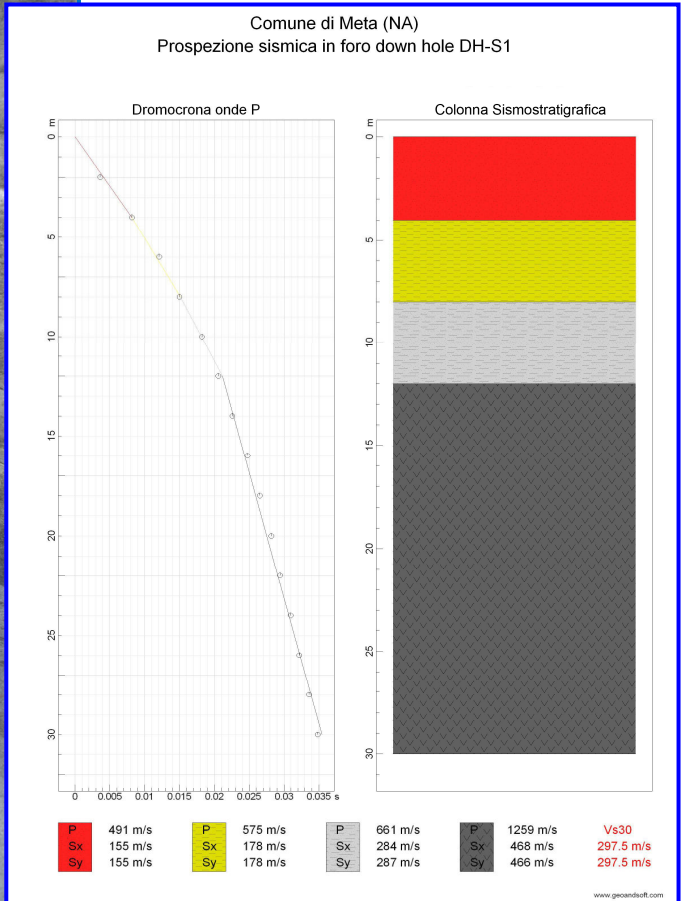


**COMUNE DI META**  
**PROVINCIA DI NAPOLI**



**PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO DOWN HOLE PER LO  
STUDIO GEOLOGICO PROPEDEUTICO AL P.U.A. 2.**

<i><b>Il Committente</b></i>	<i><b>Il Tecnico</b></i>
<i><b>Amministrazione Comunale di Meta (NA)</b></i>	<i><b>Dr. Geol. Salvatore Esposito</b></i>
<i><b>Pompei, Luglio 2013</b></i>	<i><b>REV. 0</b></i>

## 1. INDICE

1.	INDICE.....	2
2.	PREMESSA.....	3
3.	PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO.....	5
4.	INDAGINI ESEGUITE.....	10
5.	ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI.....	12
6.	INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI.....	31
7.	CONCLUSIONI.....	33

## **2. PREMESSA**

Su incarico dell'Amministrazione comunale di Meta (NA), Giusta D.D. n° 118 del 22.03.2013, al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008), sono state effettuate n. 3 prospezioni sismiche in foro down hole per lo studio geologico propedeutico al P.U.A. 2, nel territorio comunale di Meta (NA) (Figg. 1 – 3),.

Si ricorda altresì che le indagini geofisiche e nella fattispecie le prospezioni sismiche non sono contemplate nella Circolare 8 settembre 2010, n. 7619 e, conseguentemente, secondo le N.T.C. 2008 (D.M. 14/01/2008), non sono soggette a certificazione.



**Fig. 1 – Down hole DH-S1.**





**Fig. 2 – Down hole DH-S2.**



**Fig. 3 – Down hole DH-S3.**

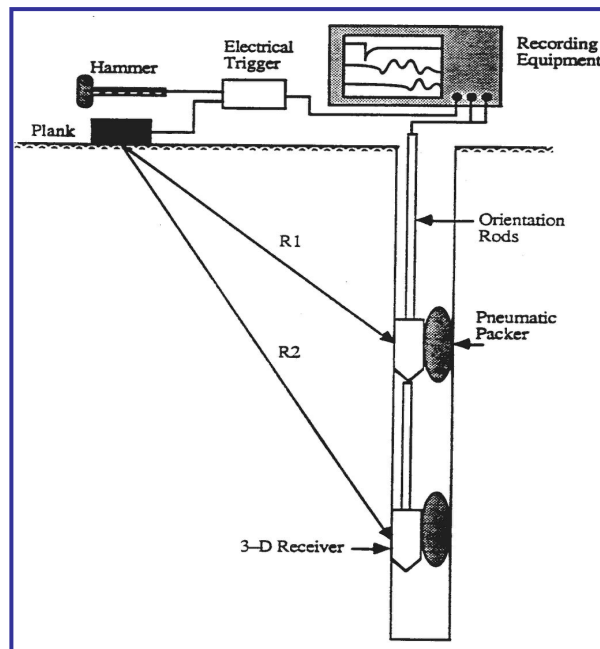


### 3. PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO

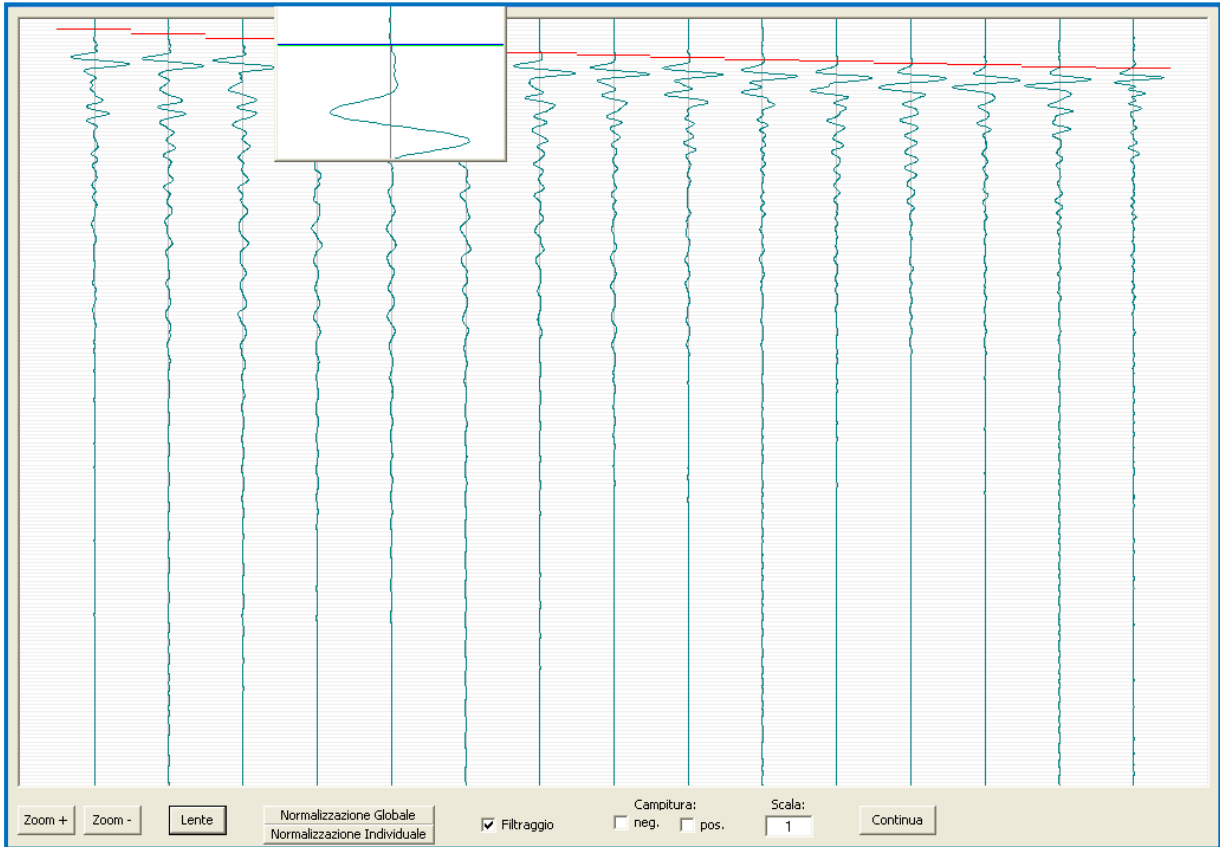
Lo scopo di tali prove consiste nel determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde  $P$ ), di taglio (onde  $S$ ) ed indirettamente, utilizzando i valori delle velocità acquisiti ( $V_P$ ,  $V_S$ ), alcune proprietà meccaniche (moduli dinamici) delle litologie investigate.

Le indagini sismiche che utilizzano i fori dei sondaggi sono utili per avere una sismostratigrafia dettagliata del sottosuolo. Si possono applicare vari metodi di indagine in foro. Il metodo down hole, il più utilizzato, prevede la sistemazione della sorgente energizzante in superficie e la misura delle onde d'arrivo in foro.

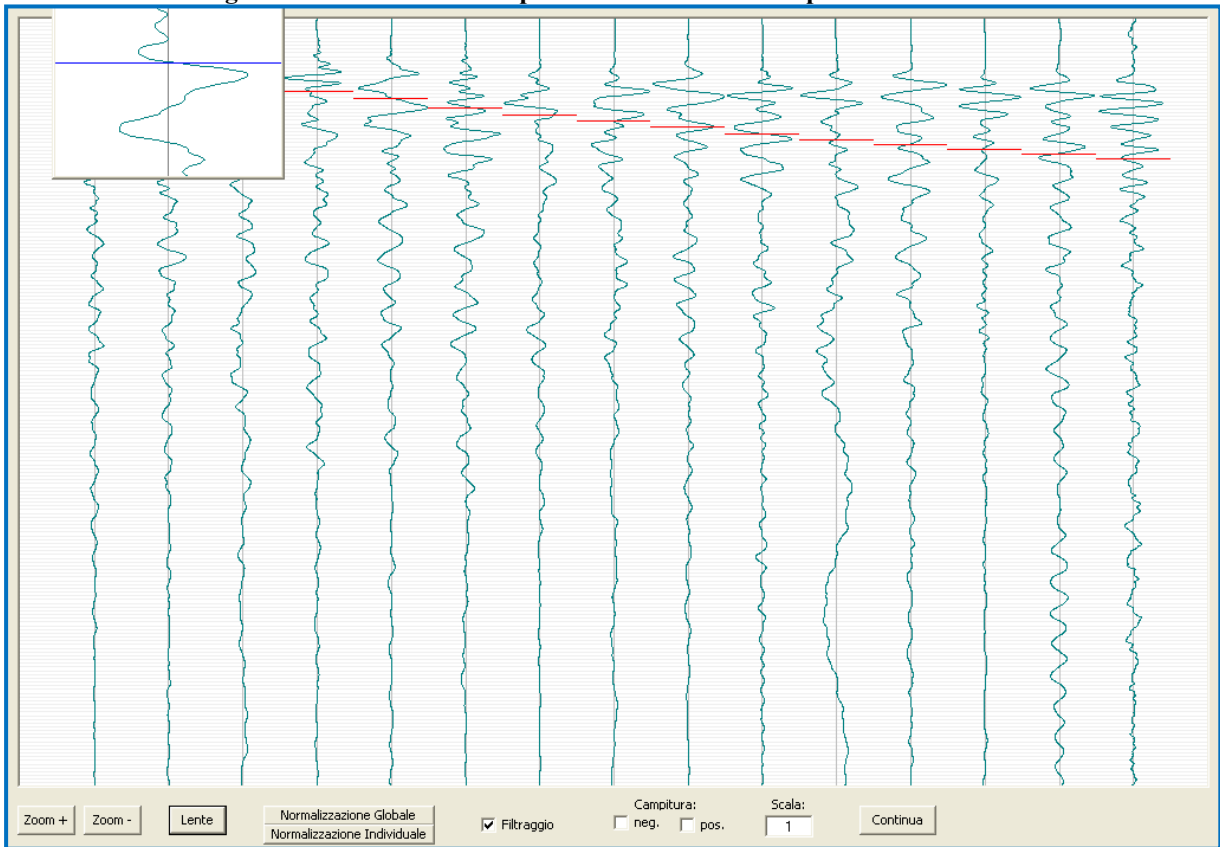
La prospezione sismica down hole, schematizzata in Fig. 4, prevede la sorgente energetica in superficie ed i sensori all'interno del perforo. Si adoperano geofoni particolarmente assemblati per essere calati e fissati a profondità via via crescenti (o decrescenti) contro la parete del perforo opportunamente condizionato. Energizzando il terreno in superficie e misurando i tempi di arrivo delle onde  $P$  ed  $S$  (Figg. 5 - 7) ai geofoni, si ha la possibilità di determinare le velocità dei litotipi riscontrati nella perforazione ed i loro moduli elastici.



