

Dr. Geol. STEFANO CASTAGNETTI

GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE

STUDIO A CARATTERE DI PROTEZIONE CIVILE

via Argini Sud, 24 - 43030 BASILICANOVA PR

☎e fax 0521.681244 - 338.8740794

e-mail: studio@stefacasta.it

PSCRIE
PIANO STRUTTURALE COMUNALE
DI REGGIO EMILIA



ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

Secondo livello di approfondimento

Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007

Allegato 2

Rilievi geofisici di tipo sismico a rifrazione (basi sismiche A – B – C – D – E – F – G – H)

il tecnico incaricato:

Dott. Geol. Stefano Castagnetti

con la collaborazione di:

Dott. Geol. Marco Baldi



Gennaio 2009

COMMITTENTE

Dott. Geol. CASTAGNETTI STEFANO
Via Argini sud, 24
43030 BASILICANOVA (PARMA)

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

DETERMINAZIONE DELLE Vs30 AI FINI DELLA VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI CUI ALLA D.A.L. 112/2007

OGGETTO DELL'ELABORATO

**RELAZIONE DI INDAGINE GEOFISICA DI TIPO
SISMICO A RIFRAZIONE**

COMPARTO MANCASALE

LOCALIZZAZIONE

ITALIA

REGIONE: EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA: REGGIO EMILIA

CODIFICA GENERALE ELABORATO

CODICE INTERNO	LOTTO	SETTORE DI ATTIVITA'	TIPO DOCUMENTO	N. ELABORATO
2480	A-B	G	REL	1

VERSIONE

DATA

OGGETTO

0	25/11/2008	1° EMISSIONE

DATI PROGETTISTA

Dott. Geol. Giorgio Masotti
Via di Mezzo, 90
41058 Vignola (MO) – Italy



INDICE

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
3	NORMATIVA D.M. 14/01/2008.....	6
4	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE	8
5	BASE SISMICA "A"	9
6	VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "A"	19
7	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "A"	22
8	BASE SISMICA "B"	24
9	VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "B"	34
10	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "B"	37

INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 200-NE "REGGIO EMILIA NORD" - SCALA 1:25.000.....	4
FIGURA 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO	5
FIGURA 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "A"	10
FIGURA 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "A"	11
FIGURA 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "A"	12
FIGURA 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "A"	13
FIGURA 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "A"	14
FIGURA 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "A"	15
FIGURA 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "A"	16
FIGURA 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "A" ...	17
FIGURA 11: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "A"	18
FIGURA 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "A"	19
FIGURA 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "A"	20
FIGURA 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "A"	20
FIGURA 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "A"	21
FIGURA 16: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "B"	25
FIGURA 17: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI – BASE "B"	26
FIGURA 18: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "B"	27
FIGURA 19: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "B" ...	28
FIGURA 20: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "B"	29
FIGURA 21: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "B"	30
FIGURA 22: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "B"	31
FIGURA 23: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "B" ...	32
FIGURA 24: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "B"	33
FIGURA 25: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "B"	34
FIGURA 26: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "B"	35
FIGURA 27: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "B"	35
FIGURA 28: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "B"	36

1 PREMESSA

Come richiesto dal tecnico incaricato per gli studi geologici-geotecnici, il sottoscritto:

- Dott. Giorgio Masotti, Geologo libero professionista, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna con il numero 588, in qualità di consulente tecnico della ditta Geo-Xpert Italia – Servizi – Tecnologie e Ambiente snc, con sede in Vignola (MO) – Via di Mezzo, 90,

ha provveduto alla stesura della presente relazione, finalizzata alla elaborazione delle indagini geofisiche effettuate con il metodo sismico a rifrazione ai fini della determinazione della caratterizzazione sismica del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14.01.2008).

L'area interessata dall'indagine geologico-geotecnica si trova in comune di Reggio Emilia, Comparto MANCASALE. Allo scopo di determinare le caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni presenti, è stata condotta un'indagine diretta in sito di tipo sismico a rifrazione costituita da nr. 2 basi sismiche che sono state eseguite in data 06/11/2008, con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di $V_{s,30}$.

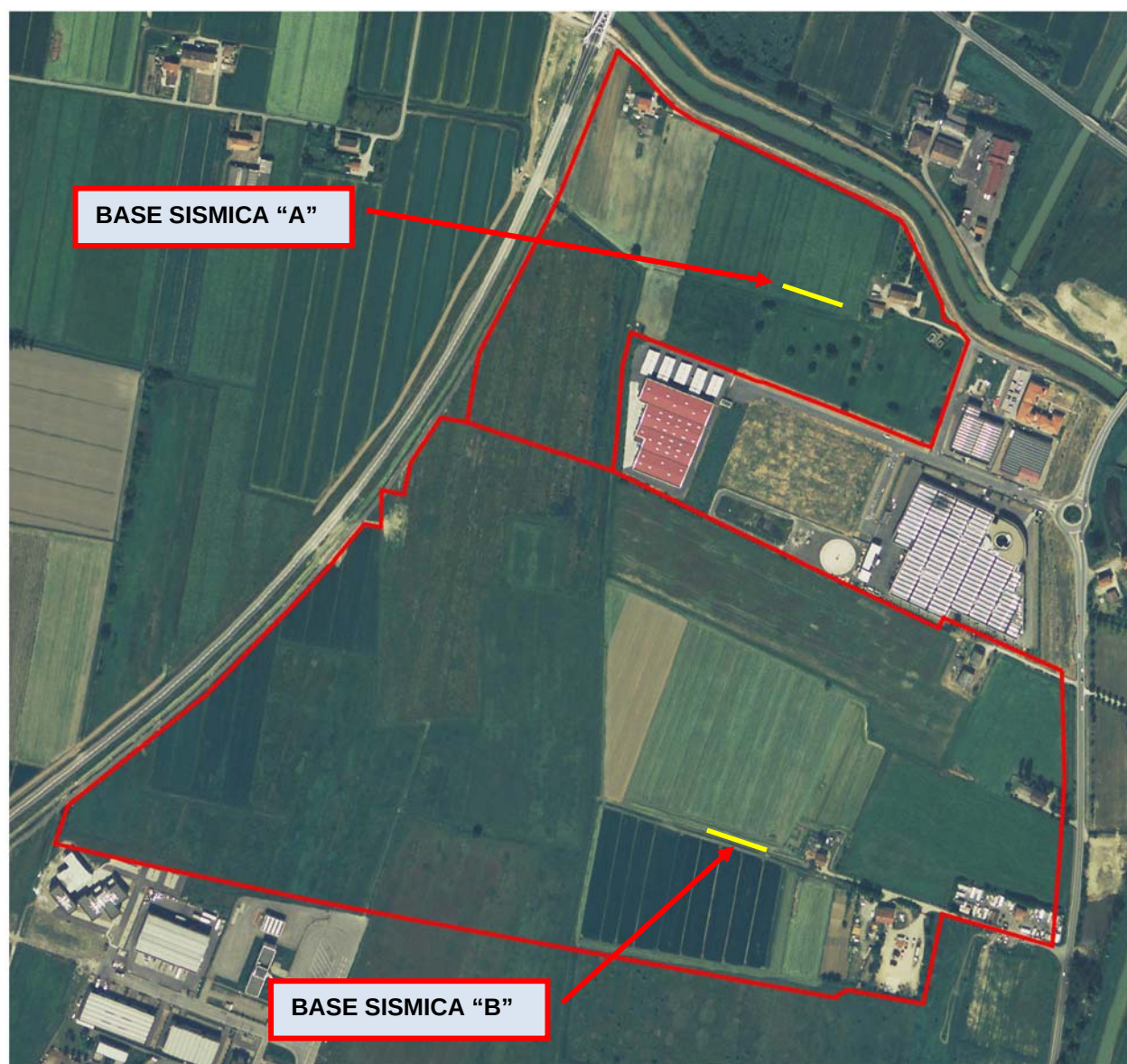
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona oggetto d'intervento si colloca nell'ambito del territorio comunale di REGGIO EMILIA, e risulta compresa all'interno della documentazione cartografica sotto riportata:

Cartografia Regionale:

- CARTA TOPOGRAFICA n. 200-NE denominata "REGGIO EMILIA NORD" – Scala 1:25.000
- SEZIONE R.E.R. n. 200040 "CADELBOSCO DI SOPRA" – scala 1:10.000
- SEZIONE R.E.R. n. 200080 "REGGIO EMILIA" – scala 1:10.000

Figura 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO



3 NORMATIVA D.M. 14/01/2008

Le "Norme tecniche per le costruzioni" definiscono che, ai fini della valutazione della azione sismica di progetto (punto 3.2.2. "Categoria di suolo e condizioni topografiche"), deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche, morfologiche e topografiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In mancanza di tali studi si può utilizzare una classificazione che riguardi i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed il sub-strato rigido di riferimento con velocità delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s (bedrock) o comunque un sub-strato commisurato alla estensione ed importanza dell'opera.

La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità.

Nei casi in cui tale determinazione della velocità non sia disponibile, la classificazione può essere eseguita in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [m/s]$$

la resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

la resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall'espressione

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

dove h_i , $V_{s,i}$, $N_{SPT,i}$ e $c_{u,i}$ sono rispettivamente lo spessore, la velocità delle onde di taglio V_s , il numero di colpi N_{SPT} e la resistenza non drenata c_u nell' i -esimo strato compreso nei primi 30 metri di profondità.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono:

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

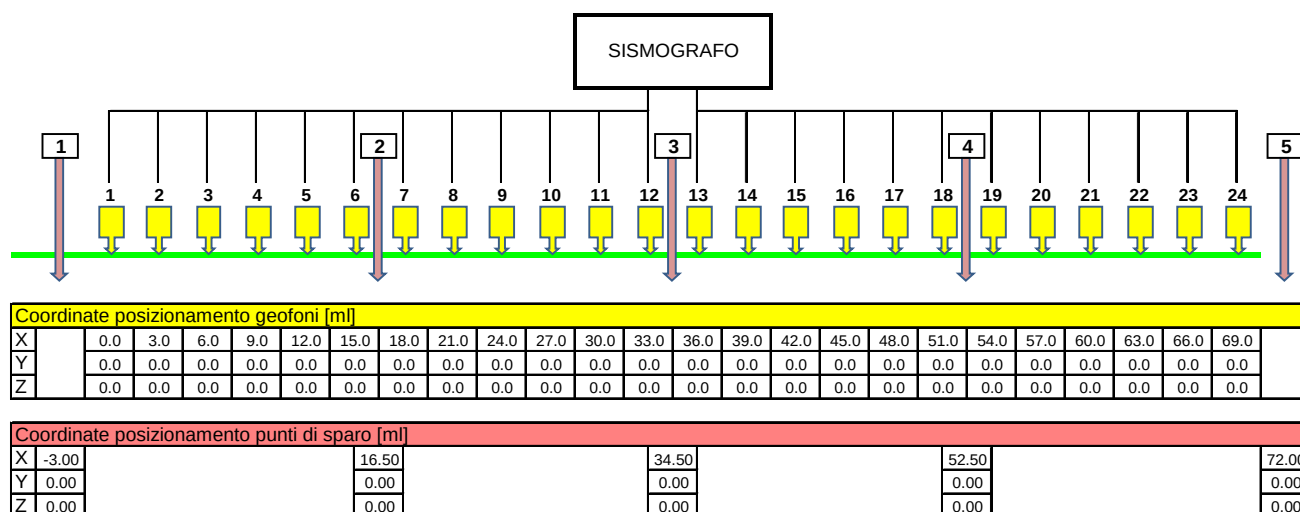
La normativa prevede due categorie aggiuntive di sottosuolo per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno:

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30} < 100$ 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 a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

4 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni del comparto urbanistico di studio sono state eseguite in data 06/11/2008 nr. 2 basi sismiche a rifrazione con sistema di acquisizione 24 canali con energizzazione del terreno mediante una mazza battente da Kg. 9 su una piastra di battuta in alluminio per i nr. 3 punti di energizzazione centrali (nr. 2/3/4), mentre per i 2 punti estremi (nr. 1/5) è stato utilizzato un energizzatore per sismica, classificato dal Ministero dell'Interno come "strumento di lavoro", costituito da un corpo cilindrico di forma tubolare in acciaio inox con una sezione anteriore svitabile, denominata camera di cartuccia, predisposta per contenere una cartuccia di tipo industriale calibro 8. La camera di cartuccia è senza canna, consentendo l'esplosione assiale dell'onda di energia con generazione di onde di tipo "P" (longitudinali) e di tipo "S" (trasversali).

Per la disposizione dei trasduttori velocimetrici (geofoni) sul sito oggetto di indagine, è stato definito un allineamento mantenendo una equidistanza ripetitiva lungo tutta la tratta della base sismica, come evidenziato nello schema sottostante.



Caratteristiche geometriche dello stendimento sismico

Lunghezza linea sismica	69,0m	Spazio intergeofonico	3,0m
Numero di punti di energizzazione	5	Numero di trasduttori velocimetrici	24

Strumentazione e impostazioni di registrazione

Modello strumento di acquisizione	PASI 16S24
Risoluzione di campionamento	16 bit
Frequenza di campionamento	125 μ s
Geofoni verticali con frequenza di pari a 4,5 Hz	24
Tempo di acquisizione	256 ms

Per quanto riguarda l'inizio della registrazione è stato utilizzato un geofono "starter" posizionato in aderenza alla piastra di battuta e collegato allo strumento in modo da garantire uno scarto di errore sul "Tempo Zero" non superiore a 1 msec. Per la base sismica sono stati effettuati nr. 5 punti di energizzazione lungo lo stendimento sismico:

- 1a energizzazione posta a ml. 3.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 1 (estremo sinistro)
- 2a energizzazione posta tra i geofoni nr. 6 e nr. 7 (intermedio sinistro)
- 3a energizzazione posta tra i geofoni nr. 12 e nr. 13 (centrale)
- 4a energizzazione posta tra i geofoni nr. 18 e nr. 19 (intermedio destro)
- 5a energizzazione posta a ml. 3.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 24 (estremo destro)

5 BASE SISMICA "A"



SCALA 1:1.000

Figura 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “A”



Figura 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "A"

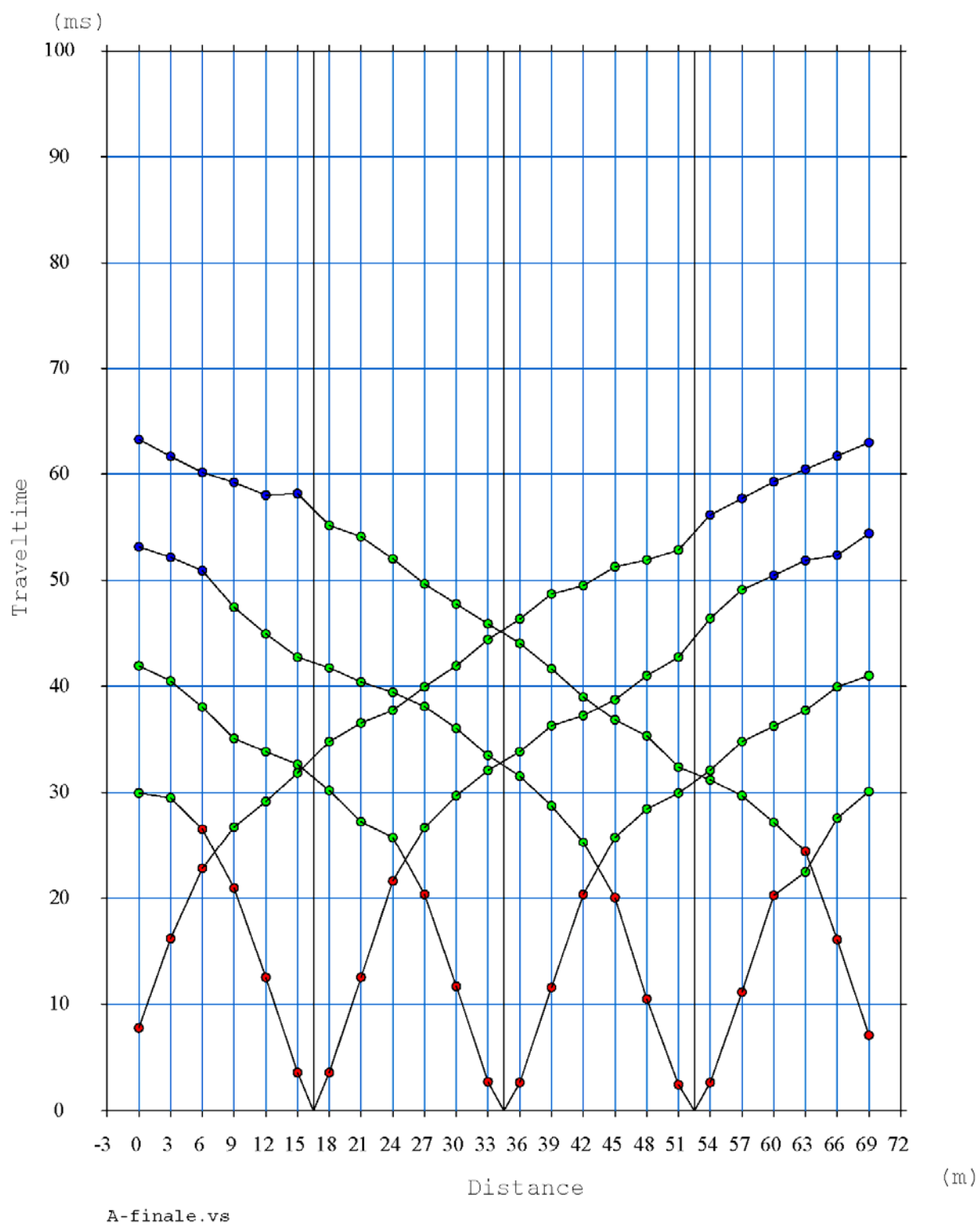
File Reference		SHOOT POINTS COORDINATE				
1	A1.DAT	SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
2	A67.DAT	1	0,00	-3,00	0,00	0,00
3	A1213.DAT	2	0,00	16,50	0,00	0,00
4	A1819.DAT	3	0,00	34,50	0,00	0,00
5	A24.DAT	4	0,00	52,50	0,00	0,00
MASW	A1MF.DAT	5	0,00	72,00	0,00	0,00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0,00	0,00	0,00	7,84	29,96	41,99	53,16	63,28
2	0,00	3,00	0,00	16,20	29,52	40,50	52,16	61,68
3	0,00	6,00	0,00	22,82	26,56	38,07	50,92	60,16
4	0,00	9,00	0,00	26,76	20,96	35,10	47,48	59,20
5	0,00	12,00	0,00	29,16	12,56	33,89	44,96	58,04
6	0,00	15,00	0,00	31,86	3,64	32,67	42,76	58,19
7	0,00	18,00	0,00	34,83	3,64	30,24	41,76	55,17
8	0,00	21,00	0,00	36,58	12,56	27,27	40,44	54,12
9	0,00	24,00	0,00	37,80	21,60	25,78	39,48	52,00
10	0,00	27,00	0,00	39,96	26,73	20,39	38,12	49,68
11	0,00	30,00	0,00	41,99	29,70	11,74	36,08	47,78
12	0,00	33,00	0,00	44,42	32,13	2,70	33,52	45,93
13	0,00	36,00	0,00	46,35	33,89	2,68	31,56	44,08
14	0,00	39,00	0,00	48,72	36,32	11,64	28,80	41,68
15	0,00	42,00	0,00	49,52	37,26	20,36	25,32	39,04
16	0,00	45,00	0,00	51,28	38,76	25,78	20,08	36,88
17	0,00	48,00	0,00	51,92	41,04	28,49	10,55	35,37
18	0,00	51,00	0,00	52,88	42,76	29,97	2,48	32,44
19	0,00	54,00	0,00	56,19	46,44	32,13	2,68	31,20
20	0,00	57,00	0,00	57,74	49,10	34,83	11,20	29,70
21	0,00	60,00	0,00	59,29	50,50	36,28	20,28	27,20
22	0,00	63,00	0,00	60,50	51,89	37,80	22,48	24,44
23	0,00	66,00	0,00	61,75	52,36	39,96	27,64	16,10
24	0,00	69,00	0,00	63,00	54,40	41,04	30,12	7,12

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	3,96	14,12	0,00	0,00
2	3,00	4,03	14,25	0,00	0,00
3	6,00	3,95	14,33	0,00	0,00
4	9,00	3,86	14,67	0,00	0,00
5	12,00	3,88	14,97	0,00	0,00
6	15,00	3,97	15,44	0,00	0,00
7	18,00	4,15	15,84	0,00	0,00
8	21,00	4,22	16,09	0,00	0,00
9	24,00	4,28	16,25	0,00	0,00
10	27,00	4,35	16,36	0,00	0,00
11	30,00	4,42	16,43	0,00	0,00
12	33,00	4,47	16,46	0,00	0,00
13	36,00	4,47	16,38	0,00	0,00
14	39,00	4,33	16,29	0,00	0,00
15	42,00	4,13	16,29	0,00	0,00
16	45,00	4,00	16,20	0,00	0,00
17	48,00	3,89	15,86	0,00	0,00
18	51,00	3,84	15,74	0,00	0,00
19	54,00	4,16	15,65	0,00	0,00
20	57,00	4,24	15,65	0,00	0,00
21	60,00	3,95	15,52	0,00	0,00
22	63,00	3,73	15,65	0,00	0,00
23	66,00	3,78	15,31	0,00	0,00
24	69,00	3,82	15,10	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	402
2	1498
3	2131
4	
5	

Figura 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "A"



**Figura 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "A"**

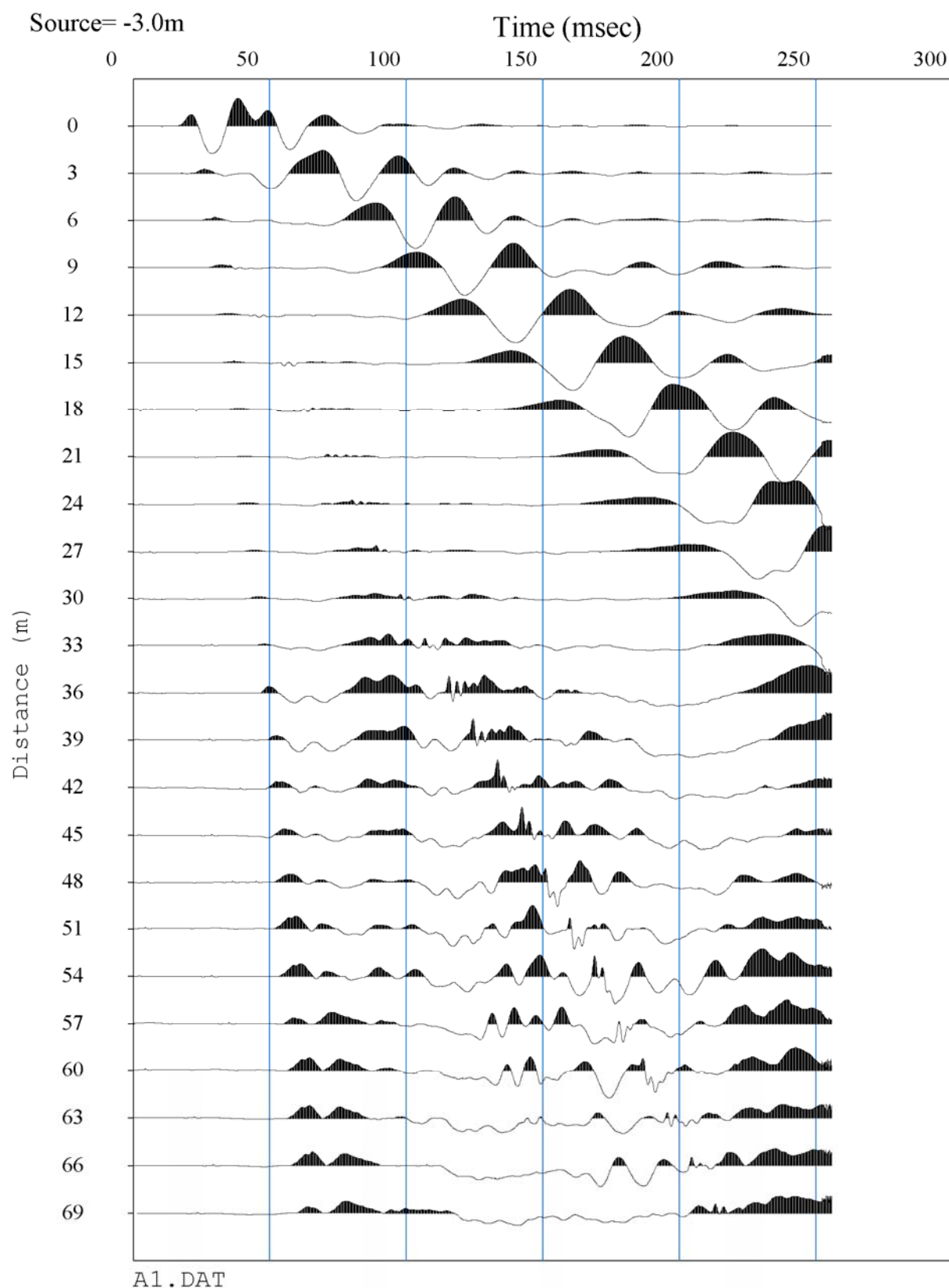


Figura 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "A"

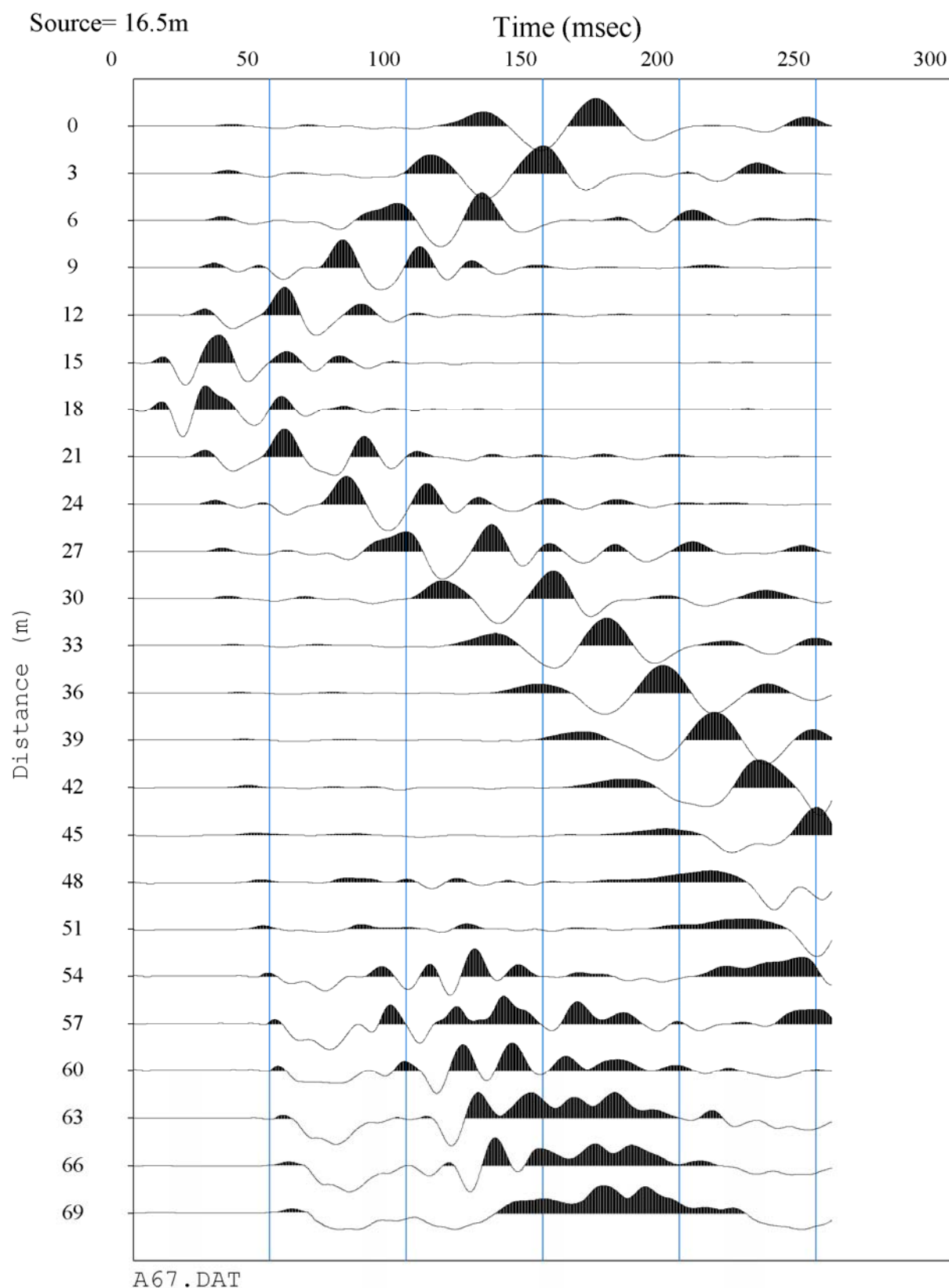


Figura 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "A"

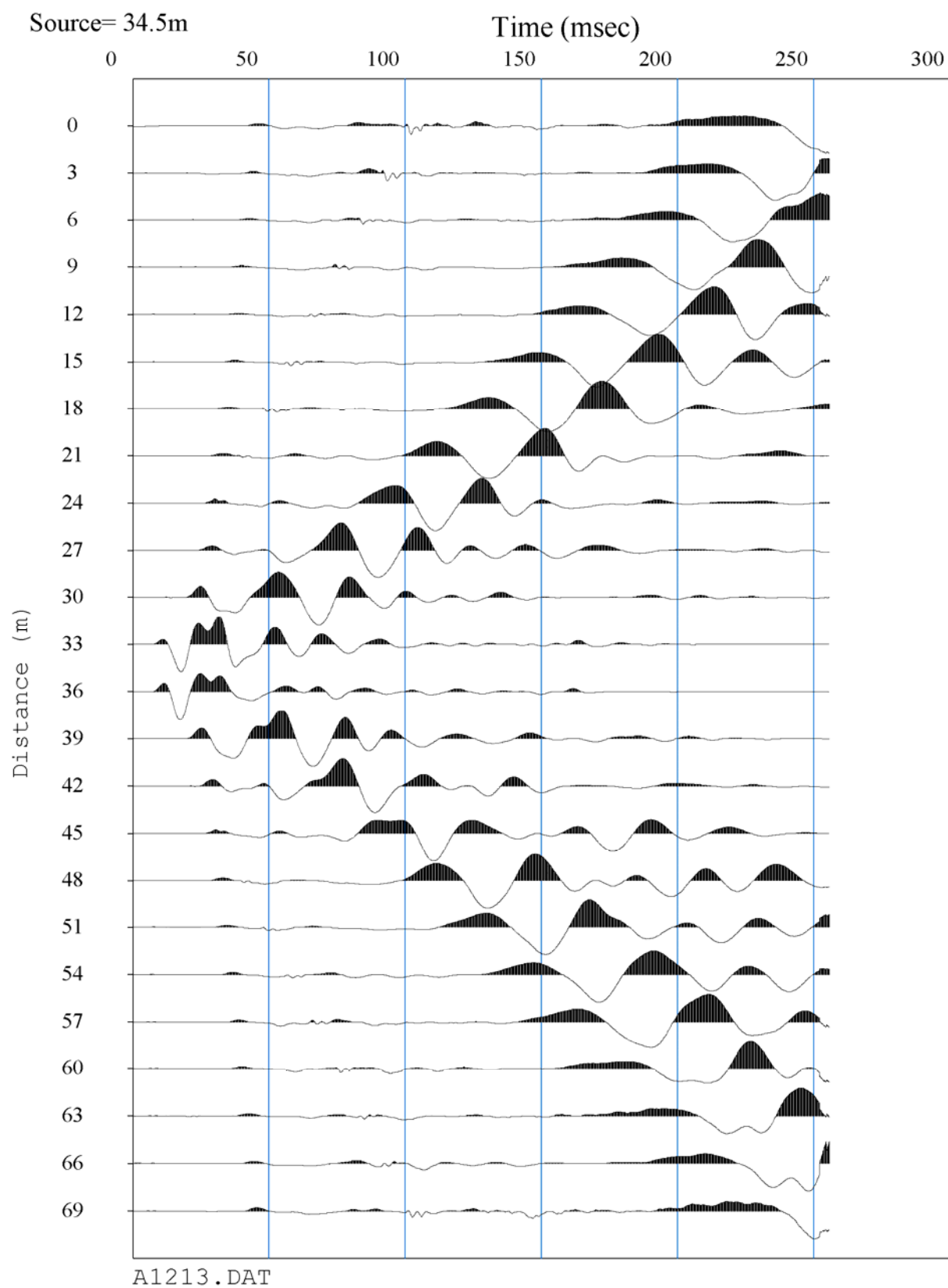
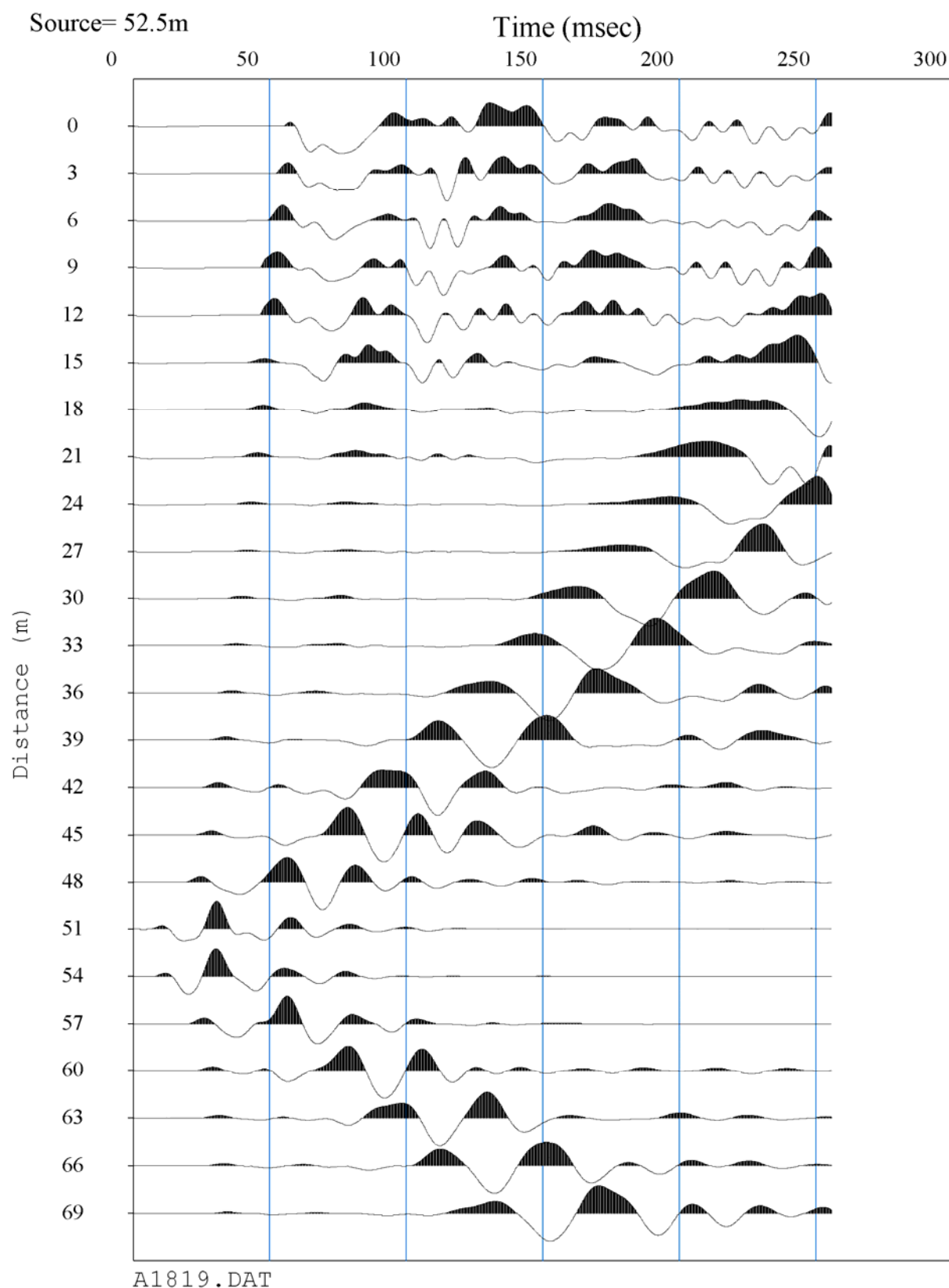


Figura 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "A"



**Figura 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "A"**

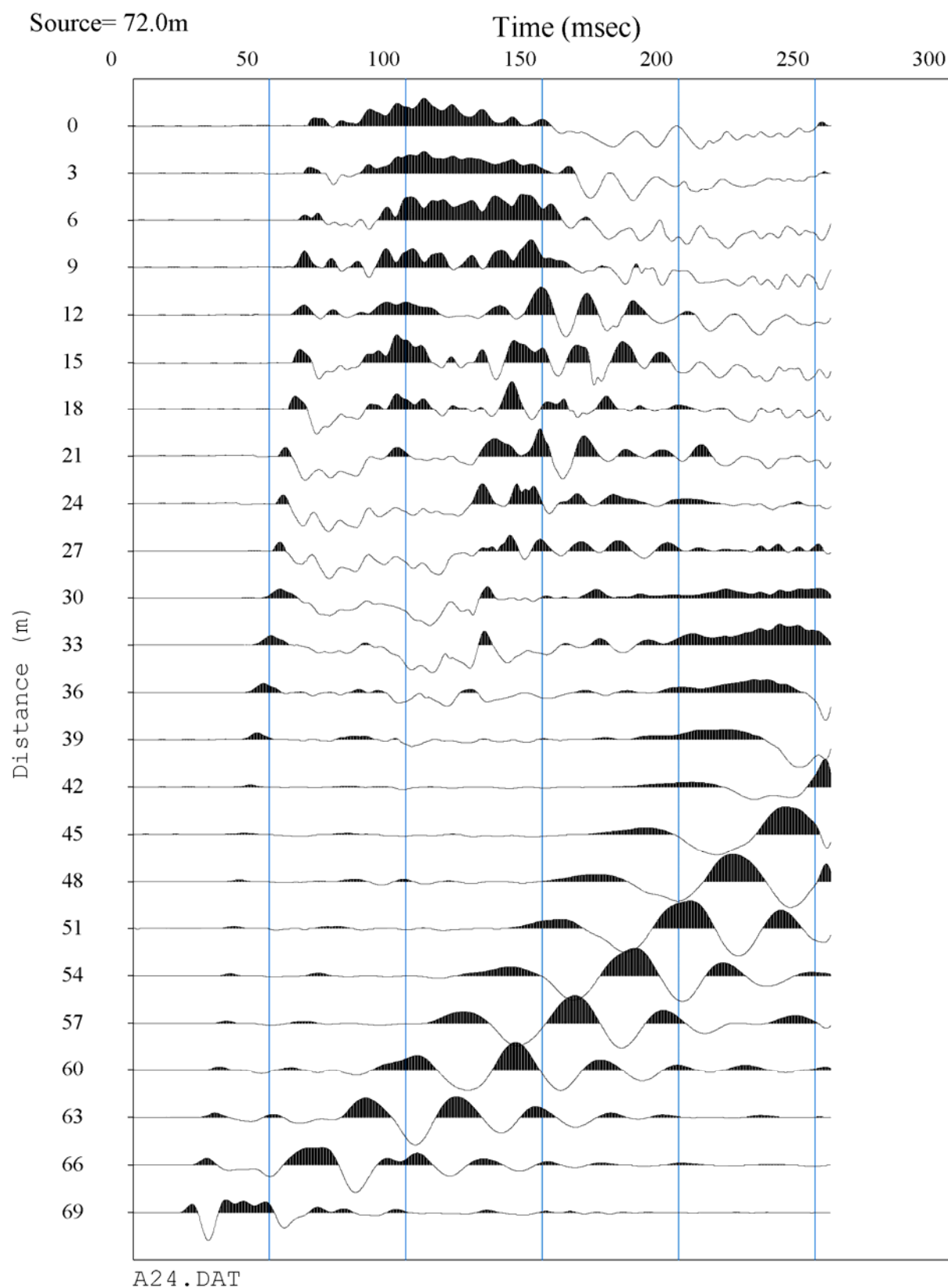
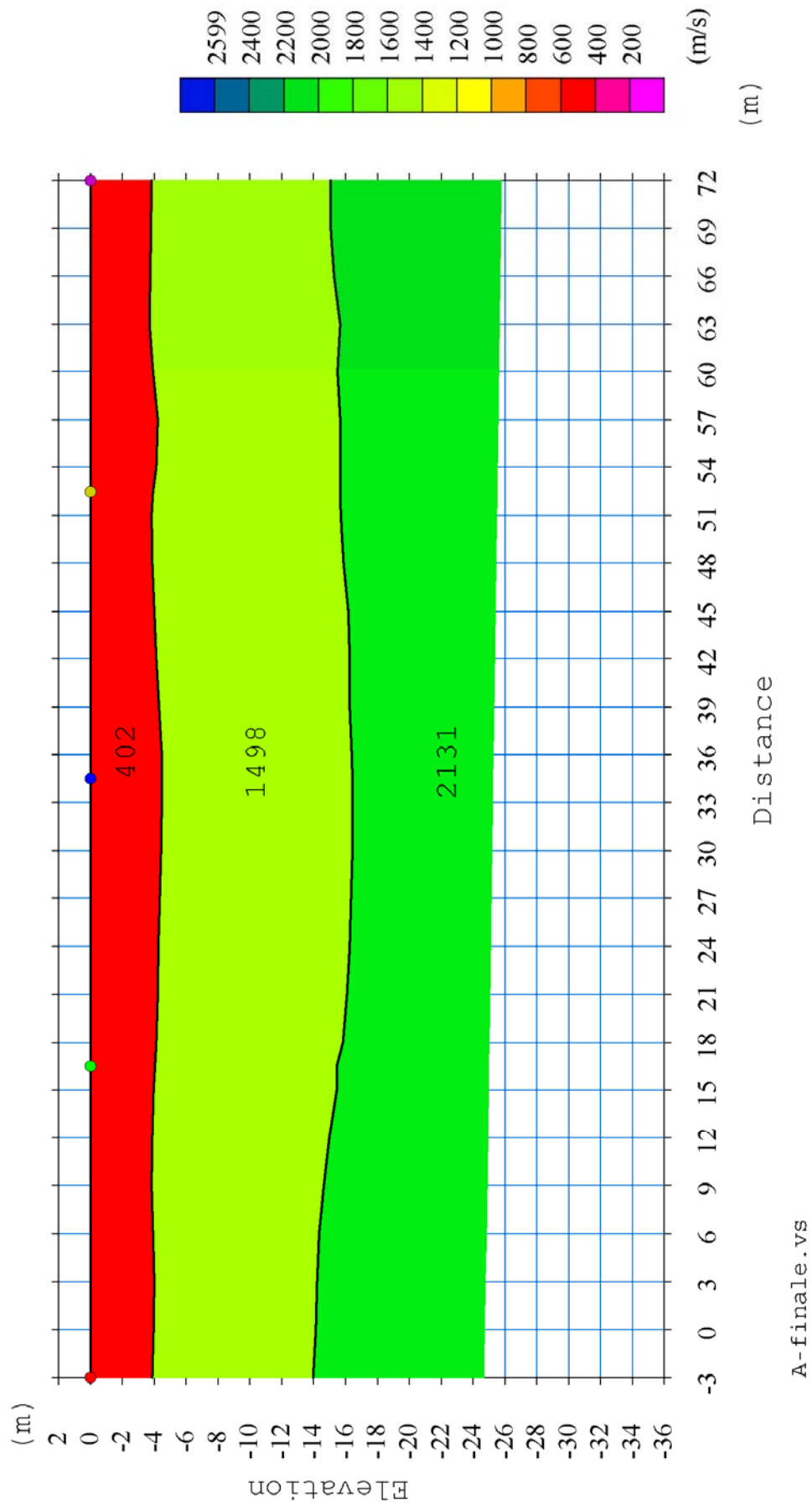


