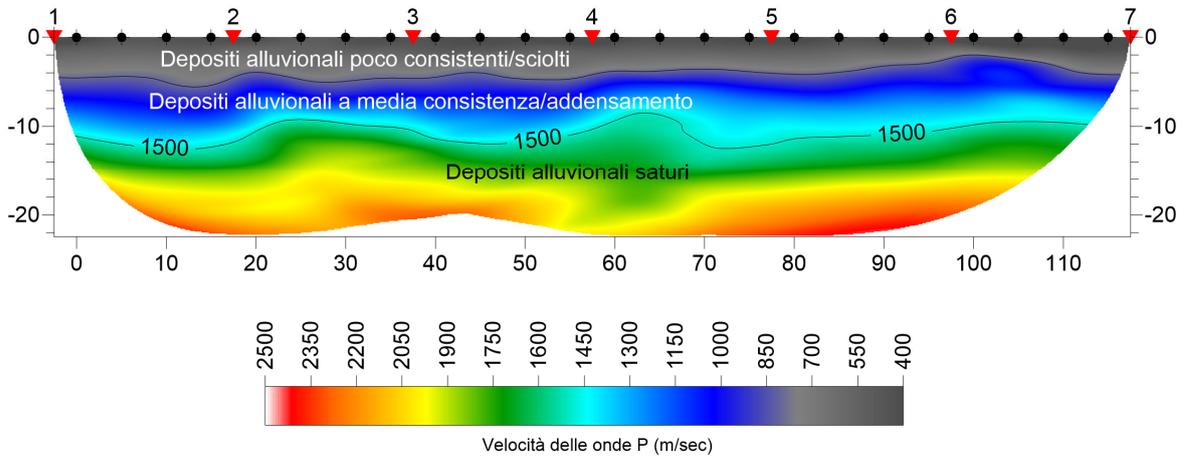




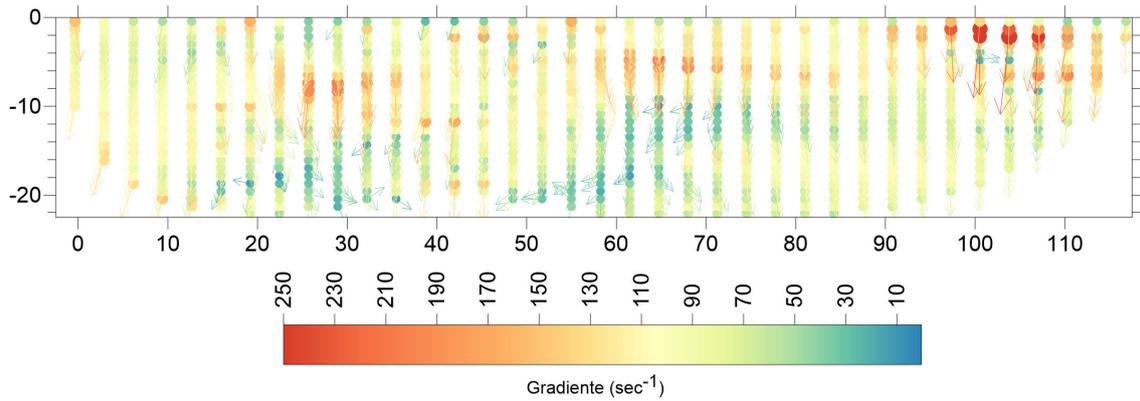
Intervalli omogenei di velocità			Moduli elastici dinamici				
Intervalli misure	Vp m/sec	Vs m/sec	γ g/cm ³	ν	E Mpa	G Mpa	K Mpa
0 - 2	473	187	2.00	0.41	197.44	70.17	353.5
2 - 5	575	225	2.00	0.41	285.00	101.07	527.2
5 - 9	495	237	2.00	0.35	304.34	112.65	340.1
9 - 19	573	229	2.00	0.41	294.04	104.61	517.9
19 - 29	840	407	2.00	0.35	890.44	330.52	970.1
29 - 35	775	374	2.00	0.35	754.80	280.00	827.0



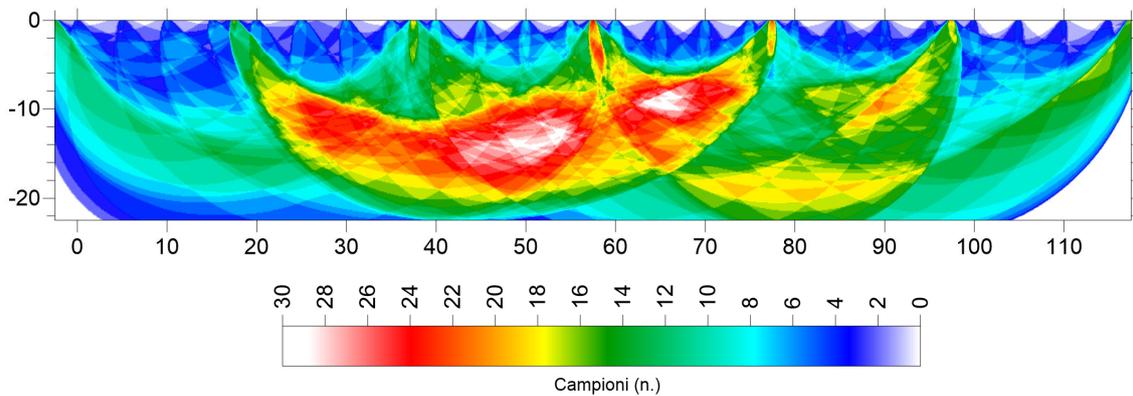
MODELLO DI VELOCITA' AD ONDE P - C Sism 3 -