**Fig. 4 – Diagramma schematico della strumentazione completa richiesta per effettuare una prospezione sismica down hole.**

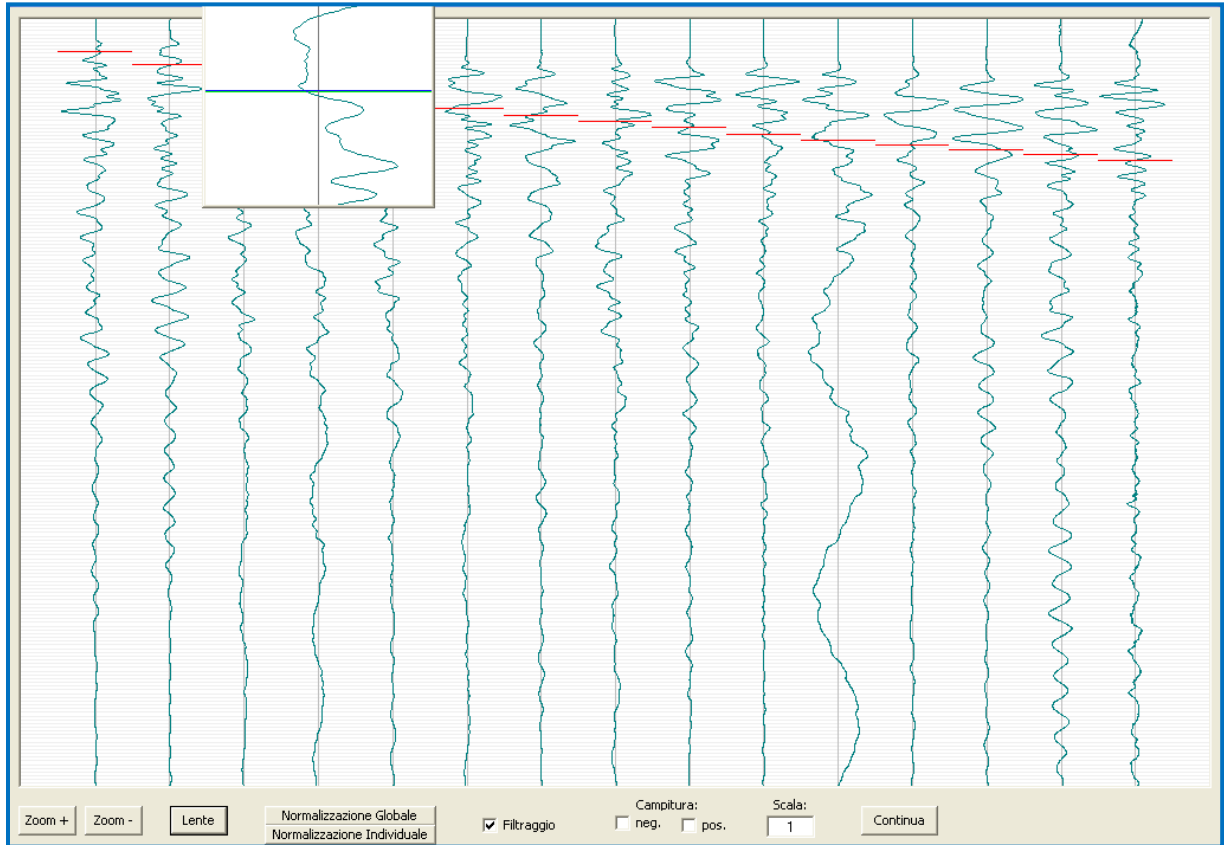


**Fig. 5 – Determinazione dei primi arrivi delle onde P per la down hole DH-S1.**



**Fig. 6 – Picking delle onde Sx per la down hole DH-S1.**

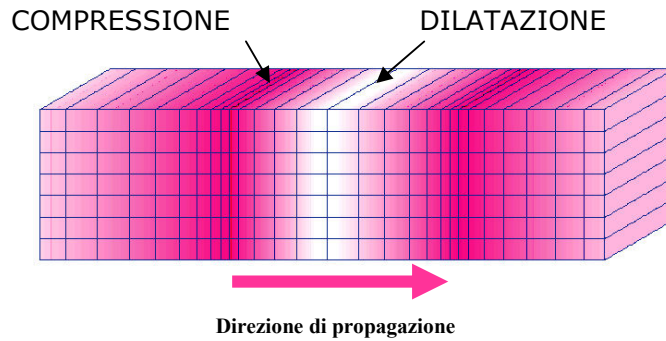




**Fig. 7 – Picking delle onde Sy per la down hole DH-S1.**

L'energizzazione genera onde elastiche longitudinali ( $P$ ) e trasversali ( $S$ ) che si propagano in tutte le direzioni; in particolare le onde longitudinali (Fig. 8) si propagano mediante oscillazioni delle particelle che costituiscono il mezzo attraversato nella stessa direzione della propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto principalmente a sforzi di compressione e dilatazione e la velocità dell'onda sarà anche funzione del modulo di incompressibilità (bulk) ( $k$ ), che esprime la resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, oltre che del modulo di rigidità ( $\mu$ ) detto anche modulo di taglio (shear) ( $G$ ) e della densità ( $\rho$ ):

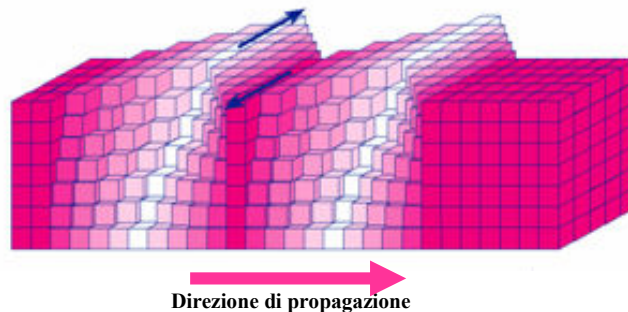
$$V_p = \sqrt{\frac{k + 4\mu/3}{\rho}}$$



**Fig. 8 - Rappresentazione grafica della direzione di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di onde longitudinali  $P$  (direzione di oscillazione coincidente con quella di propagazione dell'onda).**

Le onde trasversali (Fig. 9) si propagano mediante oscillazioni delle particelle del mezzo perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto a sforzi di taglio e la velocità delle onde sarà funzione della resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, che è espressa dal modulo di rigidità ( $\mu$ ):

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$



**Fig. 9 - Rappresentazione grafica delle direzioni di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di onde di taglio  $S$  (direzione di oscillazione perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda).**

Le onde sismiche non sono caratterizzate da un trasporto di materia, ma da un trasferimento di energia. Tenendo presente che lo sforzo impulsivo può ripartirsi in componenti normali e tangenziali, si deduce che le onde longitudinali ( $P$ ) possono anche essere chiamate onde di compressione in quanto generate dalla reazione



elastica che si oppone a variazioni di volume e/o di lunghezza del corpo e di cui sono responsabili le componenti normali dello sforzo.

Le onde trasversali ( $S$ ) sono anche dette onde di taglio in quanto generate da reazione elastica che si oppone a variazioni di forma del corpo e di cui sono responsabili le componenti tangenziali dello sforzo.

Logicamente, onde di compressione e di taglio si generano contemporaneamente in seguito ad uno sforzo impulsivo, ma sono caratterizzate da differenti velocità di propagazione.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso delle onde di compressione e di taglio e quindi delle velocità, si può risalire alla disposizione geometrica e alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nell'area di indagine.

Le onde di volume  $P$  ed  $S$ , che attraversano un mezzo omogeneo e isotropo (condizioni ideali) hanno ben definite equazioni di moto. Note le velocità  $V_P$  e  $V_S$  che vengono ottenute tramite misure dirette, possono essere ricavate alcune proprietà meccaniche, quali il modulo di Young o modulo elastico  $E$ , il modulo di taglio  $G$  o modulo di rigidità  $\mu$ , il coefficiente di Poisson  $\nu$ , la densità  $\rho$  e il modulo di incompressibilità o bulk  $k$ . Le relative equazioni sono le seguenti:

$$\nu = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left\{ 1 - \left[ \frac{V_s^2}{(V_p^2 - V_s^2)} \right] \right\}$$

poiché nei fluidi  $V_S=0$ ,  $\nu$  risulta uguale a 0.5. Nei solidi, il valore  $\nu$  varia generalmente da 0.1 a 0.4. Pertanto, valori più elevati di  $\nu$  possono essere indicativi della presenza di frazioni di liquido nel mezzo attraversato.

$$E = \frac{\rho V_p^2 (1 - 2\nu)(1 + \nu)}{1 - \nu}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

$$\rho = \frac{G}{V_s^2}$$

$$k = \frac{E}{3(1 - 2\nu)}$$

#### **4. INDAGINI ESEGUITE**

Le indagini eseguite sono state condotte sulla base di n° 3 prospezioni sismiche down hole in fori di sondaggio ubicati sul sito di interesse progettuale.

Le prospezioni sismiche sono state effettuate mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali (Re.Mi., S.A.S.W., M.A.S.W.).

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale: Re.Mi. (Refraction Microtremor) - M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) - S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves). Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise).

La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo. L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded.

La sorgente sismica (Fig. 9) è costituita da una massa battente (maglio dal peso di 10kg) in oscillazione libera ed urtante una piastra circolare in alluminio; come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della sorgente energizzante posizionata alla distanza di 3m dal boccaforo (Fig. 10).

Le oscillazioni del terreno sono state rilevate da una sonda geofonica tridimensionale (3 geofoni Geospace a 4.5Hz ortogonali tra loro) (Fig. 11) calata nel perforo a profondità decrescenti (da quota fondo foro a quota bocca foro) con intervalli di 2m.

Quando la battuta non risultava netta, o comunque il segnale non era significativo per la presenza di noise ambientale, la prova veniva ripetuta.

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (Intersism 2.1 della Geo&Soft International) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.





**Fig. 10 – Sorgente energizzate, costituita da massa battente su piastra di alluminio. Come starter/trigger è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz.**



**Fig. 11 – Sonda geofonica da foro a tre componenti (3 geofoni Geospace a 4.5Hz).**

## **5. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI**

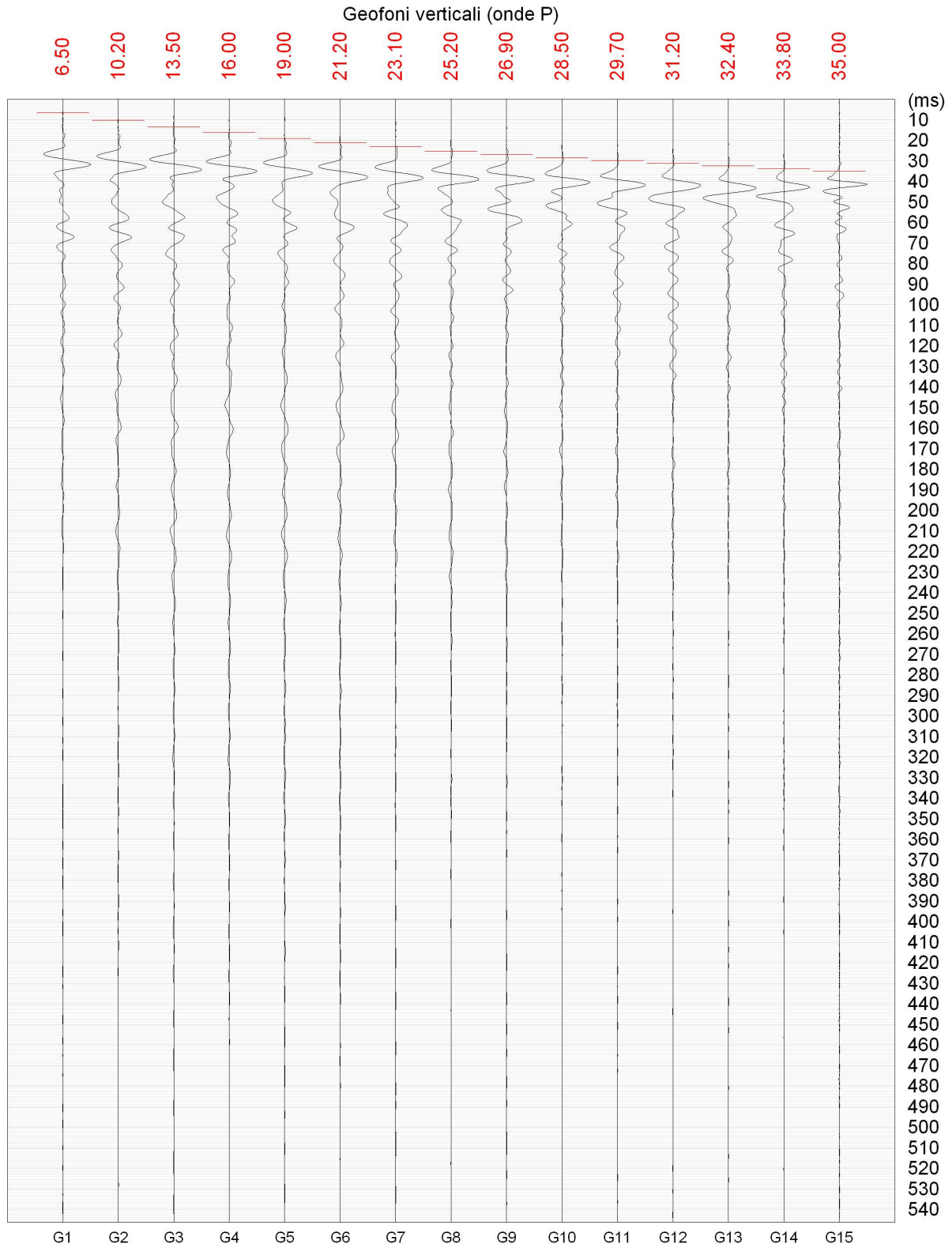
Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale  $T=0.546s$ , sono state effettuate con passo di campionamento  $dt=0.266ms$ . La frequenza di campionamento è data da:  $f_{campionamento}=1/dt=3750Hz$ . La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:  $f_{Nyquist}=1/2dt=1875Hz$ . La frequenza minima dei segnali è data da:  $f_{min}=1/T=1.831Hz$ .