Figura 11: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “A”



6 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "A"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 3,00 dal geofono nr. 1 in posizione di estremo sinistro rispetto alla base sismica.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "A"

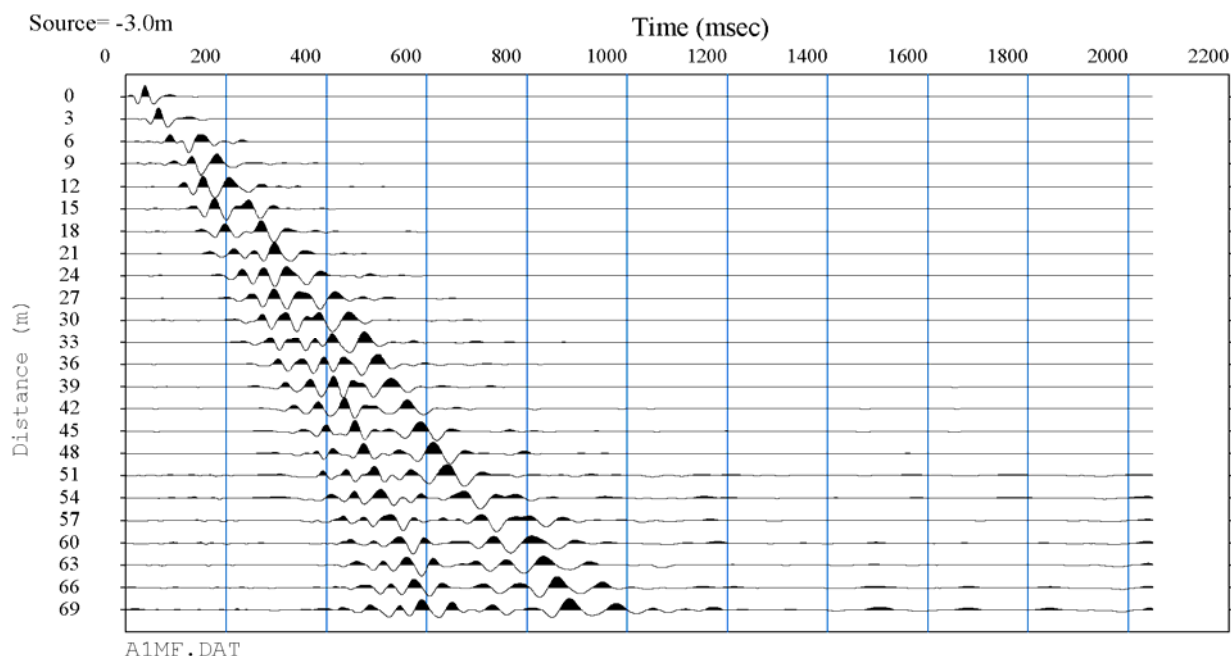


Figura 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "A"

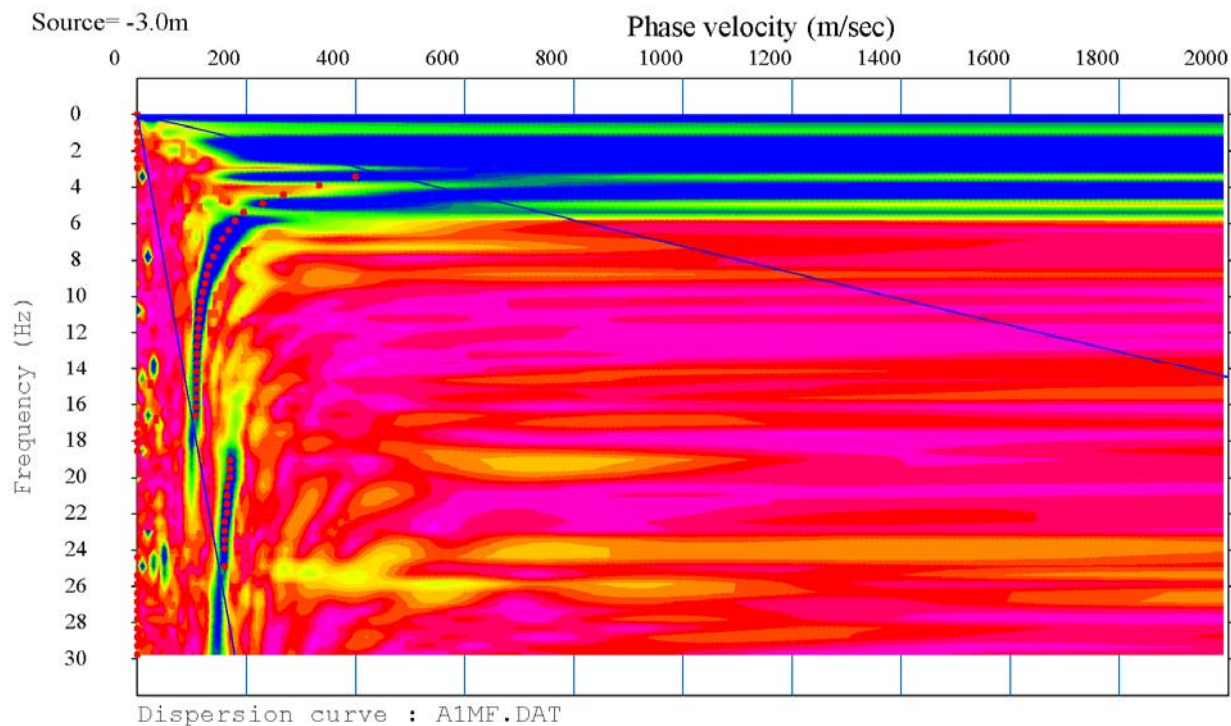


Figura 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "A"

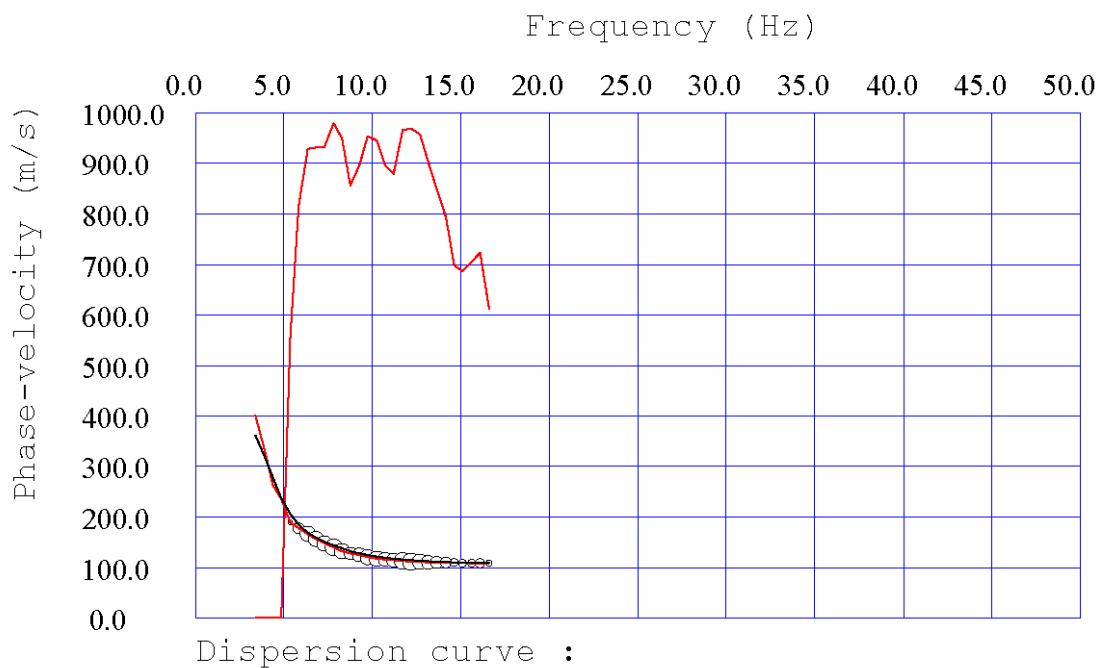
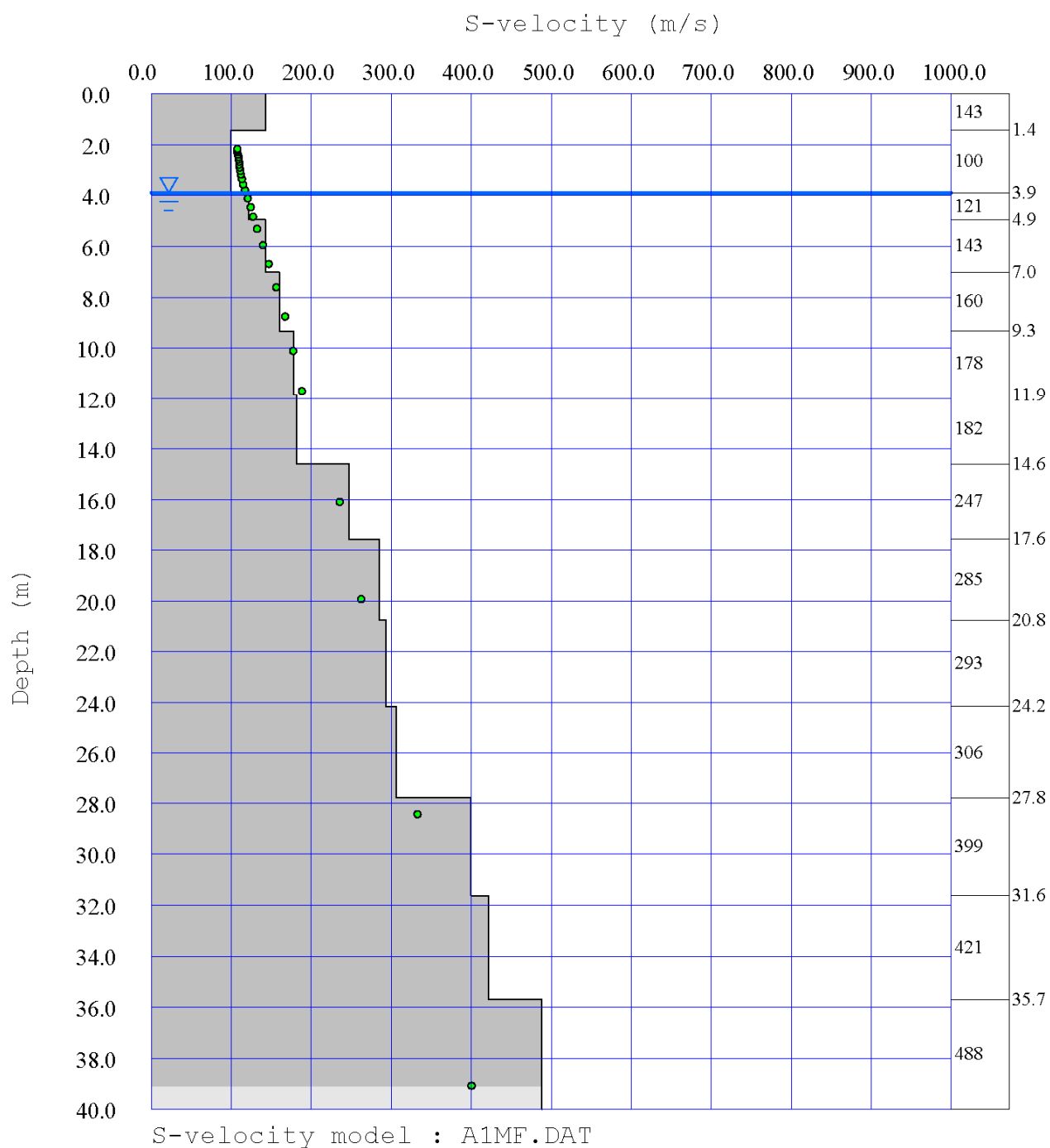


Figura 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "A"



7 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "A"

- ONDE Vp

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 402 m/sec, 1498 m/sec e 2131 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata in fig. 11.

- ONDE Vs

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 39 ml. dal piano campagna.

Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde Vp e Vs ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m³]
h1	-1,43	1,43	143	287	13,335
h2	-3,90	2,47	100	200	13,007
h3	-4,95	1,05	121	1425	17,294
h4	-7,03	2,08	143	1449	17,370
h5	-9,34	2,31	160	1468	17,431
h6	-11,87	2,53	178	1488	17,493
h7	-14,62	2,75	182	1492	17,508
h8	-17,58	2,96	247	1564	17,733
h9	-20,77	3,19	285	1606	17,864
h10	-24,18	3,41	294	1616	17,895
h11	-27,80	3,62	306	1630	17,937
h12	-31,65	3,85	400	1734	18,255
h13	-35,71	4,06	422	1758	18,329
h14	-48,57	12,86	488	1832	18,550

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 3.040575%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=10.804192 m/s (3.857151%)	Iteration=1 RMS=10.733493 m/s (3.705207%)
Iteration=2 RMS=10.667526 m/s (3.576945%)	Iteration=3 RMS=10.602567 m/s (3.466705%)
Iteration=4 RMS=10.542457 m/s (3.370239%)	Iteration=5 RMS=10.480629 m/s (3.285212%)
Iteration=6 RMS=10.418960 m/s (3.211168%)	Iteration=7 RMS=10.356360 m/s (3.146073%)
Iteration=8 RMS=10.294395 m/s (3.089772%)	Iteration=9 RMS=10.234972 m/s (3.040575%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-1,43	1,43000	143	0,00998	
h2	-3,90	2,47000	100	0,02469	
h3	-4,95	1,05000	121	0,00864	
h4	-7,03	2,08000	143	0,01454	
h5	-9,34	2,31000	160	0,01442	
h6	-11,87	2,53000	178	0,01421	
h7	-14,62	2,75000	182	0,01510	
h8	-17,58	2,96000	247	0,01198	
h9	-20,77	3,19000	285	0,01119	
h10	-24,18	3,41000	294	0,01160	
h11	-27,80	3,62000	306	0,01182	
h12	-30,00	2,20000	400	0,00550	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,15369
			$V_{s,30}$	195	[m/s]

8 BASE SISMICA "B"



SCALA 1:1.000

Figura 16: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “B”



Figura 17: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI – BASE “B”

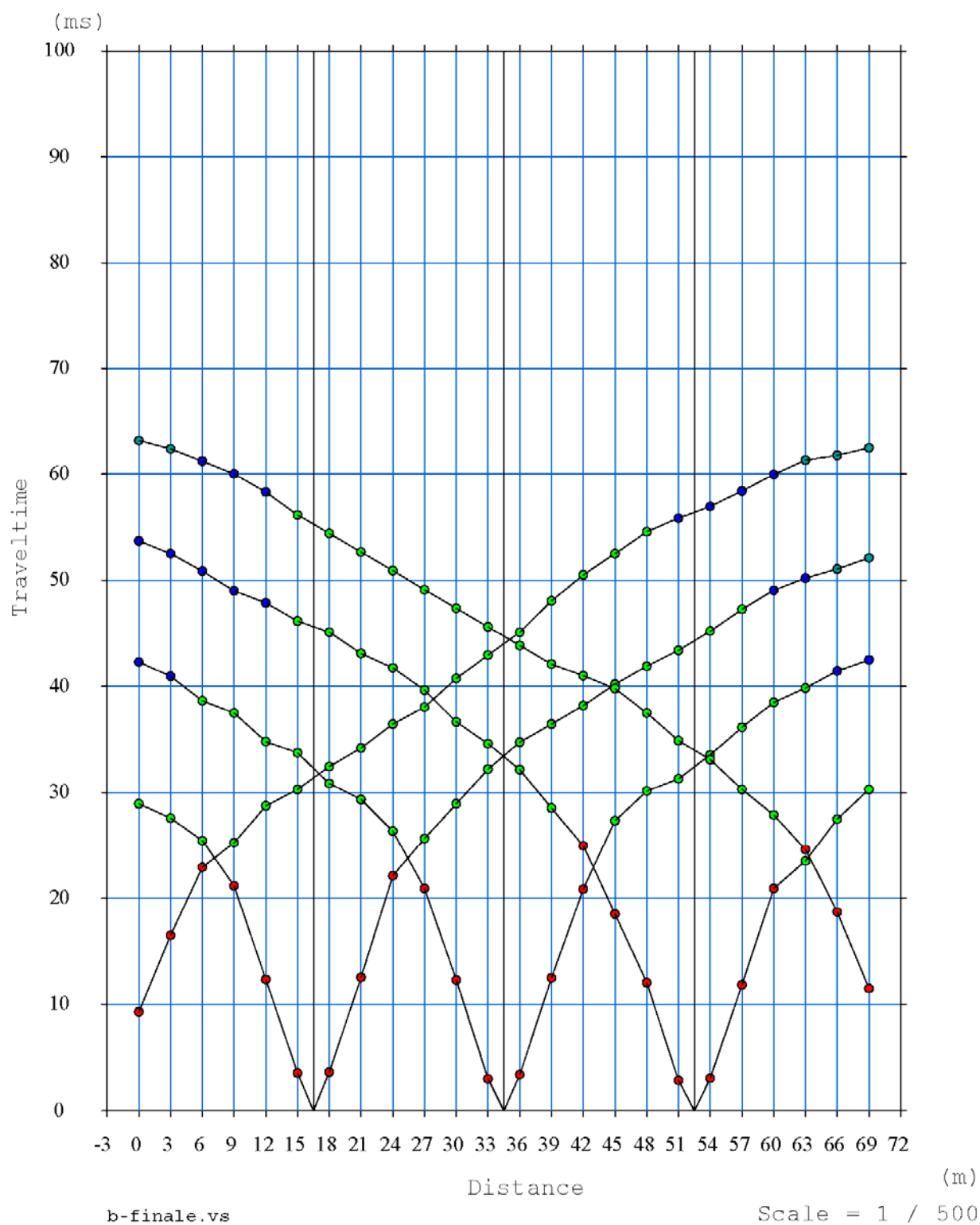
File Reference		SHOOT POINTS COORDINATE				
1	B1.DAT	SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
2	B67.DAT	1	0,00	-3,00	0,00	0,00
3	B1213.DAT	2	0,00	16,50	0,00	0,00
4	B1819.DAT	3	0,00	34,50	0,00	0,00
5	B24.DAT	4	0,00	52,50	0,00	0,00
MASW	B1MF.DAT	5	0,00	72,00	0,00	0,00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0,00	0,00	0,00	9,31	28,96	42,35	53,72	63,16
2	0,00	3,00	0,00	16,53	27,64	40,96	52,52	62,37
3	0,00	6,00	0,00	22,91	25,48	38,68	50,88	61,20
4	0,00	9,00	0,00	25,25	21,16	37,55	49,00	60,03
5	0,00	12,00	0,00	28,75	12,36	34,81	47,90	58,35
6	0,00	15,00	0,00	30,35	3,56	33,76	46,18	56,18
7	0,00	18,00	0,00	32,48	3,68	30,88	45,12	54,42
8	0,00	21,00	0,00	34,21	12,59	29,36	43,13	52,66
9	0,00	24,00	0,00	36,48	22,13	26,40	41,76	50,91
10	0,00	27,00	0,00	38,08	25,68	20,91	39,68	49,15
11	0,00	30,00	0,00	40,78	28,96	12,35	36,66	47,39
12	0,00	33,00	0,00	42,96	32,21	3,04	34,62	45,63
13	0,00	36,00	0,00	45,12	34,80	3,44	32,16	43,87
14	0,00	39,00	0,00	48,08	36,48	12,52	28,59	42,12
15	0,00	42,00	0,00	50,53	38,21	20,85	24,96	41,03
16	0,00	45,00	0,00	52,52	40,21	27,39	18,51	39,84
17	0,00	48,00	0,00	54,56	41,95	30,19	12,06	37,55
18	0,00	51,00	0,00	55,88	43,41	31,32	2,85	34,91
19	0,00	54,00	0,00	56,99	45,23	33,56	3,09	33,15
20	0,00	57,00	0,00	58,43	47,28	36,19	11,88	30,31
21	0,00	60,00	0,00	59,98	49,09	38,54	20,94	27,92
22	0,00	63,00	0,00	61,34	50,24	39,90	23,52	24,64
23	0,00	66,00	0,00	61,79	51,07	41,49	27,52	18,72
24	0,00	69,00	0,00	62,45	52,13	42,53	30,35	11,52

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	3,25	7,97	13,43	0,00
2	3,00	3,35	8,05	13,16	0,00
3	6,00	3,47	8,05	12,86	0,00
4	9,00	3,61	8,17	12,56	0,00
5	12,00	3,69	8,06	12,31	0,00
6	15,00	3,71	8,07	12,13	0,00
7	18,00	3,76	8,29	12,01	0,00
8	21,00	3,79	8,44	12,06	0,00
9	24,00	3,81	8,62	12,14	0,00
10	27,00	3,84	8,80	12,26	0,00
11	30,00	3,92	8,99	12,41	0,00
12	33,00	4,01	9,19	12,58	0,00
13	36,00	4,08	9,66	13,03	0,00
14	39,00	4,17	9,92	13,27	0,00
15	42,00	4,31	10,10	13,50	0,00
16	45,00	4,37	10,36	13,69	0,00
17	48,00	4,31	10,70	13,85	0,00
18	51,00	4,21	10,78	13,98	0,00
19	54,00	4,15	10,83	14,08	0,00
20	57,00	4,14	10,78	13,95	0,00
21	60,00	3,86	10,78	13,68	0,00
22	63,00	3,37	10,65	13,30	0,00
23	66,00	3,13	10,49	12,88	0,00
24	69,00	3,12	9,97	12,46	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	375
2	1471
3	1730
4	1870
5	

Figura 18: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "B"



**Figura 19: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "B"**

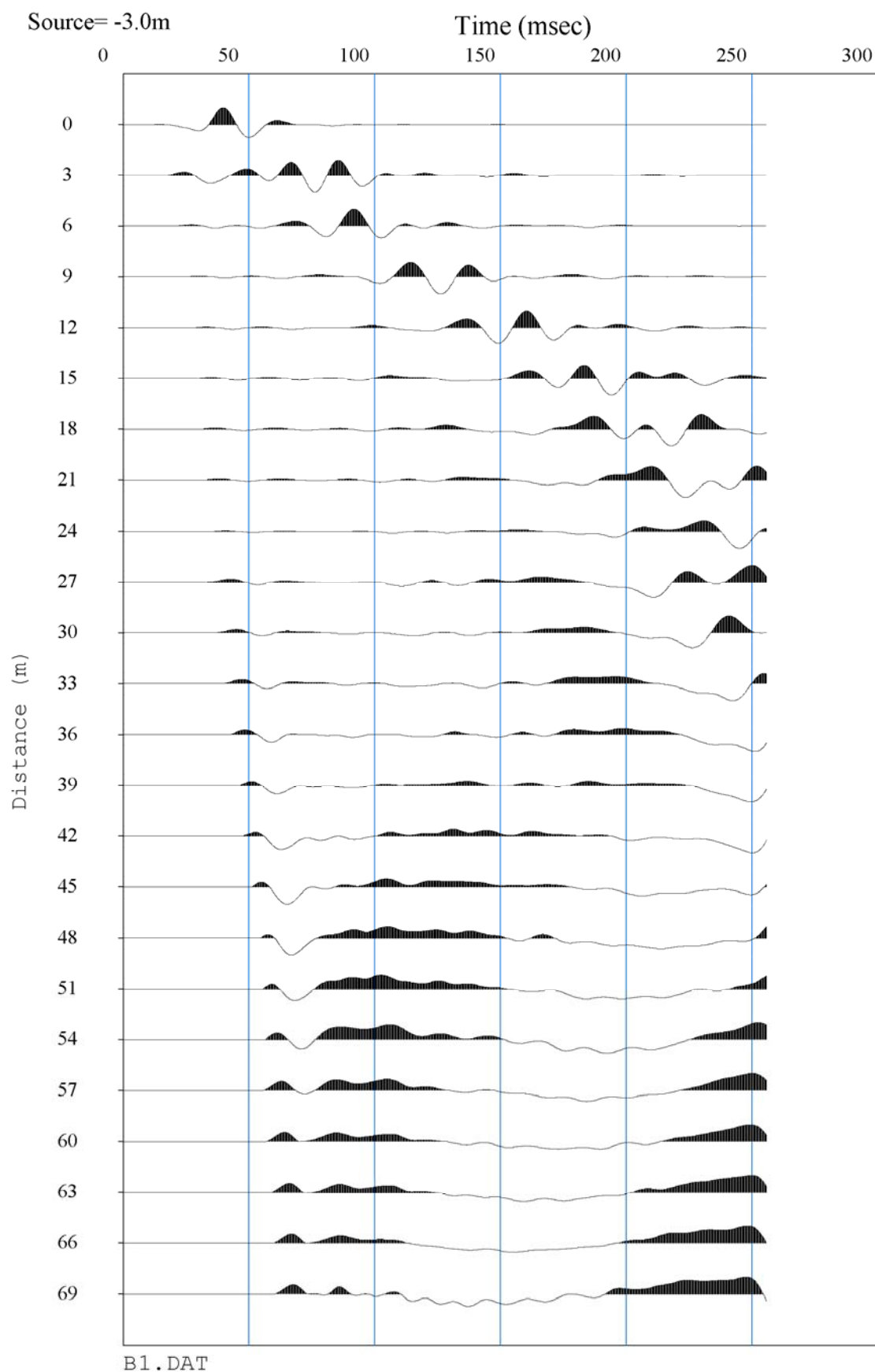


Figura 20: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "B"

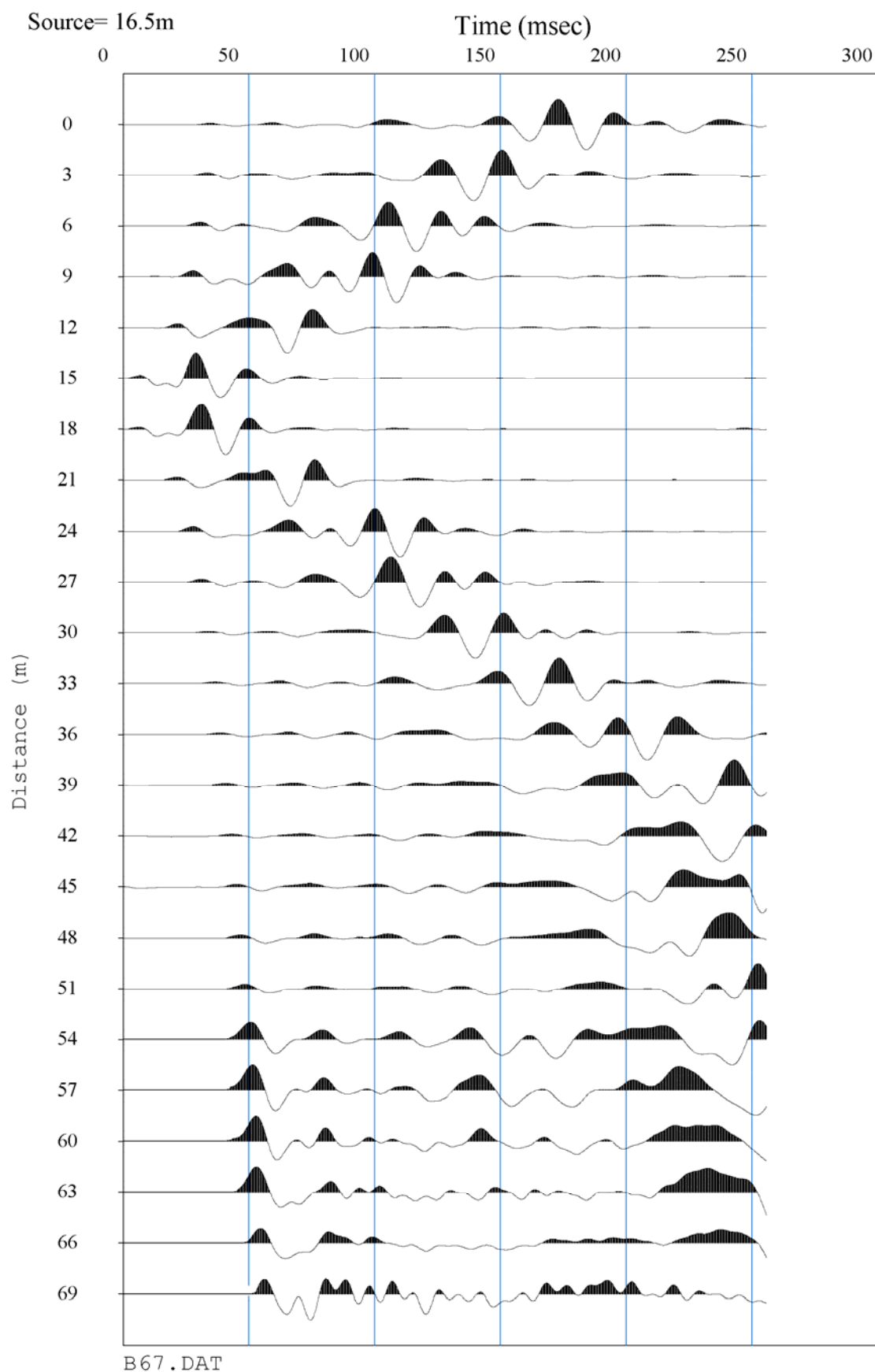


Figura 21: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "B"

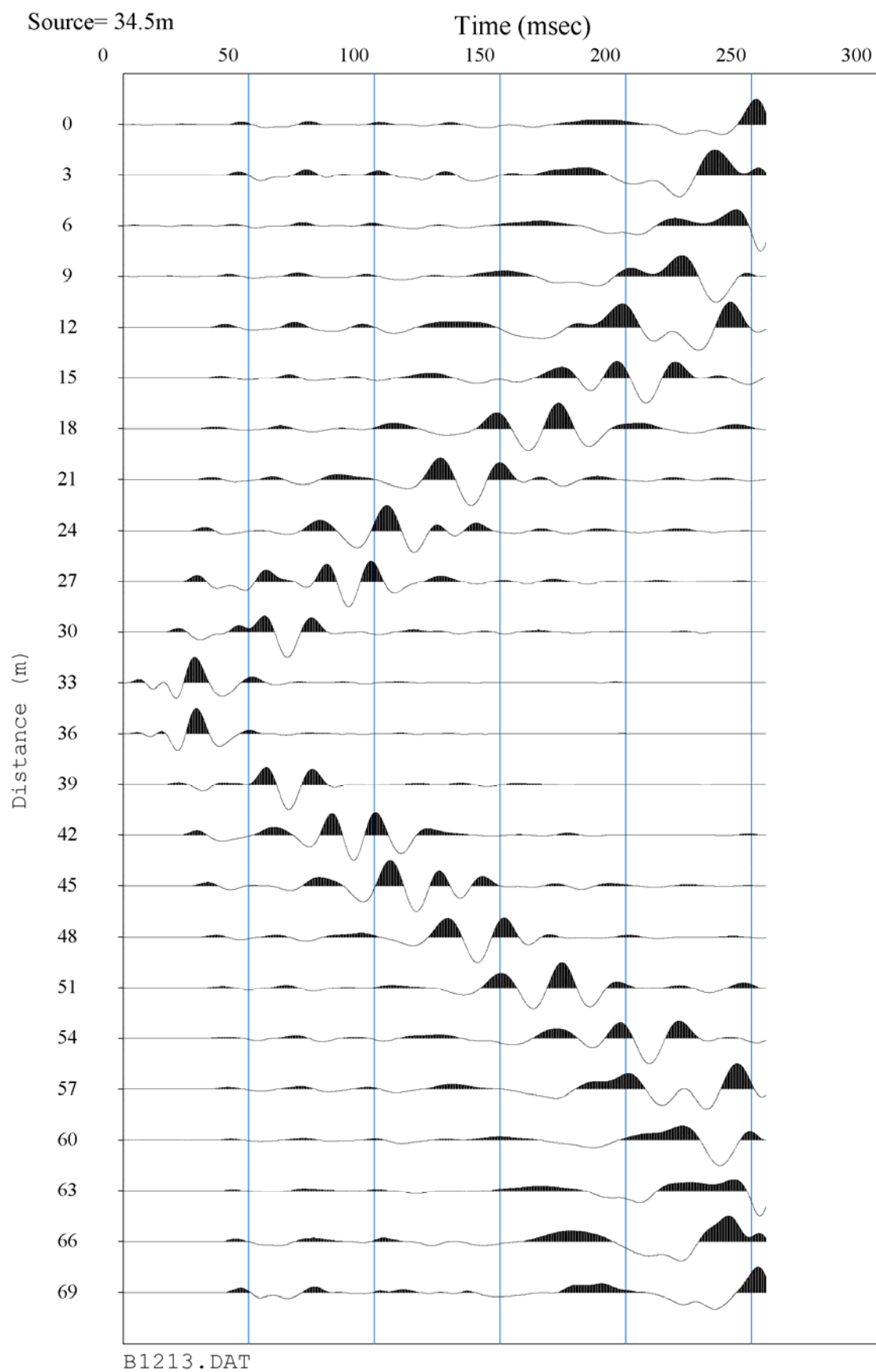
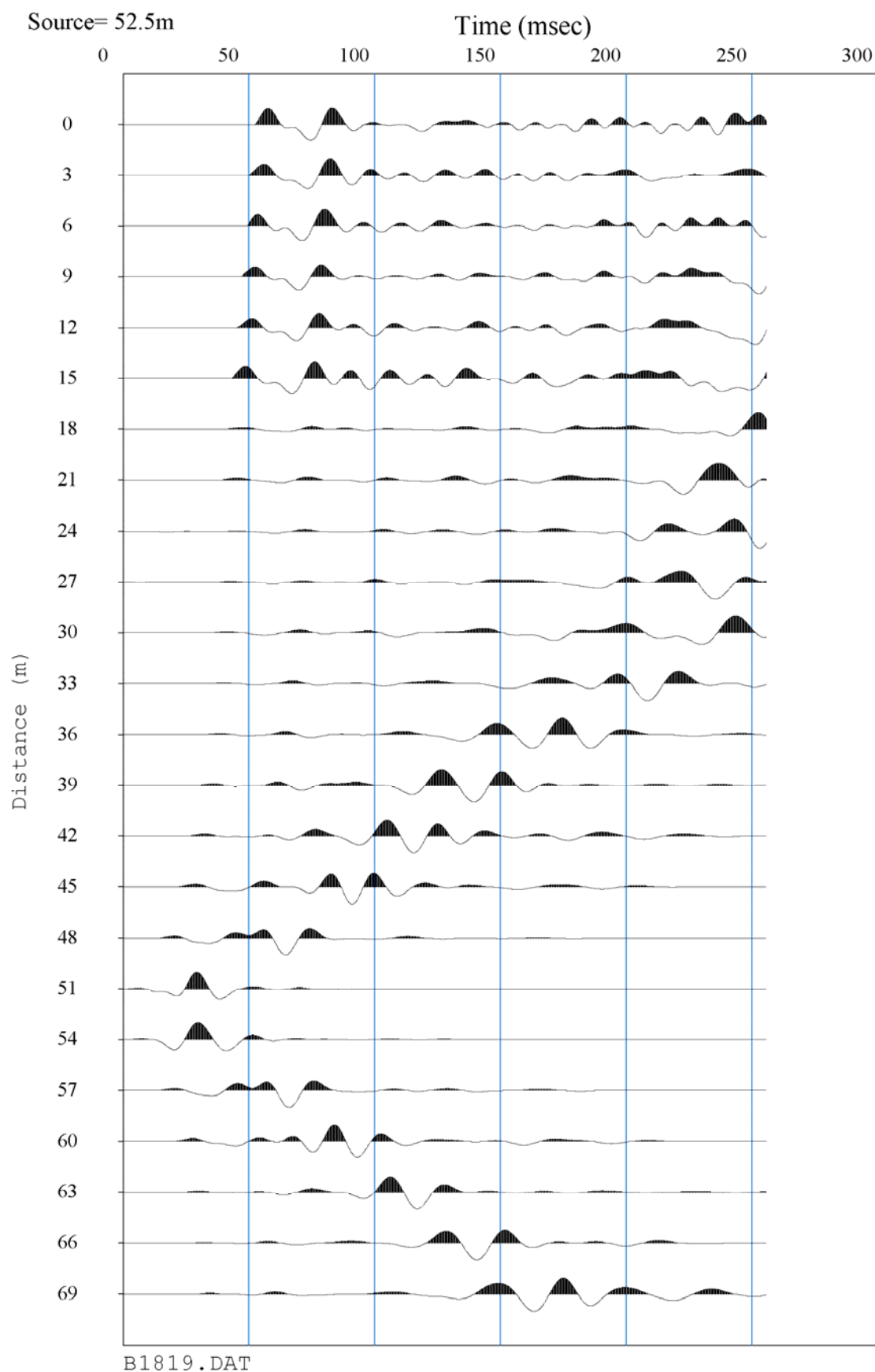


Figura 22: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "B"