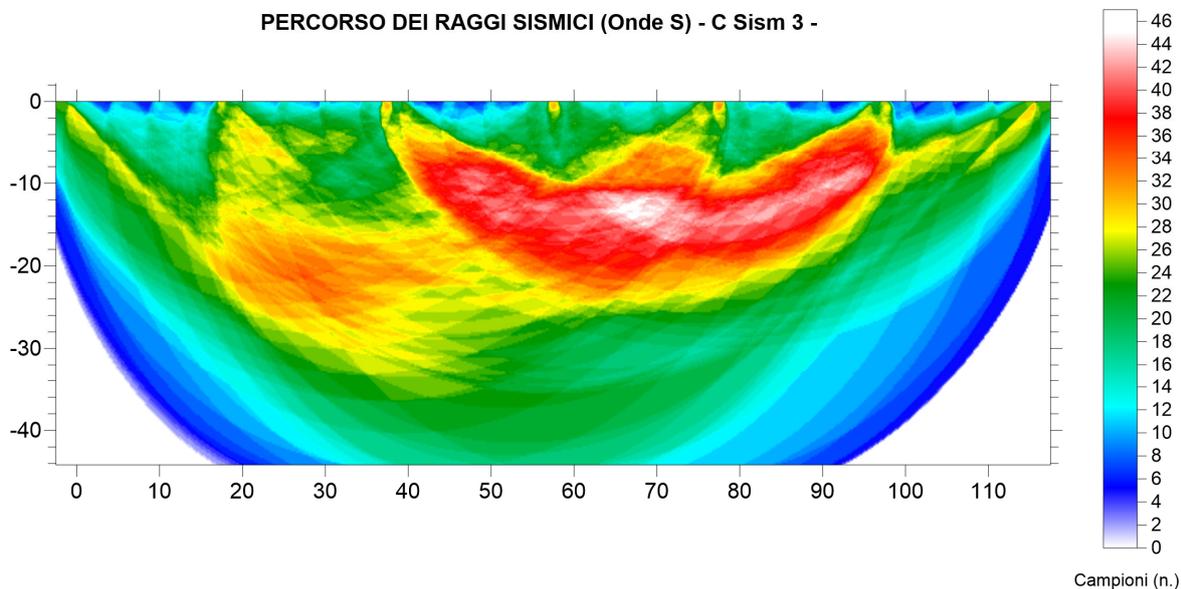
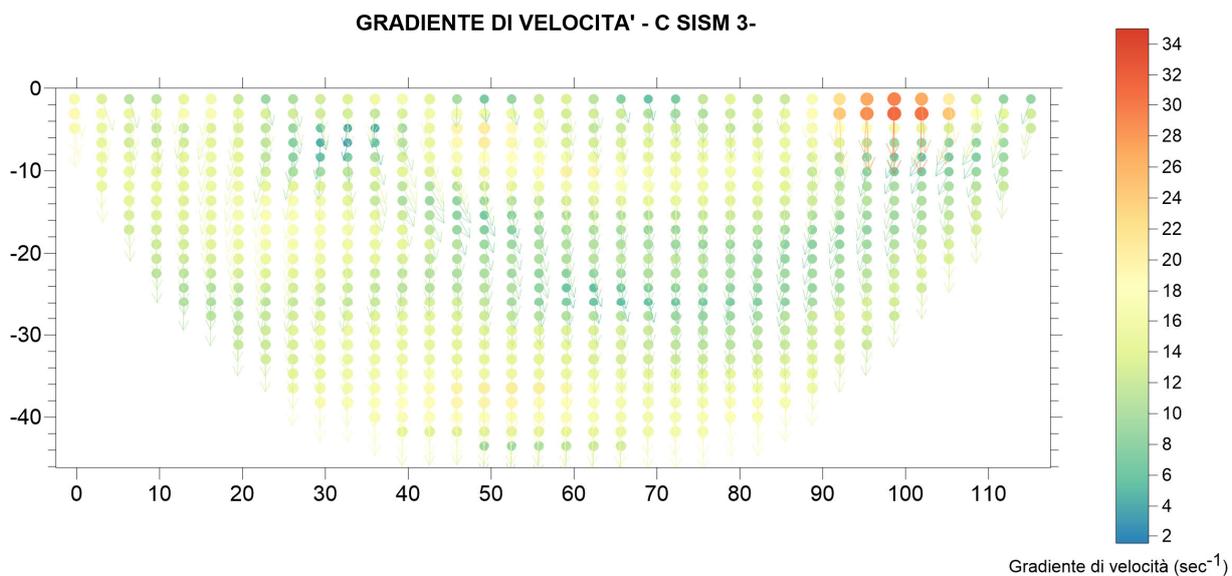
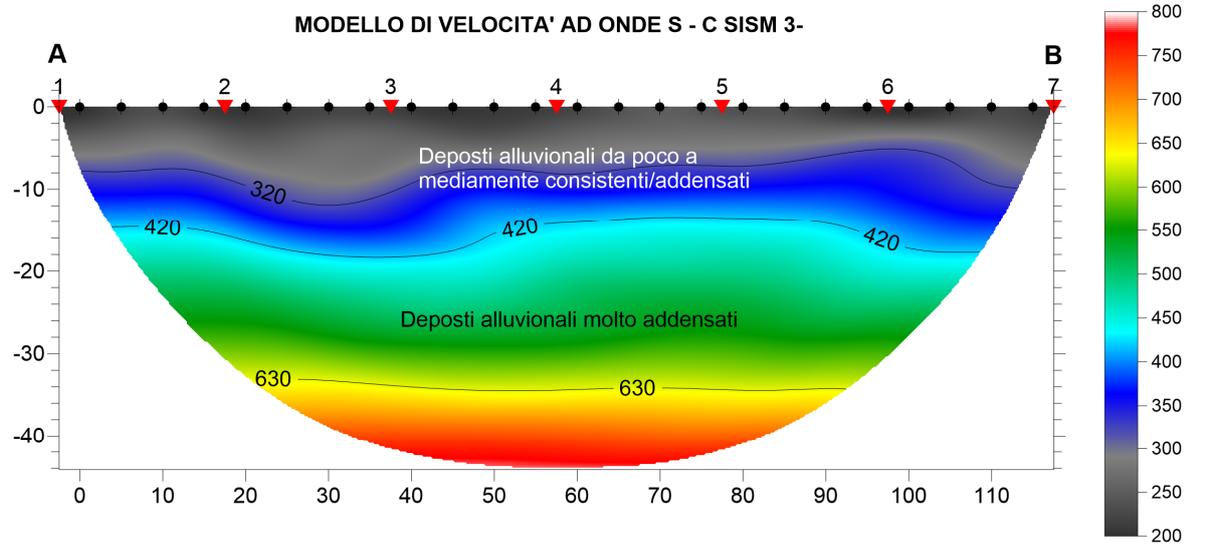