L'elaborazione dei dati è stata effettuata con il programma Intersism 2.1 della Geo&soft International che permette di eseguire l'intero processo di elaborazione di una colonna sismostratigrafica.

Gli elaborati relativi alle indagini sismiche down hole DH-S1, DH-S2 e DH-S3 effettuate sono di seguito riportati in forma grafica e numerica.

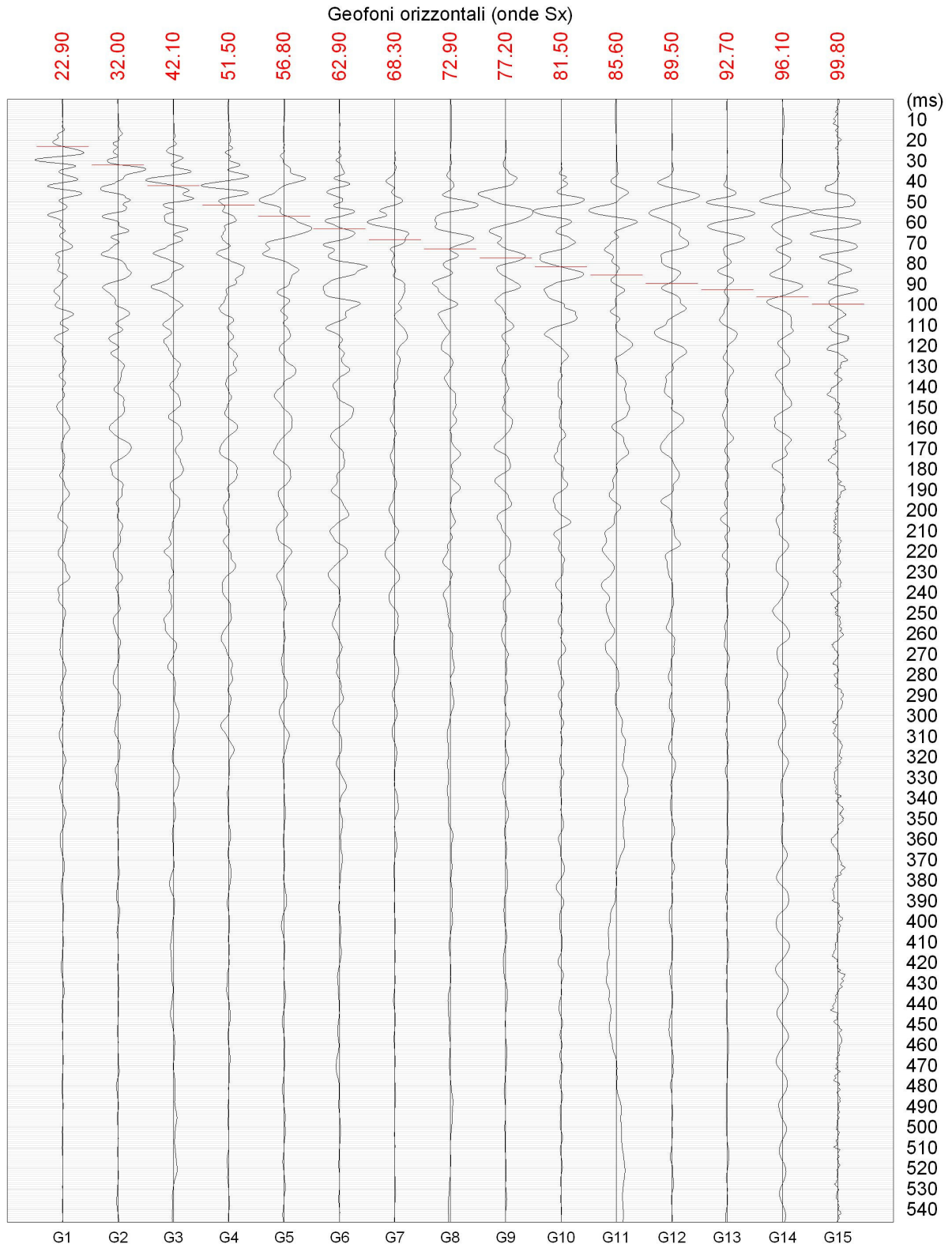


## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro down hole DH-S1



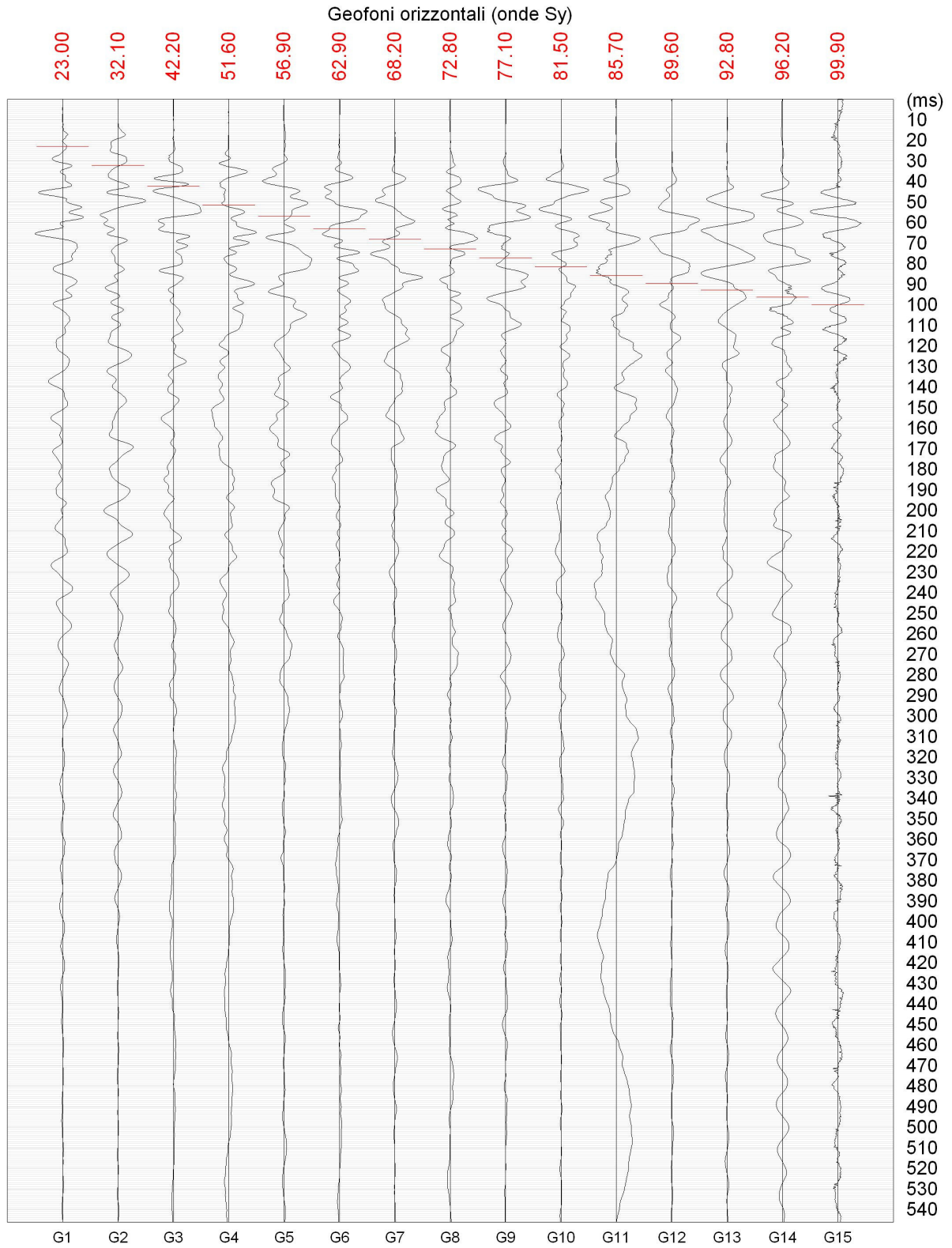
www.geoandsoft.com

## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro down hole DH-S1



www.geoandsoft.com

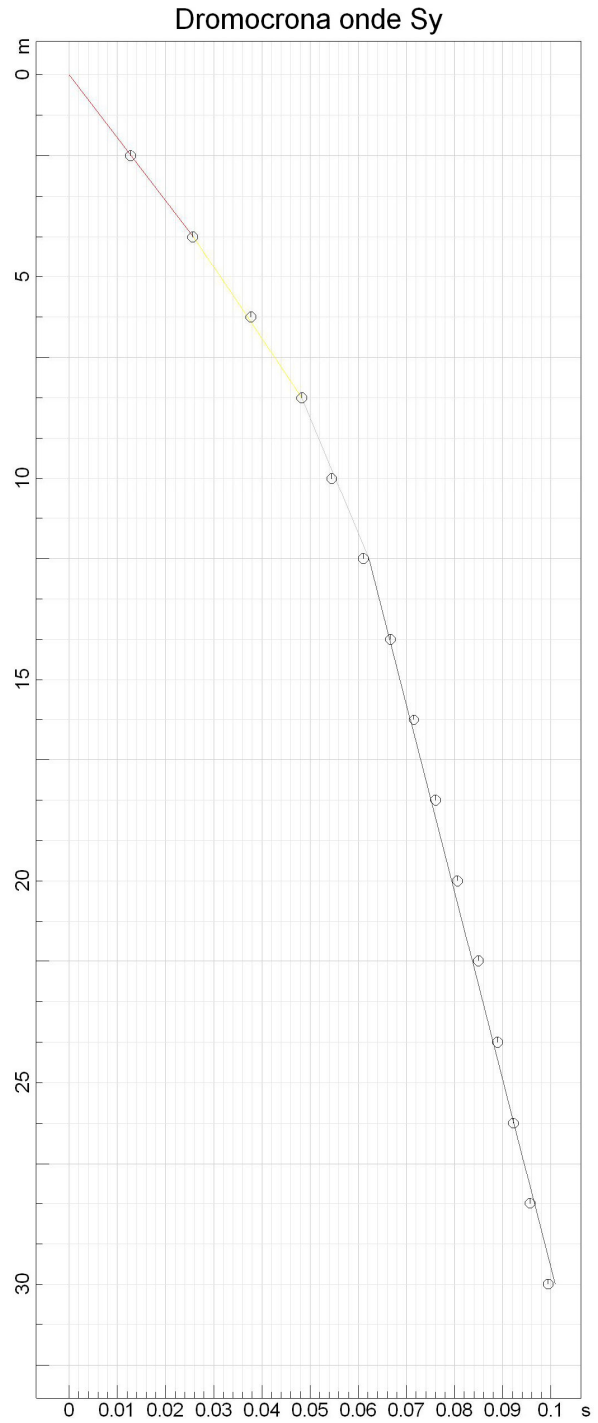
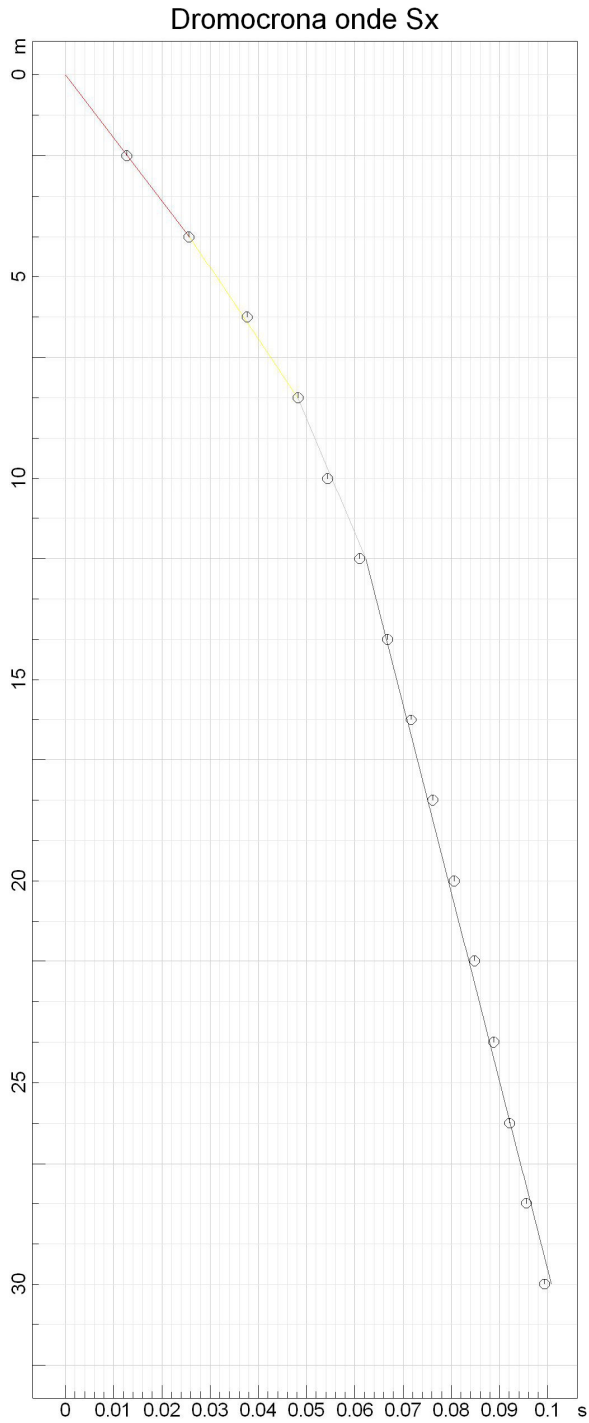
## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro down hole DH-S1