**Figura 23: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "B"**

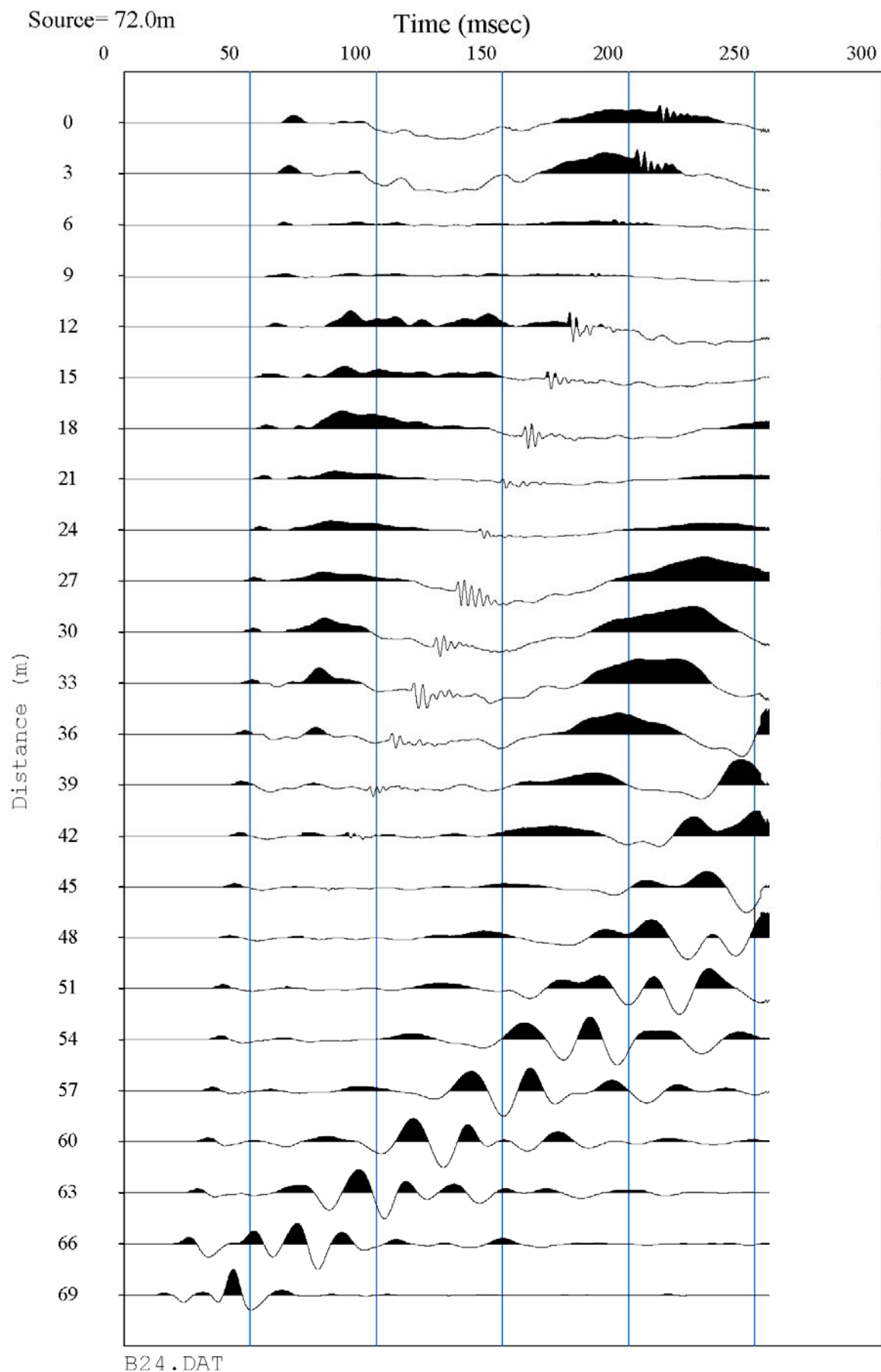


Figura 24: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “B”



9 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "B"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 3,00 dal geofono nr. 24 in posizione di estrema destra rispetto alla base sismica.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 25: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "B"

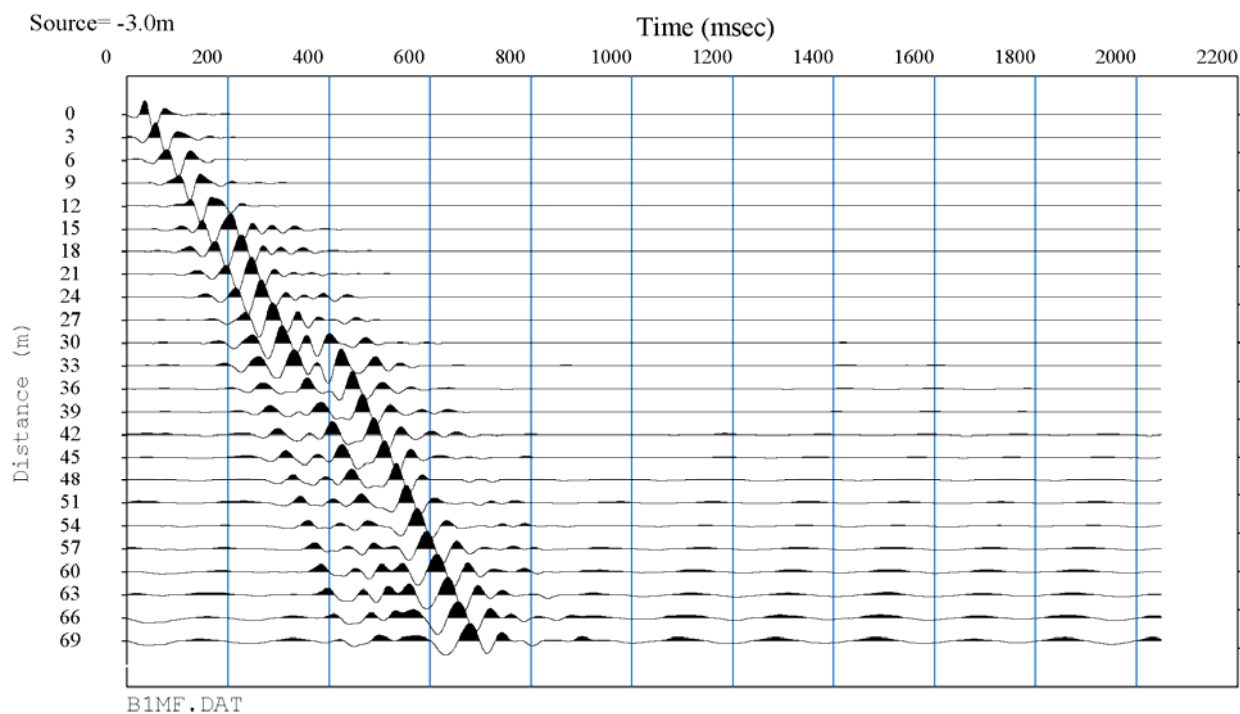


Figura 26: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "B"

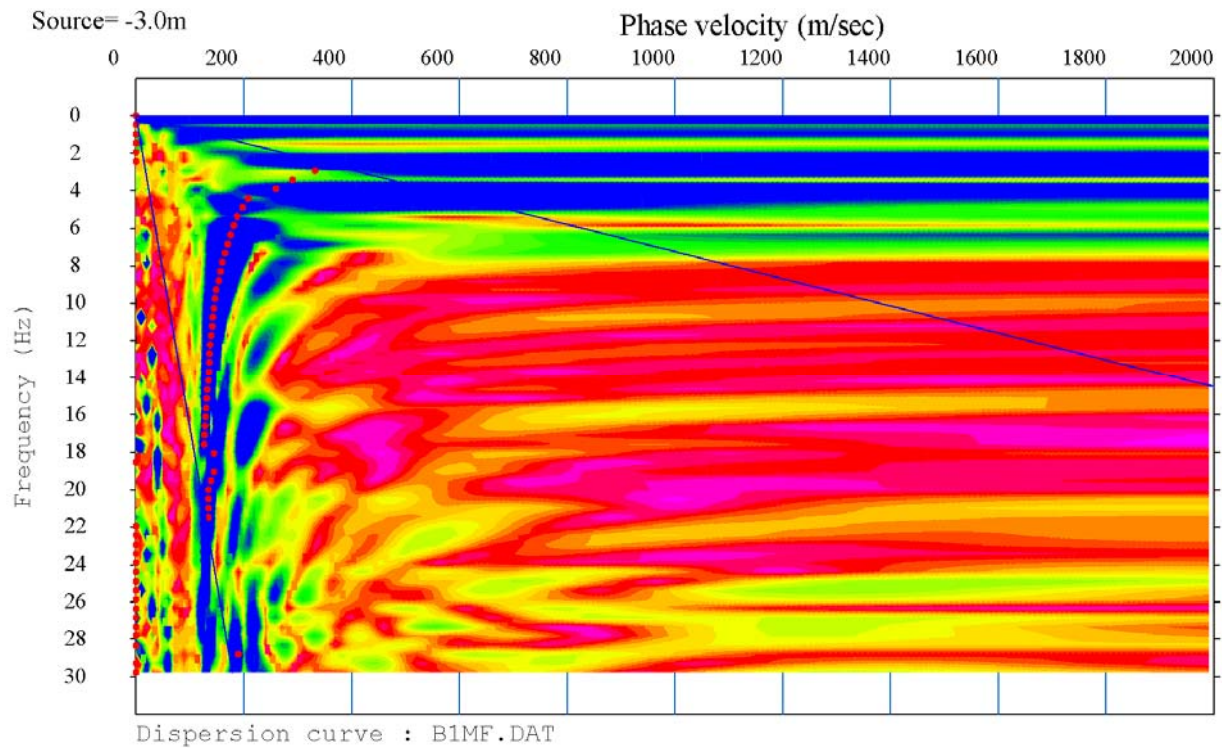


Figura 27: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "B"

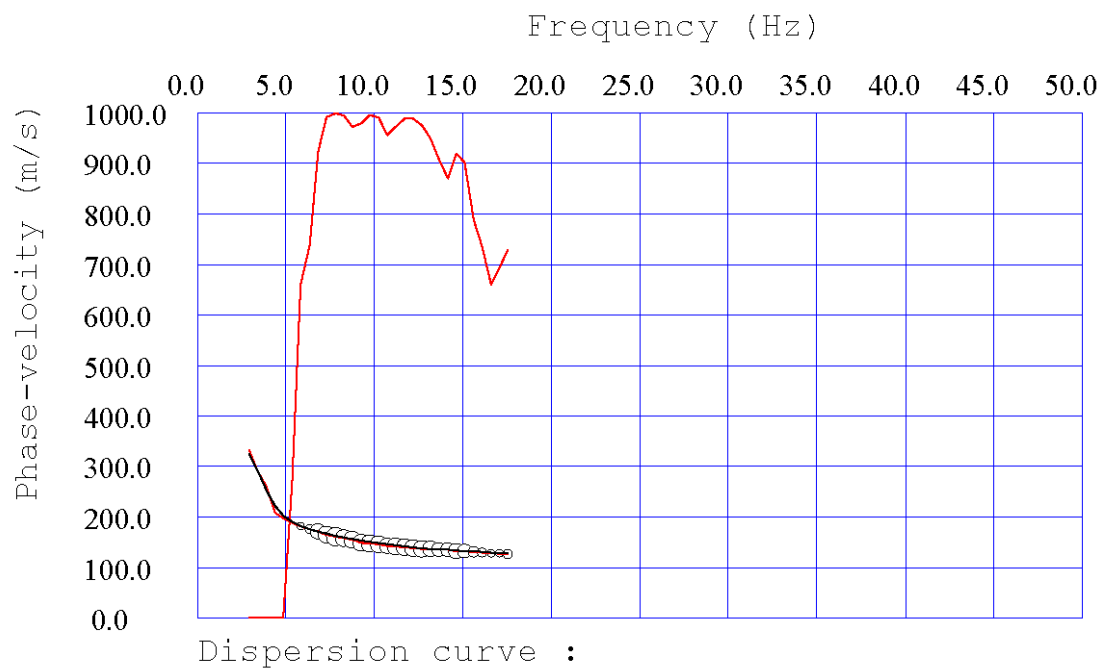
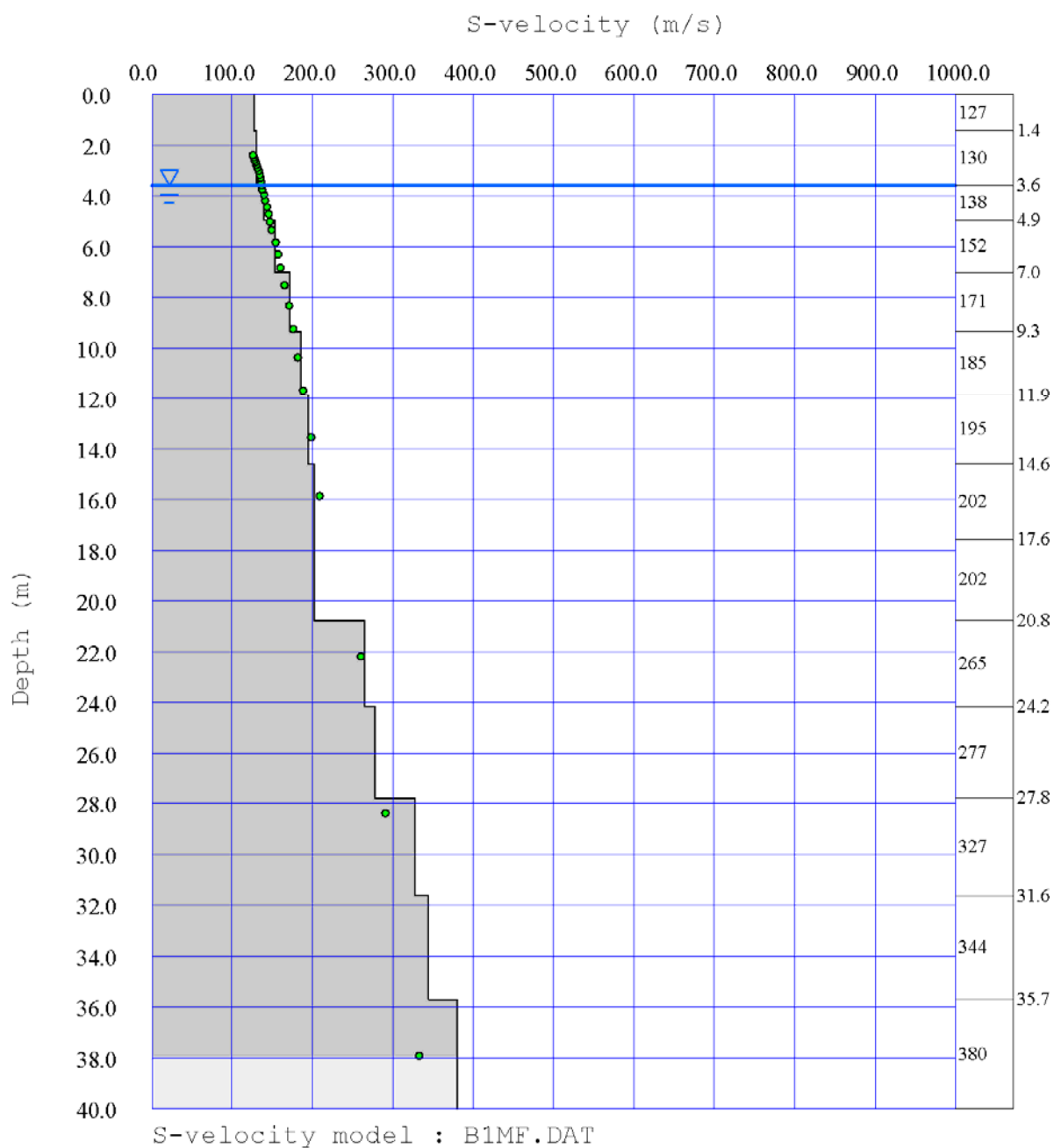


Figura 28: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "B"



10 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "B"

- ONDE V_p

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da quattro sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 375 m/sec, 1471 m/sec, 1730 m/sec e 1870 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata in fig. 22.

- ONDE V_s

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 38,00 ml. dal piano campagna.

Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde V_p e V_s ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m ³]
h1	-1,43	1,43	127	273	13,284
h2	-3,60	2,17	130	280	13,311
h3	-4,95	1,35	139	1457	17,396
h4	-7,03	2,08	153	1474	17,451
h5	-9,34	2,31	171	1495	17,516
h6	-11,87	2,53	185	1512	17,571
h7	-14,62	2,75	195	1528	17,620
h8	-17,58	2,96	202	1541	17,661
h9	-20,77	3,19	203	1541	17,661
h10	-24,18	3,41	265	1602	17,851
h11	-27,80	3,62	278	1602	17,851
h12	-31,65	3,85	327	1639	17,966
h13	-35,71	4,06	344	1639	17,966
h14	-48,57	12,86	380	1660	18,029

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.689807%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=19.859103 m/s (11.133569%)	Iteration=1 RMS=16.198123 m/s (8.957571%)
Iteration=2 RMS=13.225490 m/s (7.211282%)	Iteration=3 RMS=10.833859 m/s (5.812059%)
Iteration=4 RMS=8.921796 m/s (4.689274%)	Iteration=5 RMS=7.407697 m/s (3.791327%)
Iteration=6 RMS=6.222607 m/s (3.073240%)	Iteration=7 RMS=5.307874 m/s (2.498194%)
Iteration=8 RMS=4.612335 m/s (2.042272%)	Iteration=9 RMS=4.093831 m/s (1.689807%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-1,43	1,43000	127	0,01122	
h2	-3,60	2,17000	130	0,01664	
h3	-4,95	1,35000	139	0,00973	
h4	-7,03	2,08000	153	0,01362	
h5	-9,34	2,31000	171	0,01348	
h6	-11,87	2,53000	185	0,01364	
h7	-14,62	2,75000	195	0,01409	
h8	-17,58	2,96000	202	0,01462	
h9	-20,77	3,19000	203	0,01574	
h10	-24,18	3,41000	265	0,01287	
h11	-27,80	3,62000	278	0,01304	
h12	-30,00	2,20000	327	0,00673	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,15541
			$V_{s,30}$	193	[m/s]

A Vs. disposizione per ogni chiarimento e/o informazione si porgono distinti saluti.

Vignola, 25/11/2008

Geo-Xpert Italia snc
(Dott. Geol. Giorgio Masotti)



COMMITTENTE

Dott. Geol. CASTAGNETTI STEFANO
Via Argini sud, 24
43030 BASILICANOVA (PARMA)

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

DETERMINAZIONE DELLE Vs30 AI FINI DELLA VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI CUI ALLA D.A.L. 112/2007

OGGETTO DELL'ELABORATO

**RELAZIONE DI INDAGINE GEOFISICA DI TIPO
SISMICO A RIFRAZIONE**

COMPARTO POLO FUNZIONALE 1

LOCALIZZAZIONE

ITALIA

REGIONE: EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA: REGGIO EMILIA

CODIFICA GENERALE ELABORATO

CODICE INTERNO	LOTTO	SETTORE DI ATTIVITA'	TIPO DOCUMENTO	N. ELABORATO
2480	C-D-E-F	G	REL	1

VERSIONE

DATA

OGGETTO

0	25/11/2008	1° EMISSIONE

DATI PROGETTISTA

Dott. Geol. Giorgio Masotti
Via di Mezzo, 90
41058 Vignola (MO) – Italy



INDICE

1	PREMESSA	4
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3	NORMATIVA D.M. 14/01/2008.....	7
4	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE	9
5	BASE SISMICA "C"	10
6	VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "C"	20
7	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "C"	23
8	BASE SISMICA "D"	25
9	VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "D"	35
10	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "D"	38
11	BASE SISMICA "E"	40
12	VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "E"	50
13	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "E"	53
14	BASE SISMICA "F"	55
15	VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "F"	65
16	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "F"	68

INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 200-NE "REGGIO EMILIA NORD" E N. 201-NO "CORREGGIO" - SCALA 1:25.000	5
FIGURA 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO	6
FIGURA 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "C"	11
FIGURA 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "C"	12
FIGURA 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "C"	13
FIGURA 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "C"	14
FIGURA 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "C"	15
FIGURA 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "C"	16
FIGURA 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "C"	17
FIGURA 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "C"	18
FIGURA 11: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "C"	19
FIGURA 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "C"	20
FIGURA 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "C"	21
FIGURA 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "C"	21
FIGURA 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "C"	22
FIGURA 16: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "D"	26
FIGURA 17: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "D"	27
FIGURA 18: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "D"	28
FIGURA 19: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "D"	29
FIGURA 20: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "D"	30
FIGURA 21: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "D"	31

FIGURA 22: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "D"	32
FIGURA 23: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "D"	33
FIGURA 24: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "D"	34
FIGURA 25: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "D"	35
FIGURA 26: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "D"	36
FIGURA 27: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "D"	36
FIGURA 28: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "D"	37
FIGURA 29: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "E"	41
FIGURA 30: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "E"	42
FIGURA 31: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "E"	43
FIGURA 32: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "E"	44
FIGURA 33: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "E"	45
FIGURA 34: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "E"	46
FIGURA 35: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "E"	47
FIGURA 36: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "E"	48
FIGURA 37: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "E"	49
FIGURA 38: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "E"	50
FIGURA 39: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "E"	51
FIGURA 40: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "E"	51
FIGURA 41: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "E"	52
FIGURA 42: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "F"	56
FIGURA 43: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "F"	57
FIGURA 44: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "F"	58
FIGURA 45: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "F"	59
FIGURA 46: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "F"	60
FIGURA 47: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "F"	61
FIGURA 48: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "F"	62
FIGURA 49: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "F"	63
FIGURA 50: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "F"	64
FIGURA 51: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "F"	65
FIGURA 52: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "F"	66
FIGURA 53: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "F"	66
FIGURA 54: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "F"	67

1 PREMESSA

Come richiesto dal tecnico incaricato per gli studi geologici-geotecnici, il sottoscritto:

- Dott. Giorgio Masotti, Geologo libero professionista, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna con il numero 588, in qualità di consulente tecnico della ditta Geo-Xpert Italia – Servizi – Tecnologie e Ambiente snc, con sede in Vignola (MO) – Via di Mezzo, 90,

ha provveduto alla stesura della presente relazione, finalizzata alla elaborazione delle indagini geofisiche effettuate con il metodo sismico a rifrazione ai fini della determinazione della caratterizzazione sismica del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14.01.2008).

L'area interessata dall'indagine geologico-geotecnica si trova in comune di Reggio Emilia, Comparto POLO FUNZIONALE 1.

Allo scopo di determinare le caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni presenti, è stata condotta un'indagine diretta in sito di tipo sismico a rifrazione costituita da nr. 4 basi sismiche che sono state eseguite in data 06/11/2008, con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di $V_{s,30}$.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona oggetto d'intervento si colloca nell'ambito del territorio comunale di REGGIO EMILIA, e risulta compresa all'interno della documentazione cartografica sotto riportata:

Cartografia Regionale:

- CARTA TOPOGRAFICA n. 200-NE denominata "REGGIO EMILIA NORD" – Scala 1:25.000
- CARTA TOPOGRAFICA n. 201-NO denominata "CORREGGIO" – Scala 1:25.000
- SEZIONE R.E.R. n. 200080 "REGGIO EMILIA" – scala 1:10.000

Figura 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. 200-NE "REGGIO EMILIA NORD" e n. 201-NO "CORREGGIO" - SCALA 1:25.000

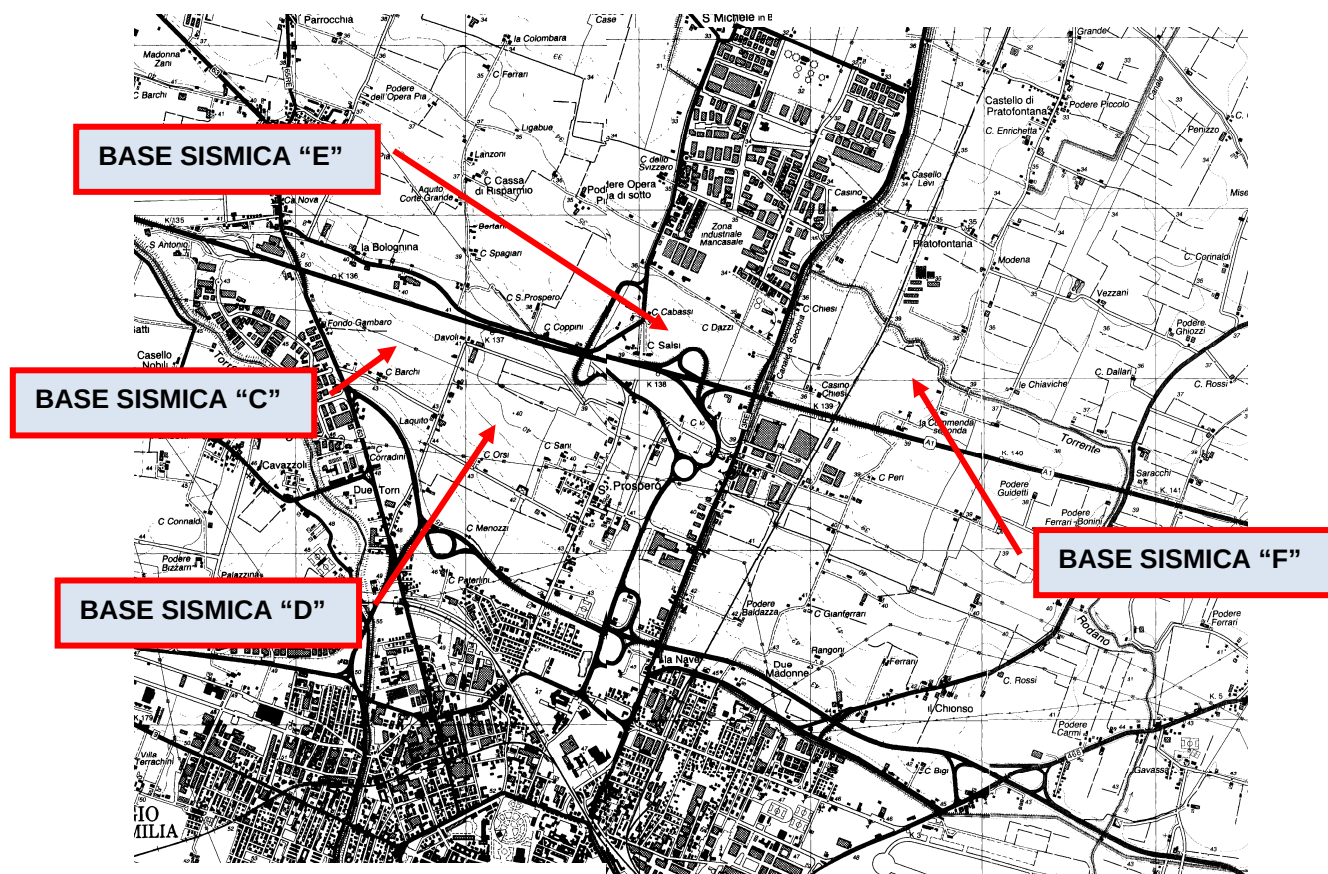
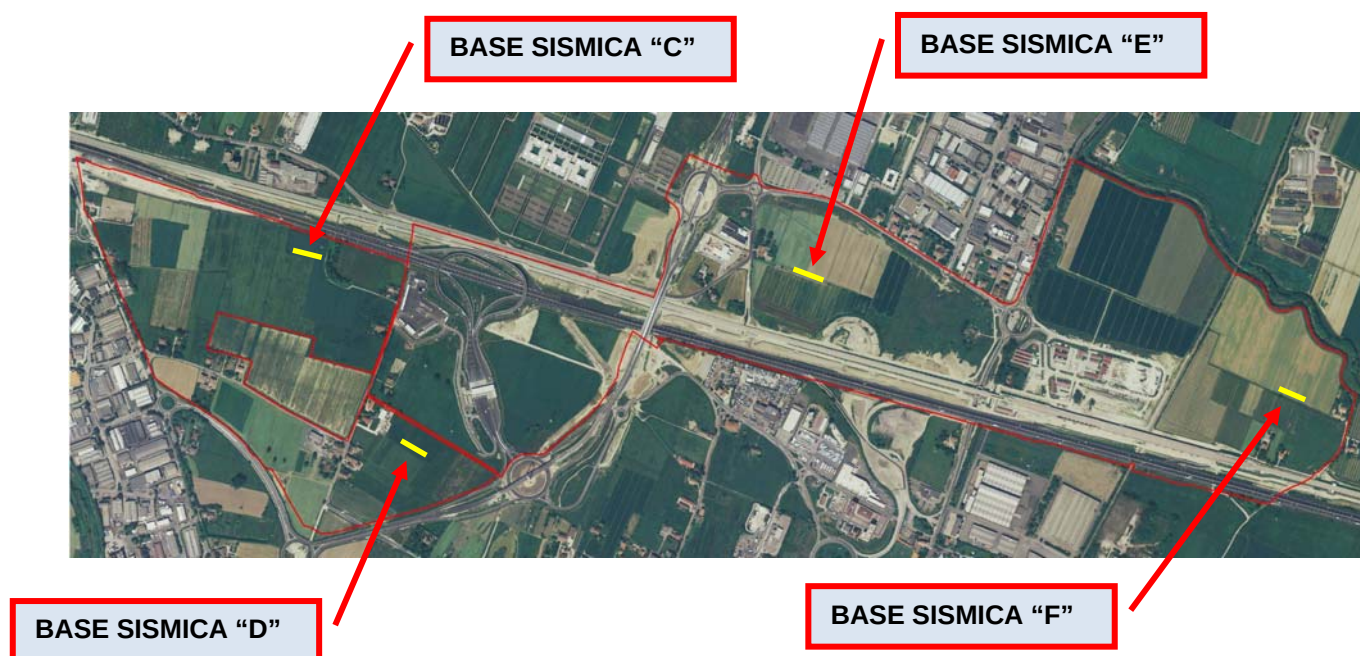


Figura 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO



3 NORMATIVA D.M. 14/01/2008

Le "Norme tecniche per le costruzioni" definiscono che, ai fini della valutazione della azione sismica di progetto (punto 3.2.2. "Categoria di suolo e condizioni topografiche"), deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche, morfologiche e topografiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In mancanza di tali studi si può utilizzare una classificazione che riguardi i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed il sub-strato rigido di riferimento con velocità delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s (bedrock) o comunque un sub-strato commisurato alla estensione ed importanza dell'opera.

La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità.

Nei casi in cui tale determinazione della velocità non sia disponibile, la classificazione può essere eseguita in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [m/s]$$

la resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,N} h_i}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

la resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall'espressione

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,N} h_i}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

dove h_i , $V_{s,i}$, $N_{SPT,i}$ e $c_{u,i}$ sono rispettivamente lo spessore, la velocità delle onde di taglio V_s , il numero di colpi N_{SPT} e la resistenza non drenata c_u nell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono:

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

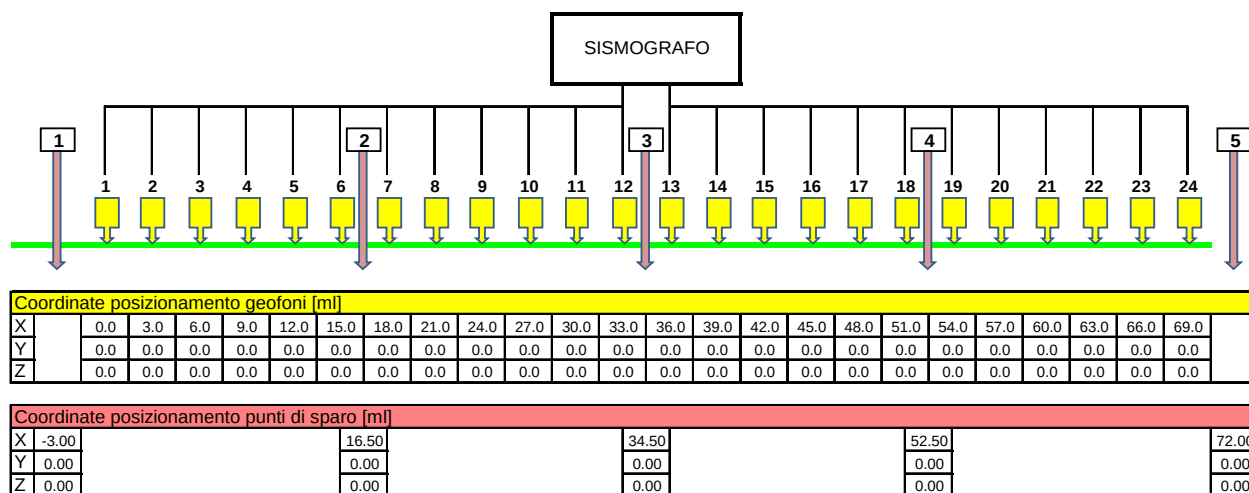
La normativa prevede due categorie aggiuntive di sottosuolo per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno:

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30} < 100$ 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 a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

4 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni del comparto urbanistico di studio sono state eseguite in data 06/11/2008 nr. 4 basi sismiche a rifrazione con sistema di acquisizione 24 canali con energizzazione del terreno mediante una mazza battente da Kg. 9 su una piastra di battuta in alluminio per i nr. 3 punti di energizzazione centrali (nr. 2/3/4), mentre per i 2 punti estremi (nr. 1/5) è stato utilizzato un energizzatore per sismica, classificato dal Ministero dell'Interno come "strumento di lavoro", costituito da un corpo cilindrico di forma tubolare in acciaio inox con una sezione anteriore svitabile, denominata camera di cartuccia, predisposta per contenere una cartuccia di tipo industriale calibro 8. La camera di cartuccia è senza canna, consentendo l'esplosione assiale dell'onda di energia con generazione di onde di tipo "P" (longitudinali) e di tipo "S" (trasversali).

Per la disposizione dei trasduttori velocimetrici (geofoni) sul sito oggetto di indagine, è stato definito un allineamento mantenendo una equidistanza ripetitiva lungo tutta la tratta della base sismica, come evidenziato nello schema sottostante.



Caratteristiche geometriche dello stendimento sismico

Lunghezza linea sismica	69,0m	Spazio intergeofonico	3,0m
Numero di punti di energizzazione	5	Numero di trasduttori velocimetri	24

Strumentazione e impostazioni di registrazione

Modello strumento di acquisizione	PASI 16S24
Risoluzione di campionamento	16 bit
Frequenza di campionamento	125 μ s
Geofoni verticali con frequenza di pari a 4,5 Hz	24
Tempo di acquisizione	256 ms

Per quanto riguarda l'inizio della registrazione è stato utilizzato un geofono "starter" posizionato in aderenza alla piastra di battuta e collegato allo strumento in modo da garantire uno scarto di errore sul "Tempo Zero" non superiore a 1 msec. Per la base sismica sono stati effettuati nr. 5 punti di energizzazione lungo lo stendimento sismico:

1a energizzazione posta a ml. 3.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 1 (estremo sinistro)

2a energizzazione posta tra i geofoni nr. 6 e nr. 7 (intermedio sinistro)

3a energizzazione posta tra i geofoni nr. 12 e nr. 13 (centrale)

4a energizzazione posta tra i geofoni nr. 18 e nr. 19 (intermedio destro)

5a energizzazione posta a ml. 3.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 24 (estremo destro)

5 BASE SISMICA "C"



SCALA 1:1.000

Figura 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “C”



Figura 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "C"

File Reference	
1	C1.DAT
2	C67.DAT
3	C1213.DAT
4	C1819.DAT
5	C24.DAT
MASW	C24M.DAT

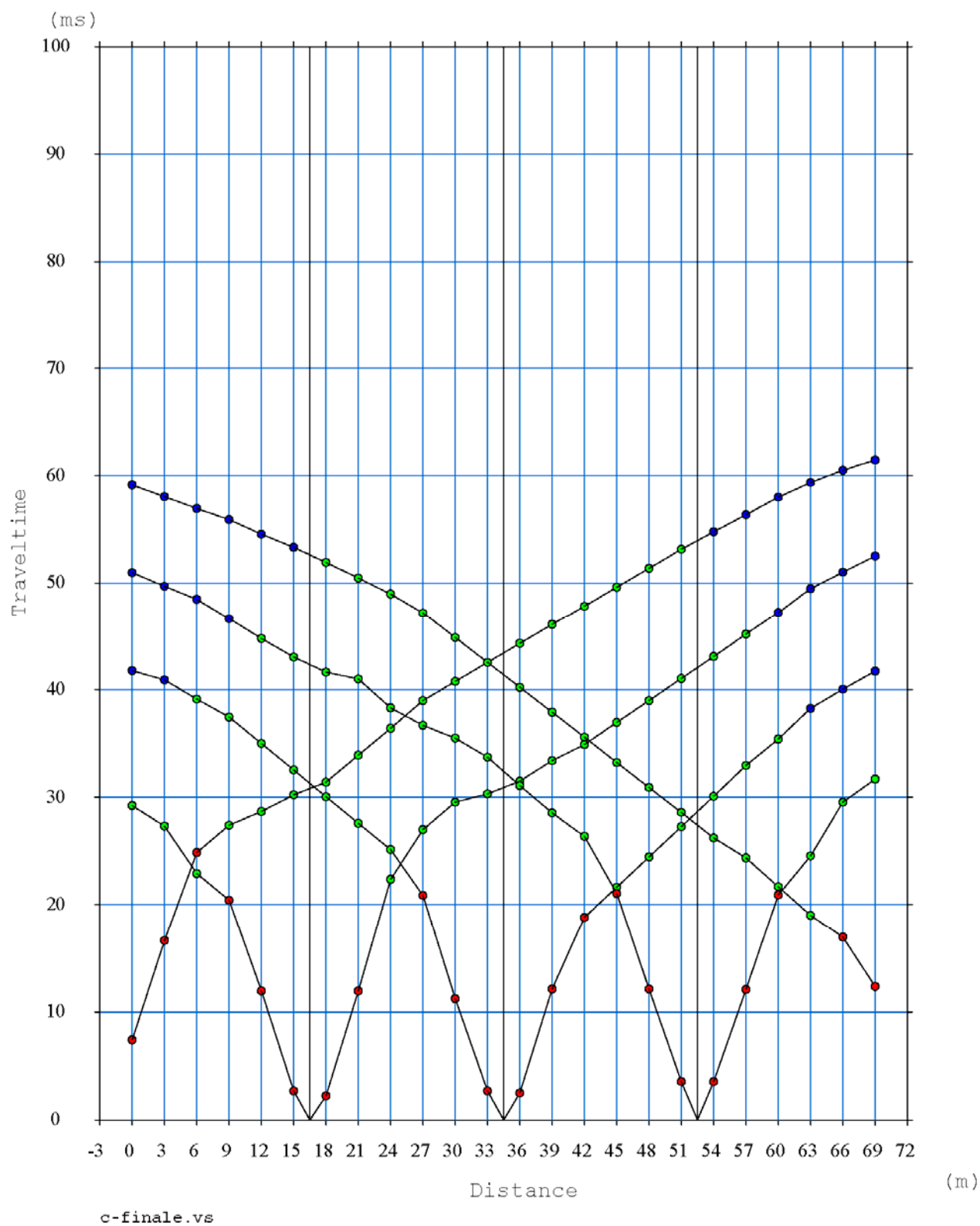
SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0,00	-3,00	0,00	0,00
2	0,00	16,50	0,00	0,00
3	0,00	34,50	0,00	0,00
4	0,00	52,50	0,00	0,00
5	0,00	72,00	0,00	0,00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0,00	0,00	0,00	7,41	29,25	41,81	50,96	59,16
2	0,00	3,00	0,00	16,64	27,36	40,95	49,69	58,08
3	0,00	6,00	0,00	24,91	22,95	39,15	48,46	57,00
4	0,00	9,00	0,00	27,41	20,43	37,46	46,64	55,91
5	0,00	12,00	0,00	28,72	11,97	35,01	44,81	54,59
6	0,00	15,00	0,00	30,24	2,70	32,55	43,08	53,36
7	0,00	18,00	0,00	31,44	2,25	30,09	41,64	51,95
8	0,00	21,00	0,00	33,92	11,97	27,63	41,01	50,47
9	0,00	24,00	0,00	36,43	22,38	25,17	38,36	48,98
10	0,00	27,00	0,00	39,04	27,00	20,88	36,72	47,22
11	0,00	30,00	0,00	40,80	29,58	11,25	35,52	44,90
12	0,00	33,00	0,00	42,57	30,33	2,70	33,76	42,57
13	0,00	36,00	0,00	44,33	31,50	2,52	31,12	40,25
14	0,00	39,00	0,00	46,09	33,42	12,15	28,56	37,92
15	0,00	42,00	0,00	47,86	34,92	18,85	26,40	35,59
16	0,00	45,00	0,00	49,62	36,97	21,67	21,08	33,27
17	0,00	48,00	0,00	51,38	39,02	24,49	12,16	30,94
18	0,00	51,00	0,00	53,15	41,08	27,31	3,56	28,62
19	0,00	54,00	0,00	54,78	43,13	30,13	3,56	26,26
20	0,00	57,00	0,00	56,38	45,19	32,96	12,13	24,39
21	0,00	60,00	0,00	58,01	47,24	35,41	20,93	21,71
22	0,00	63,00	0,00	59,40	49,48	38,31	24,56	19,03
23	0,00	66,00	0,00	60,54	51,00	40,05	29,55	16,99
24	0,00	69,00	0,00	61,48	52,53	41,76	31,70	12,38

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	3,55	13,24	0,00	0,00
2	3,00	3,58	13,17	0,00	0,00
3	6,00	3,76	12,93	0,00	0,00
4	9,00	3,94	12,95	0,00	0,00
5	12,00	3,85	13,08	0,00	0,00
6	15,00	3,74	13,07	0,00	0,00
7	18,00	3,67	12,79	0,00	0,00
8	21,00	3,72	12,57	0,00	0,00
9	24,00	3,84	12,44	0,00	0,00
10	27,00	4,02	11,90	0,00	0,00
11	30,00	4,09	12,13	0,00	0,00
12	33,00	4,04	11,64	0,00	0,00
13	36,00	3,86	11,55	0,00	0,00
14	39,00	3,73	11,11	0,00	0,00
15	42,00	3,51	11,11	0,00	0,00
16	45,00	3,27	11,42	0,00	0,00
17	48,00	3,17	11,77	0,00	0,00
18	51,00	3,14	11,90	0,00	0,00
19	54,00	3,21	11,85	0,00	0,00
20	57,00	3,25	12,02	0,00	0,00
21	60,00	3,21	11,70	0,00	0,00
22	63,00	3,45	11,33	0,00	0,00
23	66,00	3,95	11,33	0,00	0,00
24	69,00	4,24	11,11	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	393
2	1447
3	2094
4	
5	