GRADIENTE DI VELOCITA' - C Sism 3 -



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI - C Sism 3 -





TRATTO D

Le indagini relative al *Tratto D* si sviluppano lungo una direttrice in direzione Est-Ovest, dalla parte più interna della *Val di Chiana* a procedere verso la dorsale collinare, dove affiora la successione in facies torbidiche delle *Arenerie del Cervarola*. La stratigrafia è sempre caratterizzata dalla presenza di alluvioni molto eterometriche recenti, poggianti sulle alternanze della Formazione torbiditica. La profondità del substrato locale è da ritenere più elevata nella parte più interna della piana, mentre all'approssimarsi alla dorsale arenacea tende a sollevarsi; nel carotaggio realizzato in prossimità dell'indagine di sismica a rifrazione *D_Sism03* (DS3) è stato rinvenuto a circa 11 m dal piano di campagna. Vi sono state realizzate le indagini di sismica a rifrazione in onde P ed S *D_Sism2* e le prospezioni a rifrazione con le sole onde di compressione *D_Sism1* e *D_Sism3*. L'elaborazione dei modelli a rifrazione in onde P è caratterizzata da un primo orizzonte elastico, con spessore di 2-4 m, riferibile ai termini alluvionali eterometrici, con valori di velocità delle onde P comprese tra 400 e 700 m/sec, riferibili ai sedimenti alluvionali, caratterizzati da condizioni di addensamento/consistenza da scarso a medio. Segue un orizzonte con velocità delle onde P leggermente più elevata (700-1000 m/sec), riconducibile ad un compagine ad addensamento da medio a buono, che si segue fino a 6-7 m di profondità, oltre la quale si osserva un brusco aumento della velocità delle onde di compressione, probabilmente dovuto alla presenza di saturazione totale del terreno (falda), a cui è riferibile l'incremento di velocità a circa 1500 m/sec. Nella prospezione *D_Sism1* il passaggio ai termini lotoidi del substrato, presumibilmente è localizzabile intorno all'isolinea di velocità 3000 m/sec, posta alla profondità variabile tra 33 m e 36 m, leggermente inclinata verso Ovest. Nella prospezione *D_Sism3* si correla con l'aumento repentino del gradiente di velocità tra 10 e 15 m di profondità, dove è presumibile la presenza di un primo orizzonte dell'alternanza pelitico-arenacea molto fratturata, che passa rapidamente ad un substrato litoide sempre sull'isolinea 3000 m/sec.