www.geoandsoft.com

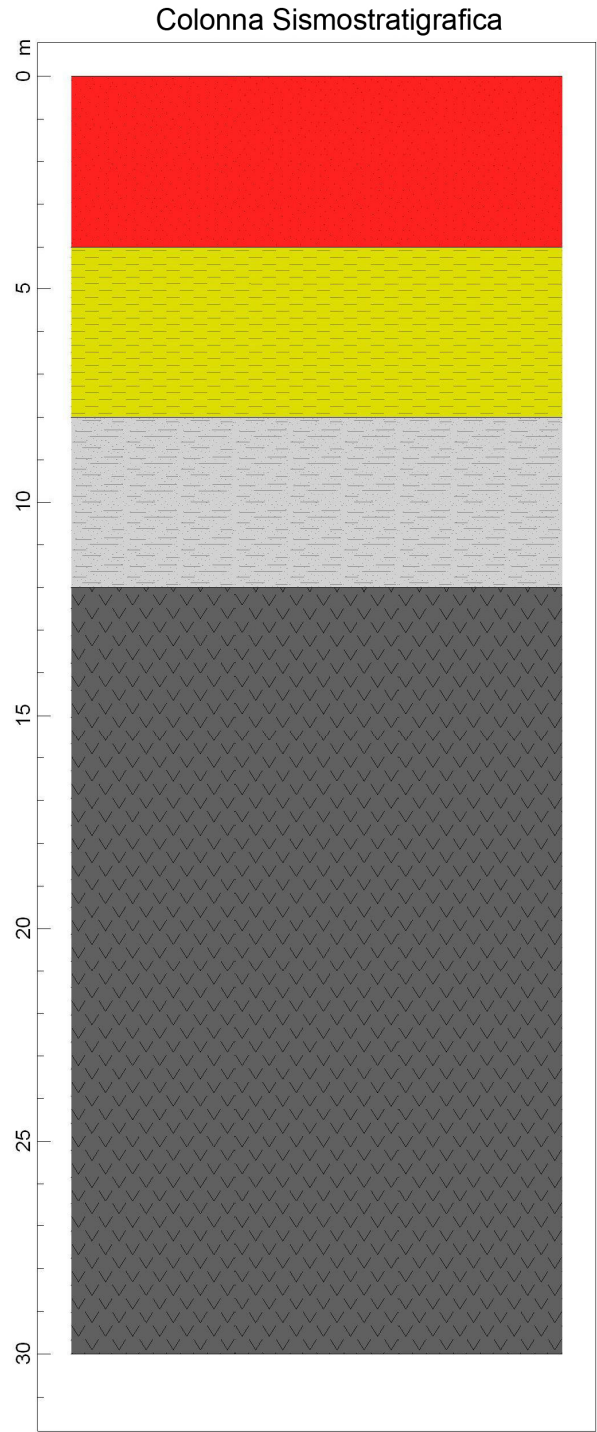
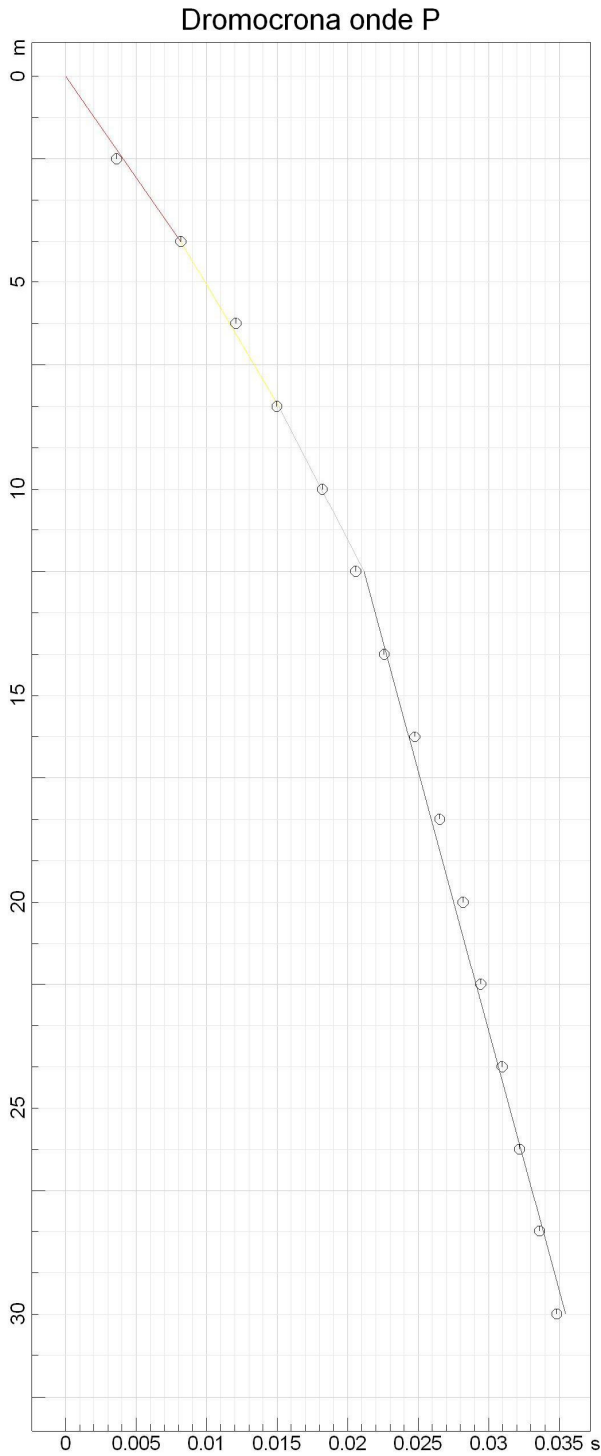


Comune di Meta (NA)  
 Prospezione sismica in foro down hole DH-S1



<b>P</b>	491 m/s	<b>P</b>	575 m/s	<b>P</b>	661 m/s	<b>P</b>	1259 m/s	<b>Vs30</b>
<b>Sx</b>	155 m/s	<b>Sx</b>	178 m/s	<b>Sx</b>	284 m/s	<b>Sx</b>	468 m/s	<b>297.5 m/s</b>
<b>Sy</b>	155 m/s	<b>Sy</b>	178 m/s	<b>Sy</b>	287 m/s	<b>Sy</b>	466 m/s	<b>297.5 m/s</b>

## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro down hole DH-S1



<b>P</b>	491 m/s	<b>P</b>	575 m/s	<b>P</b>	661 m/s	<b>P</b>	1259 m/s	<b>Vs30</b>
<b>Sx</b>	155 m/s	<b>Sx</b>	178 m/s	<b>Sx</b>	284 m/s	<b>Sx</b>	468 m/s	297.5 m/s
<b>Sy</b>	155 m/s	<b>Sy</b>	178 m/s	<b>Sy</b>	287 m/s	<b>Sy</b>	466 m/s	297.5 m/s

**COMUNE DI META (NA)**  
**PROSPEZIONE SISMICA IN FORO DOWN HOLE DH-S1**

DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO = 3.00 [m]

**PRIMI ARRIVI**

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	2.00	6.50	22.90	23.00	3.61	12.70	12.76
2	4.00	10.20	32.00	32.10	8.16	25.60	25.68
3	6.00	13.50	42.10	42.20	12.07	37.66	37.74
4	8.00	16.00	51.50	51.60	14.98	48.22	48.31
5	10.00	19.00	56.80	56.90	18.20	54.40	54.50
6	12.00	21.20	62.90	62.90	20.57	61.02	61.02
7	14.00	23.10	68.30	68.20	22.59	66.78	66.69
8	16.00	25.20	72.90	72.80	24.77	71.65	71.55
9	18.00	26.90	77.20	77.10	26.53	76.15	76.05
10	20.00	28.50	81.50	81.50	28.18	80.60	80.60
11	22.00	29.70	85.60	85.70	29.43	84.82	84.91
12	24.00	31.20	89.50	89.60	30.96	88.81	88.91
13	26.00	32.40	92.70	92.80	32.19	92.09	92.19
14	28.00	33.80	96.10	96.20	33.61	95.55	95.65
15	30.00	35.00	99.80	99.90	34.83	99.30	99.40

**VELOCITA' ONDE P**

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	4	491
2	8	575
3	12	661
4	30	1259

**PARAMETRI ONDE SX**

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	155	0.44	33635	97182	292667
2	8	178	0.45	47526	137541	432570
3	12	284	0.39	129050	357933	527007
4	30	468	0.42	394243	1119519	2327488

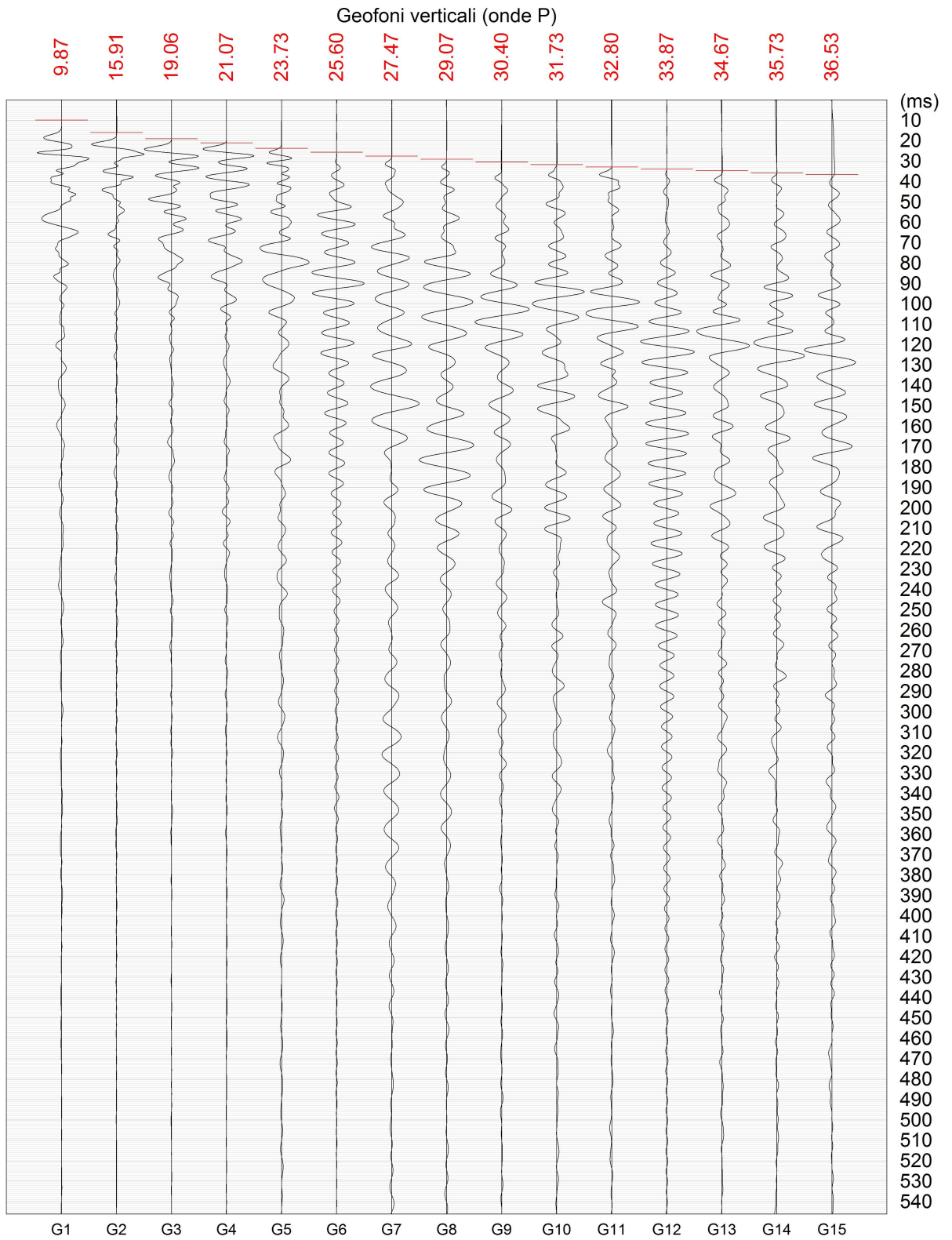
**PARAMETRI ONDE SY**

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	155	0.44	33635	97182	292667
2	8	178	0.45	47526	137541	432570
3	12	287	0.38	131790	364754	523353
4	30	466	0.42	390881	1110591	2331971