Figura 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "C"



**Figura 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "C"**

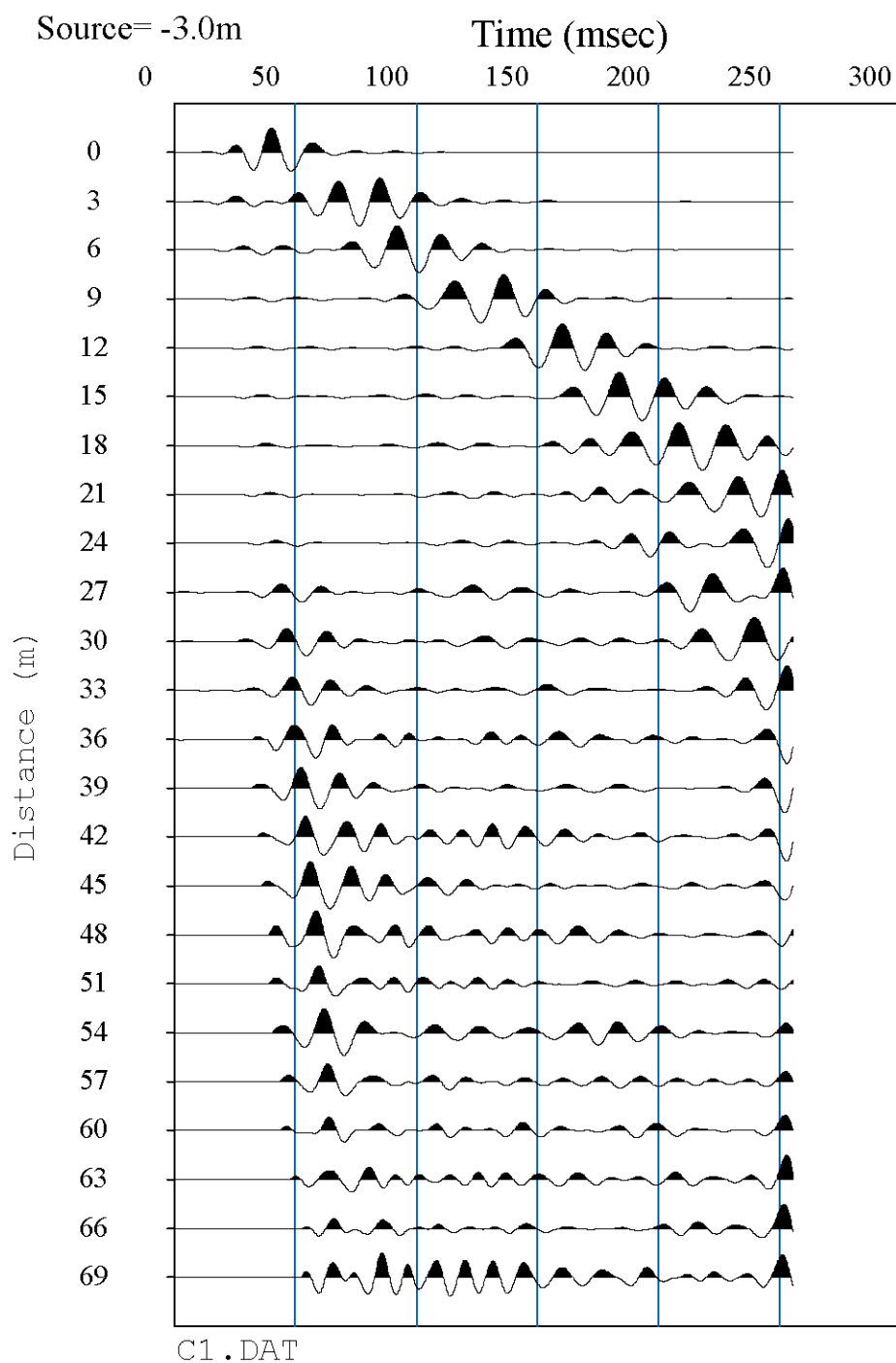


Figura 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "C"

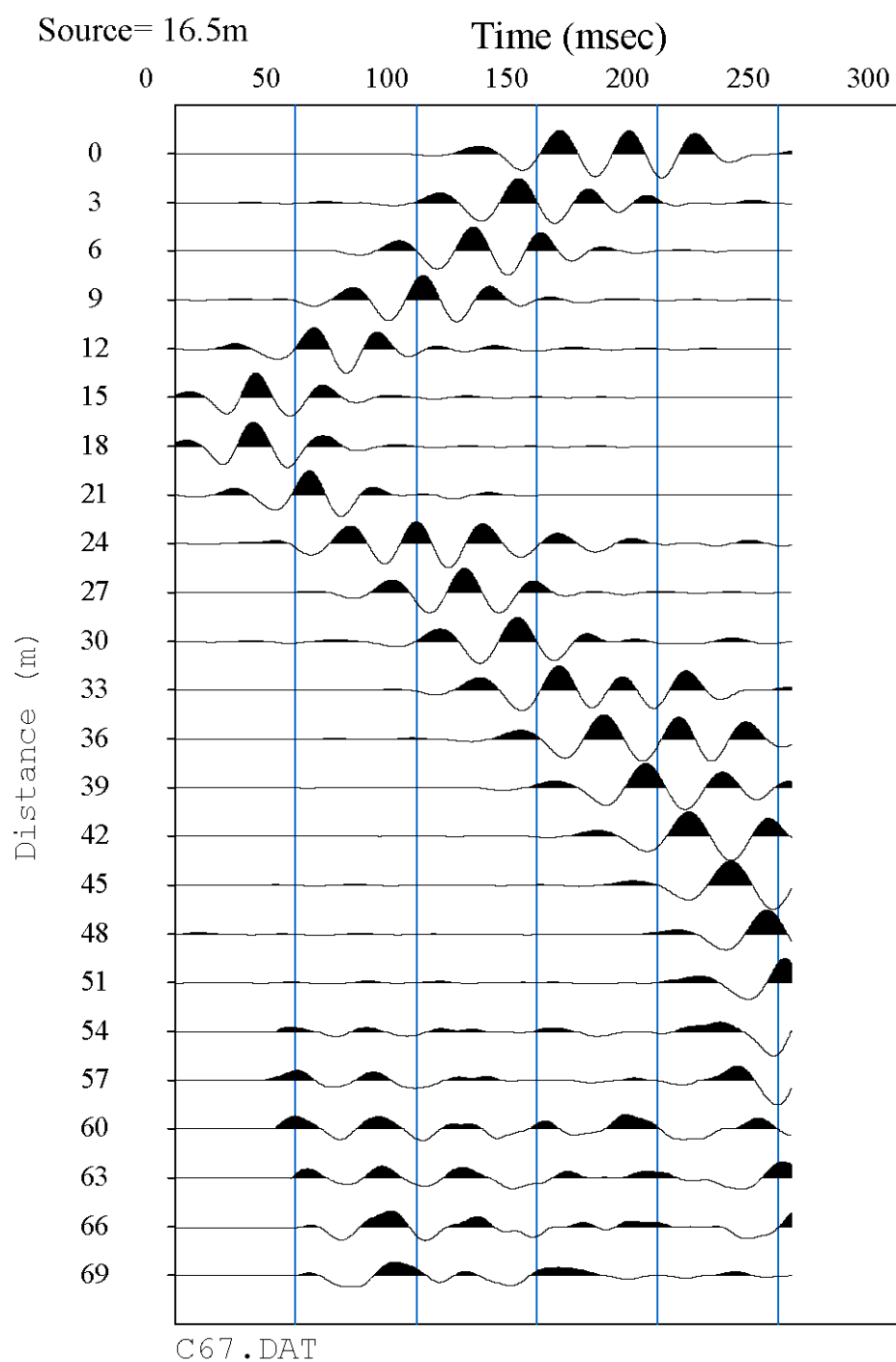


Figura 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "C"

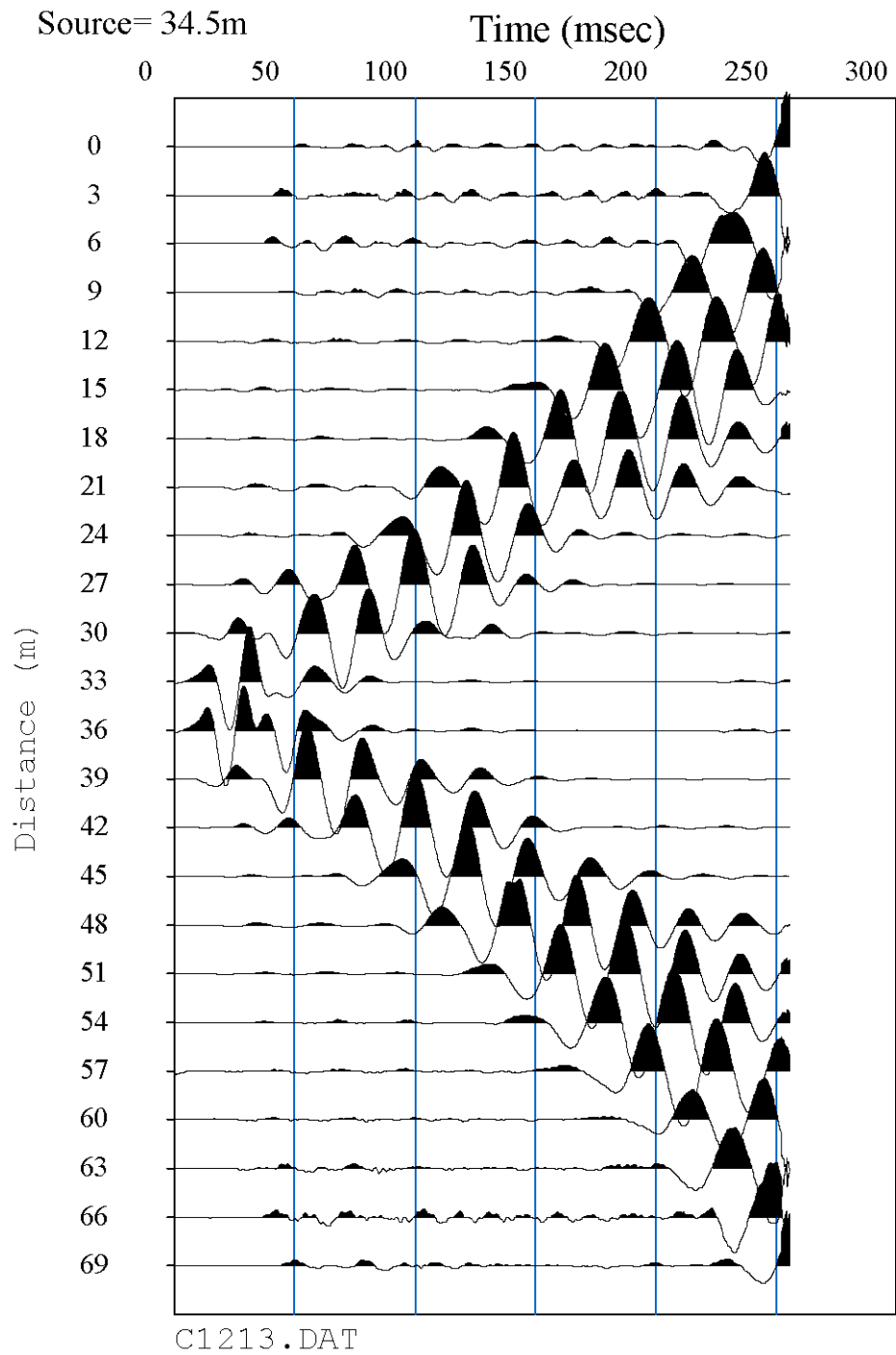
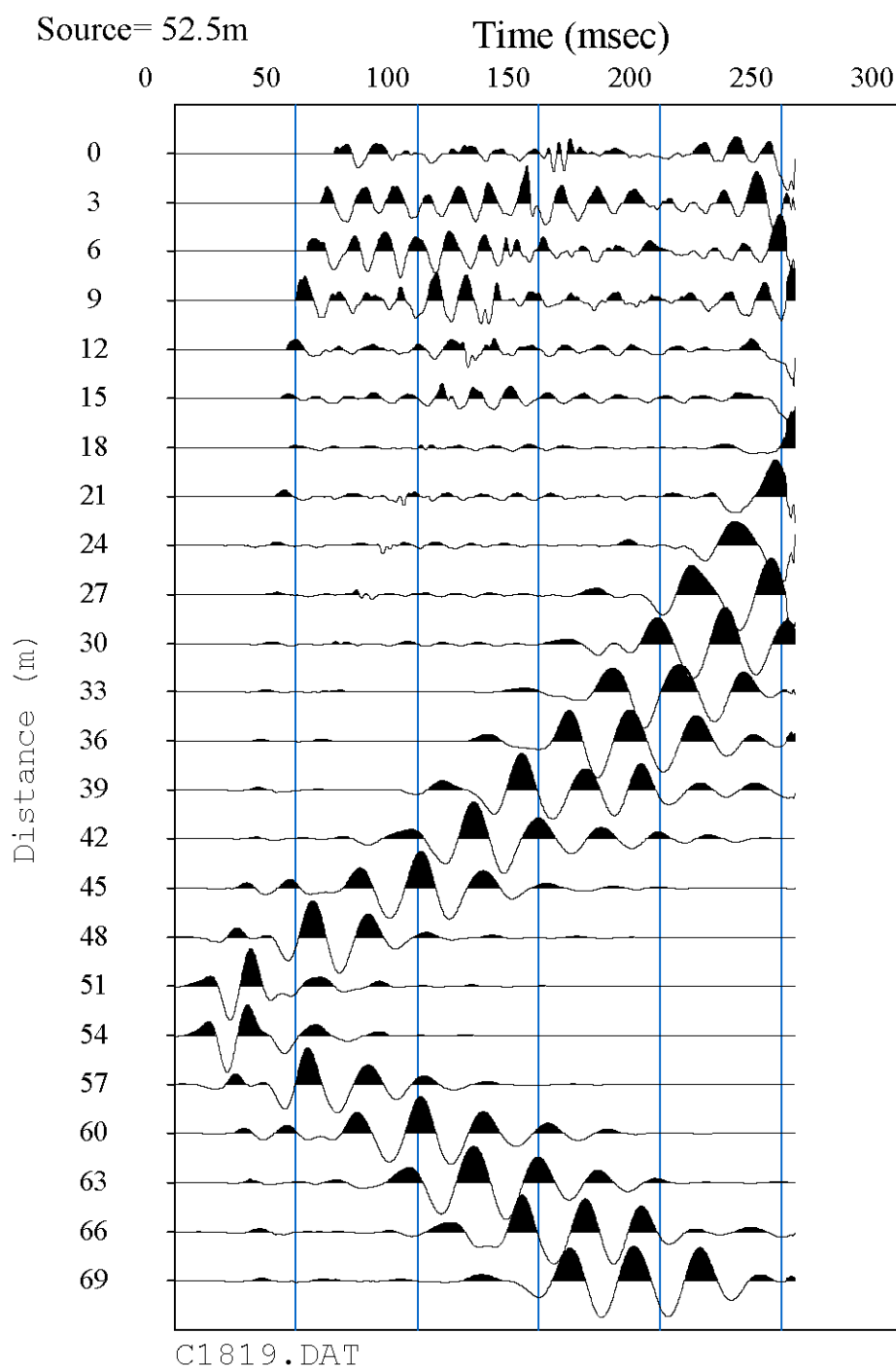


Figura 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "C"



**Figura 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "C"**

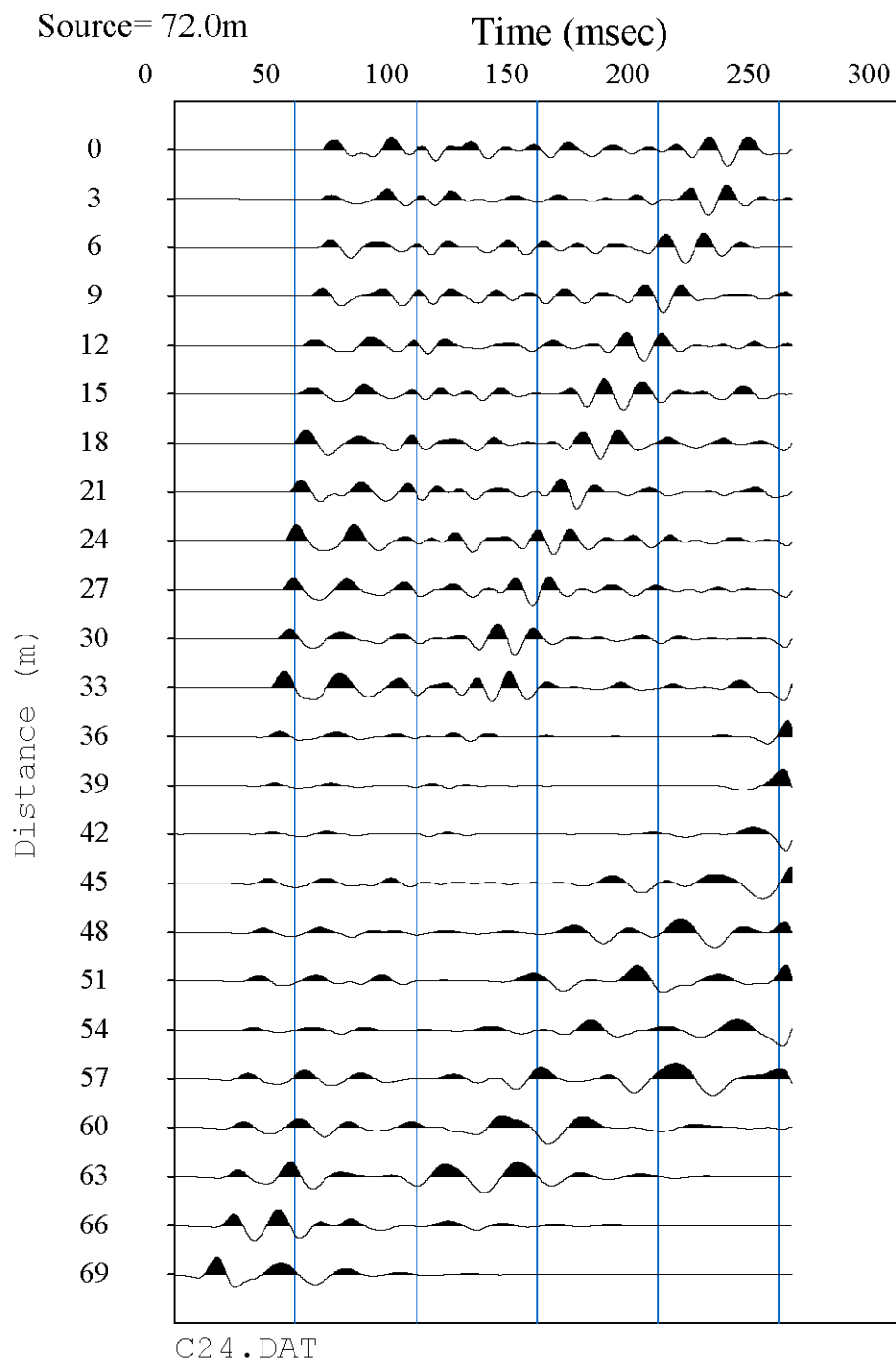
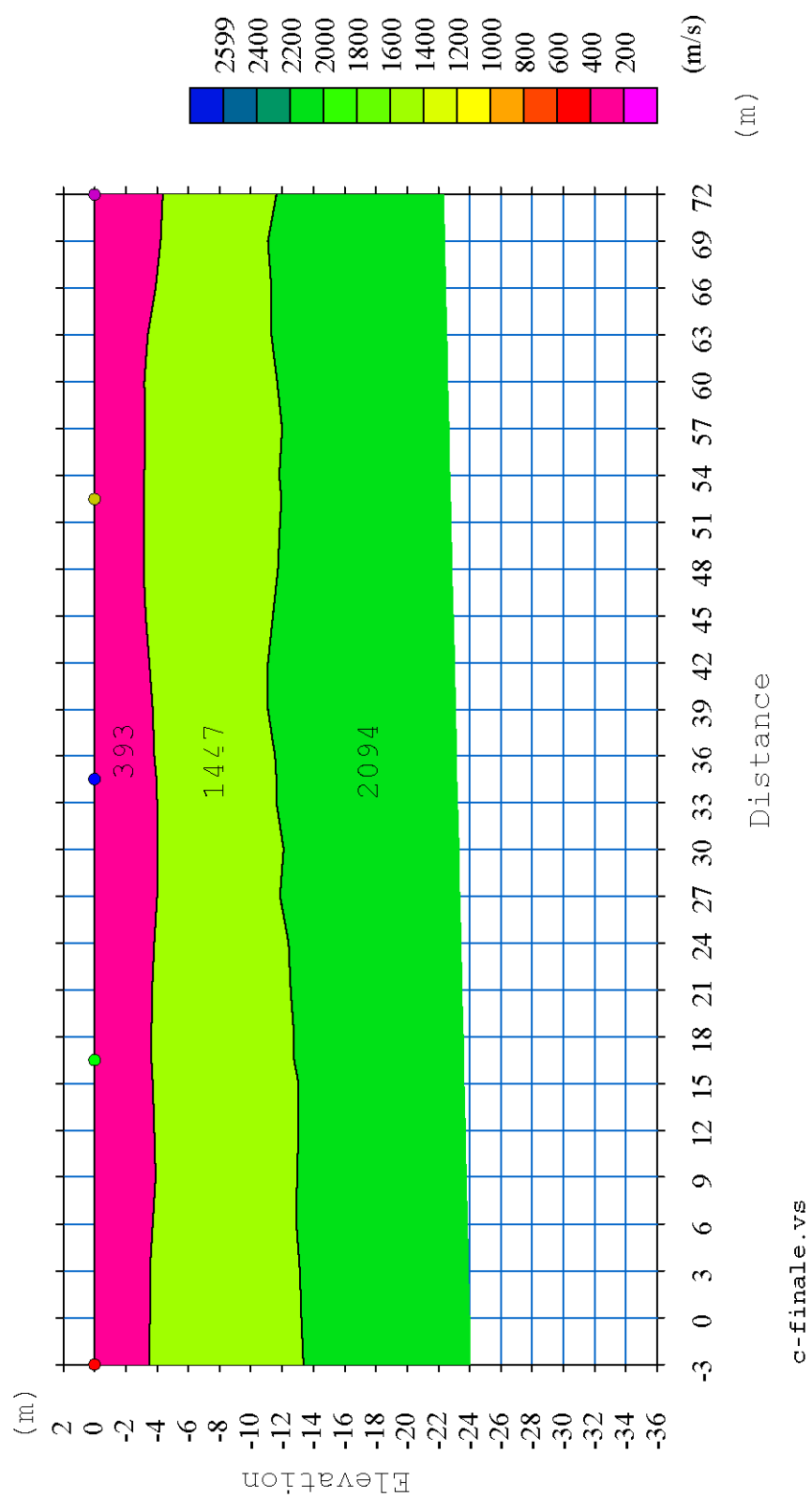


Figura 11: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “C”



6 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "C"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 3,00 dal geofono nr. 24 in posizione di estrema destra rispetto alla base sismica.

L'energia necessaria è stata prodotta mediante l'utilizzo di un energizzatore per sismica, classificato dal Ministero dell'Interno come "strumento di lavoro", è costituito da un corpo cilindrico di forma tubolare in acciaio inox con una sezione anteriore svitabile, denominata camera di cartuccia, predisposta per contenere una cartuccia di tipo industriale calibro 8.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "C"

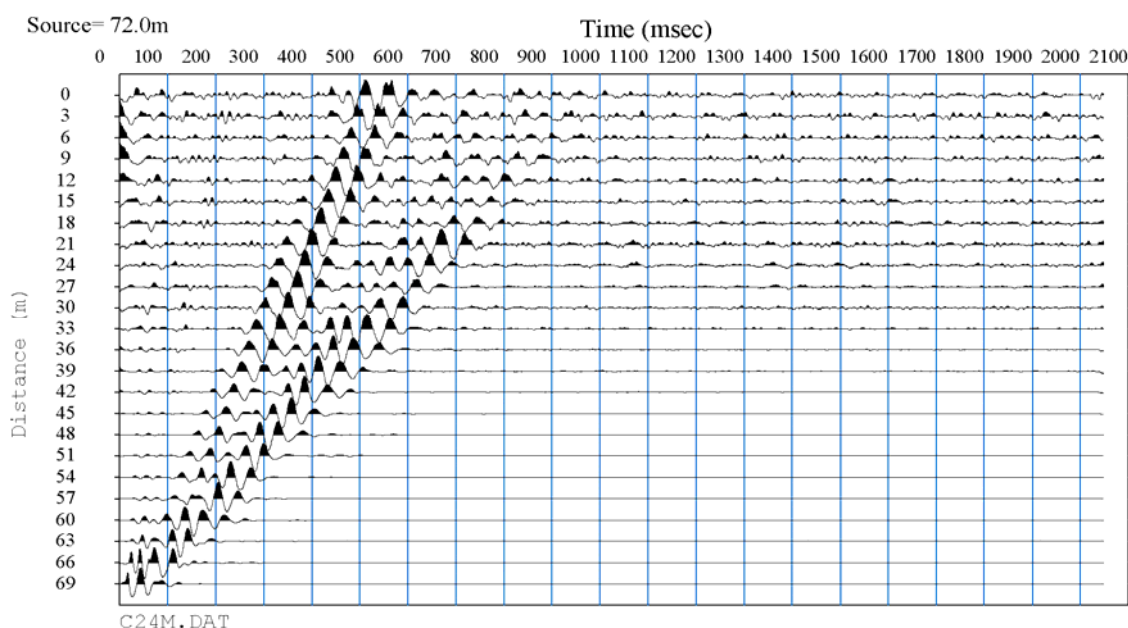


Figura 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "C"

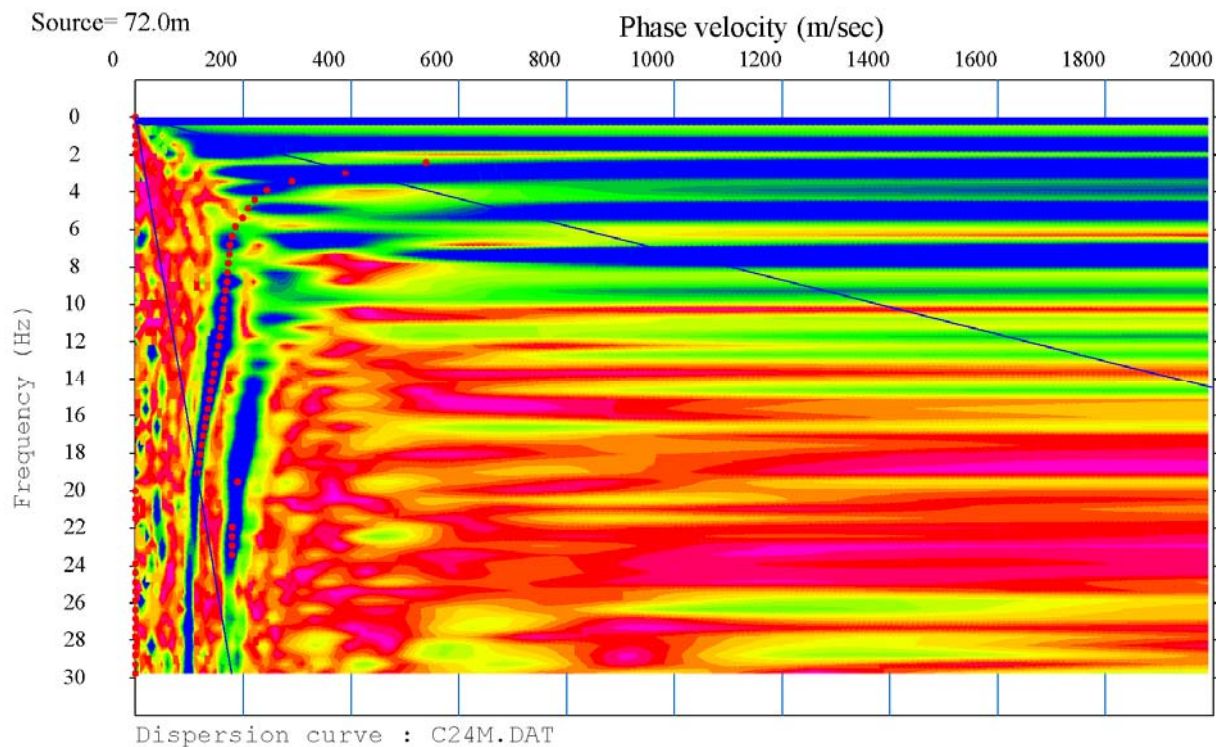


Figura 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "C"

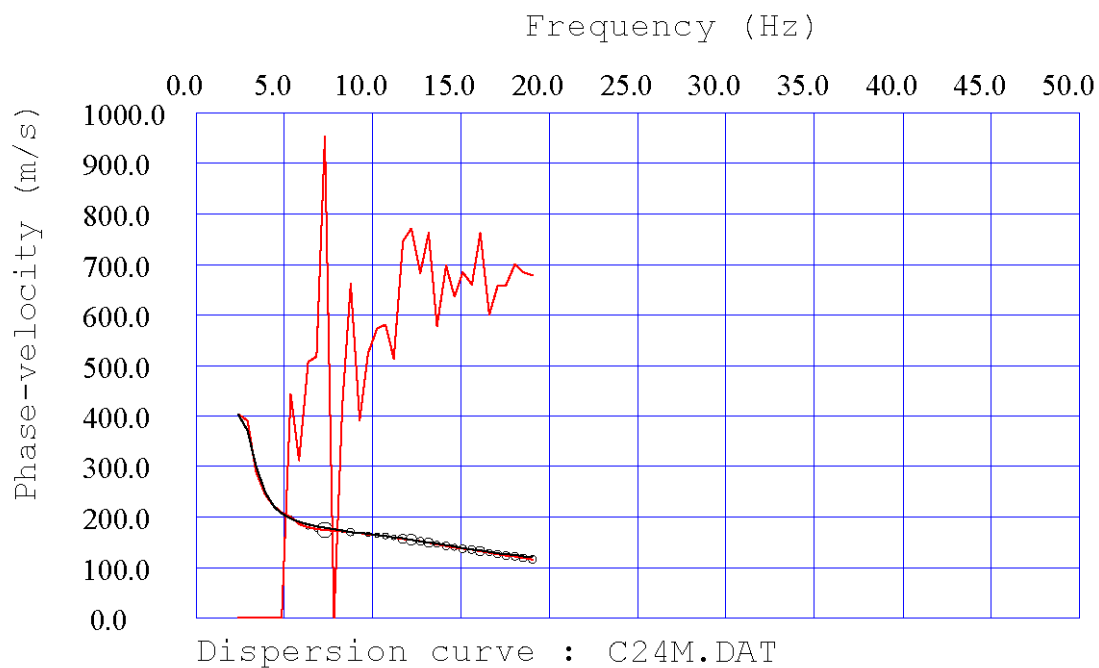
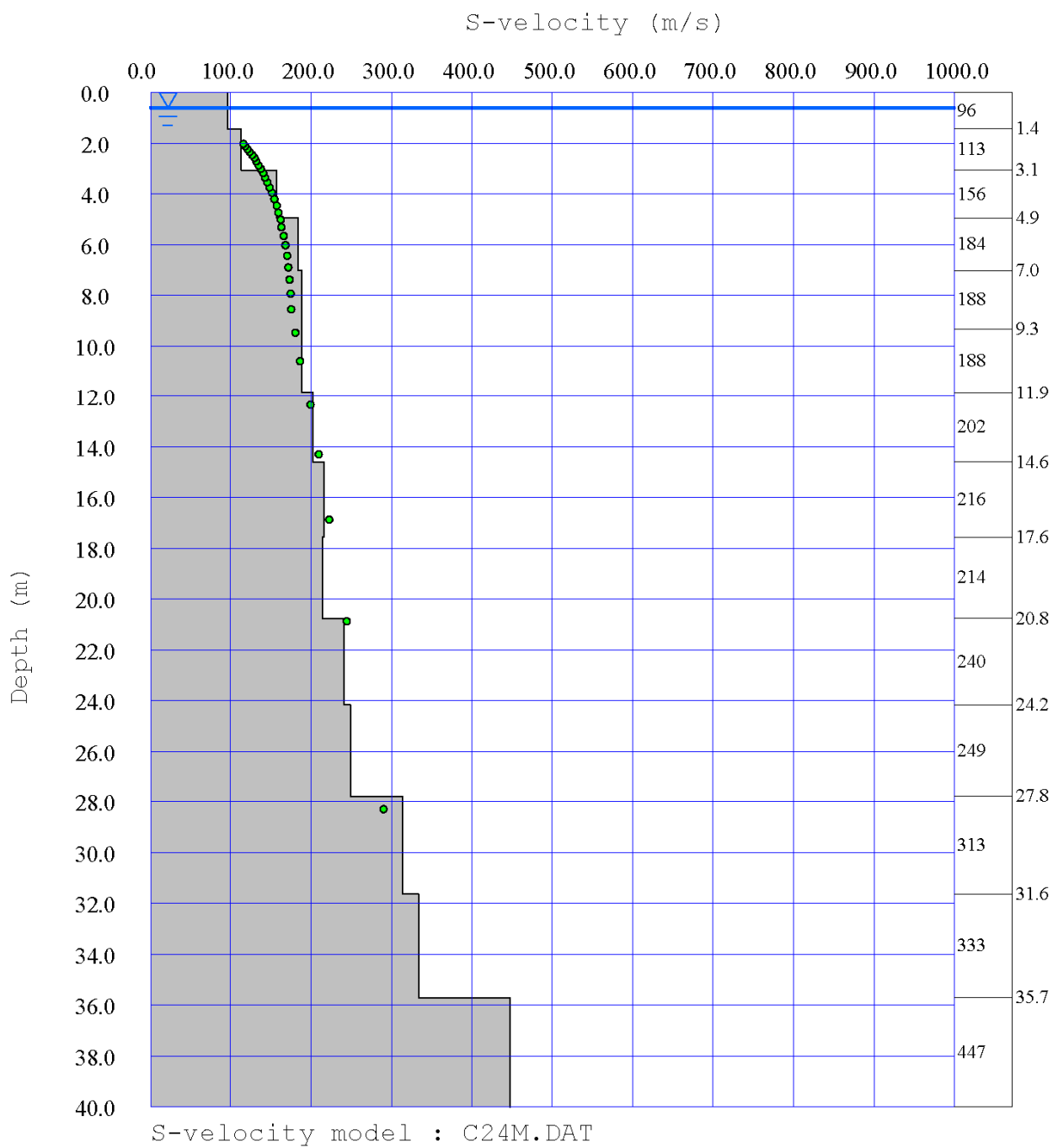


Figura 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "C"



7 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "C"

- ONDE Vp

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 393 m/sec, 1447 m/sec e 2094 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alle sezioni riportate in fig. 11.

- ONDE Vs

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 40,00 ml. dal piano campagna.

Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde Vp e Vs ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m³]
h1	-1,43	1,43	96	250	13,196
h2	-3,08	1,65	113	1442	17,348
h3	-4,95	1,87	156	1470	17,437
h4	-7,03	2,08	184	1490	17,501
h5	-9,34	2,31	188	1499	17,530
h6	-11,87	2,53	188	1510	17,564
h7	-14,62	2,75	202	1535	17,643
h8	-17,58	2,96	216	1557	17,711
h9	-20,77	3,19	214	1557	17,711
h10	-24,18	3,41	241	1584	17,794
h11	-27,80	3,62	249	1584	17,794
h12	-31,65	3,85	313	1638	17,963
h13	-35,71	4,06	334	1638	17,963
h14	-48,57	12,86	448	1738	18,269

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.587254%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=21.633325 m/s (10.624092%)	Iteration=1 RMS=17.693998 m/s (8.481657%)
Iteration=2 RMS=14.500209 m/s (6.778636%)	Iteration=3 RMS=11.926519 m/s (5.422283%)
Iteration=4 RMS=9.873411 m/s (4.342640%)	Iteration=5 RMS=8.253144 m/s (3.483781%)
Iteration=6 RMS=6.996415 m/s (2.800143%)	Iteration=7 RMS=6.040842 m/s (2.257090%)
Iteration=8 RMS=5.333364 m/s (1.873105%)	Iteration=9 RMS=4.823535 m/s (1.587254%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-1,43	1,43000	96	0,01485	
h2	-3,08	1,65000	113	0,01457	
h3	-4,95	1,87000	156	0,01196	
h4	-7,03	2,08000	184	0,01129	
h5	-9,34	2,31000	188	0,01227	
h6	-11,87	2,53000	188	0,01343	
h7	-14,62	2,75000	202	0,01360	
h8	-17,58	2,96000	216	0,01369	
h9	-20,77	3,19000	214	0,01490	
h10	-24,18	3,41000	241	0,01418	
h11	-27,80	3,62000	249	0,01454	
h12	-30,00	2,20000	313	0,00702	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,15630
			$V_{s,30}$	192	[m/s]

8 BASE SISMICA "D"



SCALA 1:1.000

Figura 16: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “D”



Figura 17: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "D"

File Reference	
1	D1.DAT
2	D67.DAT
3	D1213.DAT
4	D1819.DAT
5	D24.DAT
MASW	D24M.DAT

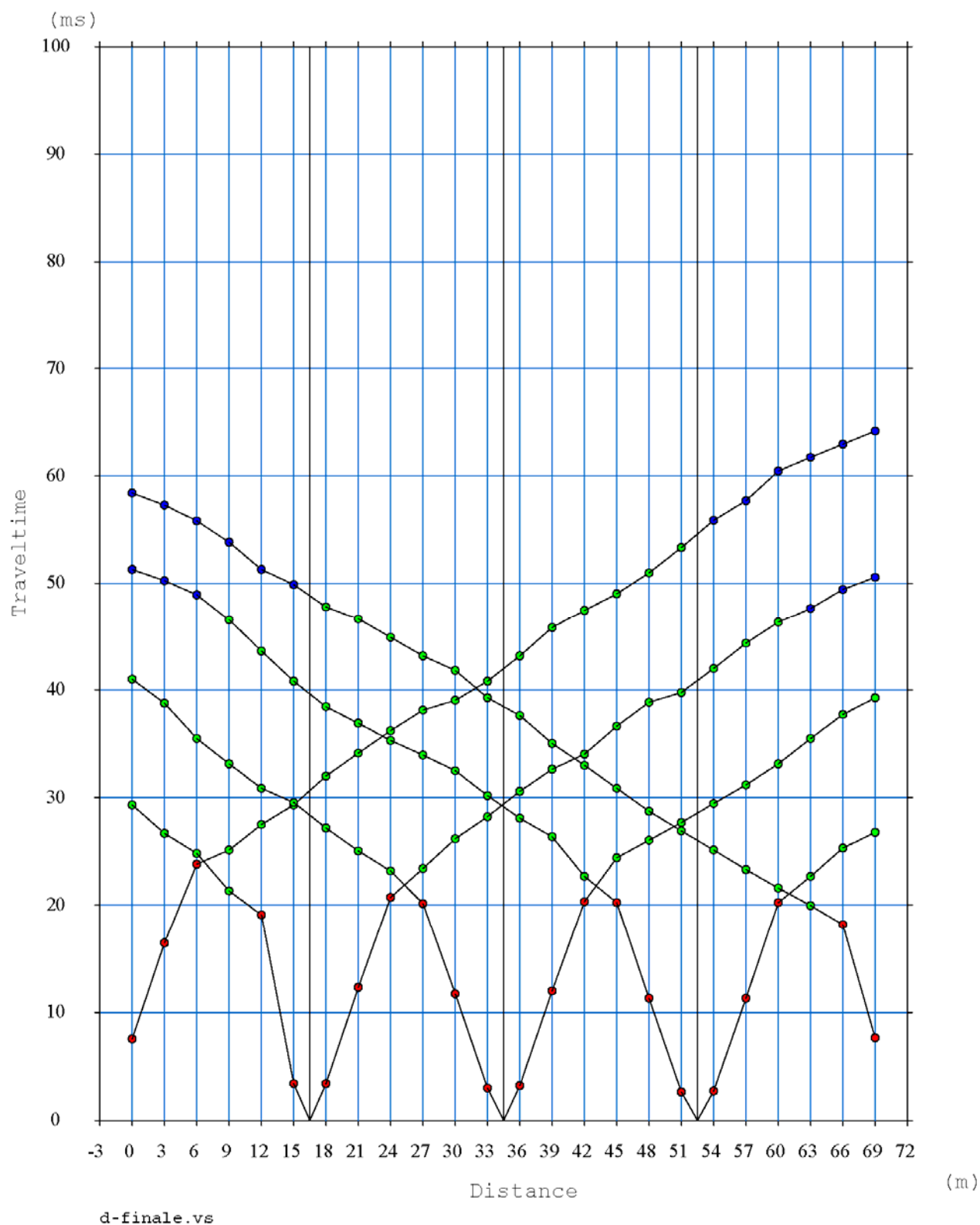
SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0,00	-3,00	0,00	0,00
2	0,00	16,50	0,00	0,00
3	0,00	34,50	0,00	0,00
4	0,00	52,50	0,00	0,00
5	0,00	72,00	0,00	0,00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0,00	0,00	0,00	7,56	29,36	41,04	51,28	58,42
2	0,00	3,00	0,00	16,48	26,72	38,80	50,24	57,29
3	0,00	6,00	0,00	23,84	24,84	35,52	48,92	55,86
4	0,00	9,00	0,00	25,16	21,36	33,16	46,56	53,84
5	0,00	12,00	0,00	27,52	19,12	30,88	43,68	51,28
6	0,00	15,00	0,00	29,36	3,44	29,56	40,84	49,90
7	0,00	18,00	0,00	32,04	3,44	27,20	38,48	47,80
8	0,00	21,00	0,00	34,16	12,36	25,08	36,92	46,68
9	0,00	24,00	0,00	36,24	20,76	23,20	35,32	44,92
10	0,00	27,00	0,00	38,16	23,44	20,16	33,96	43,20
11	0,00	30,00	0,00	39,08	26,20	11,76	32,52	41,84
12	0,00	33,00	0,00	40,84	28,24	3,04	30,20	39,28
13	0,00	36,00	0,00	43,20	30,60	3,24	28,12	37,64
14	0,00	39,00	0,00	45,84	32,64	12,04	26,40	35,08
15	0,00	42,00	0,00	47,48	34,08	20,36	22,72	33,04
16	0,00	45,00	0,00	49,00	36,64	24,44	20,24	30,88
17	0,00	48,00	0,00	50,96	38,87	26,08	11,36	28,76
18	0,00	51,00	0,00	53,32	39,80	27,72	2,64	26,92
19	0,00	54,00	0,00	55,88	42,04	29,48	2,76	25,16
20	0,00	57,00	0,00	57,72	44,40	31,20	11,36	23,32
21	0,00	60,00	0,00	60,49	46,36	33,16	20,24	21,60
22	0,00	63,00	0,00	61,73	47,68	35,52	22,72	19,99
23	0,00	66,00	0,00	62,97	49,44	37,76	25,36	18,19
24	0,00	69,00	0,00	64,21	50,56	39,28	26,80	7,64

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	3,80	6,59	0,00	0,00
2	3,00	3,71	6,98	0,00	0,00
3	6,00	3,54	7,41	0,00	0,00
4	9,00	3,40	7,75	0,00	0,00
5	12,00	3,32	8,02	0,00	0,00
6	15,00	3,27	8,22	0,00	0,00
7	18,00	3,23	8,50	0,00	0,00
8	21,00	3,29	8,59	0,00	0,00
9	24,00	3,36	8,66	0,00	0,00
10	27,00	3,42	8,71	0,00	0,00
11	30,00	3,44	8,75	0,00	0,00
12	33,00	3,44	8,77	0,00	0,00
13	36,00	3,49	8,77	0,00	0,00
14	39,00	3,45	8,72	0,00	0,00
15	42,00	3,40	8,63	0,00	0,00
16	45,00	3,41	8,47	0,00	0,00
17	48,00	3,39	8,26	0,00	0,00
18	51,00	3,36	8,05	0,00	0,00
19	54,00	3,37	7,96	0,00	0,00
20	57,00	3,39	8,01	0,00	0,00
21	60,00	3,39	7,92	0,00	0,00
22	63,00	3,37	7,63	0,00	0,00
23	66,00	3,31	7,25	0,00	0,00
24	69,00	3,23	6,84	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	388
2	1511
3	1647
4	
5	

Figura 18: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "D"



**Figura 19: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "D"**

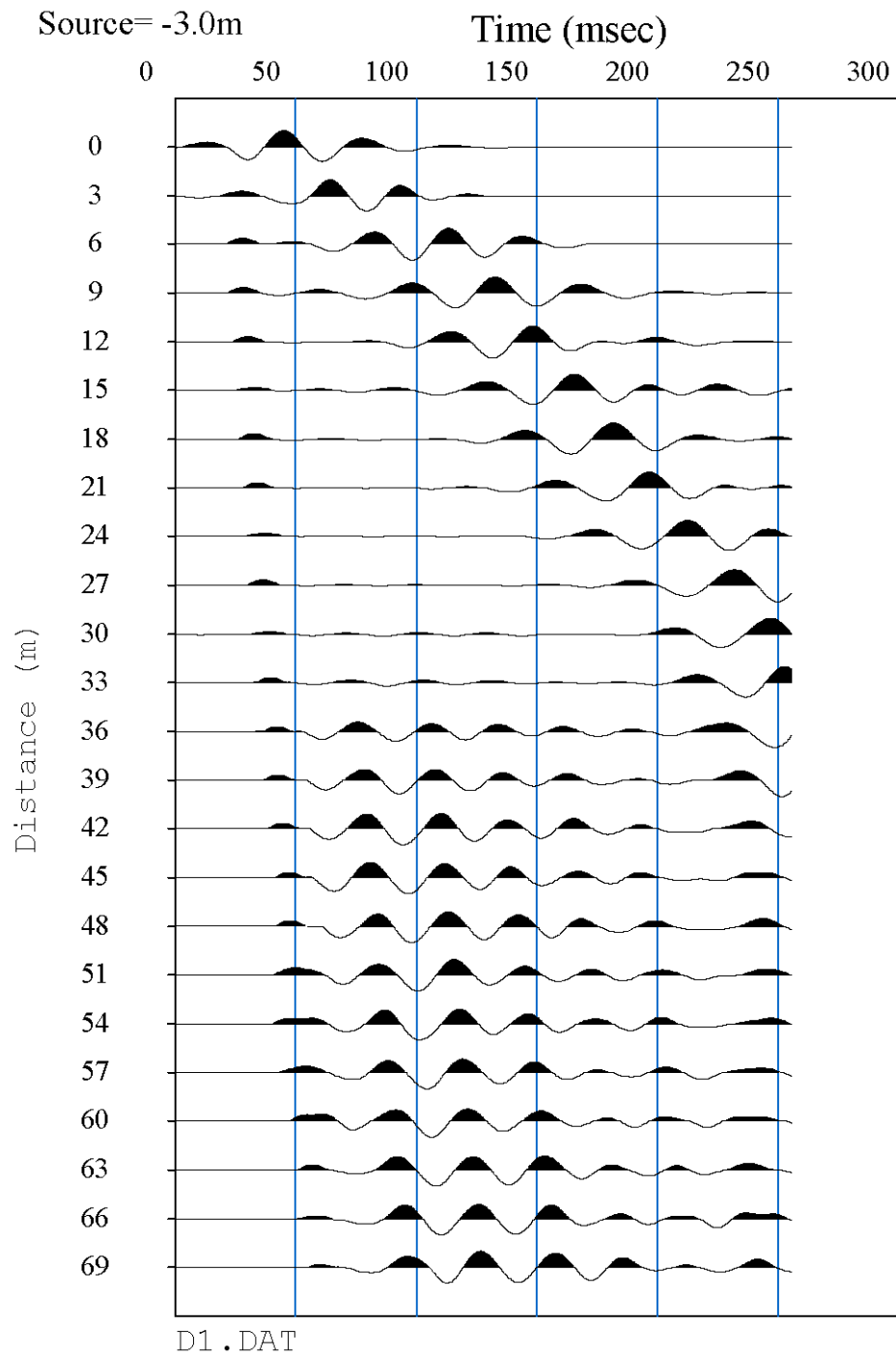


Figura 20: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "D"

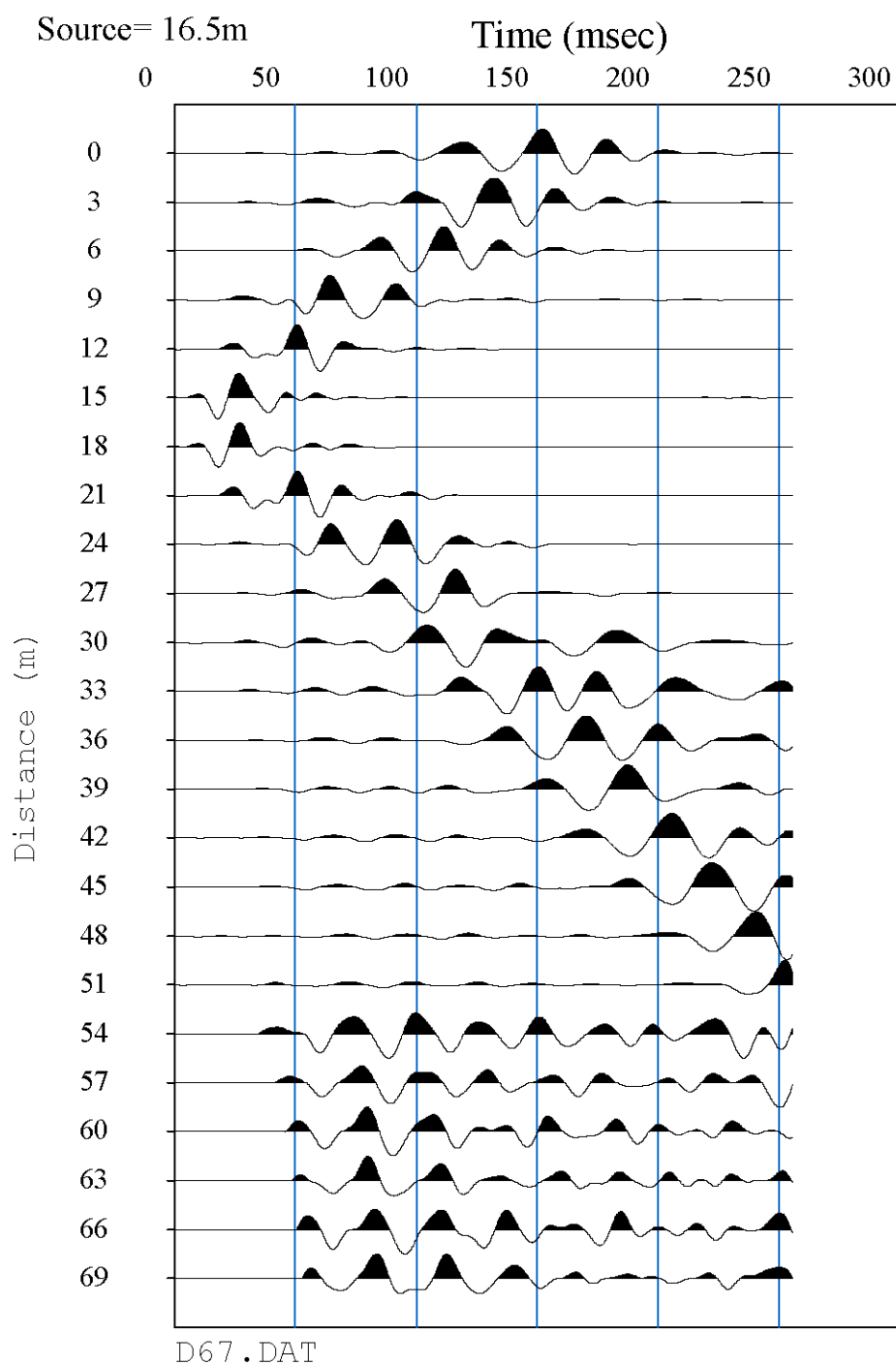


Figura 21: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "D"

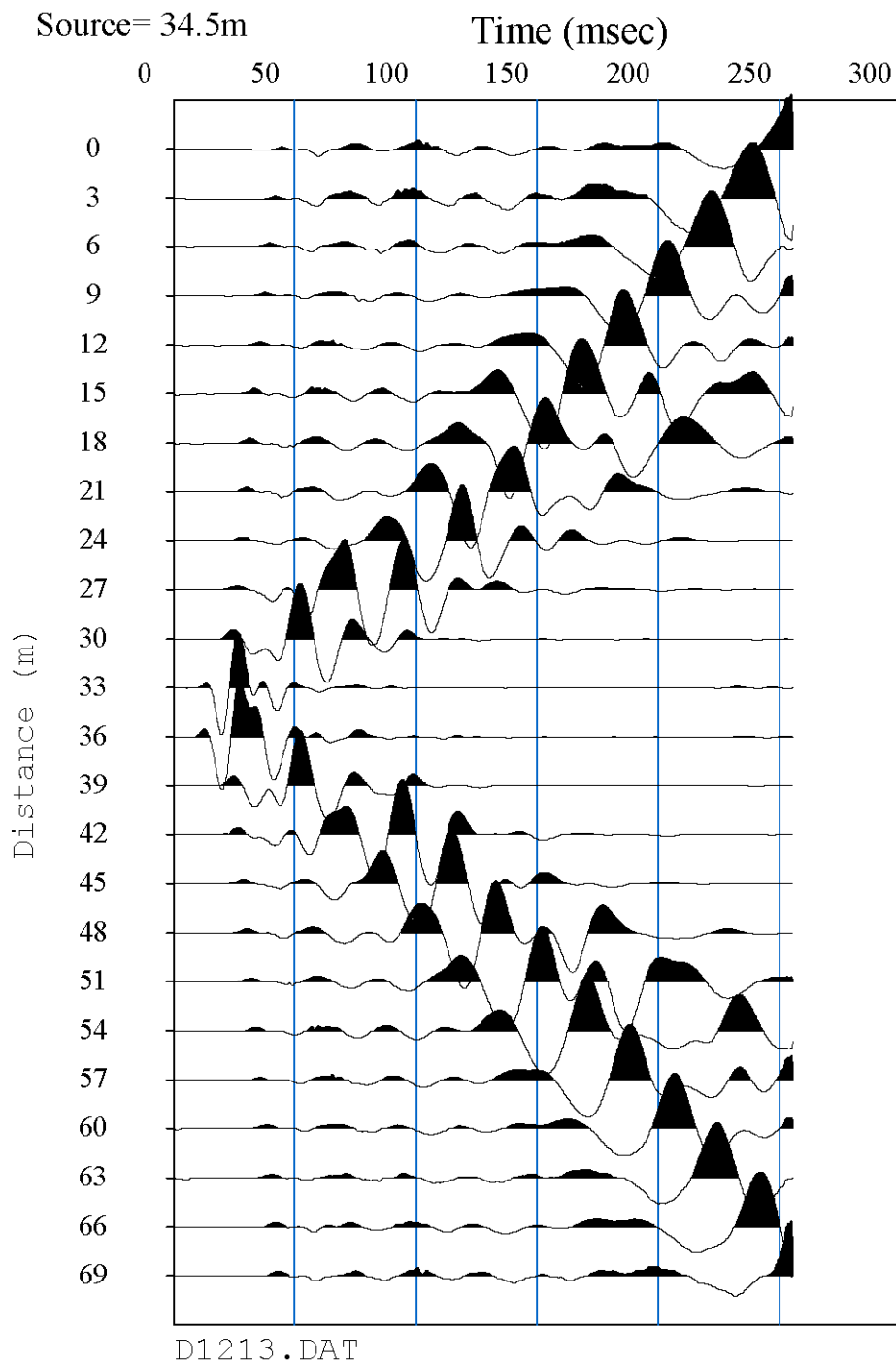
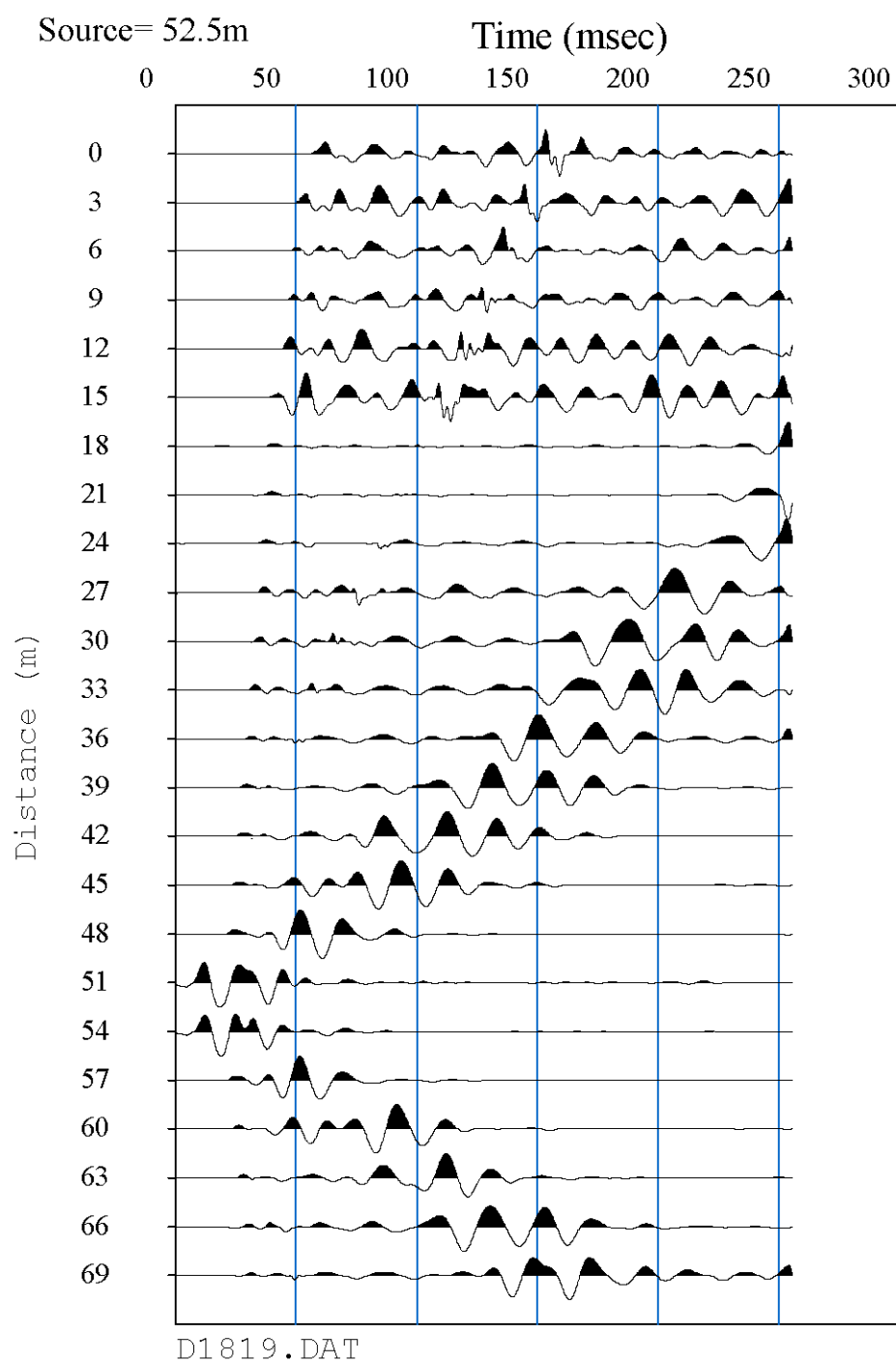


Figura 22: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "D"



**Figura 23: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "D"**

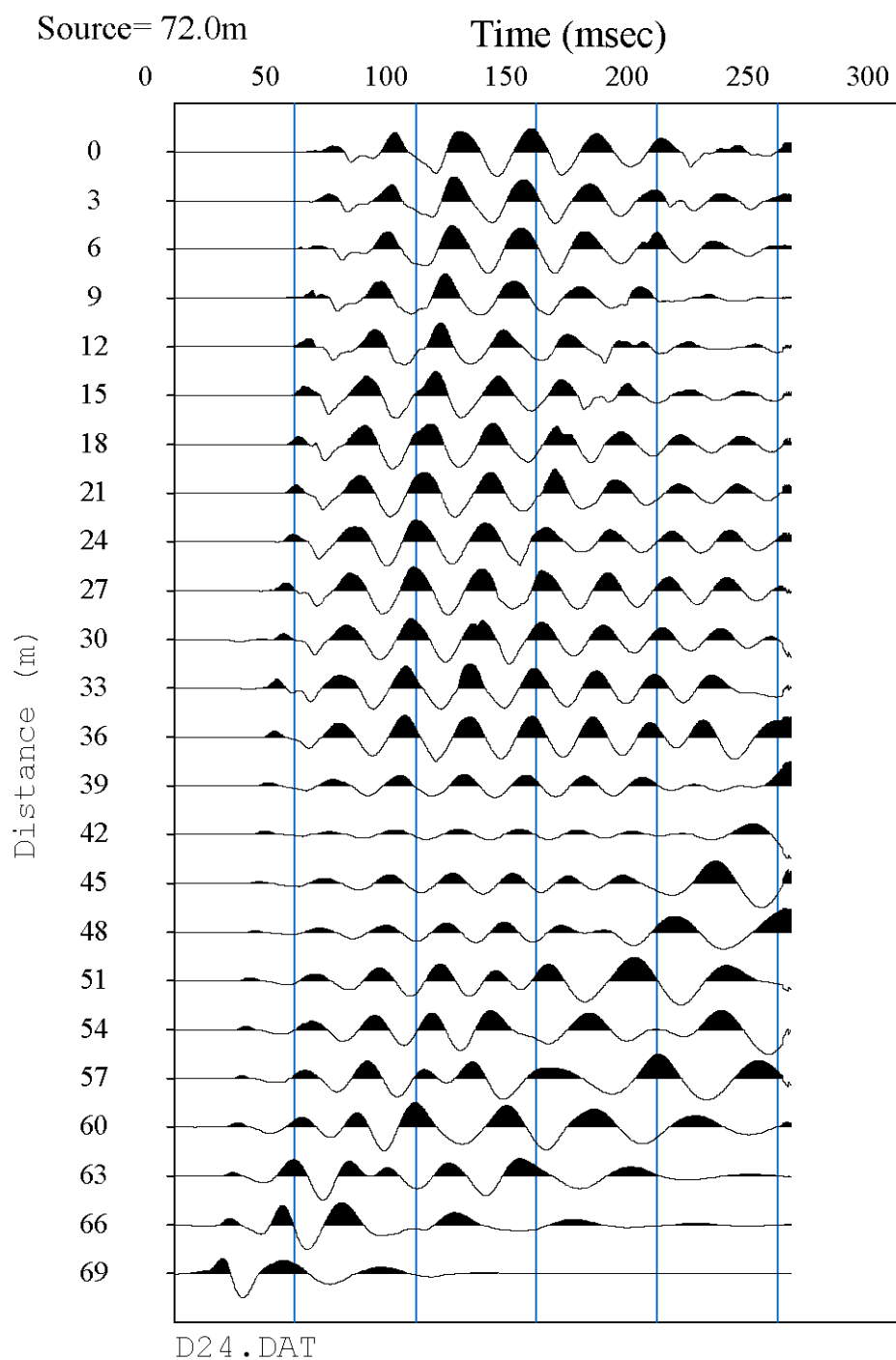
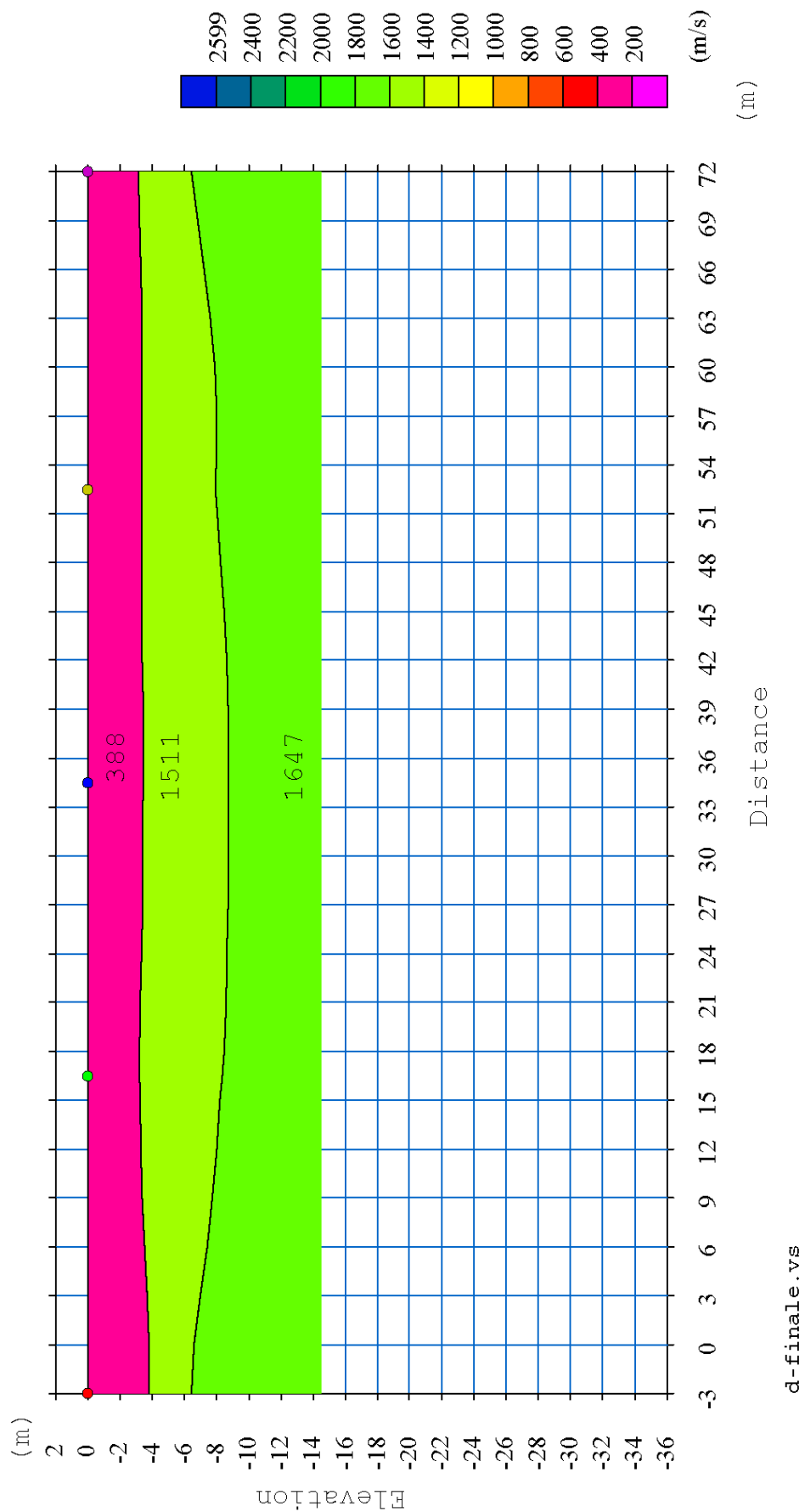


Figura 24: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “D”



9 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "D"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 3,00 dal geofono nr. 24 in posizione di estrema destra rispetto alla base sismica.

L'energia necessaria è stata prodotta mediante l'utilizzo di un energizzatore per sismica, classificato dal Ministero dell'Interno come "strumento di lavoro", è costituito da un corpo cilindrico di forma tubolare in acciaio inox con una sezione anteriore svitabile, denominata camera di cartuccia, predisposta per contenere una cartuccia di tipo industriale calibro 8.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformatrice del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 25: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "D"

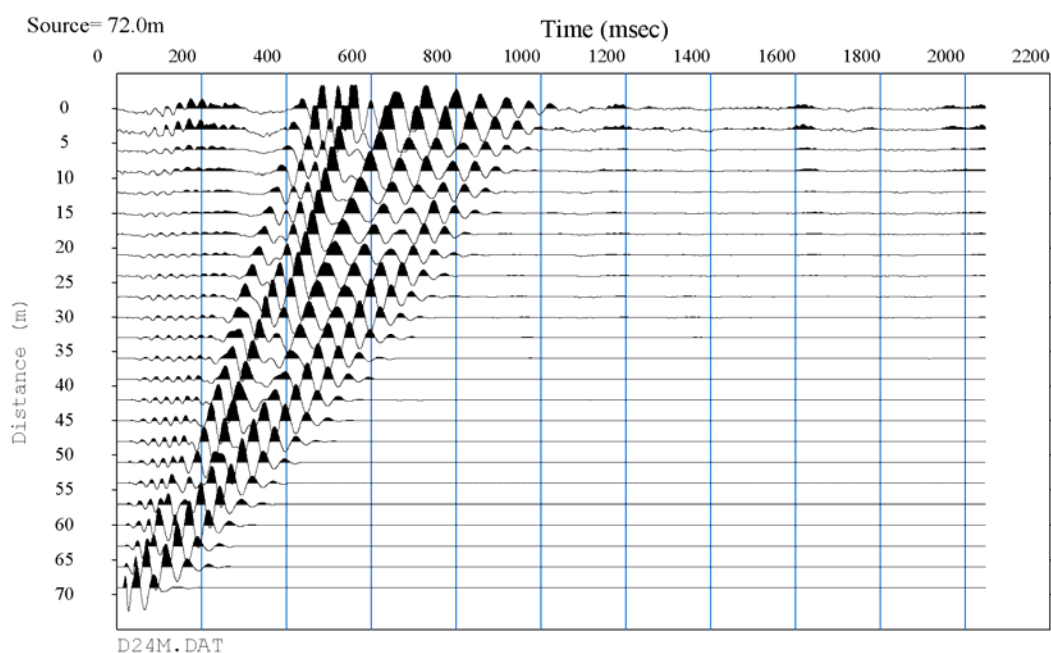


Figura 26: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "D"

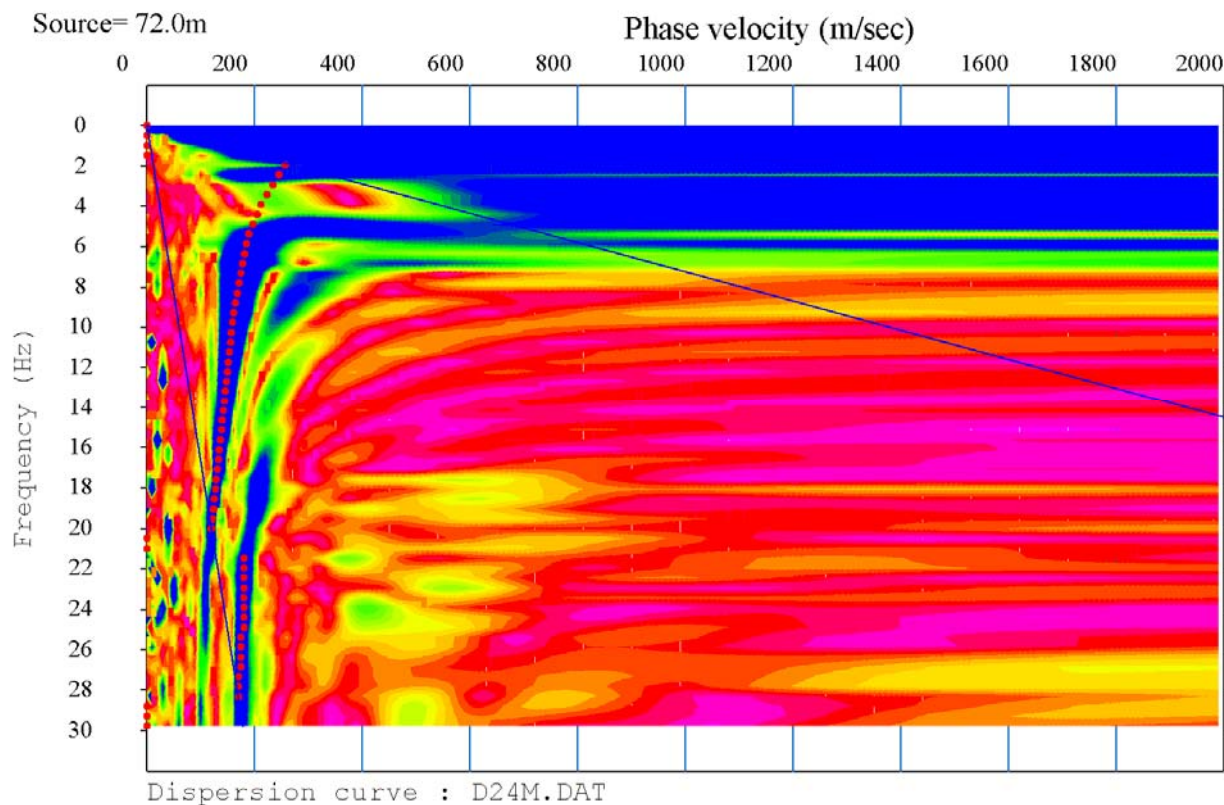


Figura 27: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "D"

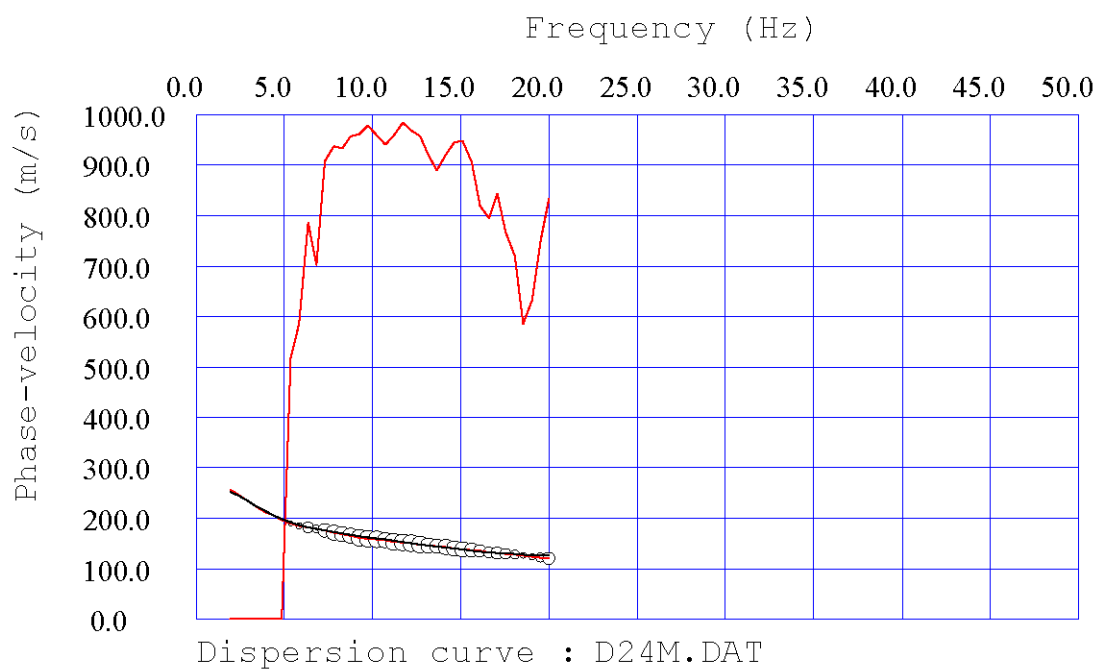
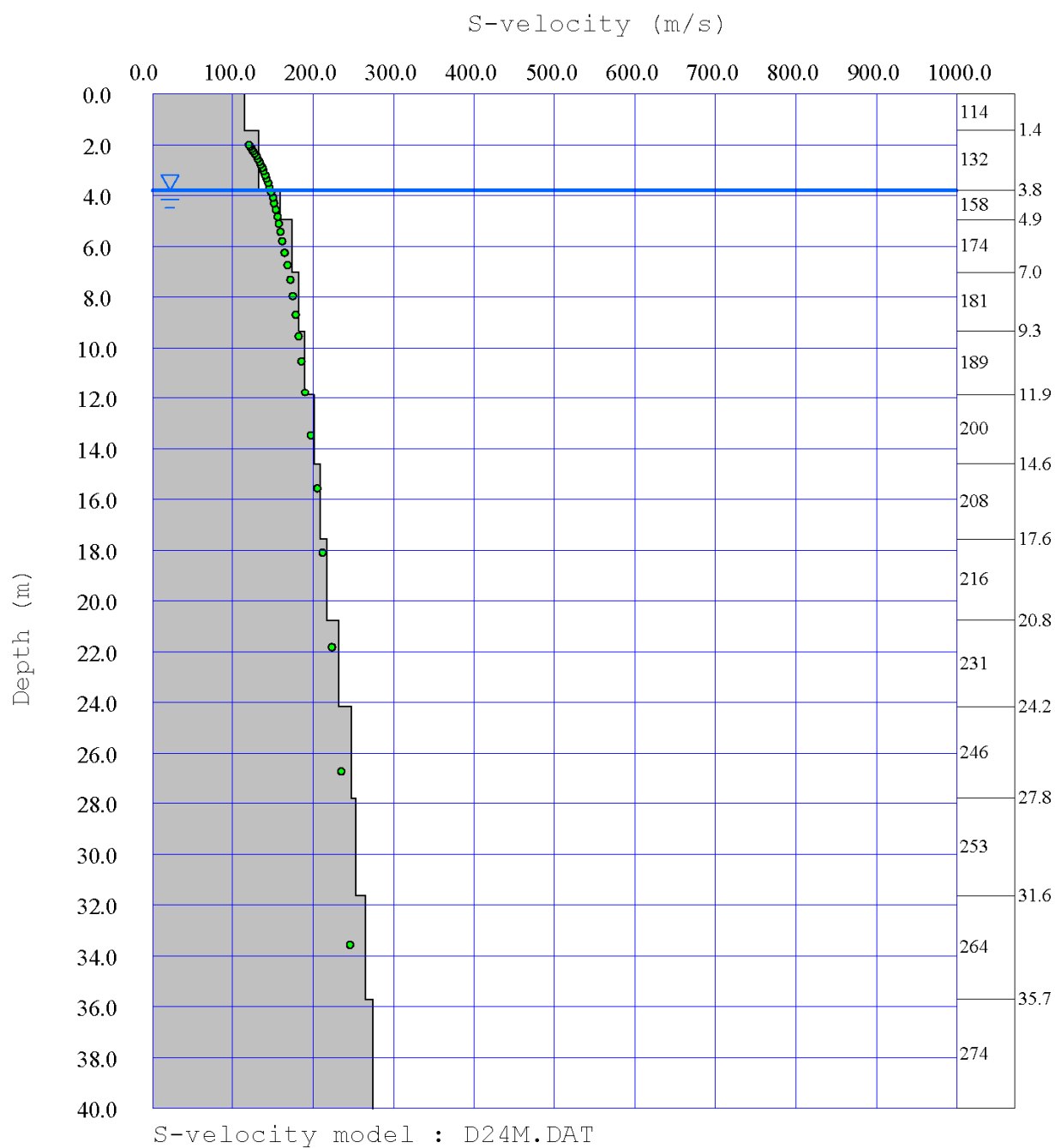


Figura 28: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "D"



10 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "D"

- ONDE V_p

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 388 m/sec, 1511 m/sec e 1647 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alle sezioni riportate in fig. 24.

- ONDE V_s

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 40,00 ml. dal piano campagna.

Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde V_p e V_s ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m³]
h1	-1,43	1,43	114	260	13,234
h2	-3,80	2,37	132	280	13,308
h3	-4,95	1,15	159	1467	17,430
h4	-7,03	2,08	174	1485	17,484
h5	-9,34	2,31	182	1500	17,532
h6	-11,87	2,53	189	1513	17,572
h7	-14,62	2,75	201	1527	17,617
h8	-17,58	2,96	209	1536	17,646
h9	-20,77	3,19	217	1544	17,672
h10	-24,18	3,41	231	1558	17,715
h11	-27,80	3,62	247	1572	17,757
h12	-31,65	3,85	253	1572	17,757
h13	-35,71	4,06	264	1575	17,767
h14	-48,57	12,86	274	1575	17,767

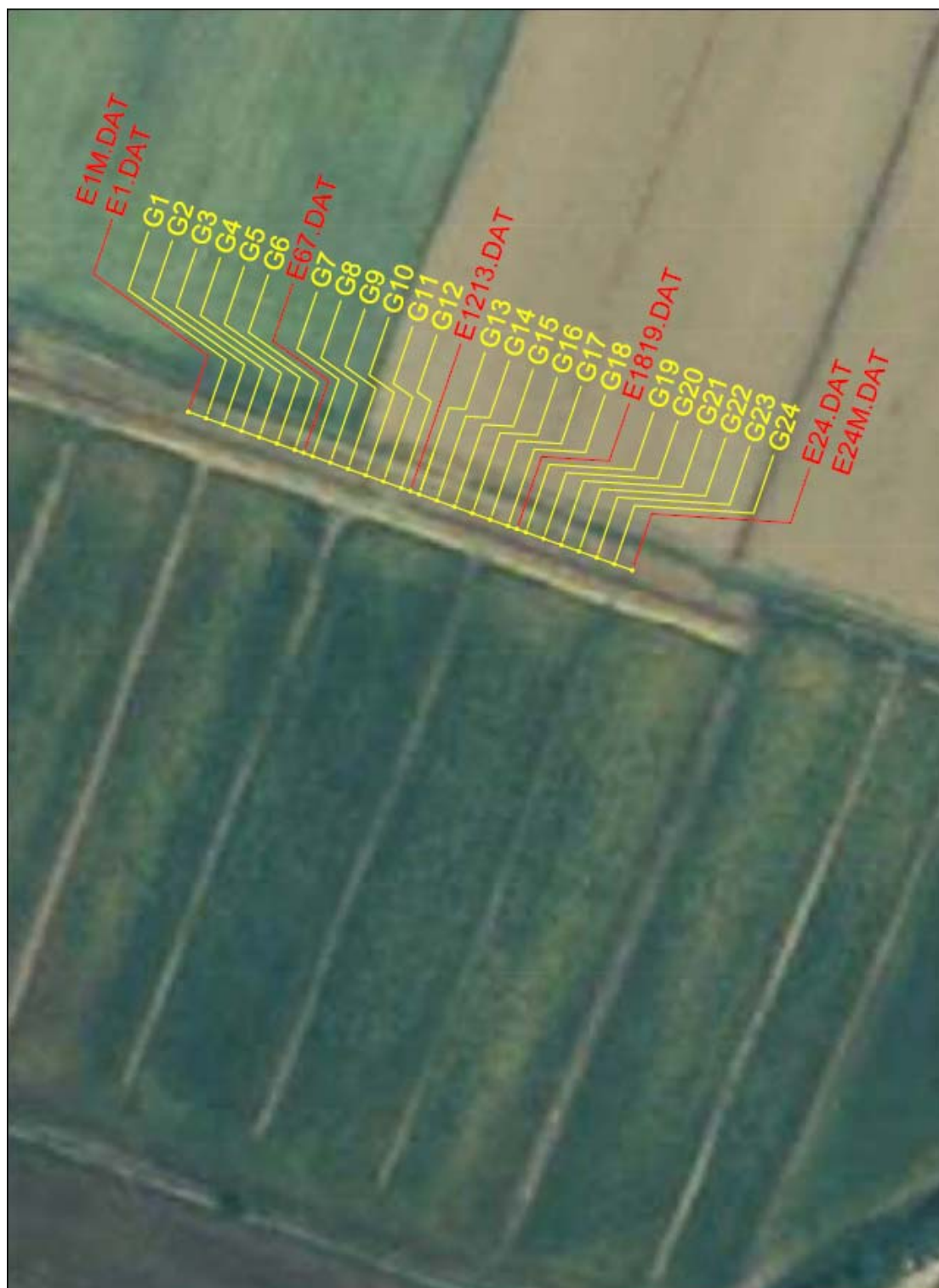
Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.028739%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=10.423397 m/s (6.211346%)	Iteration=1 RMS=8.466004 m/s (4.992718%)
Iteration=2 RMS=6.900793 m/s (4.015560%)	Iteration=3 RMS=5.652108 m/s (3.231351%)
Iteration=4 RMS=4.660232 m/s (2.602148%)	Iteration=5 RMS=3.876962 m/s (2.097037%)
Iteration=6 RMS=3.263314 m/s (1.691689%)	Iteration=7 RMS=2.785899 m/s (1.378257%)
Iteration=8 RMS=2.418161 m/s (1.175390%)	Iteration=9 RMS=2.137652 m/s (1.028739%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-1,43	1,43000	114	0,01254	
h2	-3,80	2,37000	132	0,01795	
h3	-4,95	1,15000	159	0,00723	
h4	-7,03	2,08000	174	0,01195	
h5	-9,34	2,31000	182	0,01272	
h6	-11,87	2,53000	189	0,01336	
h7	-14,62	2,75000	201	0,01369	
h8	-17,58	2,96000	209	0,01417	
h9	-20,77	3,19000	217	0,01472	
h10	-24,18	3,41000	231	0,01476	
h11	-27,80	3,62000	247	0,01466	
h12	-30,00	2,20000	253	0,00869	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,15644
			$V_{s,30}$	192	[m/s]

11 BASE SISMICA "E"



SCALA 1:1.000

Figura 29: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “E”



Figura 30: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "E"

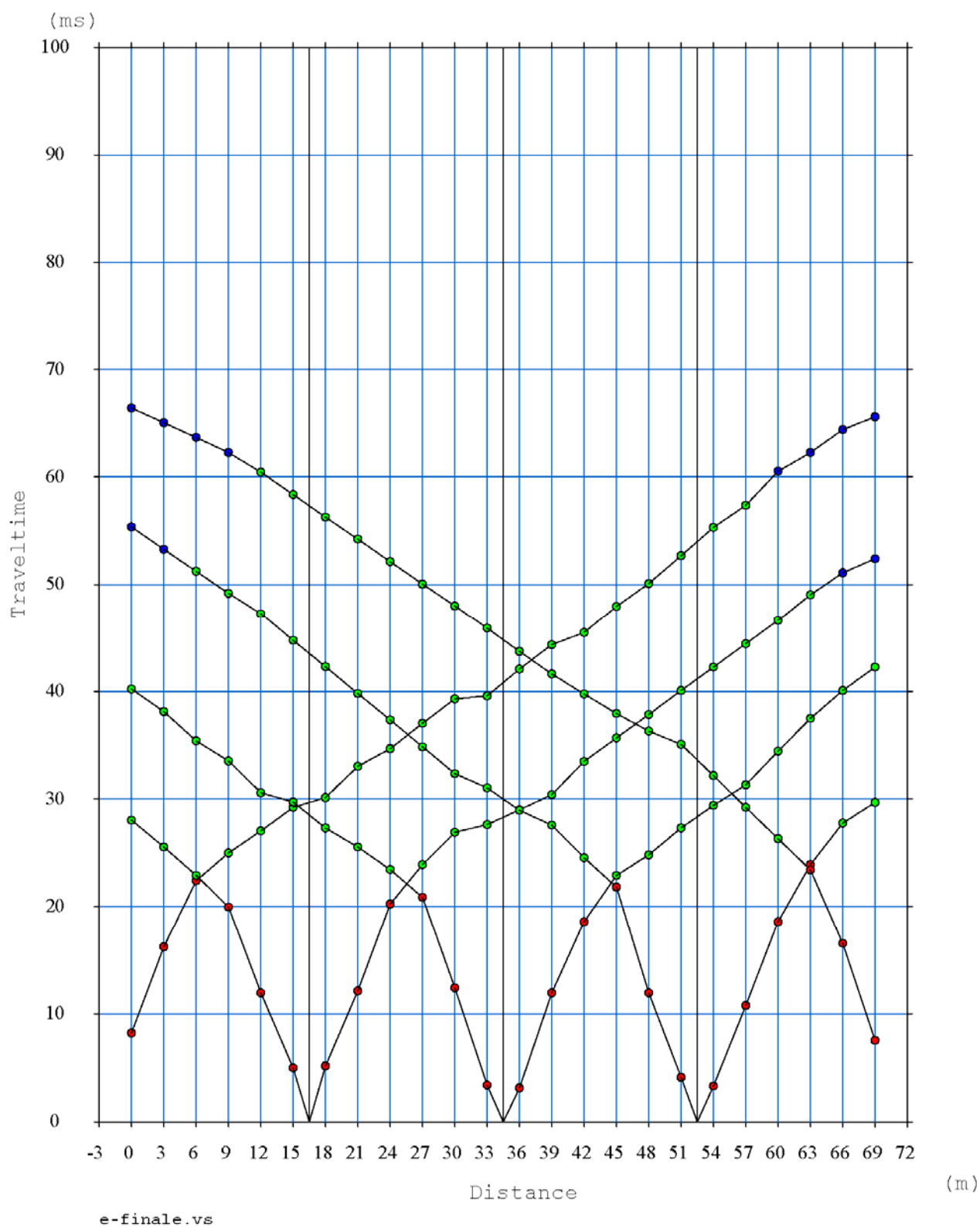
File Reference		SHOOT POINTS COORDINATE				
1	E1.DAT	SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
2	E67.DAT	1	0,00	-3,00	0,00	0,00
3	E1213.DAT	2	0,00	16,50	0,00	0,00
4	E1819.DAT	3	0,00	34,50	0,00	0,00
5	E24.DAT	4	0,00	52,50	0,00	0,00
MASW	E24M.DAT	5	0,00	72,00	0,00	0,00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0,00	0,00	0,00	8,24	28,08	40,23	55,37	66,44
2	0,00	3,00	0,00	16,25	25,56	38,16	53,31	65,08
3	0,00	6,00	0,00	22,41	22,95	35,45	51,25	63,72
4	0,00	9,00	0,00	25,02	19,98	33,57	49,19	62,30
5	0,00	12,00	0,00	27,09	11,97	30,60	47,28	60,46
6	0,00	15,00	0,00	29,25	5,04	29,73	44,80	58,39
7	0,00	18,00	0,00	30,15	5,22	27,36	42,33	56,31
8	0,00	21,00	0,00	33,07	12,15	25,56	39,85	54,24
9	0,00	24,00	0,00	34,70	20,25	23,49	37,38	52,16
10	0,00	27,00	0,00	37,08	23,94	20,88	34,90	50,08
11	0,00	30,00	0,00	39,33	26,91	12,42	32,40	48,01
12	0,00	33,00	0,00	39,60	27,67	3,42	31,05	45,93
13	0,00	36,00	0,00	42,12	29,04	3,15	28,98	43,74
14	0,00	39,00	0,00	44,37	30,42	11,97	27,63	41,67
15	0,00	42,00	0,00	45,54	33,53	18,63	24,57	39,78
16	0,00	45,00	0,00	47,99	35,72	22,95	21,83	37,98
17	0,00	48,00	0,00	50,13	37,91	24,84	11,97	36,36
18	0,00	51,00	0,00	52,71	40,10	27,36	4,14	35,13
19	0,00	54,00	0,00	55,32	42,29	29,43	3,33	32,20
20	0,00	57,00	0,00	57,40	44,48	31,32	10,80	29,27
21	0,00	60,00	0,00	60,57	46,67	34,47	18,63	26,34
22	0,00	63,00	0,00	62,30	49,06	37,53	23,94	23,41
23	0,00	66,00	0,00	64,44	51,11	40,10	27,81	16,56
24	0,00	69,00	0,00	65,61	52,42	42,31	29,70	7,56

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	3,25	12,29	0,00	0,00
2	3,00	3,31	12,22	0,00	0,00
3	6,00	3,37	12,06	0,00	0,00
4	9,00	3,43	11,70	0,00	0,00
5	12,00	3,43	11,24	0,00	0,00
6	15,00	3,43	10,81	0,00	0,00
7	18,00	3,35	10,26	0,00	0,00
8	21,00	3,32	10,13	0,00	0,00
9	24,00	3,30	10,04	0,00	0,00
10	27,00	3,30	9,98	0,00	0,00
11	30,00	3,26	9,93	0,00	0,00
12	33,00	3,17	9,89	0,00	0,00
13	36,00	3,10	9,83	0,00	0,00
14	39,00	3,08	9,82	0,00	0,00
15	42,00	3,08	9,83	0,00	0,00
16	45,00	3,12	9,87	0,00	0,00
17	48,00	3,21	9,91	0,00	0,00
18	51,00	3,30	9,96	0,00	0,00
19	54,00	3,32	9,79	0,00	0,00
20	57,00	3,30	9,34	0,00	0,00
21	60,00	3,42	9,06	0,00	0,00
22	63,00	3,63	8,85	0,00	0,00
23	66,00	3,75	8,77	0,00	0,00
24	69,00	3,79	8,32	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	378
2	1454
3	1646
4	
5	

Figura 31: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "E"



**Figura 32: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "E"**

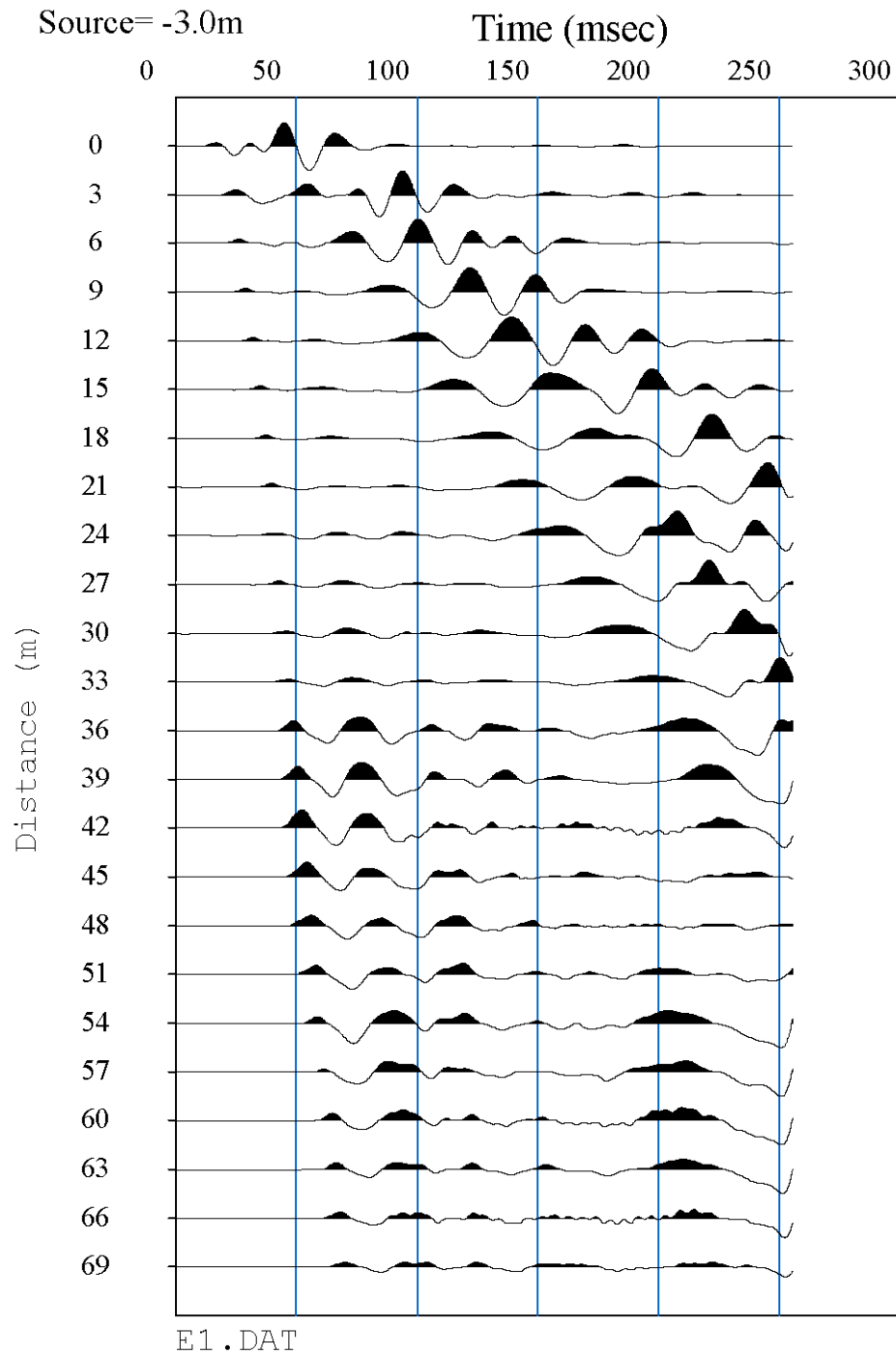


Figura 33: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "E"

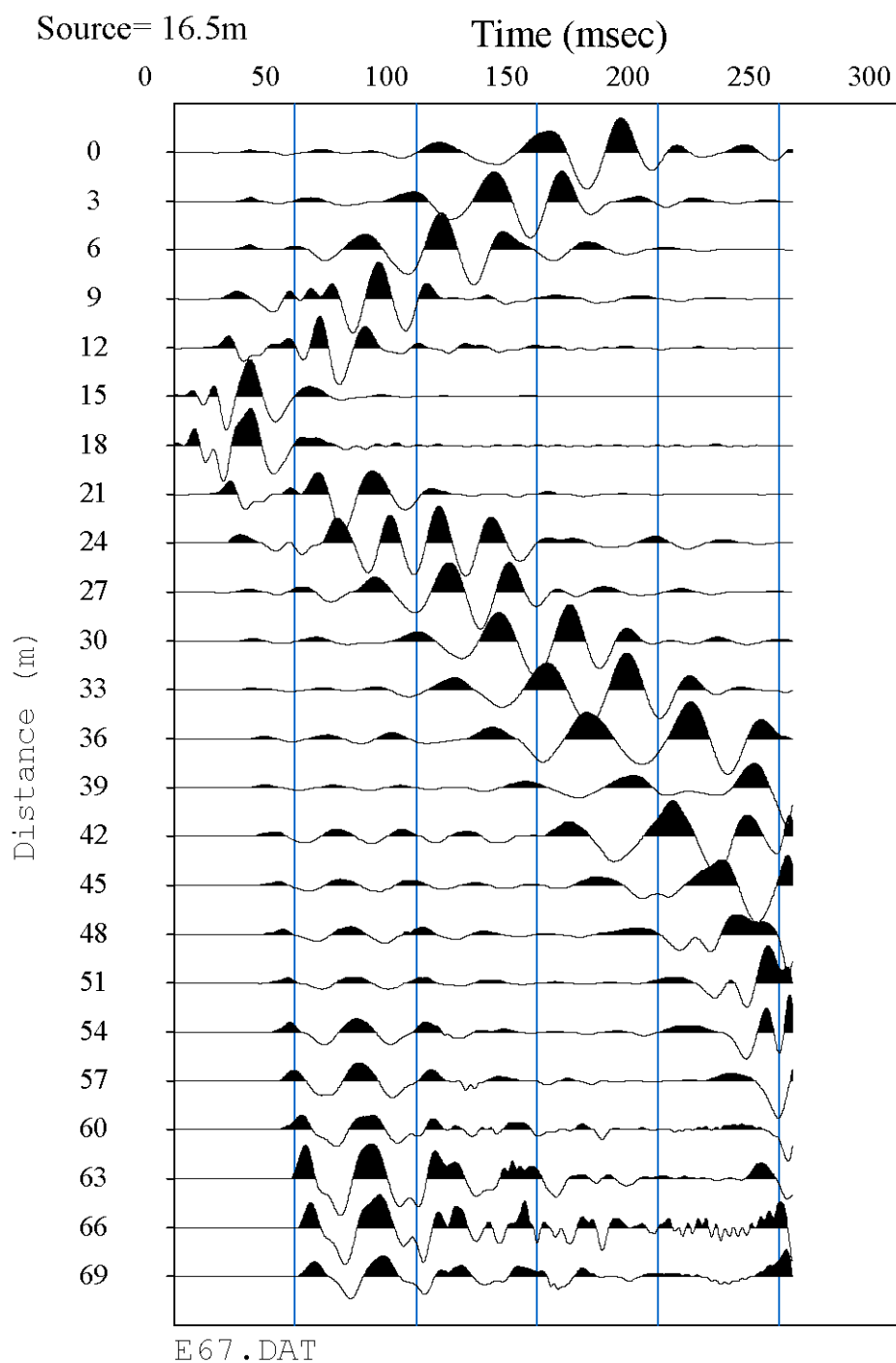


Figura 34: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "E"

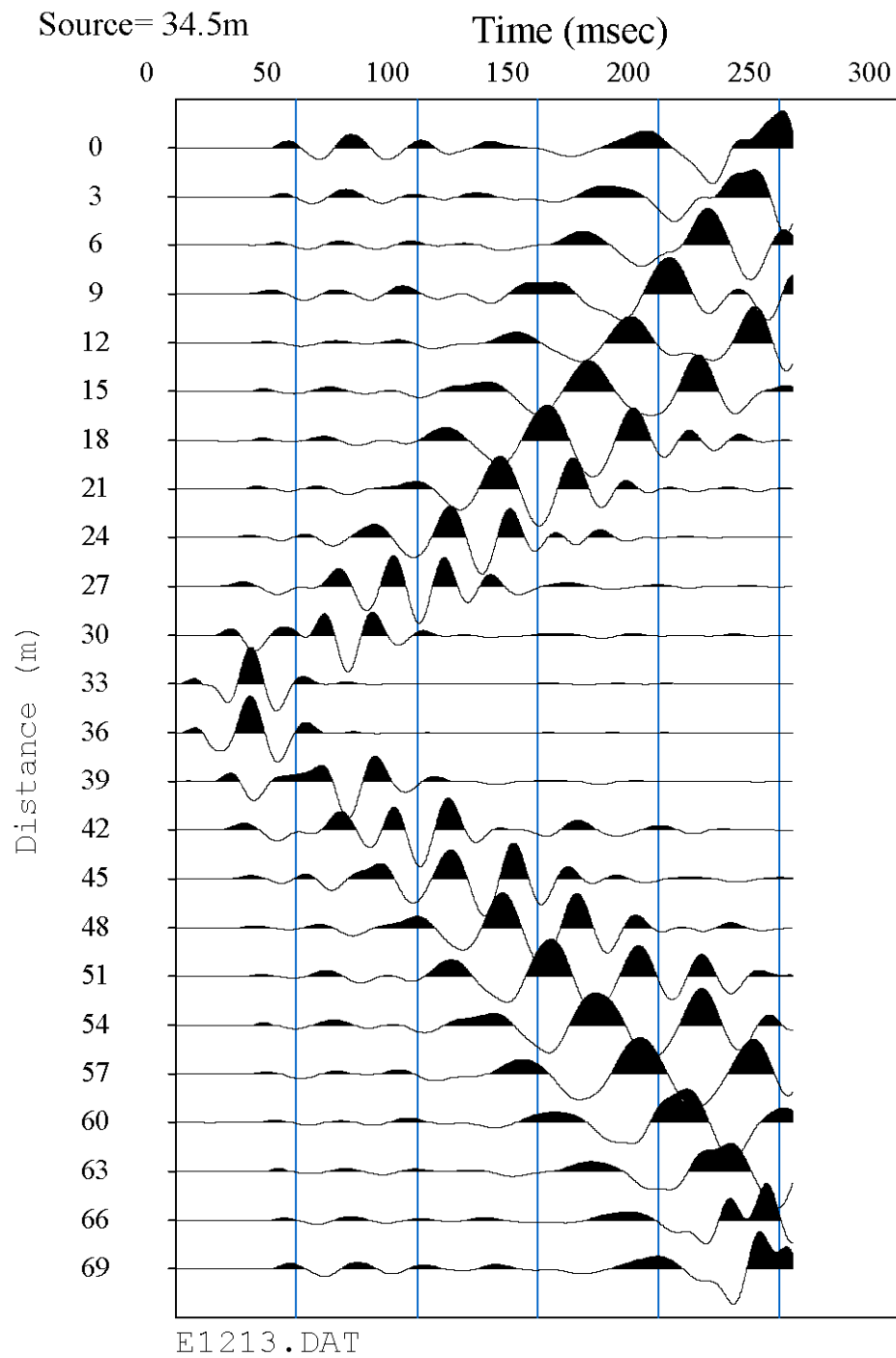
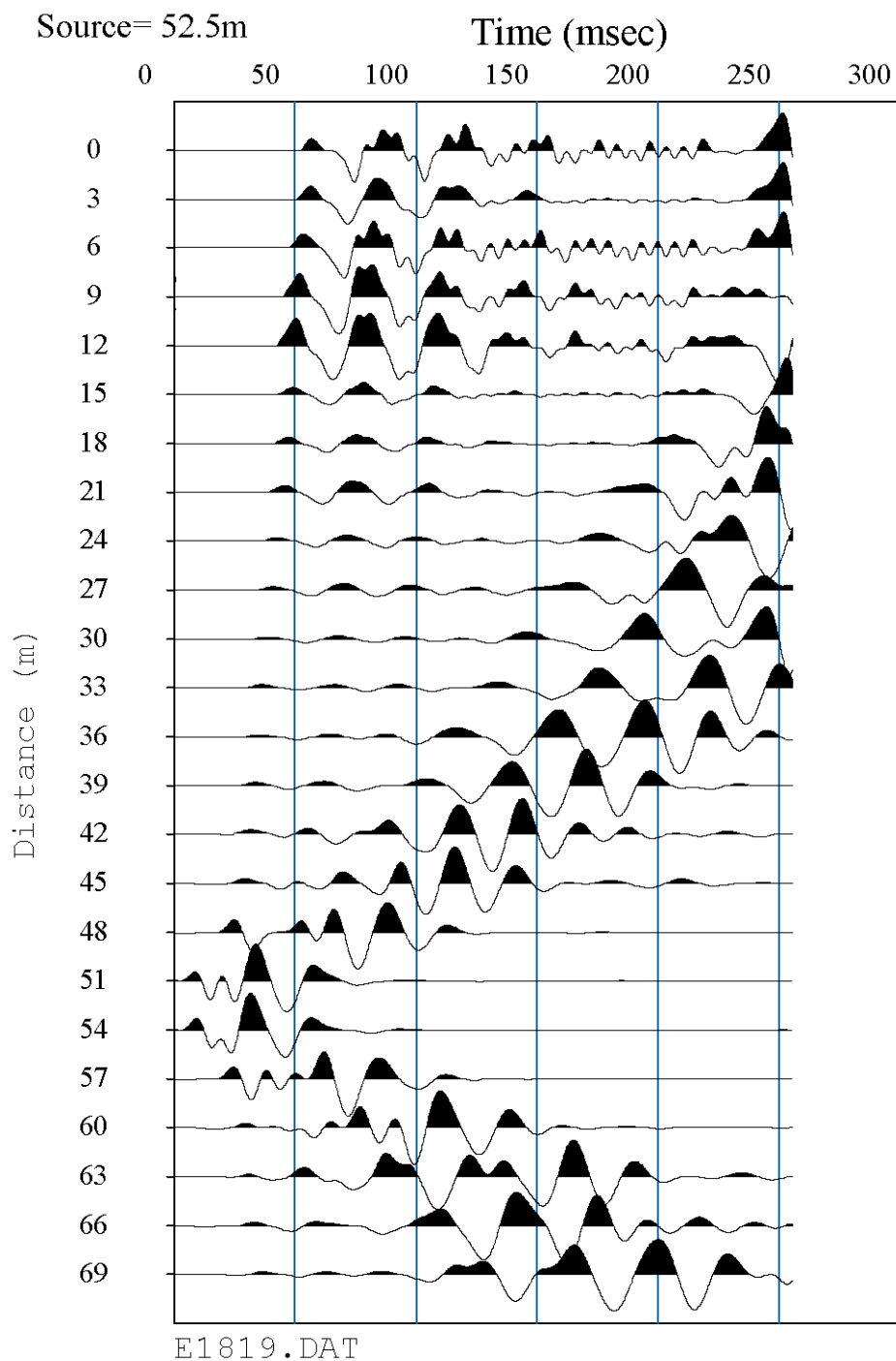


Figura 35: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "E"



**Figura 36: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "E"**

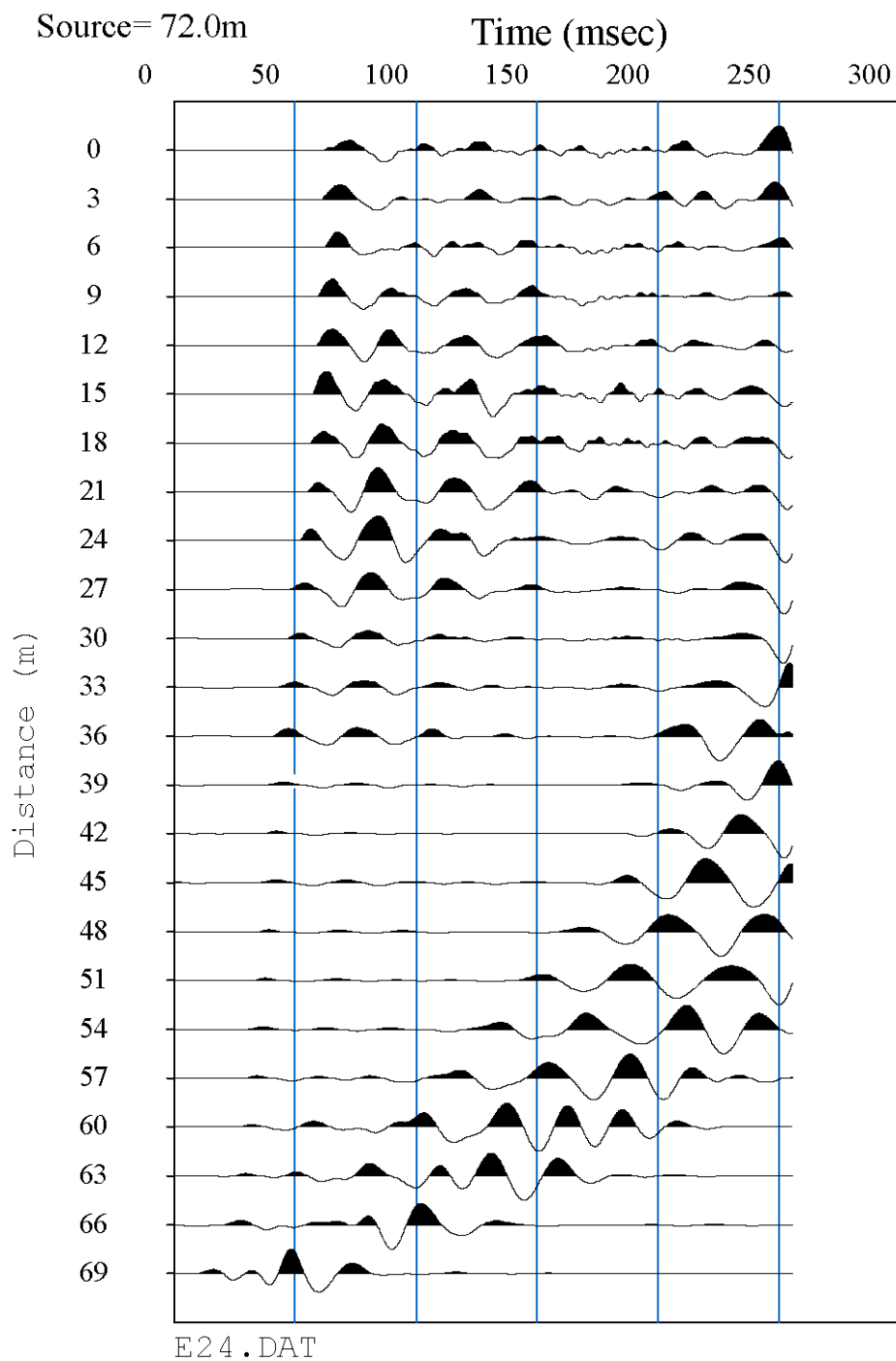
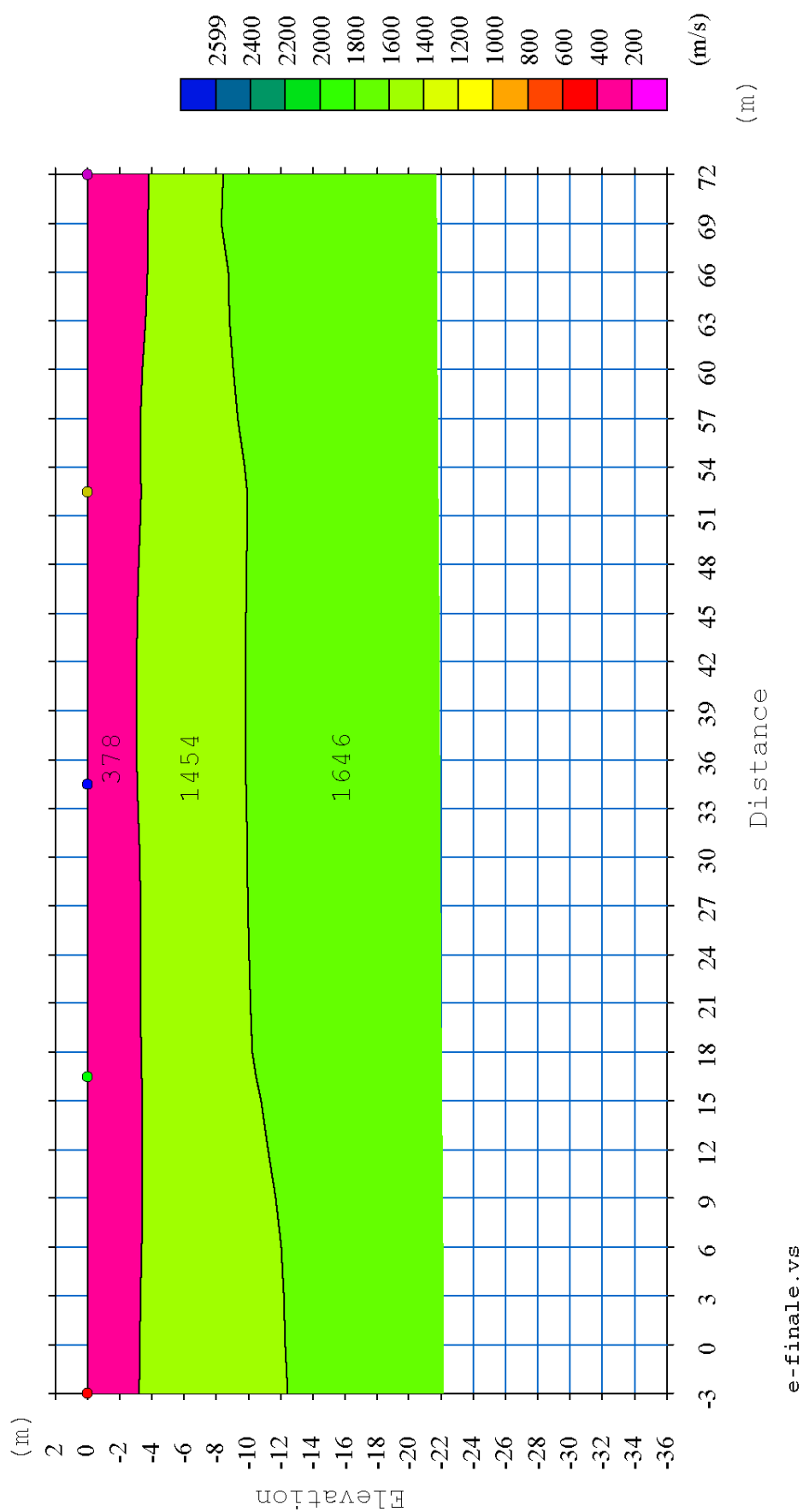


Figura 37: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “E”



12 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "E"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 3,00 dal geofono nr. 24 in posizione di estrema destra rispetto alla base sismica.

L'energia necessaria è stata prodotta mediante l'utilizzo di un energizzatore per sismica, classificato dal Ministero dell'Interno come "strumento di lavoro", è costituito da un corpo cilindrico di forma tubolare in acciaio inox con una sezione anteriore svitabile, denominata camera di cartuccia, predisposta per contenere una cartuccia di tipo industriale calibro 8.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 38: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "E"

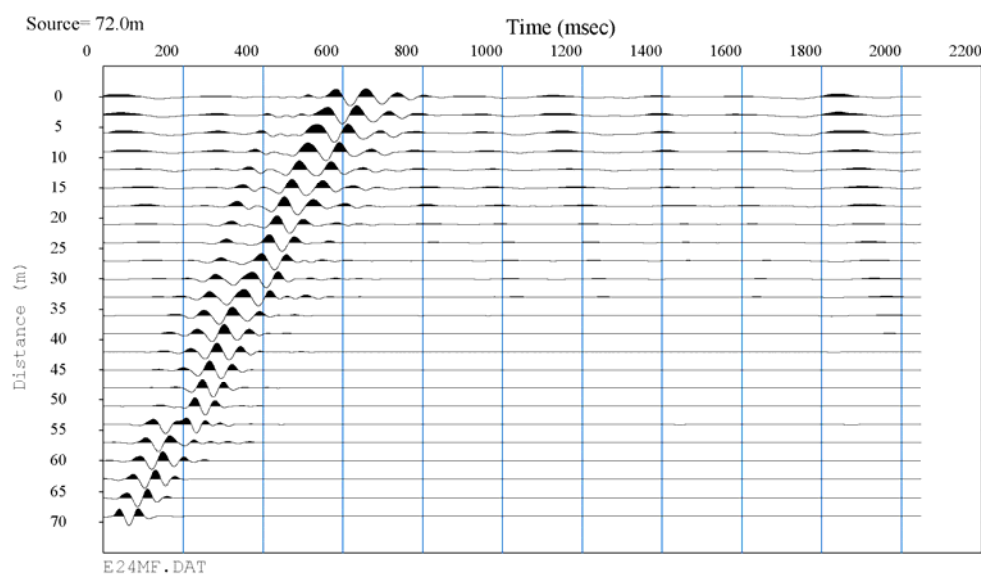


Figura 39: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "E"

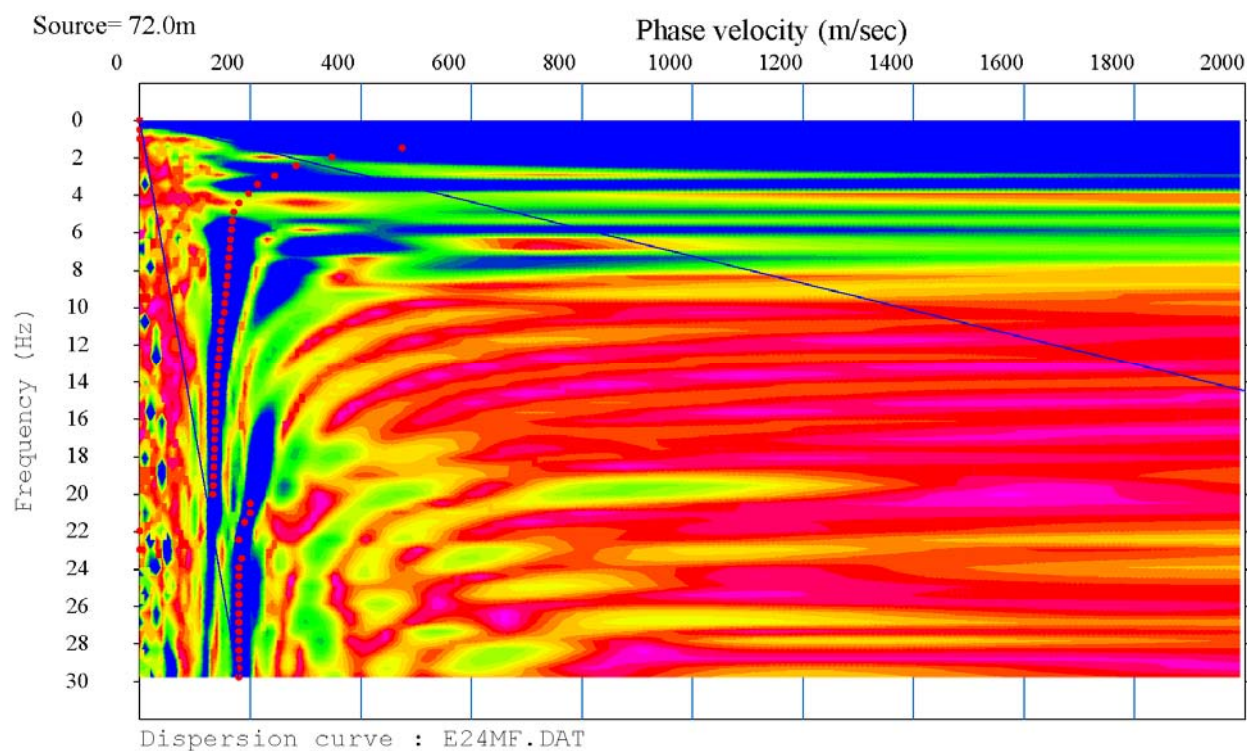


Figura 40: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "E"

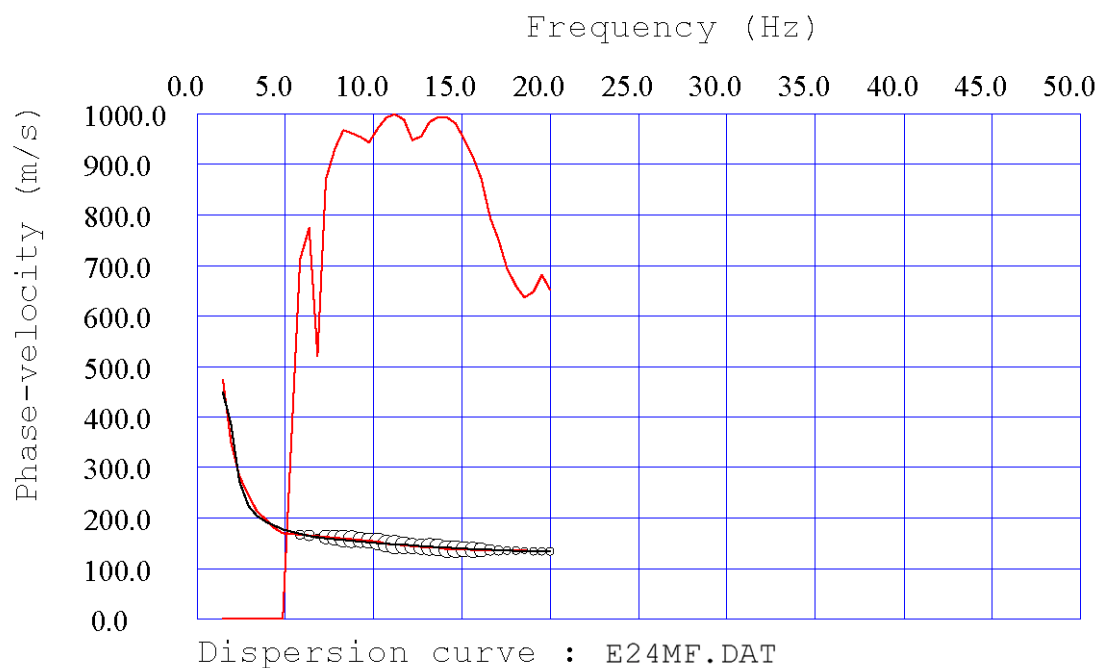
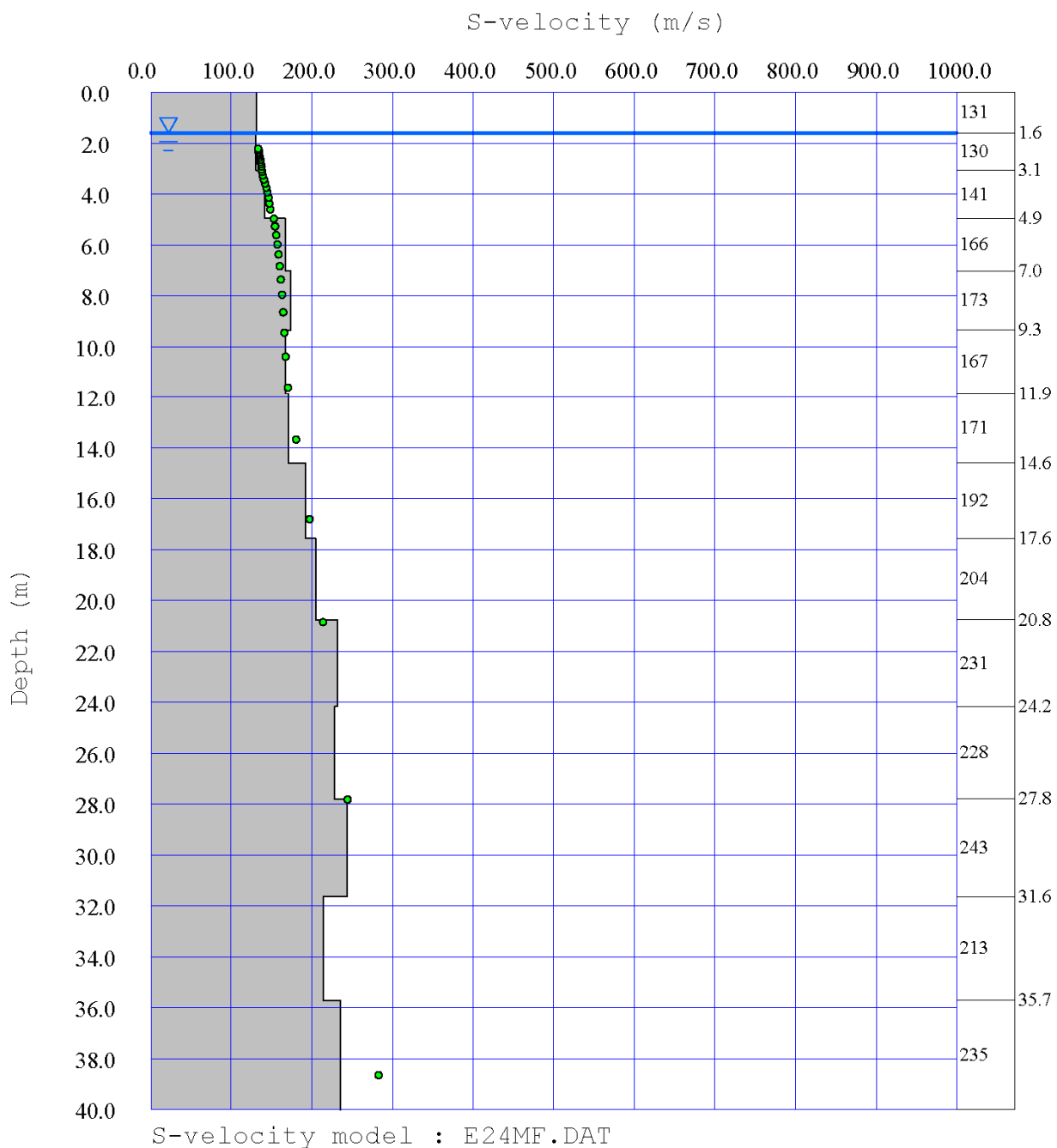


Figura 41: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "E"



13 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "E"

- ONDE V_p

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 378 m/sec, 1454 m/sec e 1646 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alle sezioni riportate in fig. 37.