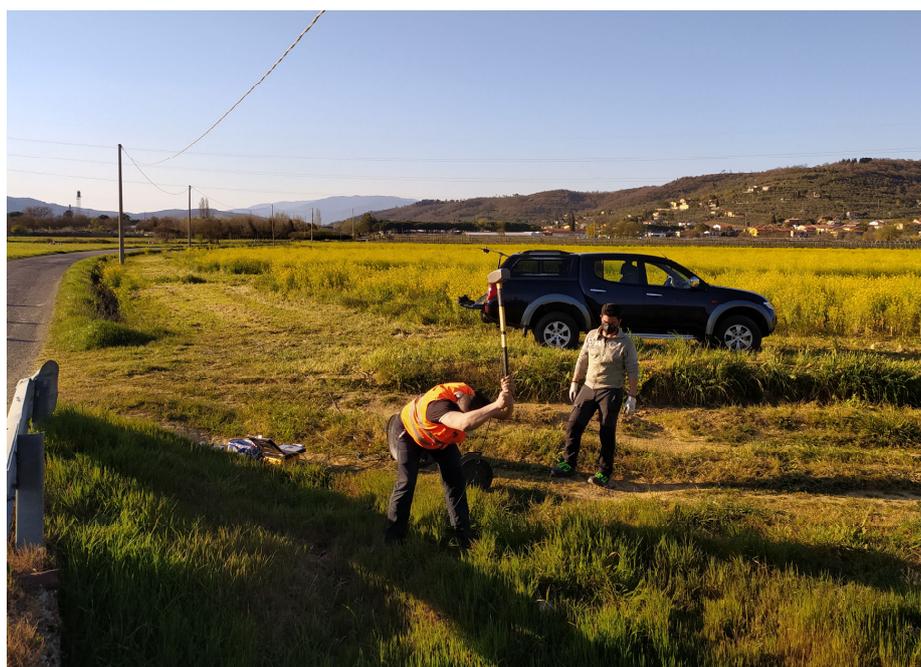
Nella prospezione *D_Sism3* non è stato individuato un passaggio al substrato nel modello ad onde P, sempre caratterizzato da valori di V_p molto elevati anche a breve profondità, presumibilmente a causa della presenza della falda; mentre risulta meglio "leggibile" il modello risultante dall'elaborazione in onde S, dove si osservano orizzonti con V_s media intorno a 235 m/sec (alluvioni da poco a mediamente addensate) fino a profondità variabili tra 4 e 6 m circa, quindi si passa a valori di V_s

compresi tra 320 e 520 m/sec, attribuibili ai termini alluvionali da mediamente addensati ad addensati, per passare tra valori medi intorno a 620 m/sec fino a circa 30-32 m di profondità (alluvioni molto addensate/consistenti). Tra i 30 e 34 m di profondità si osserva un aumento del gradiente di velocità, in corrispondenza dell'isolinea 700 m/sec, presumibilmente in corrispondenza del substrato pelitico, nella porzione più superficiale sempre molto fratturato e alterato.

Per la stima dei parametri elastici dinamici dei terreni, si è fatto riferimento soprattutto alle velocità delle onde di taglio definito nel modello ad onde S della prospezione D_Sism3, valutando i valori delle velocità delle onde di compressione dove non dovute al fluido di saturazione nei modelli ad onde P.