**VELOCITA' MEDIE VS30**

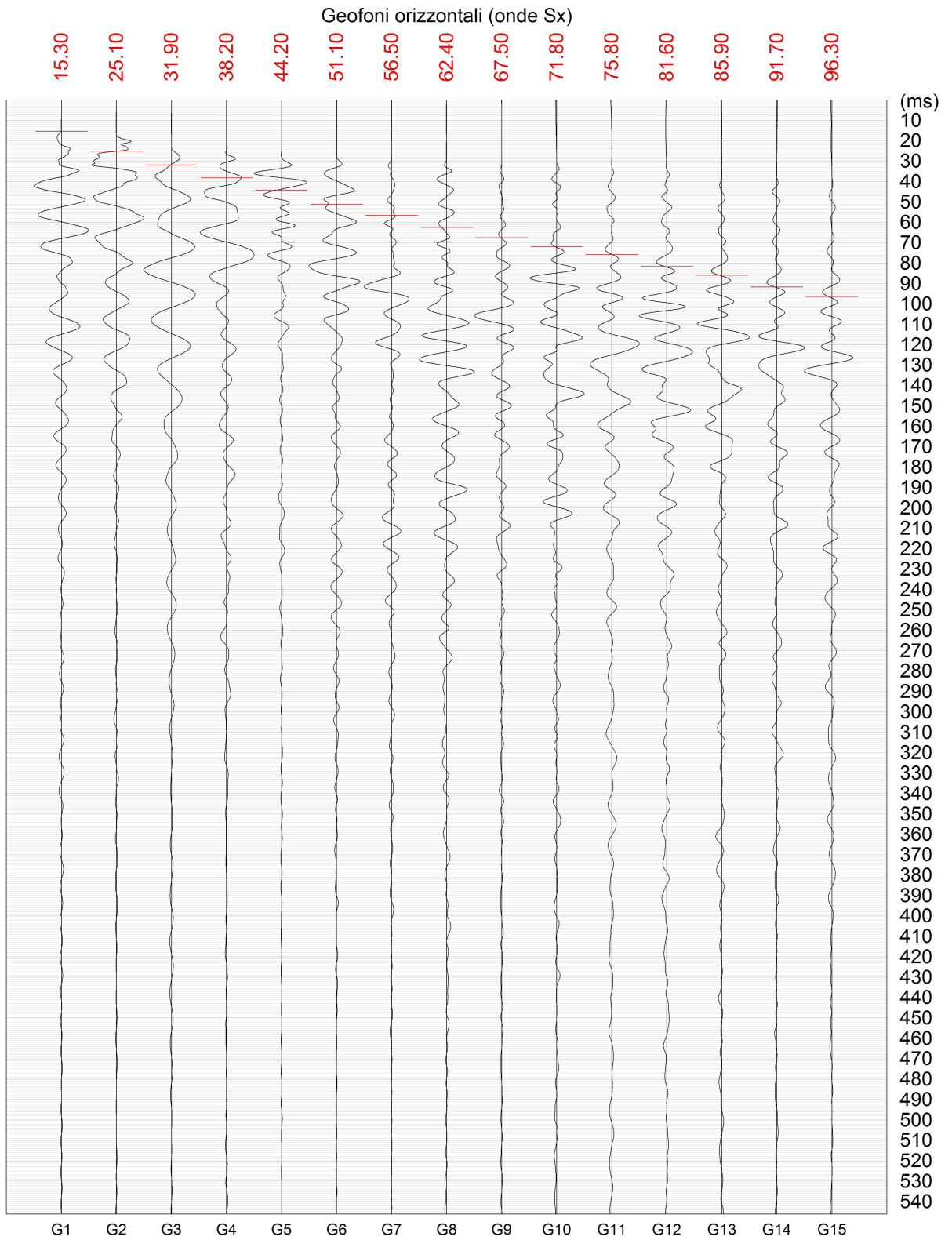
Geofono	VS30 [m/s]
orizzontale Sx	297.5
orizzontale Sy	297.5

## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro Down Hole DH-S2



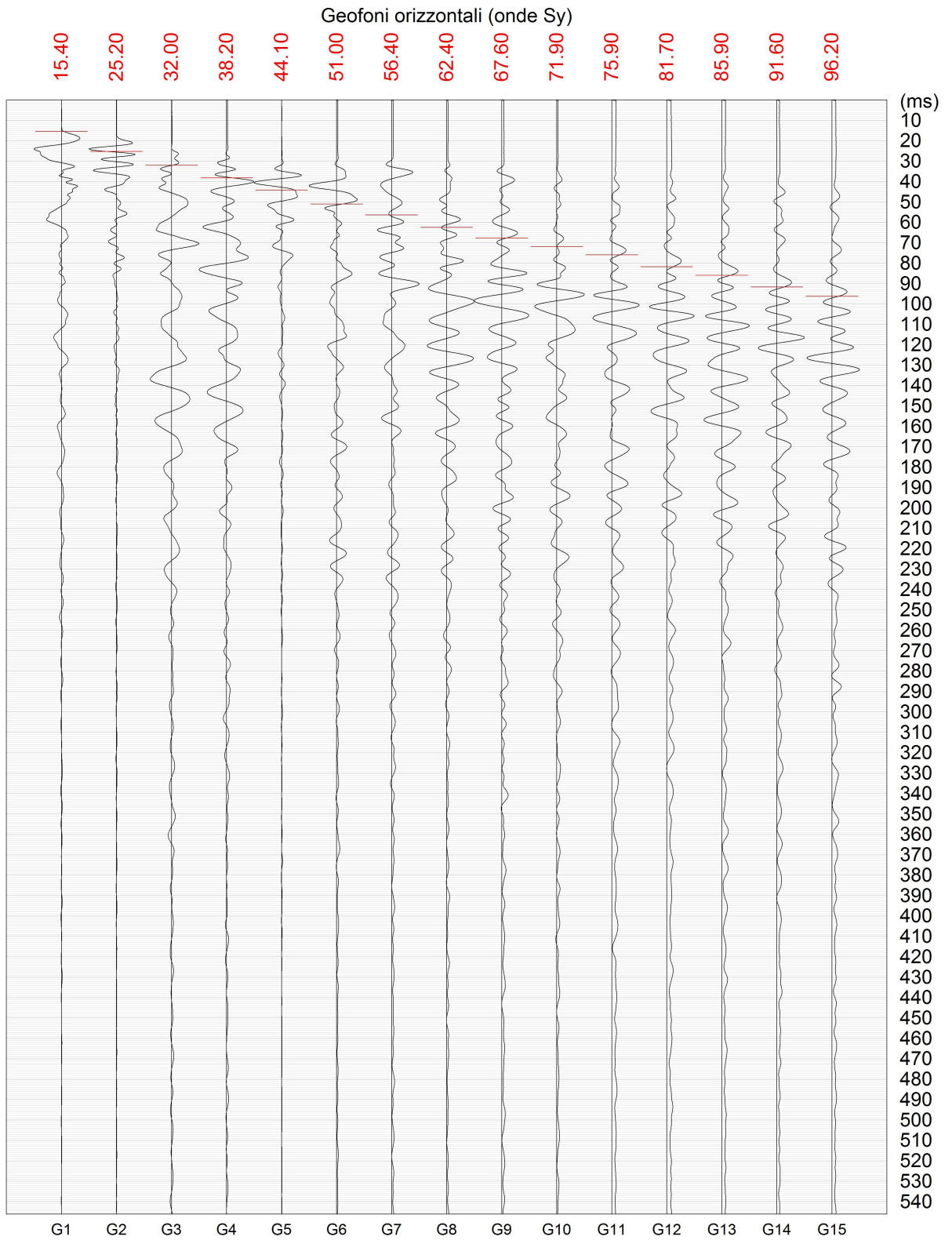
www.geoandsoft.com

## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro Down Hole DH-S2

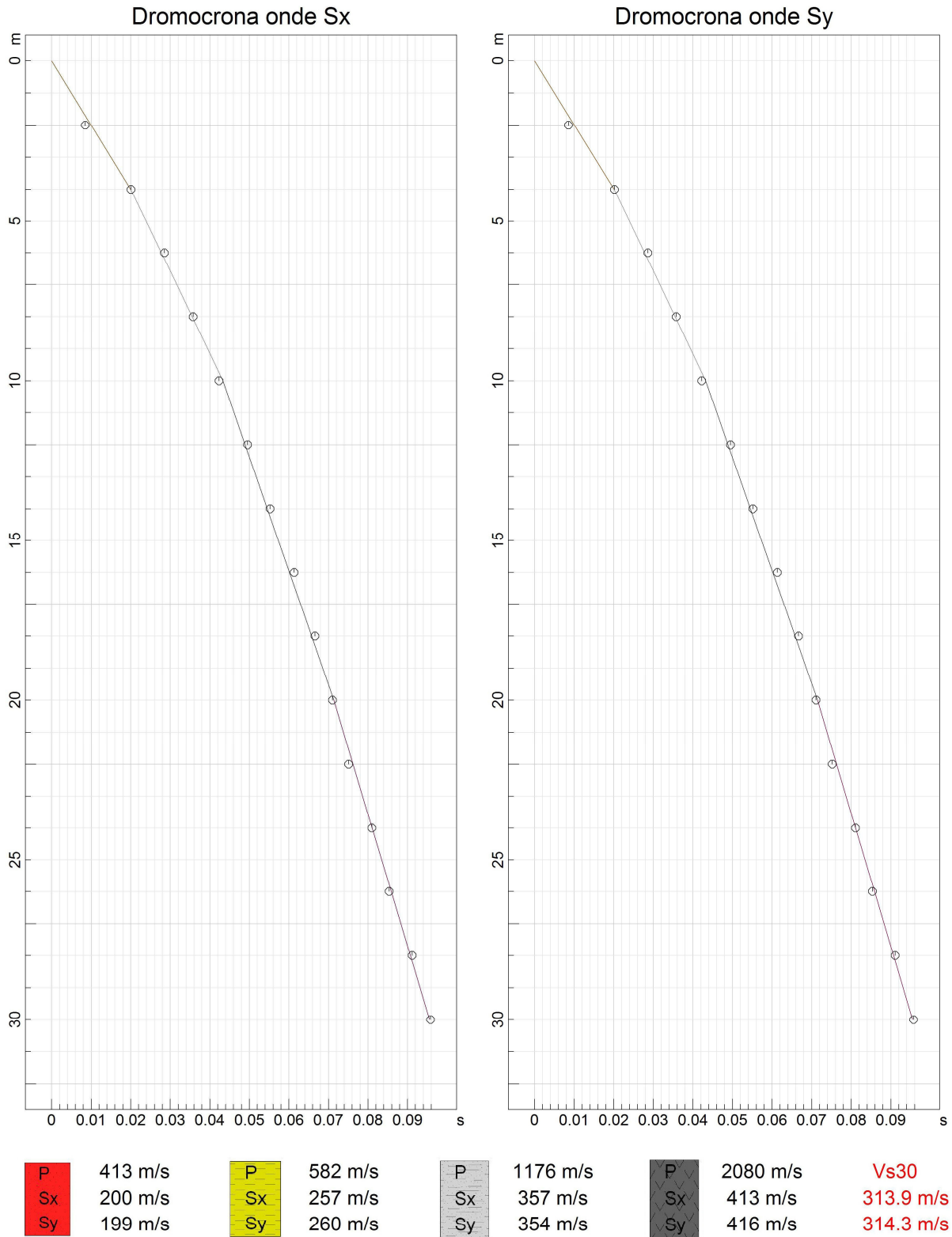




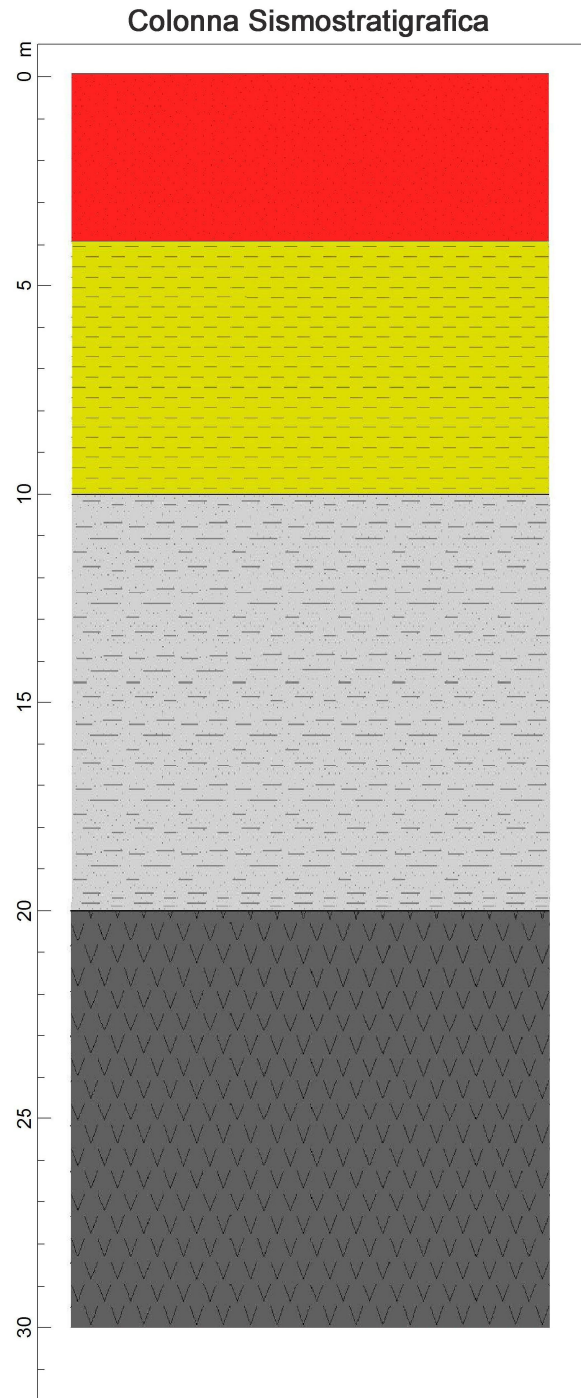
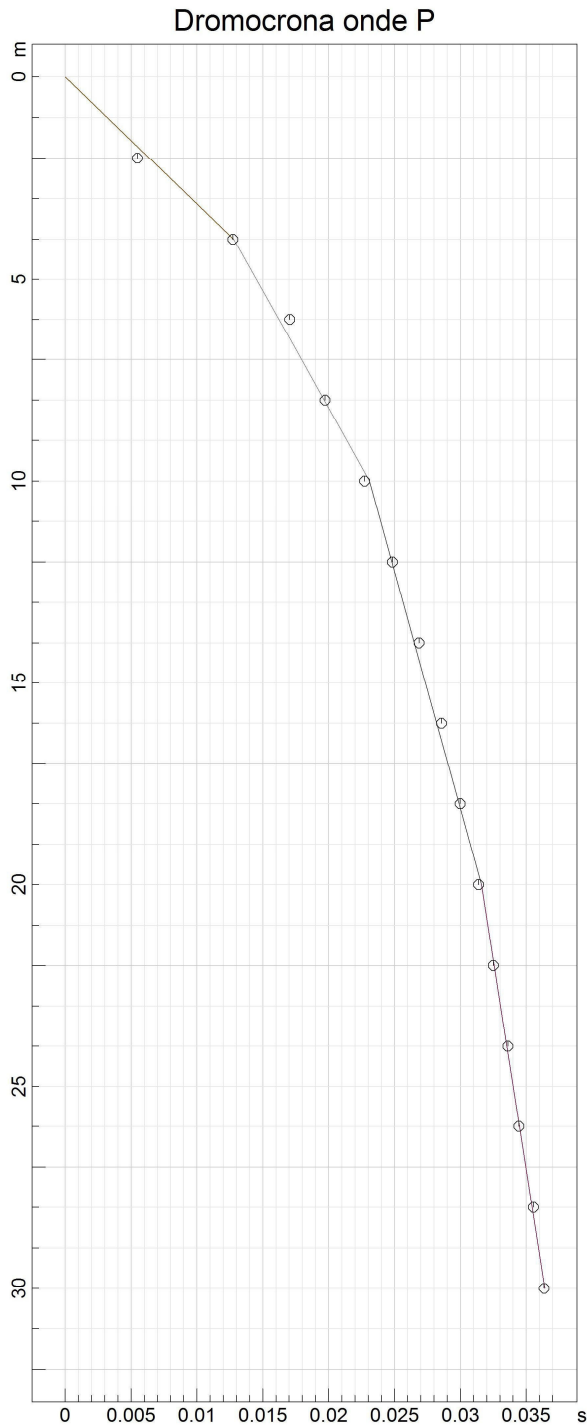
## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro Down Hole DH-S2



## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro Down Hole DH-S2



## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro Down Hole DH-S2



P	413 m/s	P	582 m/s	P	1176 m/s	P	2080 m/s	Vs30 313.9 m/s 314.3 m/s
Sx	200 m/s	Sx	257 m/s	Sx	357 m/s	Sx	413 m/s	
Sy	199 m/s	Sy	260 m/s	Sy	354 m/s	Sy	416 m/s	

www.geoandsoft.com

**COMUNE DI META (NA)**  
**PROSPEZIONE SISMICA IN FORO DOWN HOLE DH-S2**

DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO = 3.00 [m]

**PRIMI ARRIVI**

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	2.00	9.87	15.30	15.40	5.48	8.49	8.54
2	4.00	15.91	25.10	25.20	12.73	20.08	20.16
3	6.00	19.06	31.90	32.00	17.05	28.53	28.62
4	8.00	21.07	38.20	38.20	19.73	35.77	35.77
5	10.00	23.73	44.20	44.10	22.73	42.34	42.24
6	12.00	25.60	51.10	51.00	24.84	49.57	49.48
7	14.00	27.47	56.50	56.40	26.86	55.25	55.15
8	16.00	29.07	62.40	62.40	28.57	61.33	61.33
9	18.00	30.40	67.50	67.60	29.99	66.58	66.68
10	20.00	31.73	71.80	71.90	31.38	71.01	71.10
11	22.00	32.80	75.80	75.90	32.50	75.10	75.20
12	24.00	33.87	81.60	81.70	33.61	80.97	81.07
13	26.00	34.67	85.90	85.90	34.44	85.33	85.33
14	28.00	35.73	91.70	91.60	35.53	91.18	91.08
15	30.00	36.53	96.30	96.20	36.35	95.82	95.72

**VELOCITA' ONDE P**

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	4	413
2	10	582
3	20	1176
4	30	2080

**PARAMETRI ONDE SX**

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	200	0.21	60000	133199	56922
2	10	257	0.33	105678	281103	275591
3	20	357	0.42	216663	615322	1281920
4	30	413	0.46	307024	896510	3735459

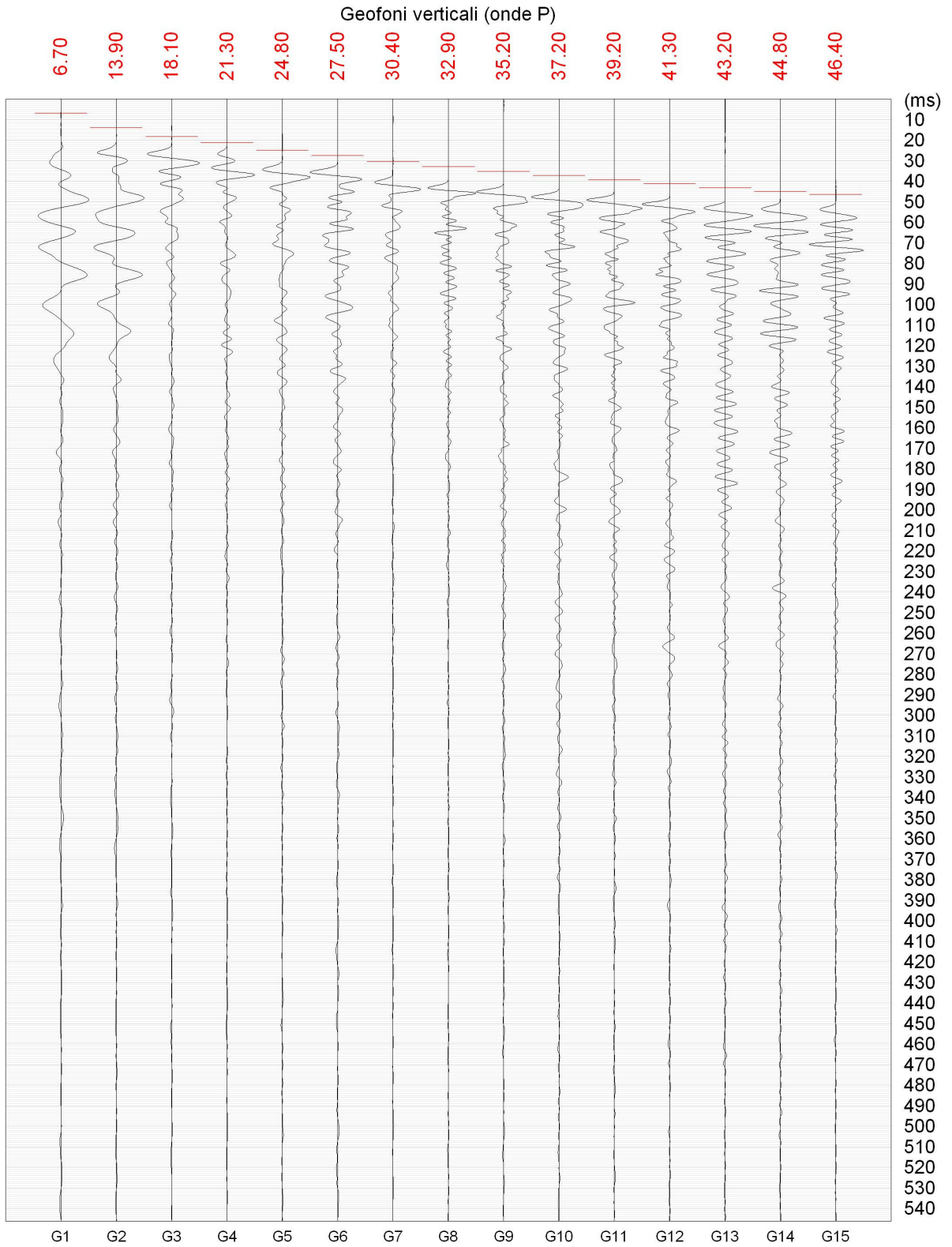
**PARAMETRI ONDE SY**

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	199	0.22	59401	133058	58358
2	10	260	0.33	108160	287705	282063
3	20	354	0.42	213037	605025	1260468
4	30	416	0.46	311500	909580	3789917

**VELOCITA' MEDIE VS30**

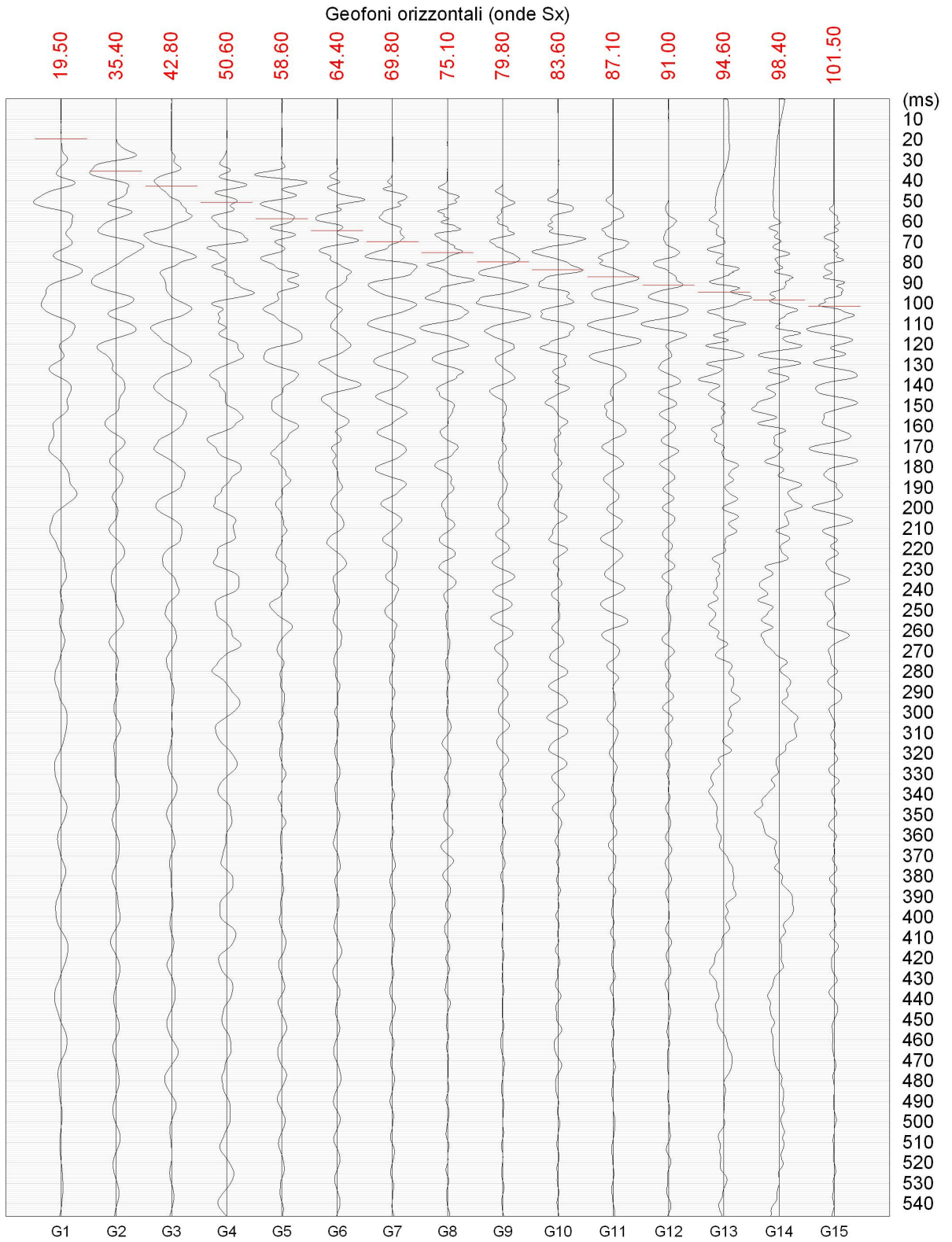
Geofono	VS30 [m/s]
orizzontale Sx	313.9
orizzontale Sy	314.3

## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro down hole DH-S3



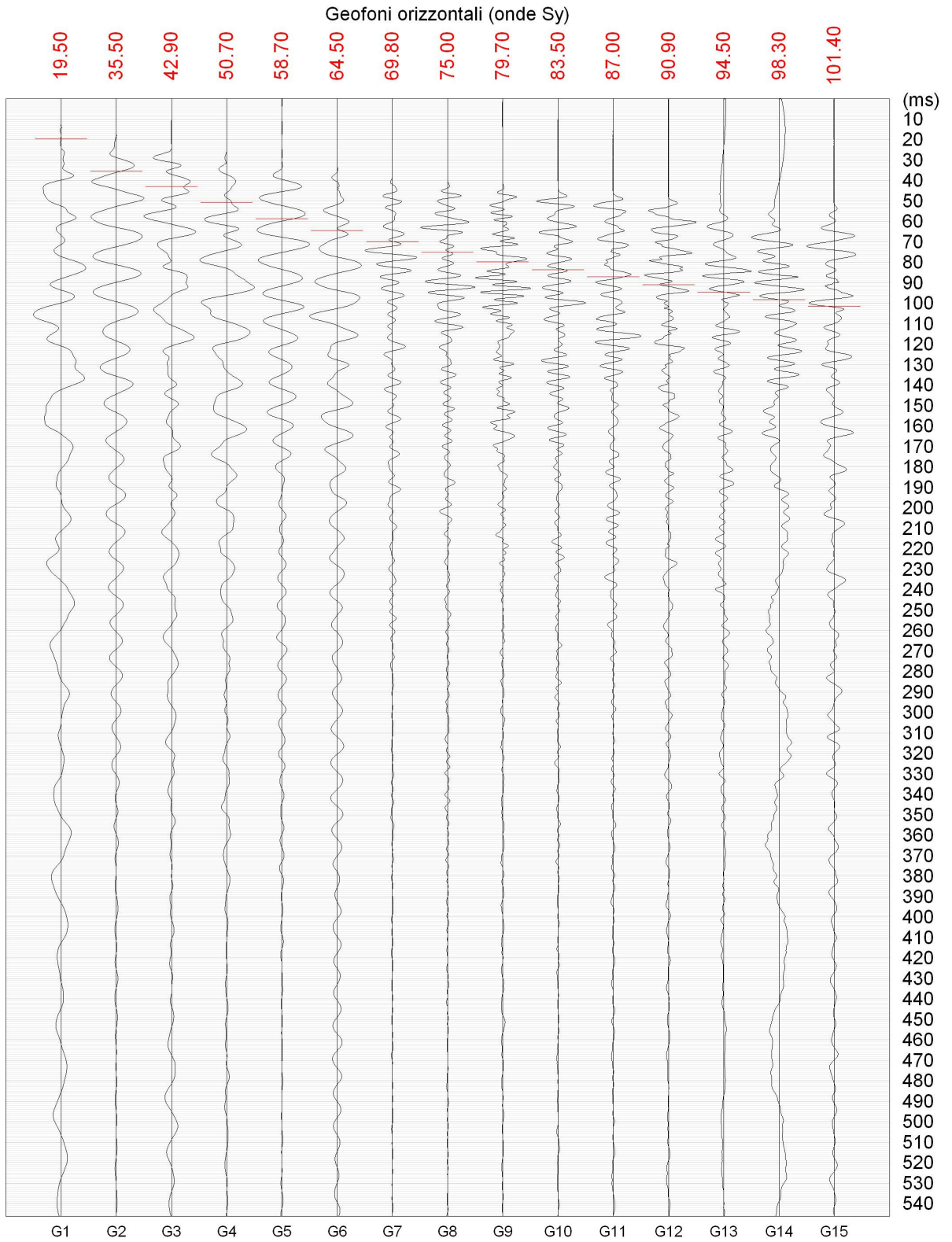


## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro down hole DH-S3

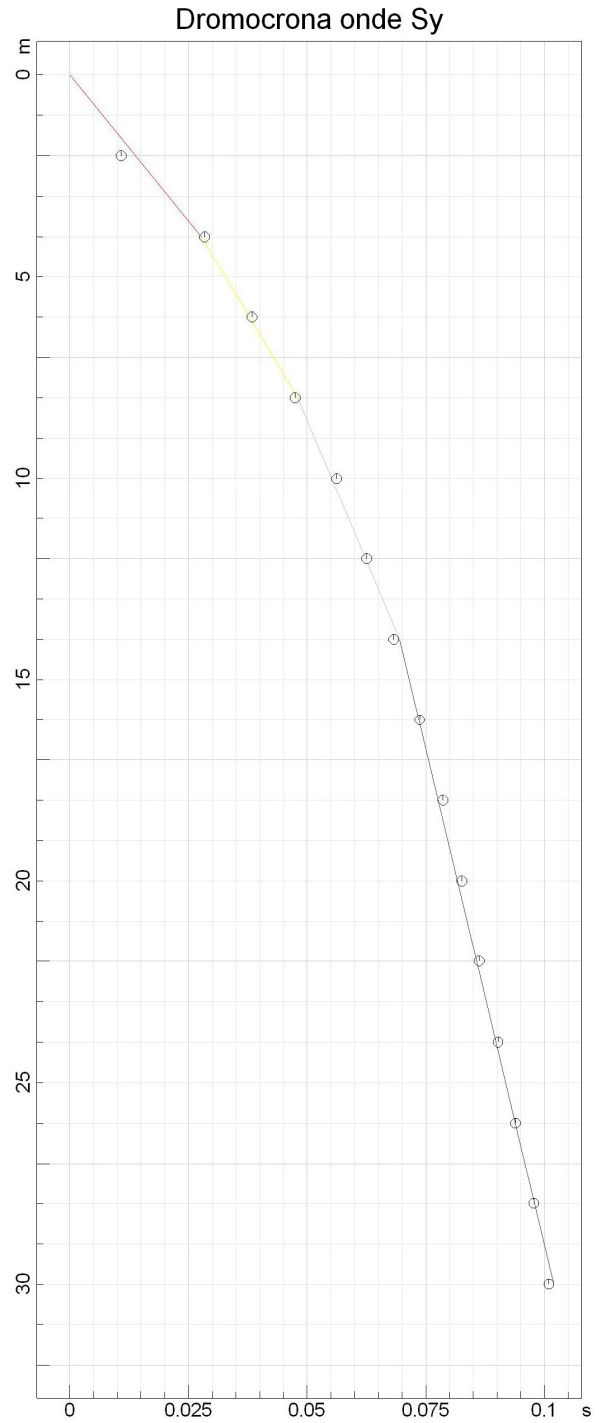
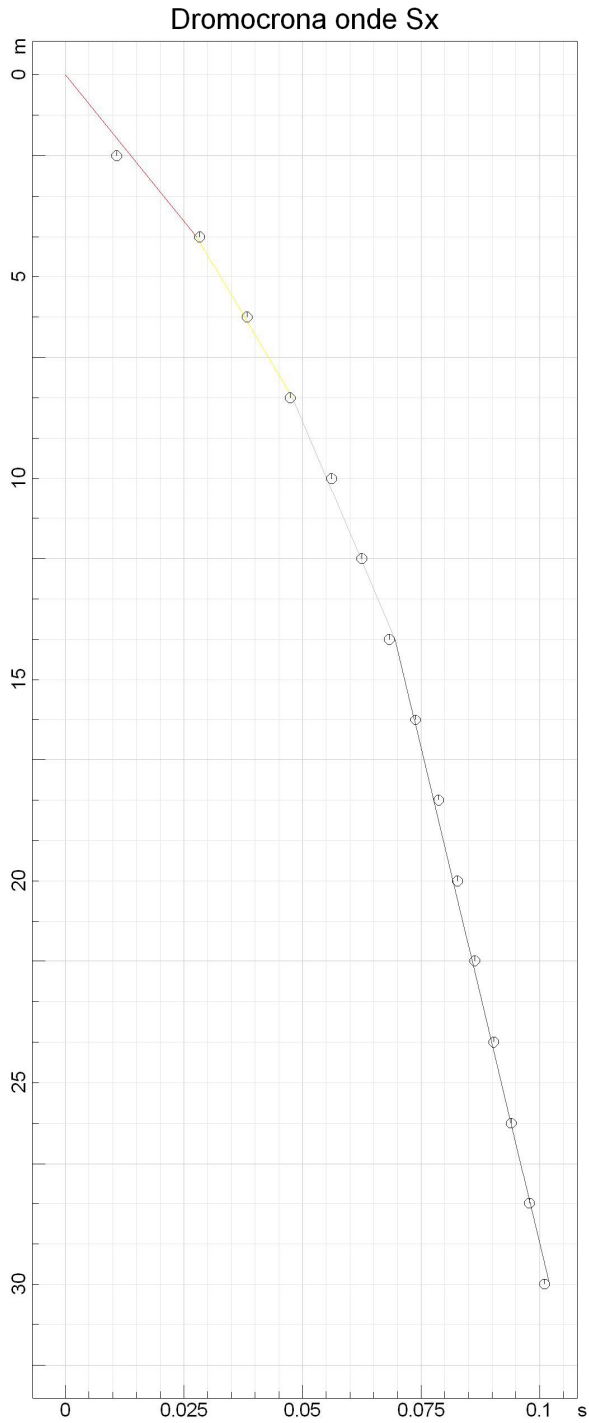


www.geoandsoft.com

## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro down hole DH-S3



## Comune di Meta (NA) Prospezione sismica in foro down hole DH-S3



<b>P</b>	368 m/s
<b>Sx</b>	144 m/s
<b>Sy</b>	144 m/s

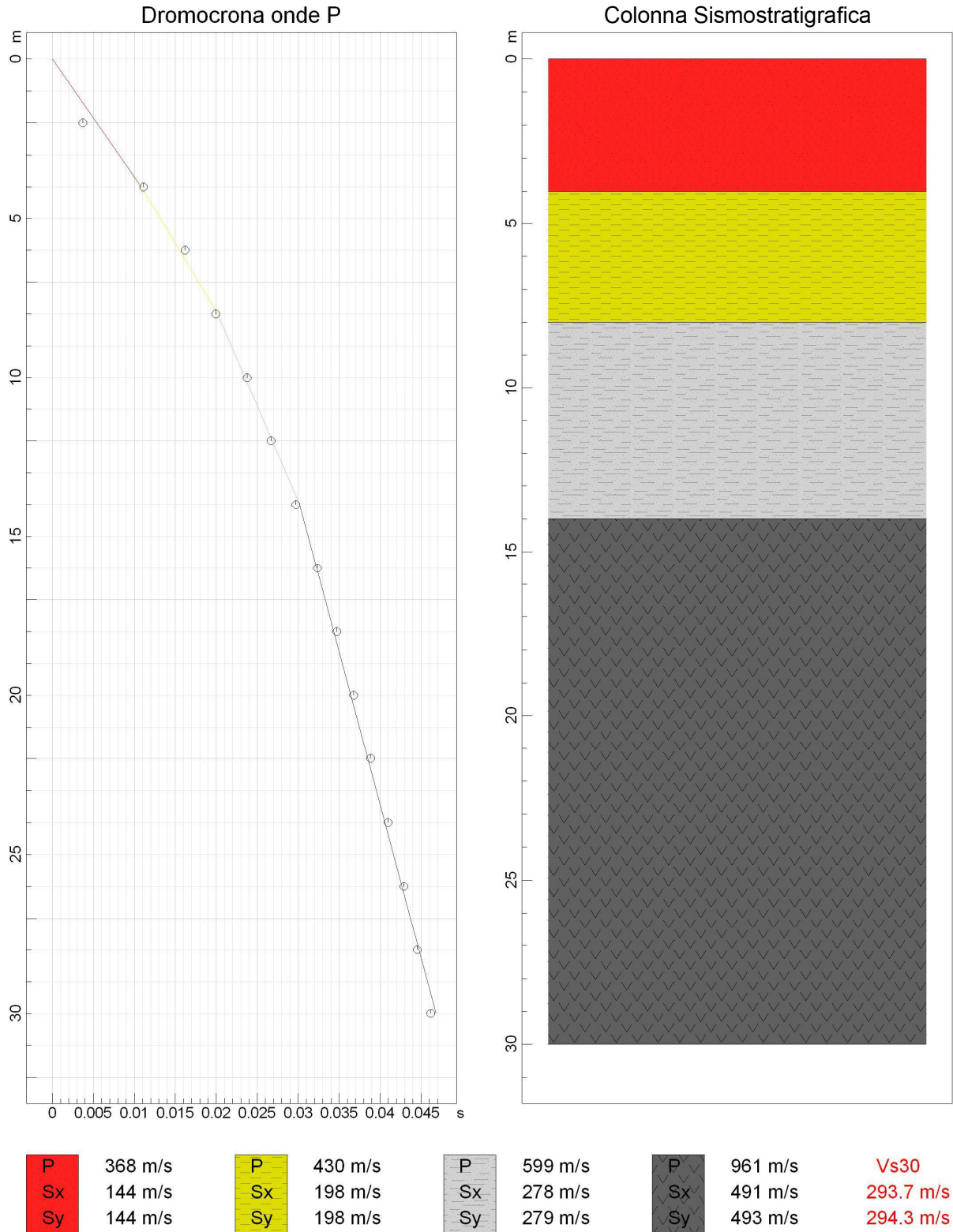
<b>P</b>	430 m/s
<b>Sx</b>	198 m/s
<b>Sy</b>	198 m/s