- ONDE V_s

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 40,00 ml. dal piano campagna.

Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde V_p e V_s ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m³]
h1	-1,60	1,60	131	288	13,340
h2	-3,08	1,48	130	1453	17,382
h3	-4,95	1,87	141	1462	17,412
h4	-7,03	2,08	167	1478	17,463
h5	-9,34	2,31	174	1486	17,488
h6	-11,87	2,53	167	1492	17,506
h7	-14,62	2,75	171	1506	17,553
h8	-17,58	2,96	192	1526	17,615
h9	-20,77	3,19	204	1526	17,615
h10	-24,18	3,41	231	1546	17,678
h11	-27,80	3,62	229	1546	17,678
h12	-31,65	3,85	244	1583	17,793
h13	-35,71	4,06	214	1583	17,793
h14	-48,57	12,86	235	1630	17,936

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.820180%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=12.099506 m/s (2.191795%)	Iteration=1 RMS=11.684295 m/s (2.066567%)
Iteration=2 RMS=11.249466 m/s (1.969216%)	Iteration=3 RMS=10.805131 m/s (1.900559%)
Iteration=4 RMS=10.368989 m/s (1.882427%)	Iteration=5 RMS=9.959203 m/s (1.867876%)
Iteration=6 RMS=9.588365 m/s (1.854643%)	Iteration=7 RMS=9.262146 m/s (1.840863%)
Iteration=8 RMS=8.981299 m/s (1.828519%)	Iteration=9 RMS=8.744444 m/s (1.820180%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-1,60	1,60000	131	0,01221	
h2	-3,08	1,48000	130	0,01134	
h3	-4,95	1,87000	141	0,01322	
h4	-7,03	2,08000	167	0,01249	
h5	-9,34	2,31000	174	0,01329	
h6	-11,87	2,53000	167	0,01514	
h7	-14,62	2,75000	171	0,01606	
h8	-17,58	2,96000	192	0,01540	
h9	-20,77	3,19000	204	0,01561	
h10	-24,18	3,41000	231	0,01474	
h11	-27,80	3,62000	229	0,01584	
h12	-30,00	2,20000	244	0,00903	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,16437
			$V_{s,30}$	183	[m/s]

14 BASE SISMICA "F"



SCALA 1:1.000

Figura 42: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “F”



Figura 43: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "F"

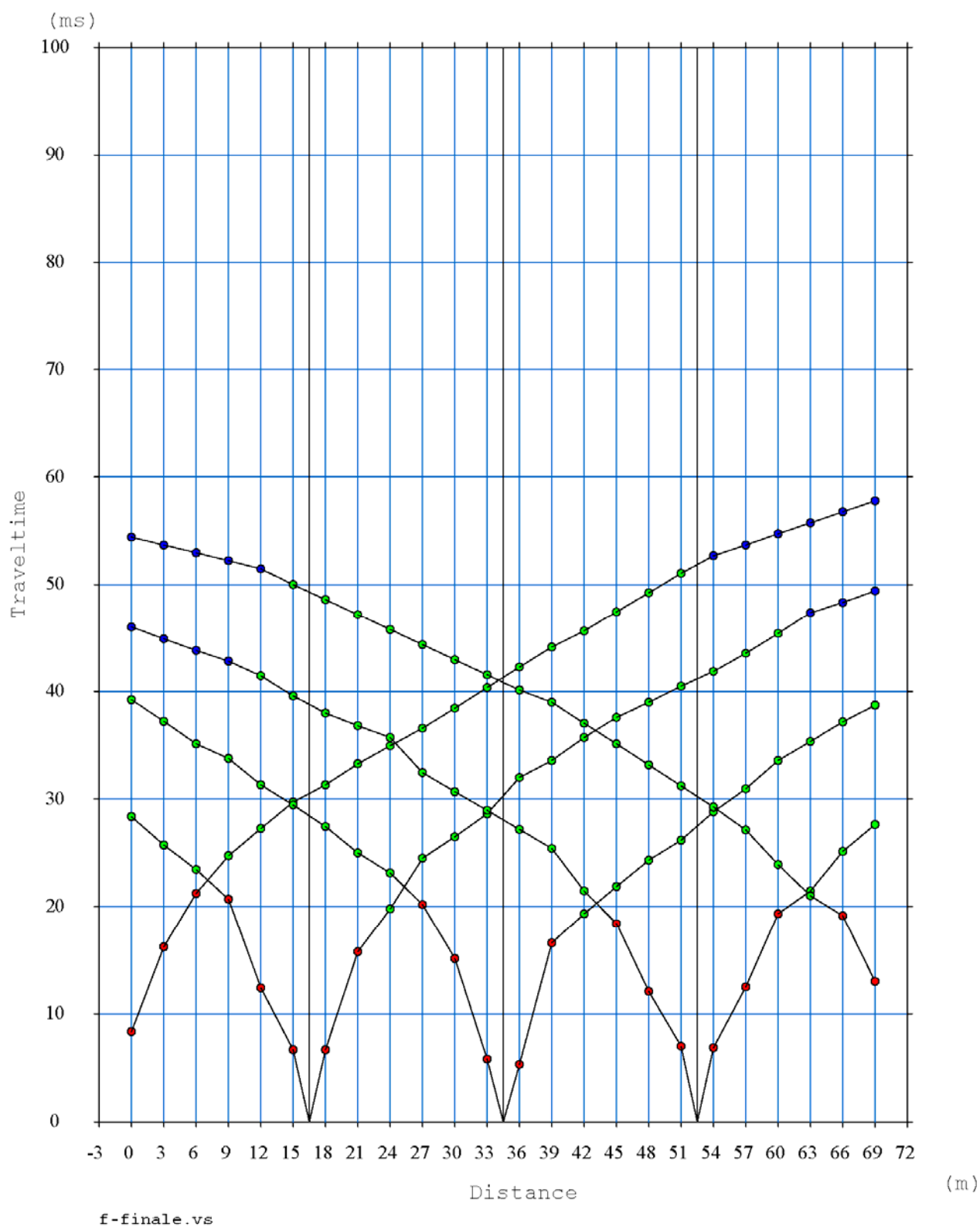
File Reference		SHOOT POINTS COORDINATE				
1	F1.DAT	SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
2	F67.DAT	1	0,00	-3,00	0,00	0,00
3	F1213.DAT	2	0,00	16,50	0,00	0,00
4	F1819.DAT	3	0,00	34,50	0,00	0,00
5	F24.DAT	4	0,00	52,50	0,00	0,00
MASW	F1M.DAT	5	0,00	72,00	0,00	0,00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0,00	0,00	0,00	8,40	28,38	39,26	46,02	54,45
2	0,00	3,00	0,00	16,26	25,74	37,26	44,91	53,71
3	0,00	6,00	0,00	21,25	23,46	35,16	43,85	52,97
4	0,00	9,00	0,00	24,73	20,70	33,78	42,84	52,23
5	0,00	12,00	0,00	27,30	12,42	31,32	41,46	51,49
6	0,00	15,00	0,00	29,76	6,72	29,46	39,60	50,02
7	0,00	18,00	0,00	31,32	6,72	27,48	38,04	48,61
8	0,00	21,00	0,00	33,30	15,78	25,03	36,84	47,20
9	0,00	24,00	0,00	34,98	19,80	23,16	35,76	45,79
10	0,00	27,00	0,00	36,61	24,54	20,22	32,48	44,38
11	0,00	30,00	0,00	38,50	26,52	15,18	30,72	42,97
12	0,00	33,00	0,00	40,39	28,68	5,82	28,95	41,56
13	0,00	36,00	0,00	42,27	32,04	5,34	27,19	40,14
14	0,00	39,00	0,00	44,16	33,60	16,63	25,44	39,04
15	0,00	42,00	0,00	45,66	35,76	19,32	21,48	37,09
16	0,00	45,00	0,00	47,46	37,62	21,90	18,42	35,14
17	0,00	48,00	0,00	49,26	39,00	24,36	12,12	33,19
18	0,00	51,00	0,00	51,06	40,53	26,22	7,02	31,24
19	0,00	54,00	0,00	52,69	41,88	28,86	6,90	29,29
20	0,00	57,00	0,00	53,72	43,56	30,96	12,54	27,18
21	0,00	60,00	0,00	54,74	45,42	33,60	19,32	23,94
22	0,00	63,00	0,00	55,76	47,40	35,39	21,48	21,00
23	0,00	66,00	0,00	56,78	48,36	37,22	25,14	19,14
24	0,00	69,00	0,00	57,80	49,44	38,75	27,65	13,02

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	2,70	11,87	0,00	0,00
2	3,00	2,62	11,79	0,00	0,00
3	6,00	2,60	11,92	0,00	0,00
4	9,00	2,63	12,13	0,00	0,00
5	12,00	2,61	12,31	0,00	0,00
6	15,00	2,55	12,43	0,00	0,00
7	18,00	2,54	12,51	0,00	0,00
8	21,00	2,53	12,53	0,00	0,00
9	24,00	2,53	12,55	0,00	0,00
10	27,00	2,57	12,58	0,00	0,00
11	30,00	2,62	12,61	0,00	0,00
12	33,00	2,68	12,65	0,00	0,00
13	36,00	2,81	12,72	0,00	0,00
14	39,00	2,77	12,80	0,00	0,00
15	42,00	2,70	12,97	0,00	0,00
16	45,00	2,70	13,26	0,00	0,00
17	48,00	2,70	13,40	0,00	0,00
18	51,00	2,69	13,70	0,00	0,00
19	54,00	2,72	13,70	0,00	0,00
20	57,00	2,71	13,82	0,00	0,00
21	60,00	2,61	14,12	0,00	0,00
22	63,00	2,59	14,04	0,00	0,00
23	66,00	2,68	14,04	0,00	0,00
24	69,00	2,75	14,15	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	298
2	1600
3	2555
4	
5	

Figura 44: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "F"



**Figura 45: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "F"**

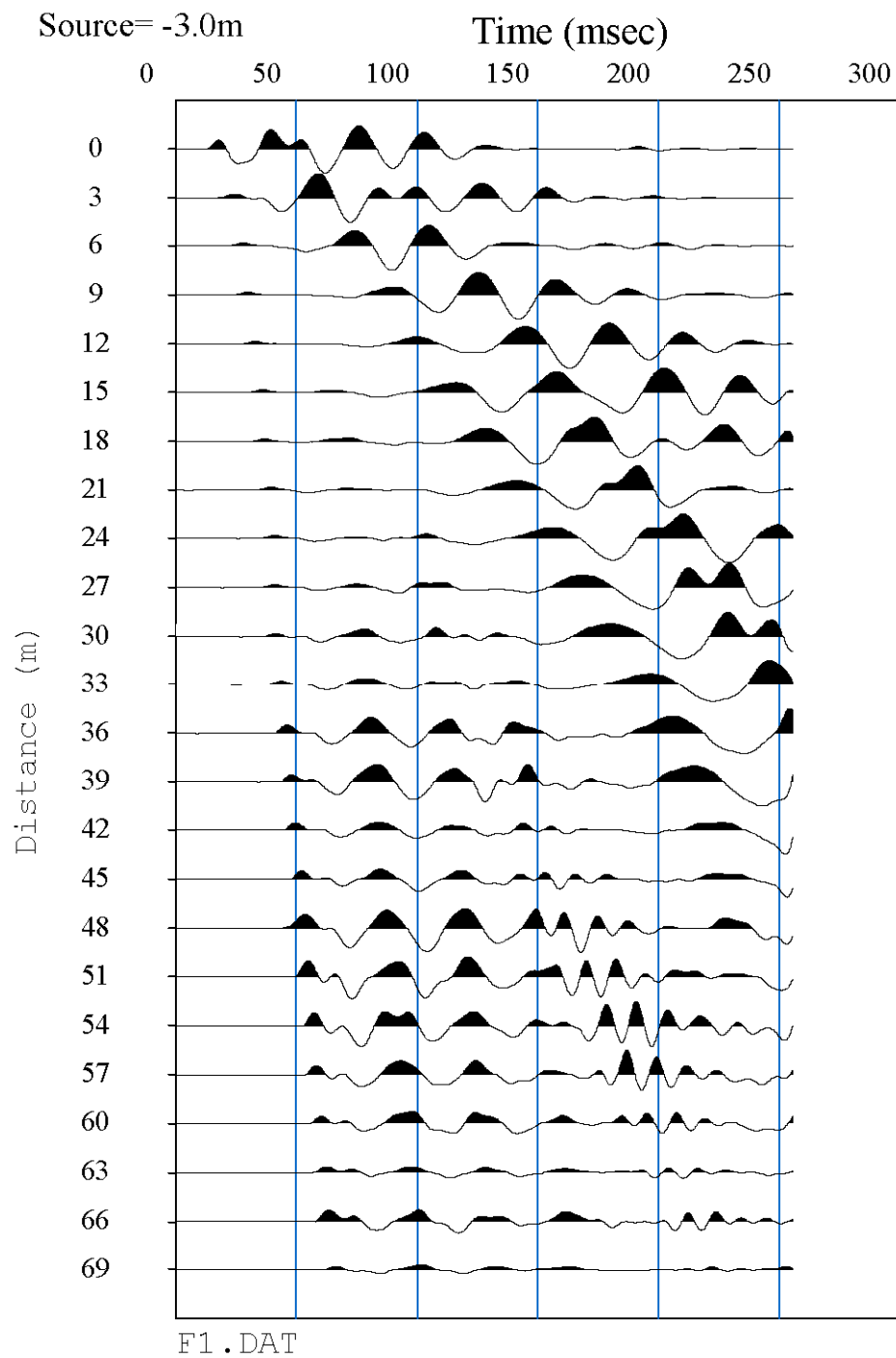


Figura 46: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "F"

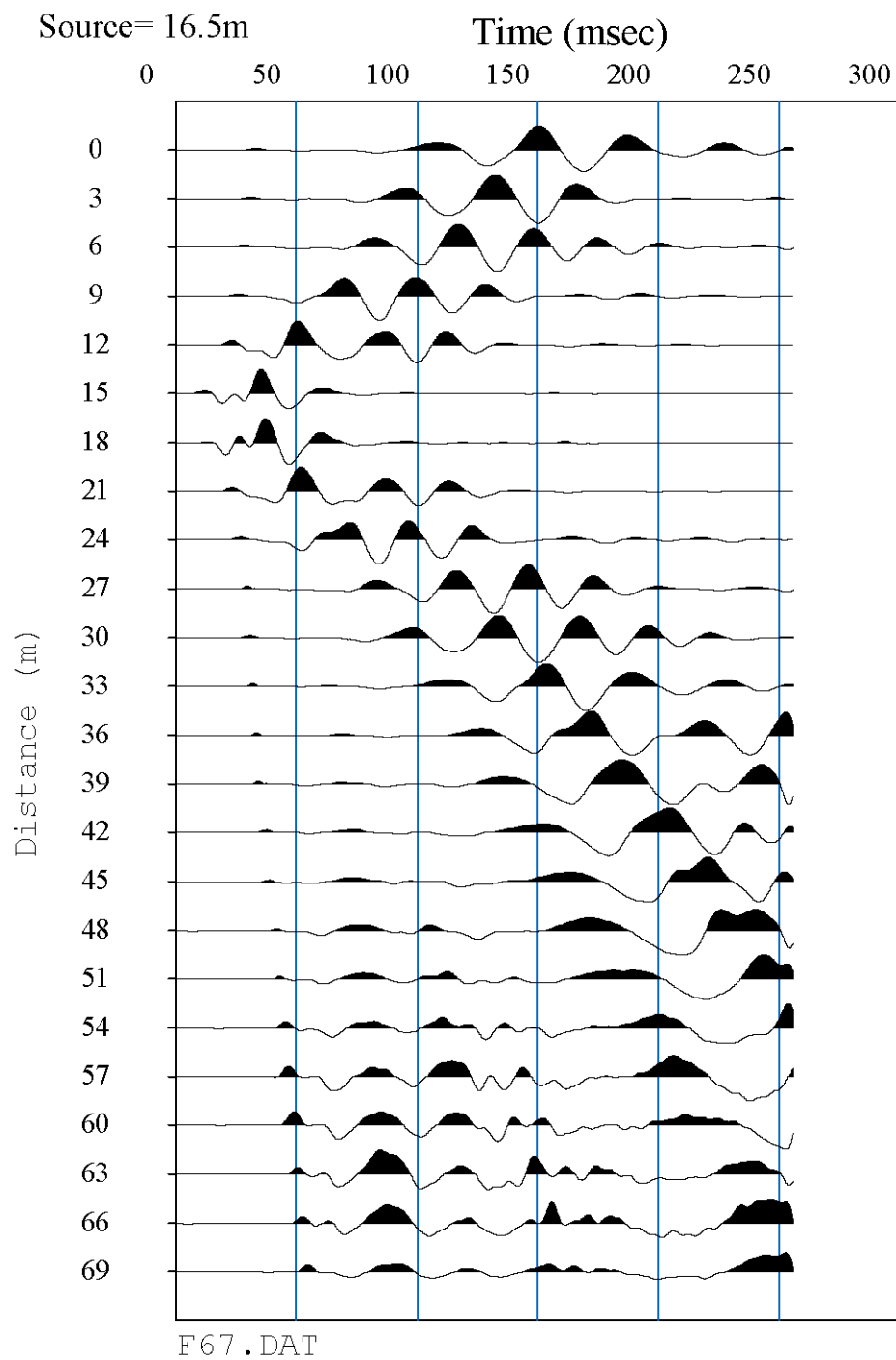


Figura 47: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "F"

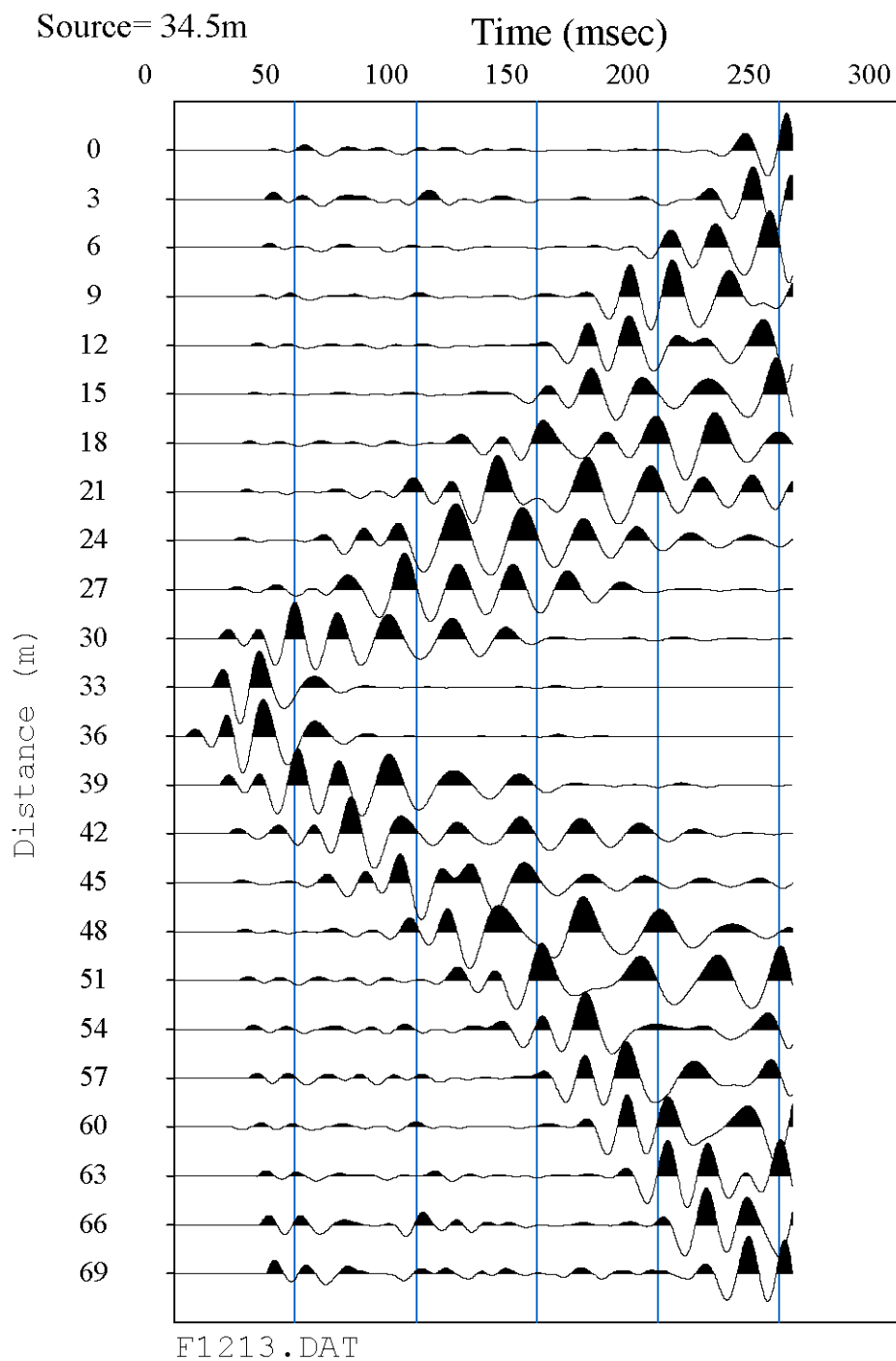
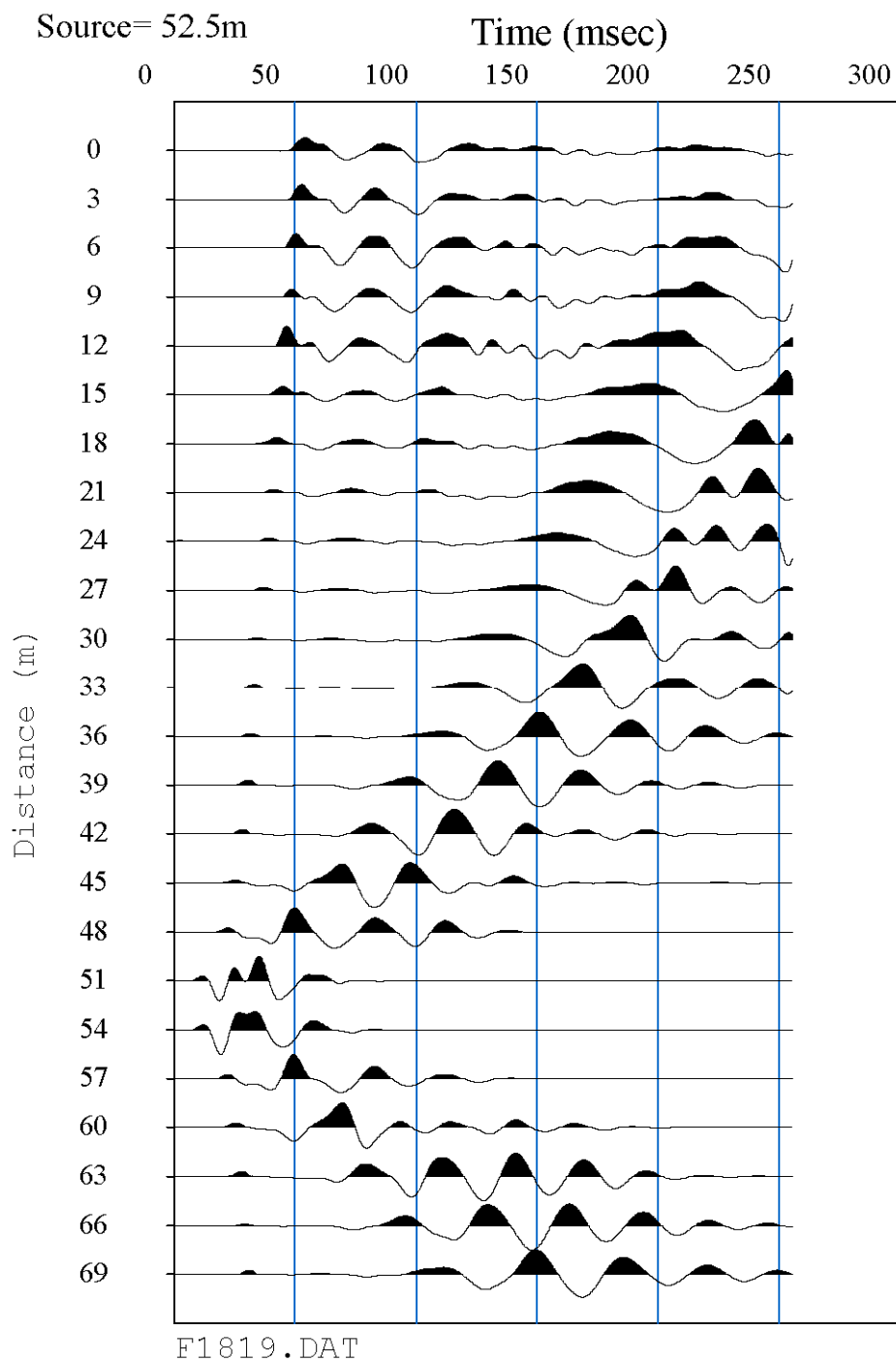


Figura 48: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "F"



**Figura 49: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "F"**

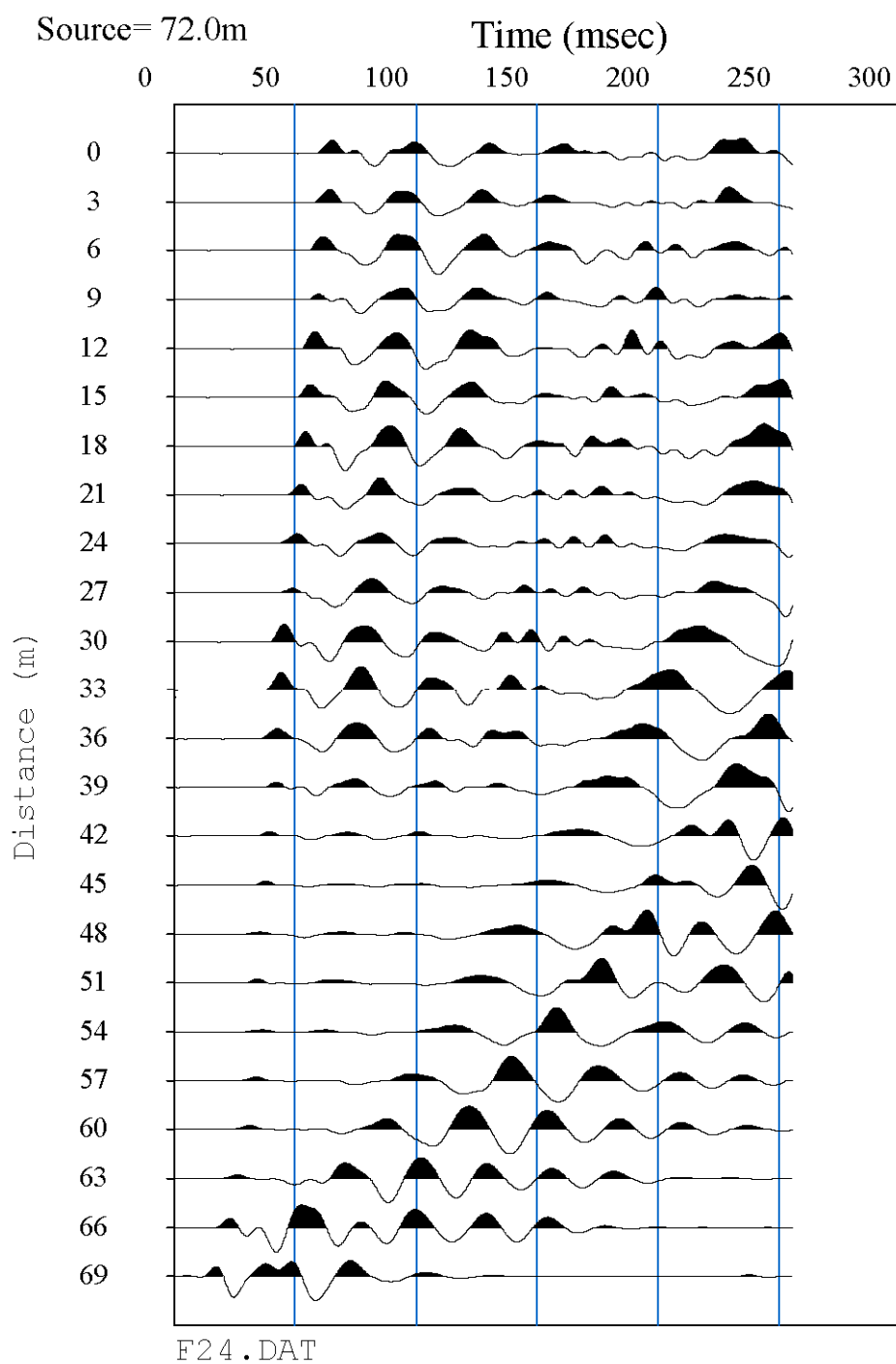
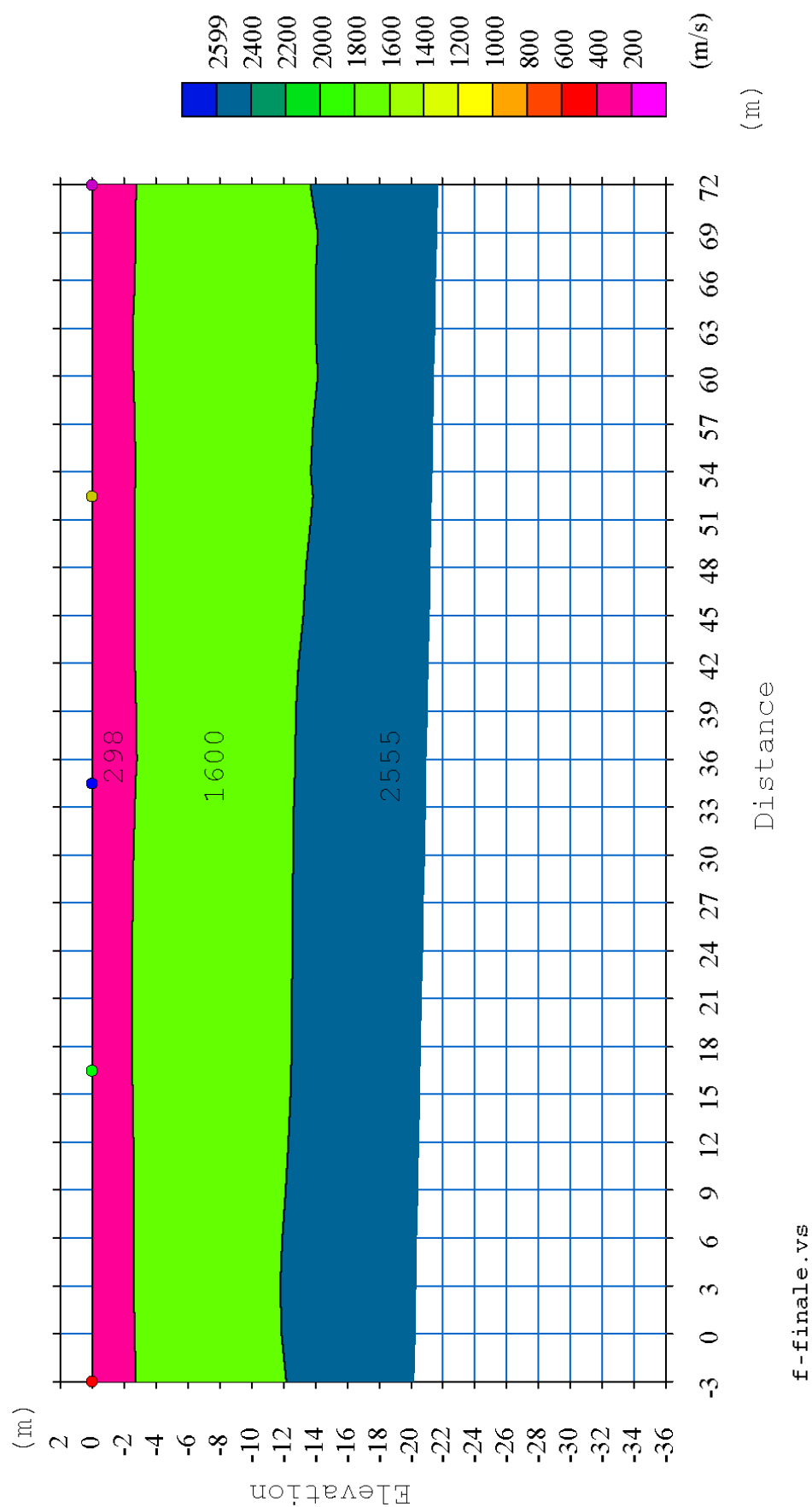


Figura 50: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “F”



15 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "F"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 3,00 dal geofono nr. 1 in posizione di estrema sinistra rispetto alla base sismica.