Tabella dei moduli elastici dinamici medi indagine D Sism1, D Sism2 e D Sism3

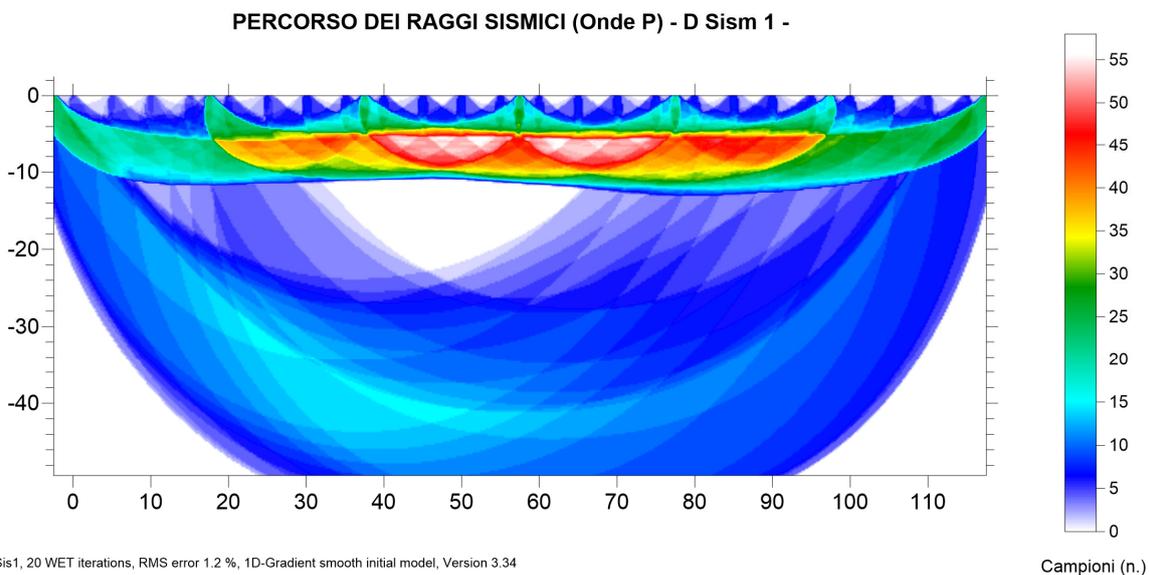
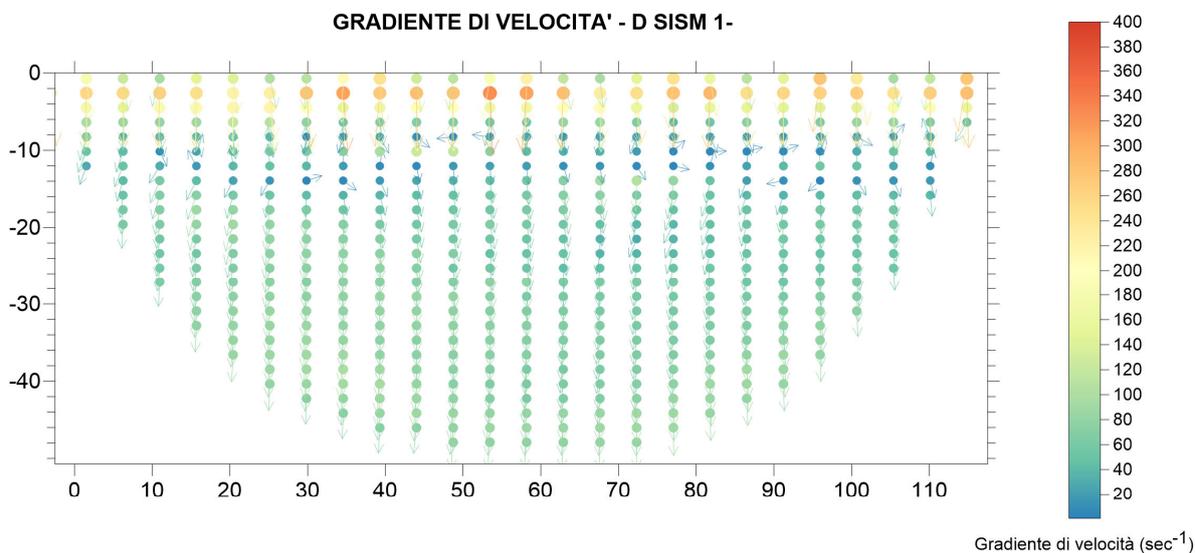
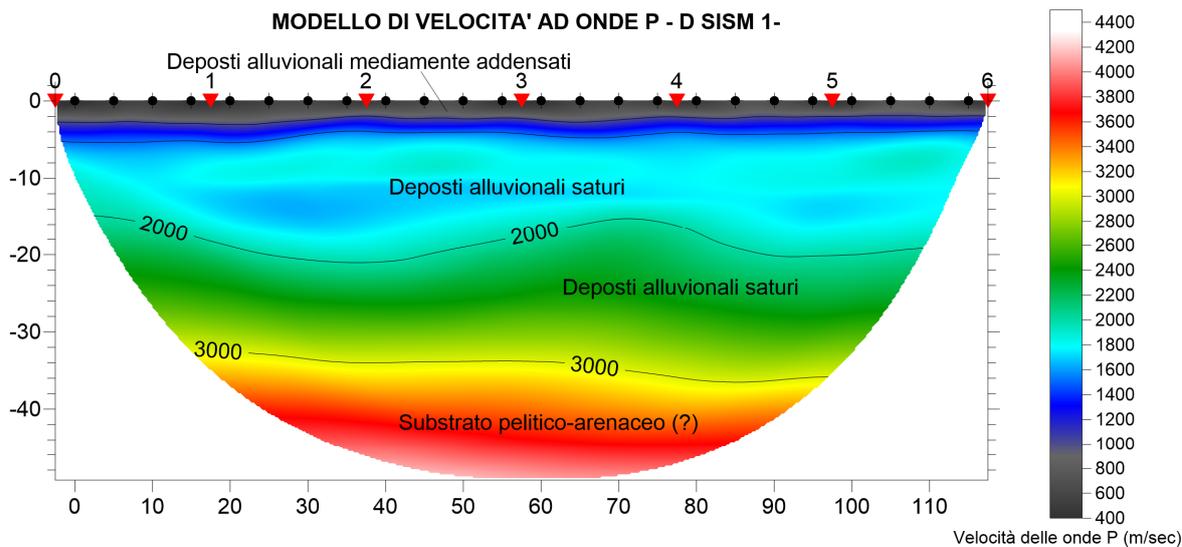
	<i>Alluvioni da sciolte a mediamente addensate/consistenti</i>	<i>Alluvioni a medio addensamento/consistenza</i>	<i>Alluvioni molto addensate/consistenti</i>	<i>Substrato pelitico-arenaceo fratturato e alterato</i>	<i>Substrato pelitico-arenaceo</i>
Coefficiente di Poisson μ	0.322	0.383	0.405	0.428	0.430
Velocità onde longitudinali V_p (m/sec)	420	780	1450	2200	2800
Velocità onde trasversali V_s (m/sec)	215	340	580	780	980
Peso di volume γ (g/cm ³)	2.00	2.10	2.20	2.30	2.30
Modulo di Young E_{din} (Mpa)	249.3	684.3	2119.5	4074.2	6440.8
Modulo di Rigidità G (Mpa)	94.2	247.5	754.4	1426.4	2251.7