<b>P</b>	599 m/s
<b>Sx</b>	278 m/s
<b>Sy</b>	279 m/s

<b>P</b>	961 m/s
<b>Sx</b>	491 m/s
<b>Sy</b>	493 m/s

<b>Vs30</b>	293.7 m/s
	294.3 m/s

Comune di Meta (NA)  
 Prospezione sismica in foro down hole DH-S3





**COMUNE DI META (NA)**  
**PROSPEZIONE SISMICA IN FORO DOWN HOLE DH-S3**

DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO = 3.00 [m]

**PRIMI ARRIVI**

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	2.00	6.70	19.50	19.50	3.72	10.82	10.82
2	4.00	13.90	35.40	35.50	11.12	28.32	28.40
3	6.00	18.10	42.80	42.90	16.19	38.28	38.37
4	8.00	21.30	50.60	50.70	19.94	47.38	47.47
5	10.00	24.80	58.60	58.70	23.75	56.13	56.22
6	12.00	27.50	64.40	64.50	26.68	62.48	62.57
7	14.00	30.40	69.80	69.80	29.73	68.25	68.25
8	16.00	32.90	75.10	75.00	32.34	73.81	73.72
9	18.00	35.20	79.80	79.70	34.72	78.71	78.62
10	20.00	37.20	83.60	83.50	36.79	82.68	82.58
11	22.00	39.20	87.10	87.00	38.84	86.30	86.20
12	24.00	41.30	91.00	90.90	40.98	90.30	90.20
13	26.00	43.20	94.60	94.50	42.92	93.98	93.88
14	28.00	44.80	98.40	98.30	44.55	97.84	97.74
15	30.00	46.40	101.50	101.40	46.17	101.00	100.90

**VELOCITA' ONDE P**

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	4	368
2	8	430
3	14	599
4	30	961

**PARAMETRI ONDE SX**

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	144	0,41	29030	81842	150886
2	8	198	0,37	58806	160594	198942
3	14	278	0,36	123654	337017	409209
4	30	491	0,32	433946	1148540	1083743

**PARAMETRI ONDE SY**

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	144	0,41	29030	81842	150886
2	8	198	0,37	58806	160594	198942
3	14	279	0,36	124546	339131	408021
4	30	493	0,32	437488	1156204	1079020

**VELOCITA' MEDIE VS30**

Geofono	VS30 [m/s]
orizzontale Sx	293.7
orizzontale Sy	294.3

## 6. INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

Le indagini sismiche DH-S1, DH-S2 e DH-S3 effettuate, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30m (0m-30m) dal p.c., hanno fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine nella categoria C del D.M. 14 gennaio 2008 (Tab. 1; Tab. 2). Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{S30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

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

**Categoria di suolo di fondazione C** = *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero  $15 < N_{SPT30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} < 250kPa$  nei terreni a grana fina).*

**Categoria topografica T1** = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 1 – Categorie Suoli di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008).

<i>Prospezione sismica</i>	<i><math>V_{S0-30}</math> (m/s)</i>	<i>Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 14 gennaio 2008)</i>	<i>Categoria Topografica (D.M. 14 gennaio 2008)</i>
<i>DH-S1</i>	<i>[298]</i>	<i><u>C</u></i>	<i><u>T1</u></i>
<i>DH-S2</i>	<i>[314]</i>	<i><u>C</u></i>	<i><u>T1</u></i>
<i>DH-S3</i>	<i>[294]</i>	<i><u>C</u></i>	<i><u>T1</u></i>

Tab. 2 – Categorie Suolo di fondazione e topografica relative alle prospezioni sismiche in foro down hole DH-S1, DH-S2 e DH-S3 effettuate.

## 7. CONCLUSIONI

Il territorio comunale di Meta (NA), a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in III categoria - S=6 -  $a_g=0.15g$  (Fig. 12).

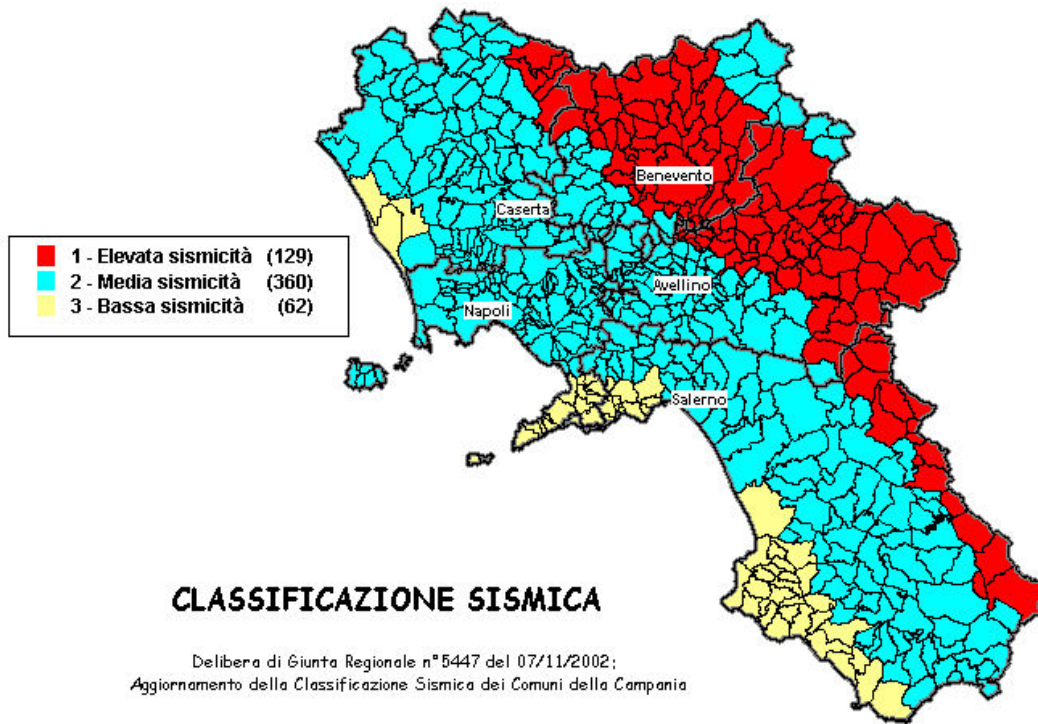


Fig. 12 – Classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania. Zona 1, valore di  $a_g=0.35g$ ; Zona 2, valore di  $a_g=0.25g$ ; Zona 3, valore di  $a_g=0.15g$ .

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 13), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), indica che il territorio comunale di Meta (NA) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.075 e 0.100 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



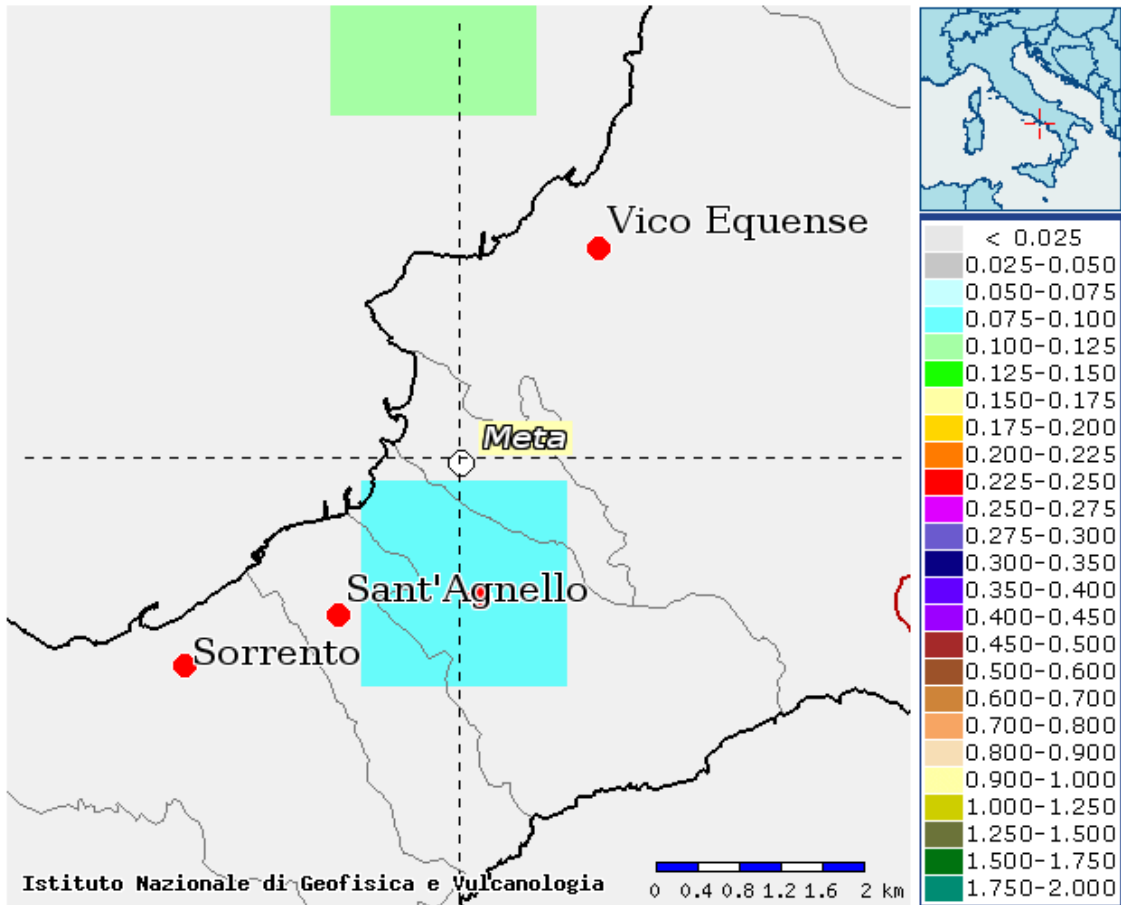


Fig. 13 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell’INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

Le indagini sismiche down hole DH-S1, DH-S2 e DH-S3 effettuate hanno fornito risultati che collocano i terreni oggetto d’indagine in categoria C del D.M. 14 gennaio 2008 (vedi par. 6) con valori di  $V_{S30}$  calcolati pari a (Tab. 3):

<i>Prospezione sismica</i>	<i><math>V_{S0-30}</math> (m/s)</i>
<i>DH-S1</i>	<i>[298]</i>
<i>DH-S2</i>	<i>[314]</i>
<i>DH-S3</i>	<i>[294]</i>

Tab. 3 – Valori di  $V_{S30}$  calcolati, relativi alle prospezioni sismiche down hole effettuate.

Note le velocità  $V_P$  e  $V_S$  ottenute dalle indagini sismiche DH-S1, DH-S2 e DH-S3, e attribuiti i valori di densità noti dai sondaggi geognostici eseguiti e da bibliografia, sono stati ricavati inoltre i moduli dinamici (Tabb. 4 - 6), quali il modulo di Young o modulo elastico  $E$ , il modulo di taglio o modulo di rigidità

$G$ , il coefficiente di Poisson  $\nu$  e il modulo di incompressibilità  $k$  dei sismostrati individuati.

Sismostrato	Profondità (m)	$V_P$ (m/s)	$V_S$ (m/s)	Densità $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson $\nu$ (-)	Modulo di taglio $G$ (kPa)	Modulo di Young $E$ (kPa)	Modulo di incompressibilità $k$ (kPa)
S1	0.00 – 4.00	491	155	1400	0.44	33635	97182	292667
S2	4.00 – 8.00	575	178	1500	0.45	47526	137541	432570
S3	8.00 – 12.00	661	286	1600	0.39	130420	361344	525180
S4	12.00 – 30.00	1259	467	1800	0.42	392562	1115055	2329730

Tab. 4 - Prospetto delle determinazioni dei moduli dinamici per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica DH-S1.

Sismostrato	Profondità (m)	$V_P$ (m/s)	$V_S$ (m/s)	Densità $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson $\nu$ (-)	Modulo di taglio $G$ (kPa)	Modulo di Young $E$ (kPa)	Modulo di incompressibilità $k$ (kPa)
S1	0.00 – 4.00	413	200	1400	0.35	56000	150844	164130
S2	4.00 – 10.00	582	259	1500	0.38	99074	273222	375988
S3	10.00 – 20.00	1176	356	1600	0.45	203918	591055	1940870
S4	20.00 – 30.00	2080	415	1700	0.48	289967	858001	6968257

Tab. 5 - Prospetto delle determinazioni dei moduli dinamici per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica DH-S2.

Sismostrato	Profondità (m)	$V_P$ (m/s)	$V_S$ (m/s)	Densità $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson $\nu$ (-)	Modulo di taglio $G$ (kPa)	Modulo di Young $E$ (kPa)	Modulo di incompressibilità $k$ (kPa)
S1	0.00 – 4.00	368	144	1400	0.41	29030	81842	150886
S2	4.00 – 8.00	430	198	1500	0.37	58806	160594	198942
S3	8.00 – 14.00	599	279	1600	0.36	124100	338074	408615
S4	14.00 – 30.00	961	492	1800	0.32	435717	1152372	1081382

Tab. 6 - Prospetto delle determinazioni dei moduli dinamici per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica DH-S3.

Pompei, Luglio 2013

Il tecnico

Dr. Geol. Salvatore Esposito