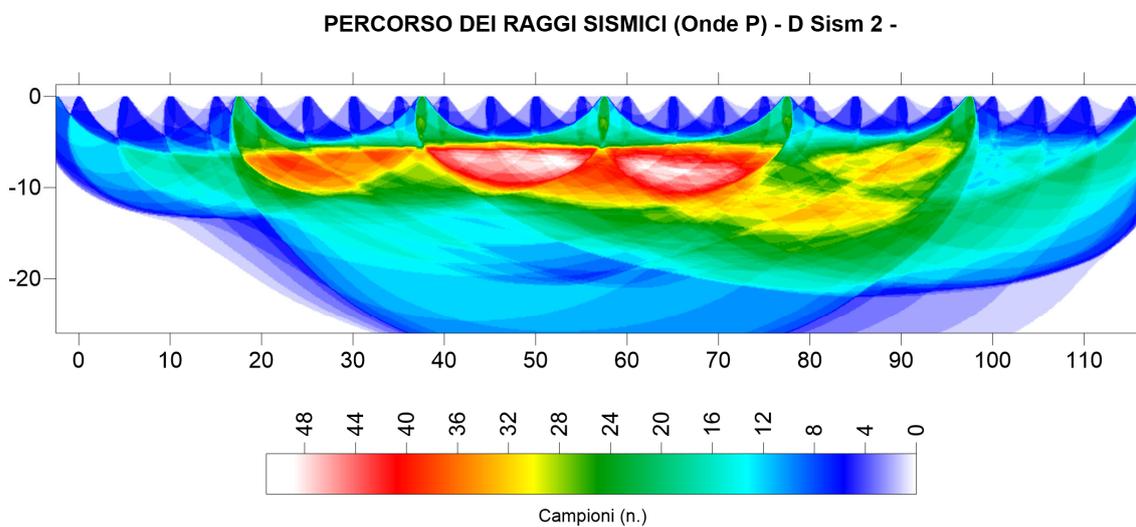
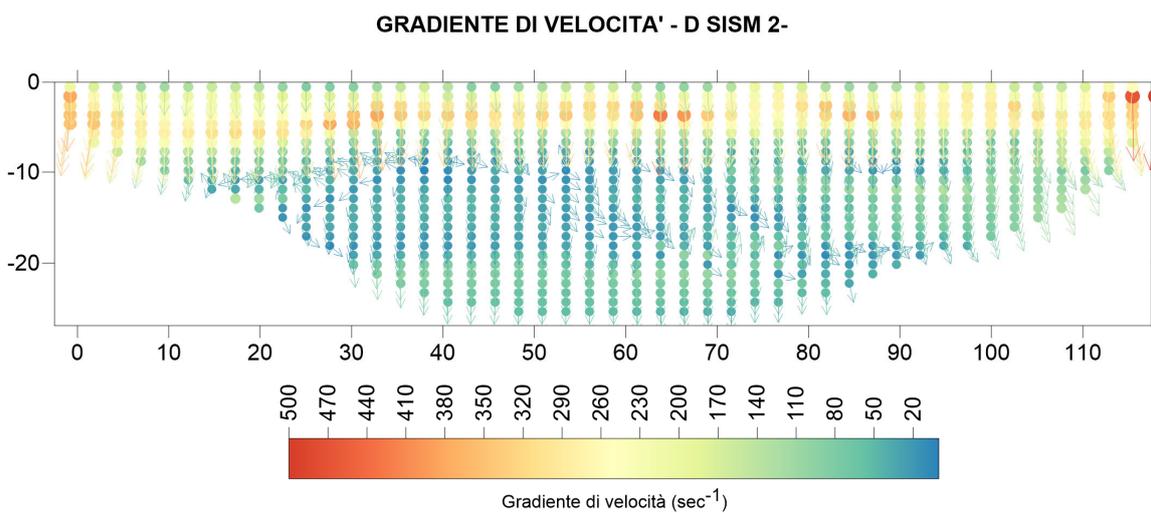
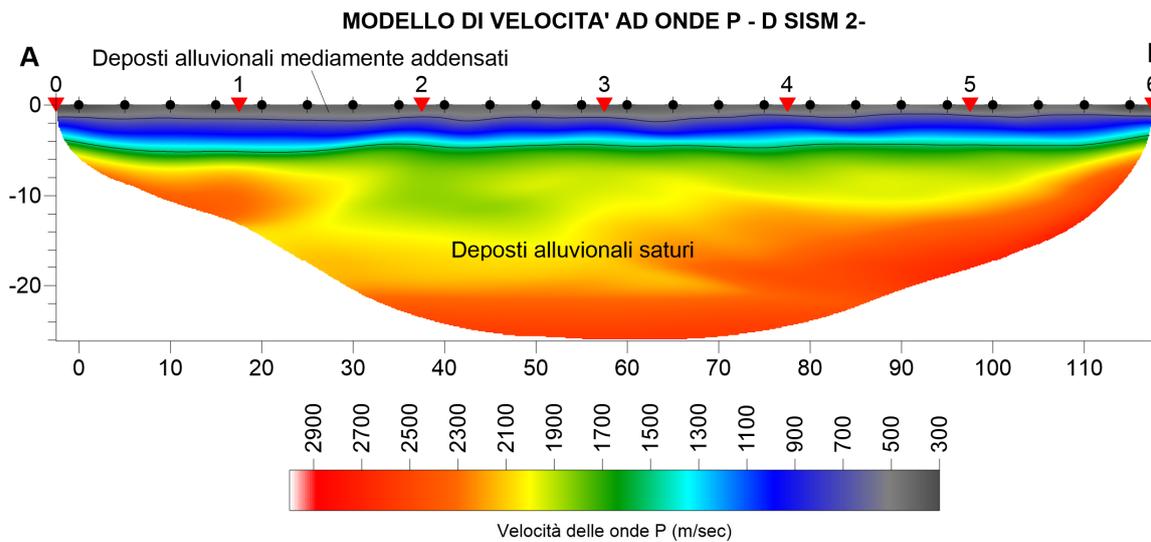


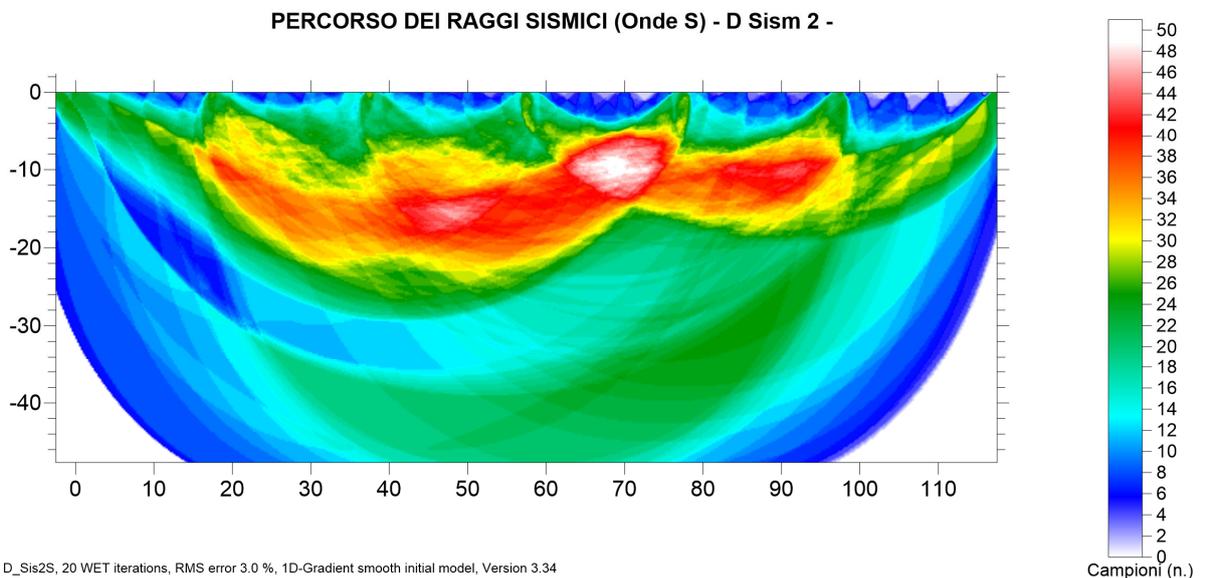
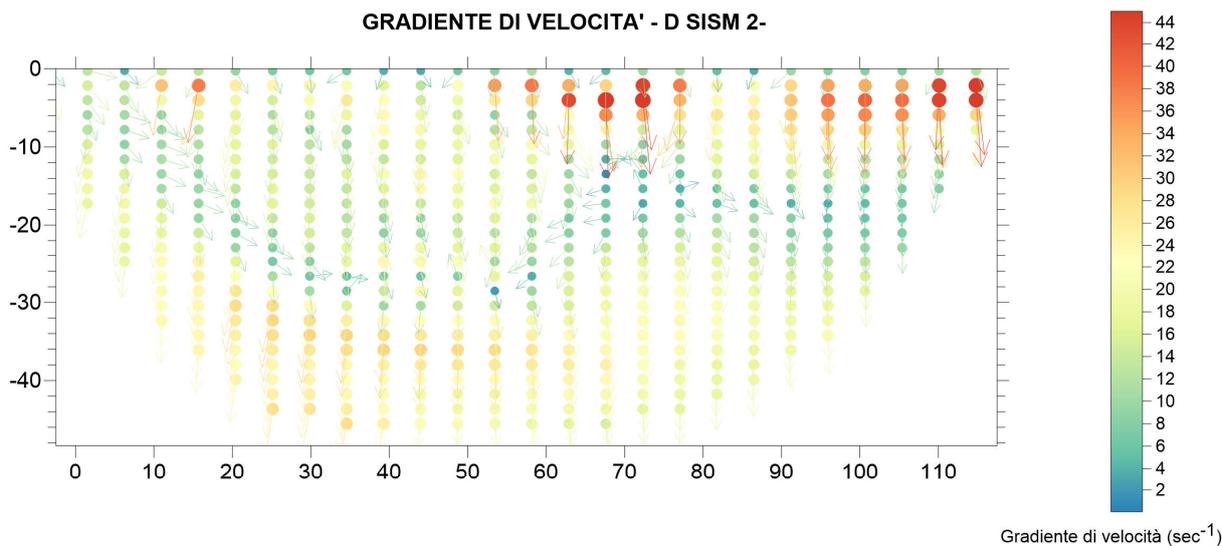
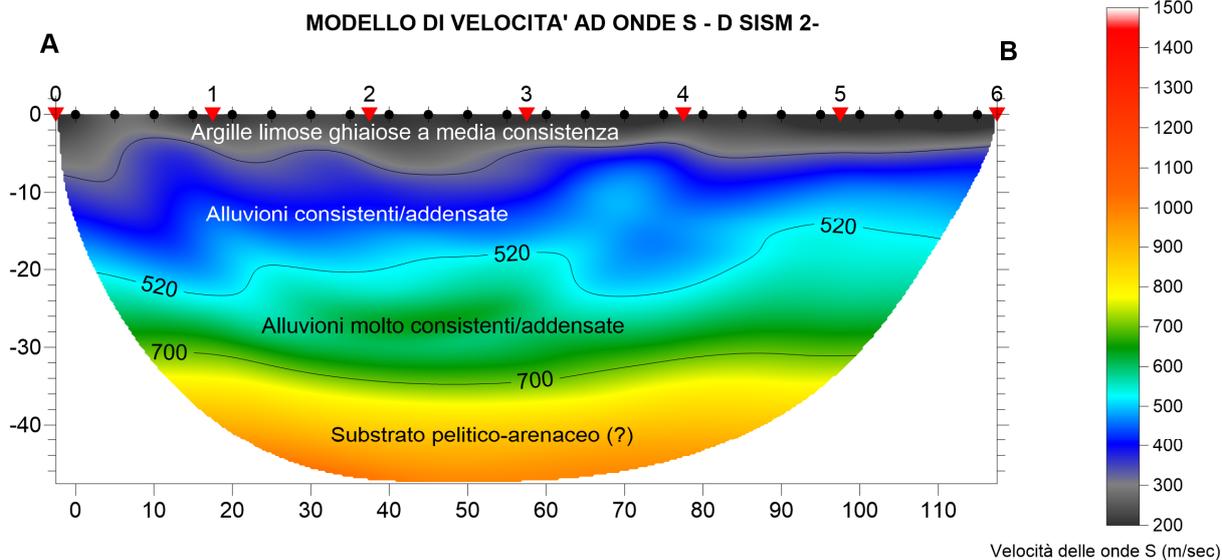


Esecuzione delle prospezioni sismiche a rifrazione D_Sism1 e D_Sism3

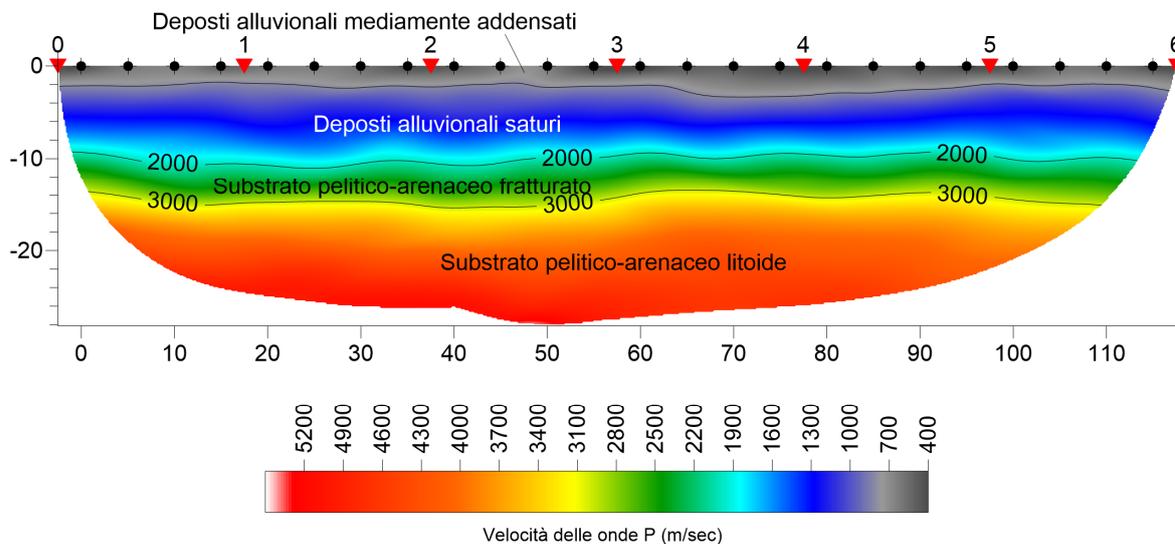




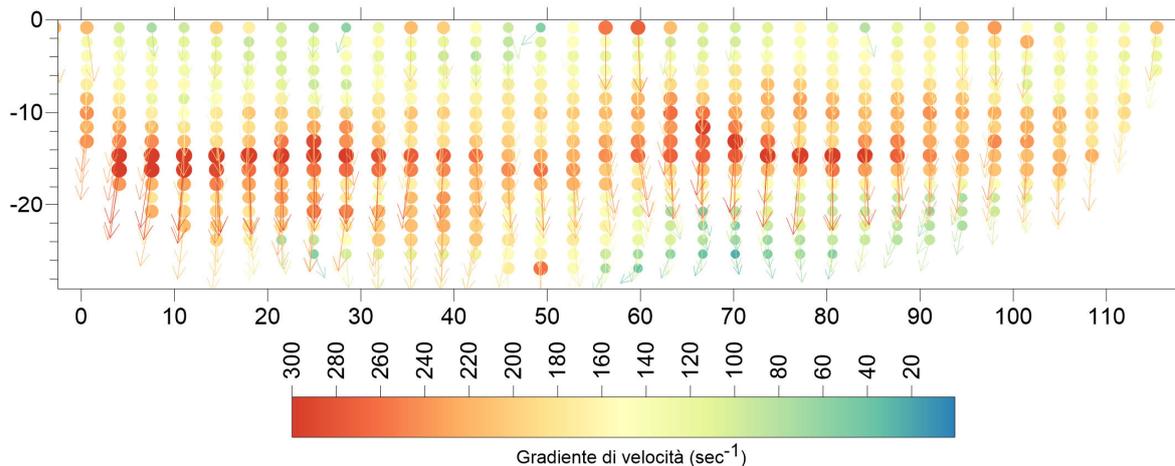




MODELLO DI VELOCITA' AD ONDE P - D SISM 3-



GRADIENTE DI VELOCITA' - D SISM 3-



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI (Onde P) - D Sism 3 -