L'energia necessaria è stata prodotta mediante l'utilizzo di un energizzatore per sismica, classificato dal Ministero dell'Interno come "strumento di lavoro", è costituito da un corpo cilindrico di forma tubolare in acciaio inox con una sezione anteriore svitabile, denominata camera di cartuccia, predisposta per contenere una cartuccia di tipo industriale calibro 8.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 51: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "F"

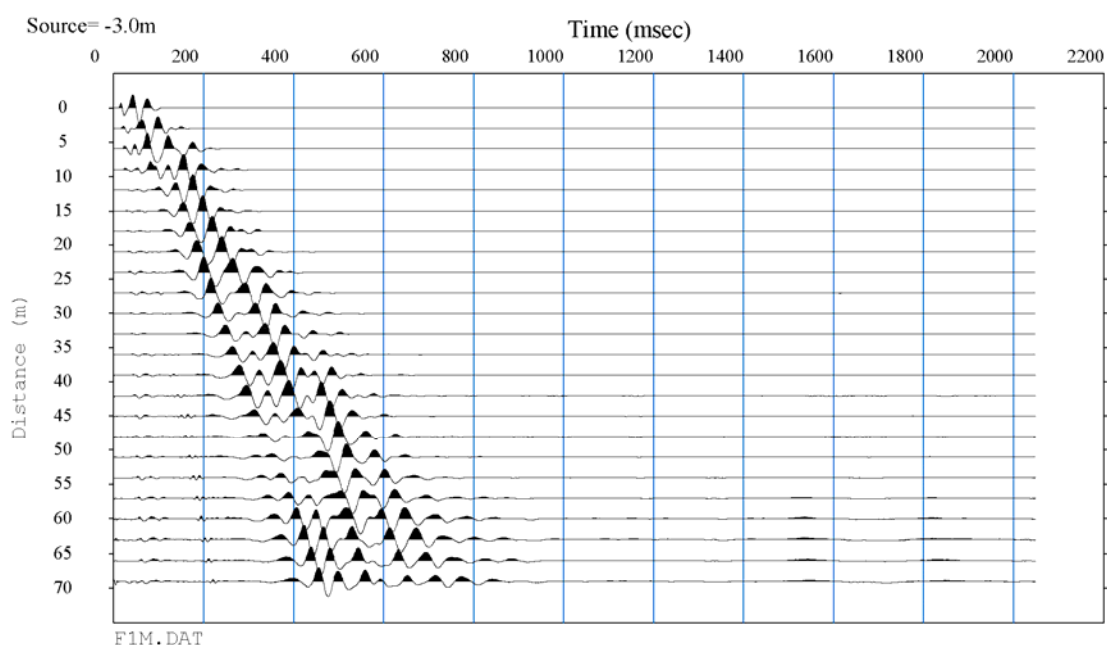


Figura 52: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "F"

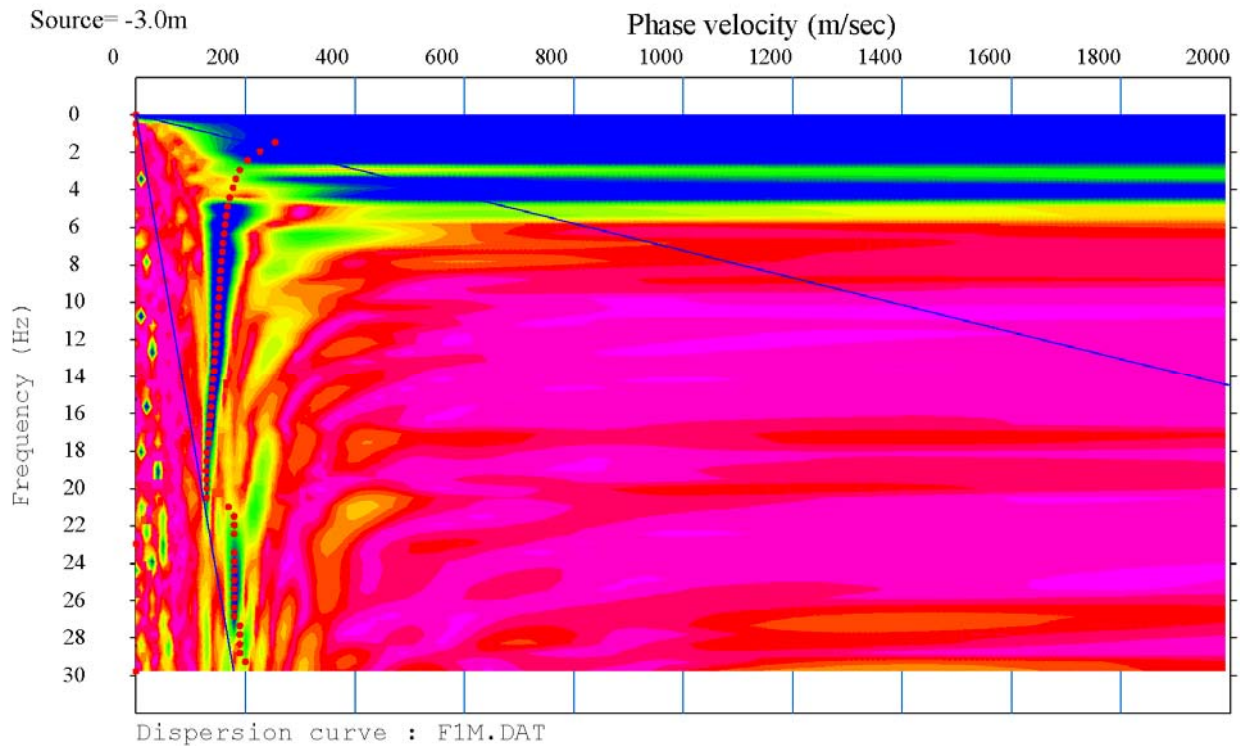


Figura 53: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "F"

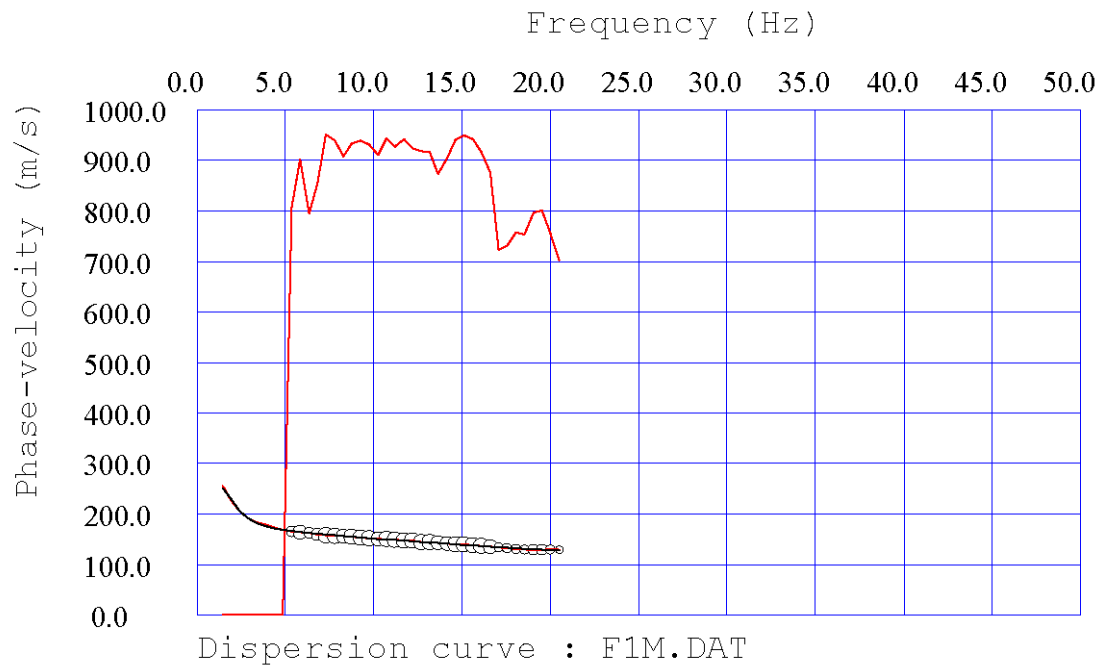
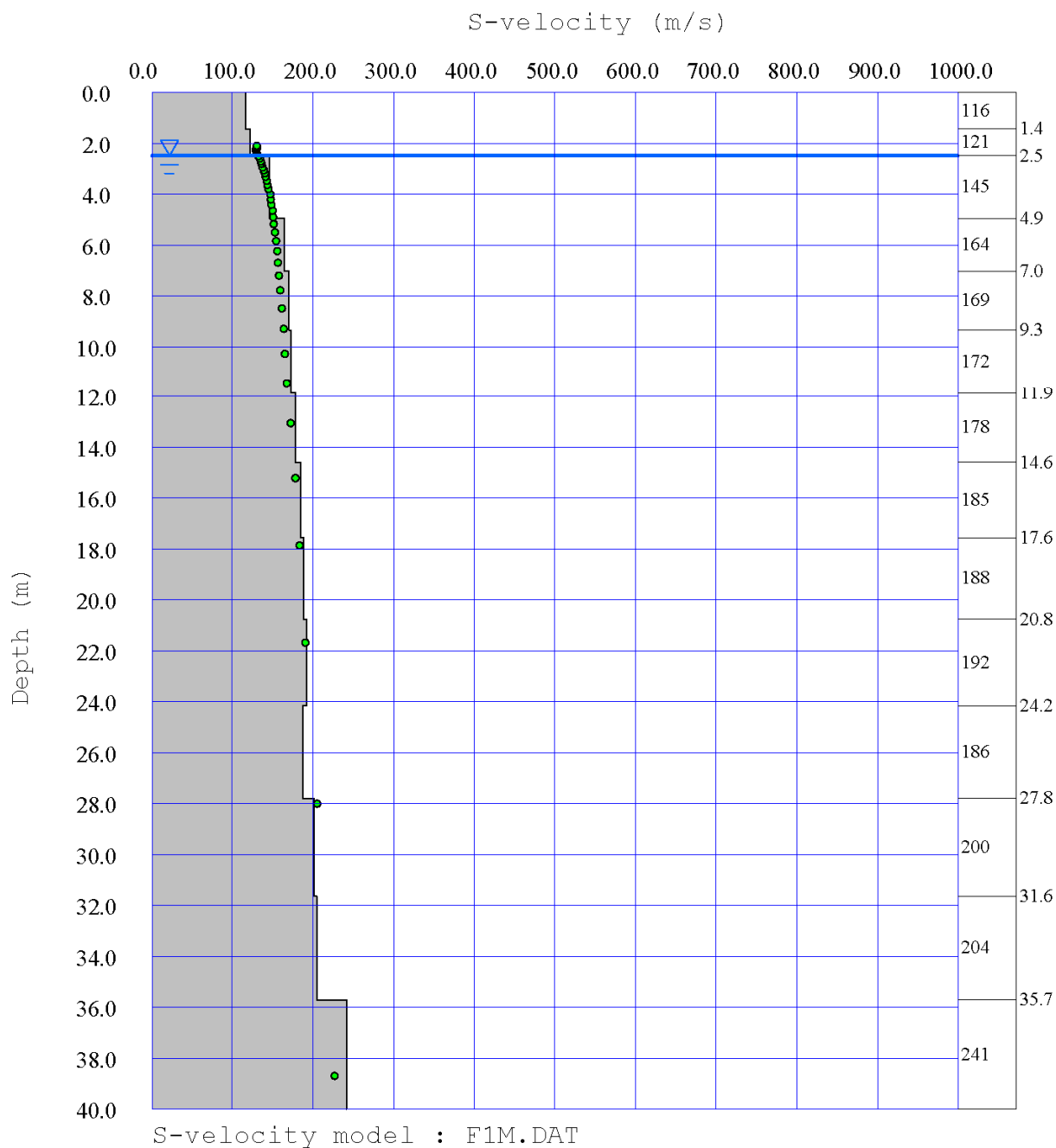


Figura 54: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "F"



16 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "F"

- ONDE V_p

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 298 m/sec, 1600 m/sec e 2555 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alle sezioni riportate in fig. 50.

- ONDE V_s

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 40,00 ml. dal piano campagna.

Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde V_p e V_s ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m³]
h1	-1,43	1,43	117	281	13,314
h2	-2,50	1,07	122	287	13,336
h3	-4,95	2,45	146	1465	17,421
h4	-7,03	2,08	164	1475	17,454
h5	-9,34	2,31	170	1483	17,478
h6	-11,87	2,53	173	1490	17,500
h7	-14,62	2,75	178	1497	17,522
h8	-17,58	2,96	185	1504	17,545
h9	-20,77	3,19	189	1510	17,563
h10	-24,18	3,41	192	1519	17,591
h11	-27,80	3,62	187	1519	17,591
h12	-31,65	3,85	201	1536	17,646
h13	-35,71	4,06	205	1536	17,646
h14	-48,57	12,86	242	1562	17,727

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 0.556883%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=1.436237 m/s (0.607274%)	Iteration=1 RMS=1.410842 m/s (0.600503%)
Iteration=2 RMS=1.387862 m/s (0.593969%)	Iteration=3 RMS=1.366742 m/s (0.588225%)
Iteration=4 RMS=1.347091 m/s (0.582894%)	Iteration=5 RMS=1.328743 m/s (0.577445%)
Iteration=6 RMS=1.311562 m/s (0.572016%)	Iteration=7 RMS=1.295274 m/s (0.566704%)
Iteration=8 RMS=1.279800 m/s (0.561518%)	Iteration=9 RMS=1.265006 m/s (0.556883%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-1,43	1,43000	117	0,01227	
h2	-2,50	1,07000	122	0,00879	
h3	-4,95	2,45000	146	0,01683	
h4	-7,03	2,08000	164	0,01266	
h5	-9,34	2,31000	170	0,01359	
h6	-11,87	2,53000	173	0,01466	
h7	-14,62	2,75000	178	0,01544	
h8	-17,58	2,96000	185	0,01599	
h9	-20,77	3,19000	189	0,01690	
h10	-24,18	3,41000	192	0,01774	
h11	-27,80	3,62000	187	0,01936	
h12	-30,00	2,20000	201	0,01097	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,17520
			$V_{s,30}$	171	[m/s]

A Vs. disposizione per ogni chiarimento e/o informazione si porgono distinti saluti.

Vignola, 25/11/2008

Geo-Xpert Italia snc
(Dott. Geol. Giorgio Masotti)



COMMITTENTE

Dott. Geol. CASTAGNETTI STEFANO
Via Argini sud, 24
43030 BASILICANOVA (PARMA)

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

DETERMINAZIONE DELLE Vs30 AI FINI DELLA VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI CUI ALLA D.A.L. 112/2007

OGGETTO DELL'ELABORATO

**RELAZIONE DI INDAGINE GEOFISICA DI TIPO
SISMICO A RIFRAZIONE**

COMPARTO POLO FUNZIONALE 2

LOCALIZZAZIONE

ITALIA

REGIONE: EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA: REGGIO EMILIA

CODIFICA GENERALE ELABORATO

CODICE INTERNO	LOTTO	SETTORE DI ATTIVITA'	TIPO DOCUMENTO	N. ELABORATO
2480	G-H	G	REL	1

VERSIONE

DATA

OGGETTO

0	25/11/2008	1° EMISSIONE

DATI PROGETTISTA

Dott. Geol. Giorgio Masotti
Via di Mezzo, 90
41058 Vignola (MO) – Italy



INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
3	NORMATIVA D.M. 14/01/2008.....	6
4	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE	8
5	BASE SISMICA “G”	10
6	VELOCITA’ DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE “G”	20
7	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE “G”	23
8	BASE SISMICA “H”	25
9	VELOCITA’ DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE “H”	35
10	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE “H”	38

INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 200-NE “REGGIO EMILIA NORD” E N. 201-NO “CORREGGIO” - SCALA 1:25.000	4
FIGURA 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO	5
FIGURA 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “G”	11
FIGURA 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE “G”	12
FIGURA 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE “G”	13
FIGURA 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE “G”	14
FIGURA 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE “G”	15
FIGURA 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE “G”	16
FIGURA 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE “G”	17
FIGURA 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE “G”	18
FIGURA 11: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “G”	18
FIGURA 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE “G”	20
FIGURA 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE “G”	21
FIGURA 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA’ DI FASE - BASE “G”	21
FIGURA 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA’ DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE “G”	22
FIGURA 16: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “H”	26
FIGURA 17: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE “H”	27
FIGURA 18: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE “H”	28
FIGURA 19: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE “H”	29
FIGURA 20: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE “H”	30
FIGURA 21: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE “H”	31
FIGURA 22: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE “H”	32
FIGURA 23: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE “H”	33
FIGURA 24: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “H”	34
FIGURA 25: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE “H”	35
FIGURA 26: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE “H”	36
FIGURA 27: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA’ DI FASE - BASE “H”	36
FIGURA 28: ANDAMENTO DELLE VELOCITA’ DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE “H”	37

1 PREMESSA

Come richiesto dal tecnico incaricato per gli studi geologici-geotecnici, il sottoscritto:

- Dott. Giorgio Masotti, Geologo libero professionista, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna con il numero 588, in qualità di consulente tecnico della ditta Geo-Xpert Italia – Servizi – Tecnologie e Ambiente snc, con sede in Vignola (MO) – Via di Mezzo, 90,

ha provveduto alla stesura della presente relazione, finalizzata alla elaborazione delle indagini geofisiche effettuate con il metodo sismico a rifrazione ai fini della determinazione della caratterizzazione sismica del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14.01.2008).

L'area interessata dall'indagine geologico-geotecnica si trova in comune di Reggio Emilia, Comparto POLO FUNZIONALE 2.

Allo scopo di determinare le caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni presenti, è stata condotta un'indagine diretta in sito di tipo sismico a rifrazione costituita da nr. 2 basi sismiche che sono state eseguite in data 06/11/2008, con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di $V_{s,30}$.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona oggetto d'intervento si colloca nell'ambito del territorio comunale di REGGIO EMILIA, e risulta compresa all'interno della documentazione cartografica sotto riportata:

Cartografia Regionale:

- CARTA TOPOGRAFICA n. 200-NE denominata "REGGIO EMILIA NORD" – Scala 1:25.000
- CARTA TOPOGRAFICA n. 201-NO denominata "CORREGGIO" – Scala 1:25.000
- SEZIONE R.E.R. n. 200080 "REGGIO EMILIA" – scala 1:10.000

Figura 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. 200-NE "REGGIO EMILIA NORD" e n. 201-NO "CORREGGIO" - SCALA 1:25.000

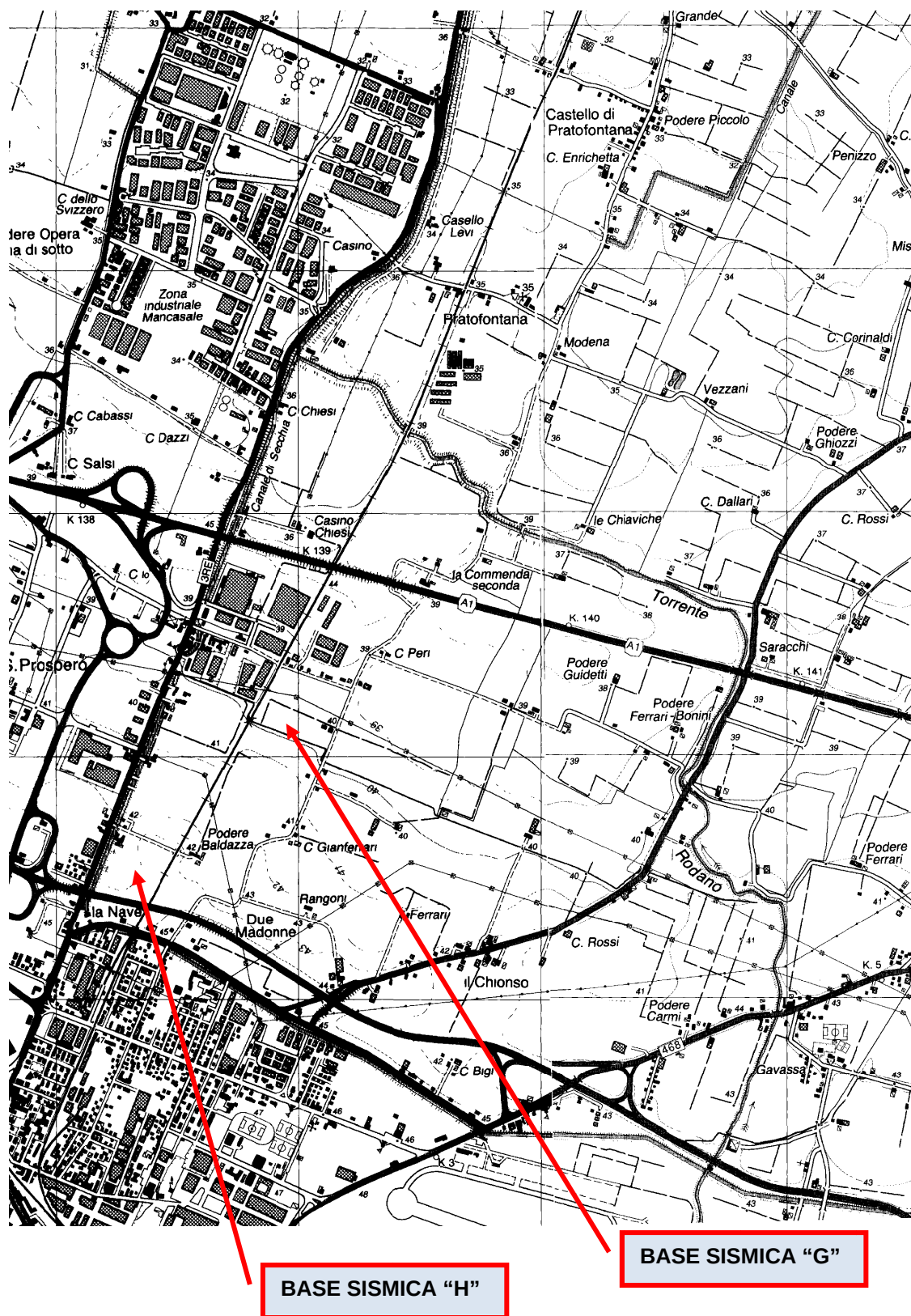
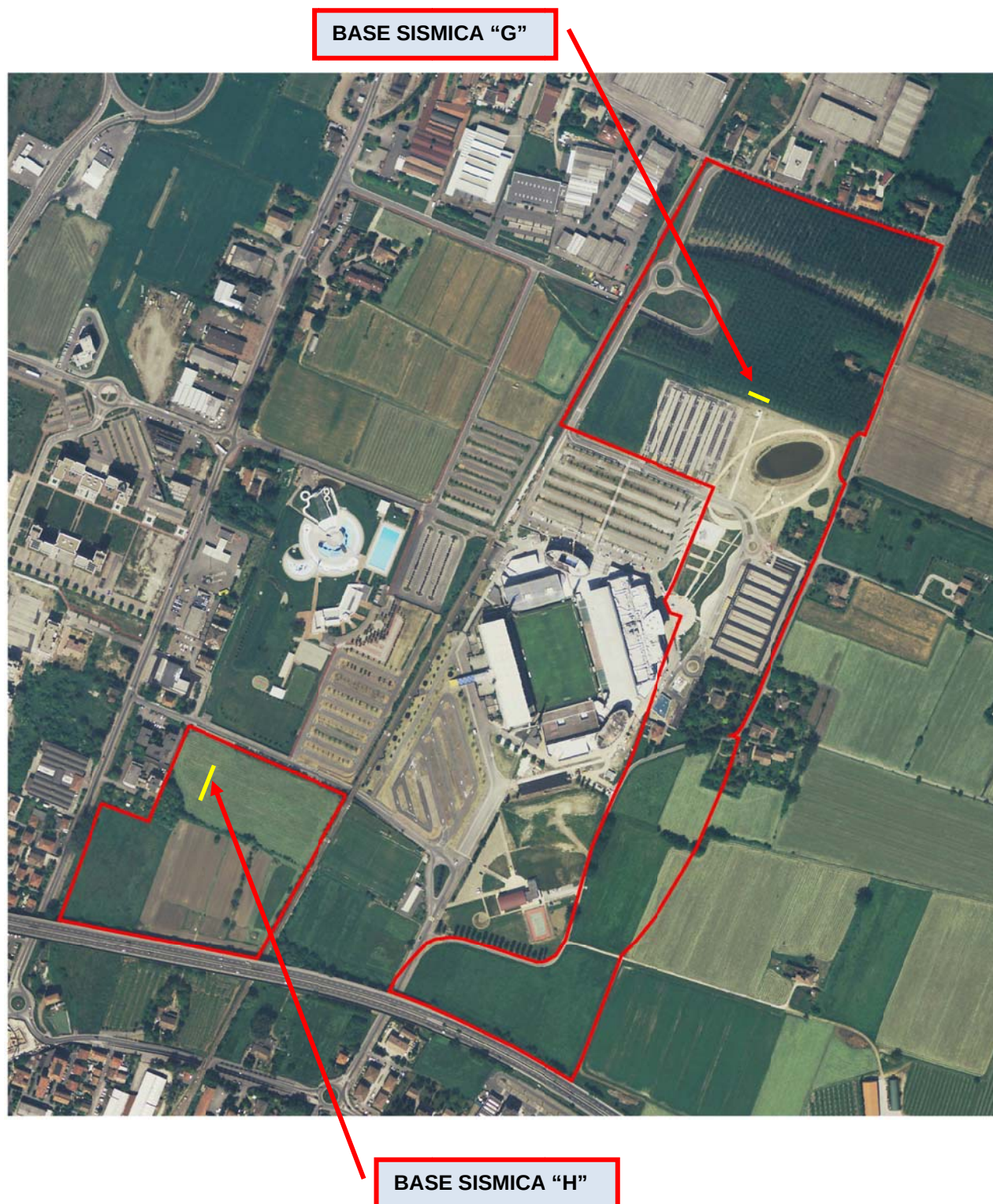


Figura 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO



3 NORMATIVA D.M. 14/01/2008

Le "Norme tecniche per le costruzioni" definiscono che, ai fini della valutazione della azione sismica di progetto (punto 3.2.2. "Categoria di suolo e condizioni topografiche"), deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche, morfologiche e topografiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In mancanza di tali studi si può utilizzare una classificazione che riguardi i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed il sub-strato rigido di riferimento con velocità delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s (bedrock) o comunque un sub-strato commisurato alla estensione ed importanza dell'opera.

La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità.

Nei casi in cui tale determinazione della velocità non sia disponibile, la classificazione può essere eseguita in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione

$$\frac{1}{V_{s,30}} = \frac{1}{V_s} \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{s,i}}$$

la resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione

$$N_{SPT,30} = \sum_{i=1}^n N_{SPT,i}$$

la resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall'espressione

$$c_{u,30} = \sum_{i=1}^n c_{u,i}$$

dove h_i , $V_{s,i}$, $N_{SPT,i}$ e $c_{u,i}$ sono rispettivamente lo spessore, la velocità delle onde di taglio V_s , il numero di colpi N_{SPT} e la resistenza non drenata c_u nell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono:

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

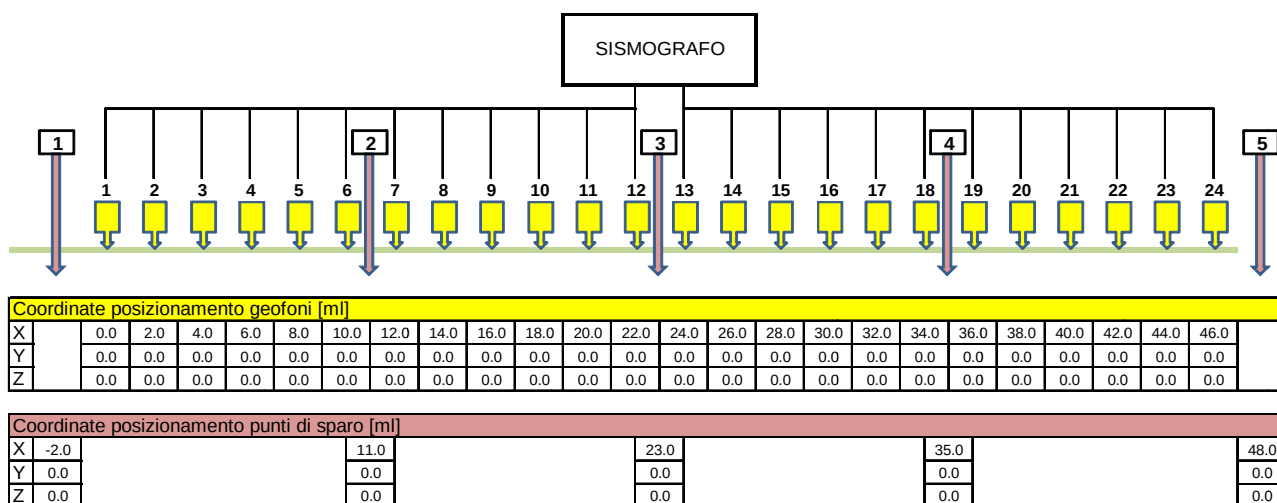
La normativa prevede due categorie aggiuntive di sottosuolo per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno:

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30} < 100$ 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 a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

4 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni del comparto urbanistico di studio sono state eseguite in data 06/11/2008 nr. 2 basi sismiche a rifrazione con sistema di acquisizione 24 canali con energizzazione del terreno mediante una mazza battente da Kg. 9 su una piastra di battuta in alluminio per i nr. 3 punti di energizzazione centrali (nr. 2/3/4), mentre per i 2 punti estremi (nr. 1/5) è stato utilizzato un energizzatore per sismica, classificato dal Ministero dell'Interno come "strumento di lavoro", costituito da un corpo cilindrico di forma tubolare in acciaio inox con una sezione anteriore svitabile, denominata camera di cartuccia, predisposta per contenere una cartuccia di tipo industriale calibro 8. La camera di cartuccia è senza canna, consentendo l'esplosione assiale dell'onda di energia con generazione di onde di tipo "P" (longitudinali) e di tipo "S" (trasversali).

Per la disposizione dei trasduttori velocimetrici (geofoni) sul sito oggetto di indagine, è stato definito un allineamento mantenendo una equidistanza ripetitiva lungo tutta la tratta della base sismica, come evidenziato nello schema sottostante.



Caratteristiche geometriche dello stendimento sismico – linea "G"

Lunghezza linea sismica	46,0m	Spazio intergeofonico	2,0m
Numero di punti di energizzazione	5	Numero di trasduttori velocimetrici	24

Per quanto riguarda l'inizio della registrazione è stato utilizzato un geofono "starter" posizionato in aderenza alla piastra di battuta e collegato allo strumento in modo da garantire uno scarto di errore sul "Tempo Zero" non superiore a 1 msec. Per la base sismica sono stati effettuati nr. 5 punti di energizzazione lungo lo stendimento sismico:

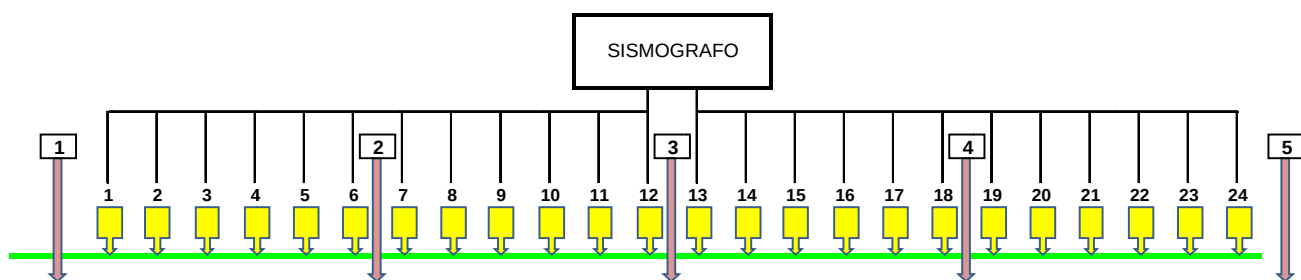
1a energizzazione posta a ml. 2.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 1 (estremo sinistro)

2a energizzazione posta tra i geofoni nr. 6 e nr. 7 (intermedio sinistro)

3a energizzazione posta tra i geofoni nr. 12 e nr. 13 (centrale)

4a energizzazione posta tra i geofoni nr. 18 e nr. 19 (intermedio destro)

5a energizzazione posta a ml. 2.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 24 (estremo destro)



Coordinate posizionamento geofoni [m]																								
X	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0	39.0	42.0	45.0	48.0	51.0	54.0	57.0	60.0	63.0	66.0	69.0
Y	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Coordinate posizionamento punti di sparo [m]																							
X	-3.00						16.50					34.50					52.50						72.00
Y	0.00						0.00					0.00					0.00						0.00
Z	0.00						0.00					0.00					0.00						0.00

Caratteristiche geometriche dello stendimento sismico – linea “H”

Lunghezza linea sismica	69,0m	Spazio intergeofonico	3,0m
Numero di punti di energizzazione	5	Numero di trasduttori velocimetri	24

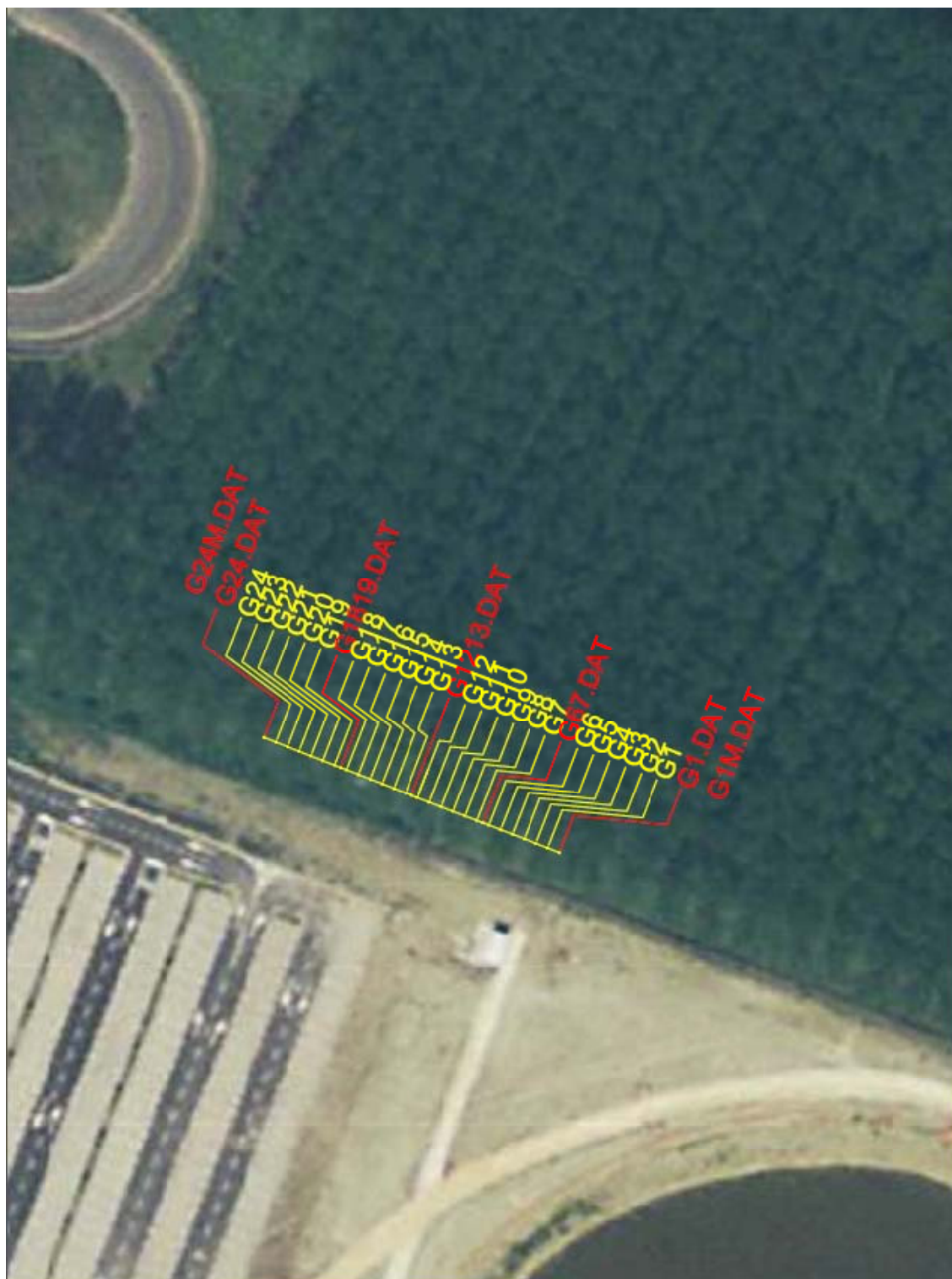
Per quanto riguarda l'inizio della registrazione è stato utilizzato un geofono “starter” posizionato in aderenza alla piastra di battuta e collegato allo strumento in modo da garantire uno scarto di errore sul “Tempo Zero” non superiore a 1 msec. Per la base sismica sono stati effettuati nr. 5 punti di energizzazione lungo lo stendimento sismico:

- 1a energizzazione posta a ml. 3.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 1 (estremo sinistro)
- 2a energizzazione posta tra i geofoni nr. 6 e nr. 7 (intermedio sinistro)
- 3a energizzazione posta tra i geofoni nr. 12 e nr. 13 (centrale)
- 4a energizzazione posta tra i geofoni nr. 18 e nr. 19 (intermedio destro)
- 5a energizzazione posta a ml. 3.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 24 (estremo destro)

Strumentazione e impostazioni di registrazione

Modello strumento di acquisizione	PASI 16S24
Risoluzione di campionamento	16 bit
Frequenza di campionamento	125 μ s
Geofoni verticali con frequenza di pari a 4,5 Hz	24
Tempo di acquisizione	256 ms

5 BASE SISMICA "G"



SCALA 1:1.000

Figura 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “G”



Figura 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "G"

File Reference	
1	G1.DAT
2	G67.DAT
3	G1213.DAT
4	G1819.DAT
5	G24.DAT
MASW	G24M.DAT

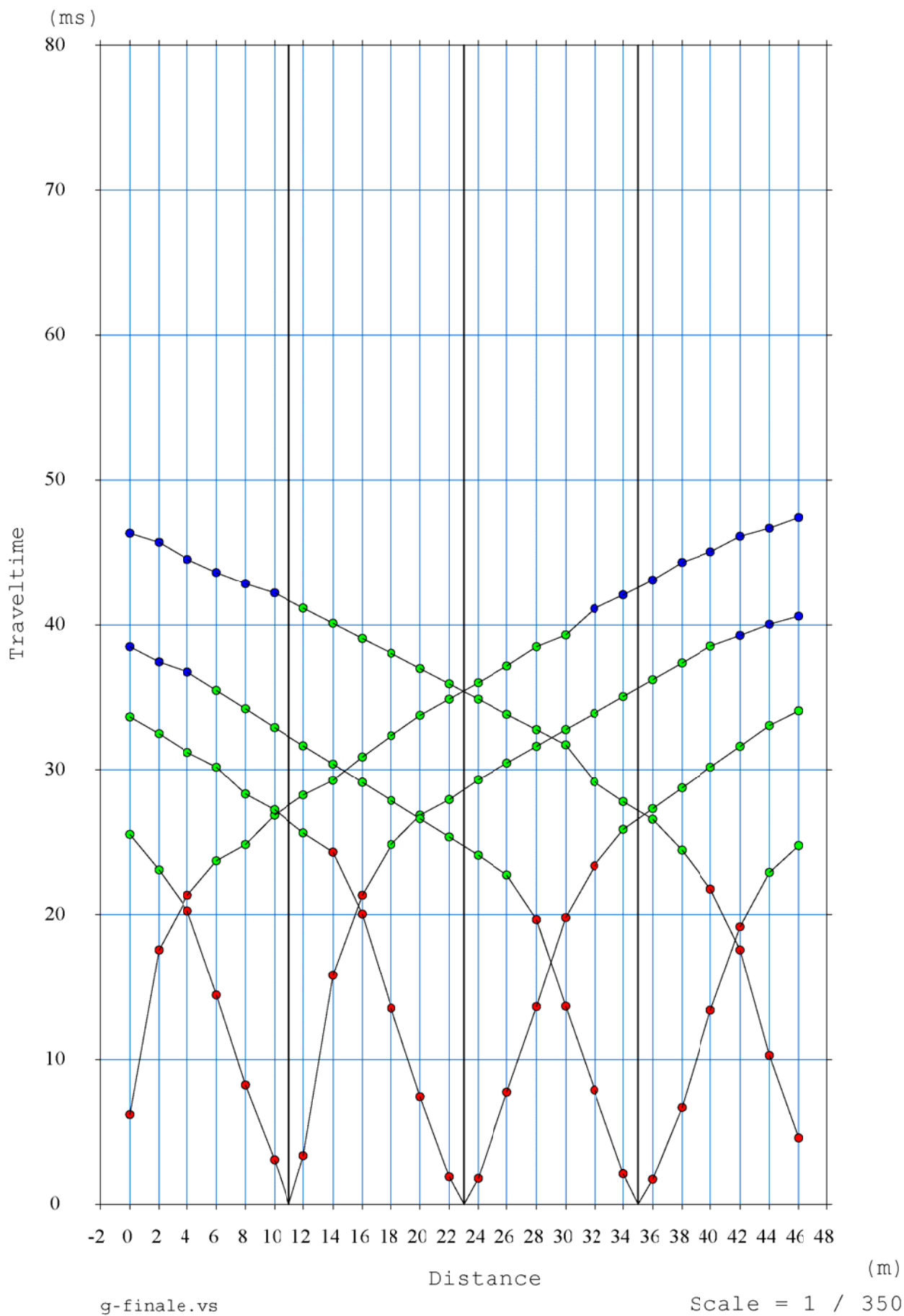
SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0,00	-2,00	0,00	0,00
2	0,00	11,00	0,00	0,00
3	0,00	23,00	0,00	0,00
4	0,00	35,00	0,00	0,00
5	0,00	48,00	0,00	0,00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0,00	0,00	0,00	6,21	25,52	33,67	38,49	46,32
2	0,00	2,00	0,00	17,55	23,09	32,48	37,43	45,68
3	0,00	4,00	0,00	21,33	20,25	31,20	36,72	44,49
4	0,00	6,00	0,00	23,72	14,45	30,20	35,46	43,60
5	0,00	8,00	0,00	24,84	8,24	28,33	34,20	42,83
6	0,00	10,00	0,00	26,86	3,11	27,26	32,93	42,21
7	0,00	12,00	0,00	28,27	3,38	25,62	31,67	41,16
8	0,00	14,00	0,00	29,30	15,80	24,32	30,41	40,11
9	0,00	16,00	0,00	30,88	21,33	20,04	29,15	39,06
10	0,00	18,00	0,00	32,35	24,84	13,52	27,88	38,01
11	0,00	20,00	0,00	33,75	26,86	7,43	26,62	36,96
12	0,00	22,00	0,00	34,87	27,94	1,91	25,36	35,91
13	0,00	24,00	0,00	36,00	29,31	1,81	24,10	34,86
14	0,00	26,00	0,00	37,16	30,46	7,76	22,72	33,81
15	0,00	28,00	0,00	38,48	31,61	13,62	19,64	32,76
16	0,00	30,00	0,00	39,28	32,76	19,80	13,68	31,71
17	0,00	32,00	0,00	41,12	33,91	23,35	7,88	29,16
18	0,00	34,00	0,00	42,04	35,07	25,88	2,12	27,81
19	0,00	36,00	0,00	43,08	36,22	27,32	1,72	26,60
20	0,00	38,00	0,00	44,28	37,37	28,76	6,72	24,43
21	0,00	40,00	0,00	45,04	38,52	30,20	13,40	21,74
22	0,00	42,00	0,00	46,10	39,26	31,63	19,15	17,55
23	0,00	44,00	0,00	46,66	40,02	33,07	22,92	10,26
24	0,00	46,00	0,00	47,42	40,58	34,09	24,76	4,60

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	3,08	7,88	0,00	0,00
2	2,00	3,04	8,07	0,00	0,00
3	4,00	3,15	7,87	0,00	0,00
4	6,00	3,22	7,85	0,00	0,00
5	8,00	3,26	7,98	0,00	0,00
6	10,00	3,29	8,15	0,00	0,00
7	12,00	3,30	8,42	0,00	0,00
8	14,00	3,33	8,50	0,00	0,00
9	16,00	3,38	8,57	0,00	0,00
10	18,00	3,44	8,62	0,00	0,00
11	20,00	3,49	8,66	0,00	0,00
12	22,00	3,52	8,69	0,00	0,00
13	24,00	3,54	8,67	0,00	0,00
14	26,00	3,56	8,53	0,00	0,00
15	28,00	3,56	8,27	0,00	0,00
16	30,00	3,52	7,95	0,00	0,00
17	32,00	3,45	7,66	0,00	0,00
18	34,00	3,39	7,45	0,00	0,00
19	36,00	3,32	7,10	0,00	0,00
20	38,00	3,31	6,84	0,00	0,00
21	40,00	3,34	6,55	0,00	0,00
22	42,00	3,39	6,55	0,00	0,00
23	44,00	3,44	6,49	0,00	0,00
24	46,00	3,45	6,64	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	352
2	1557
3	1844
4	
5	

Figura 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "G"



**Figura 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "G"**

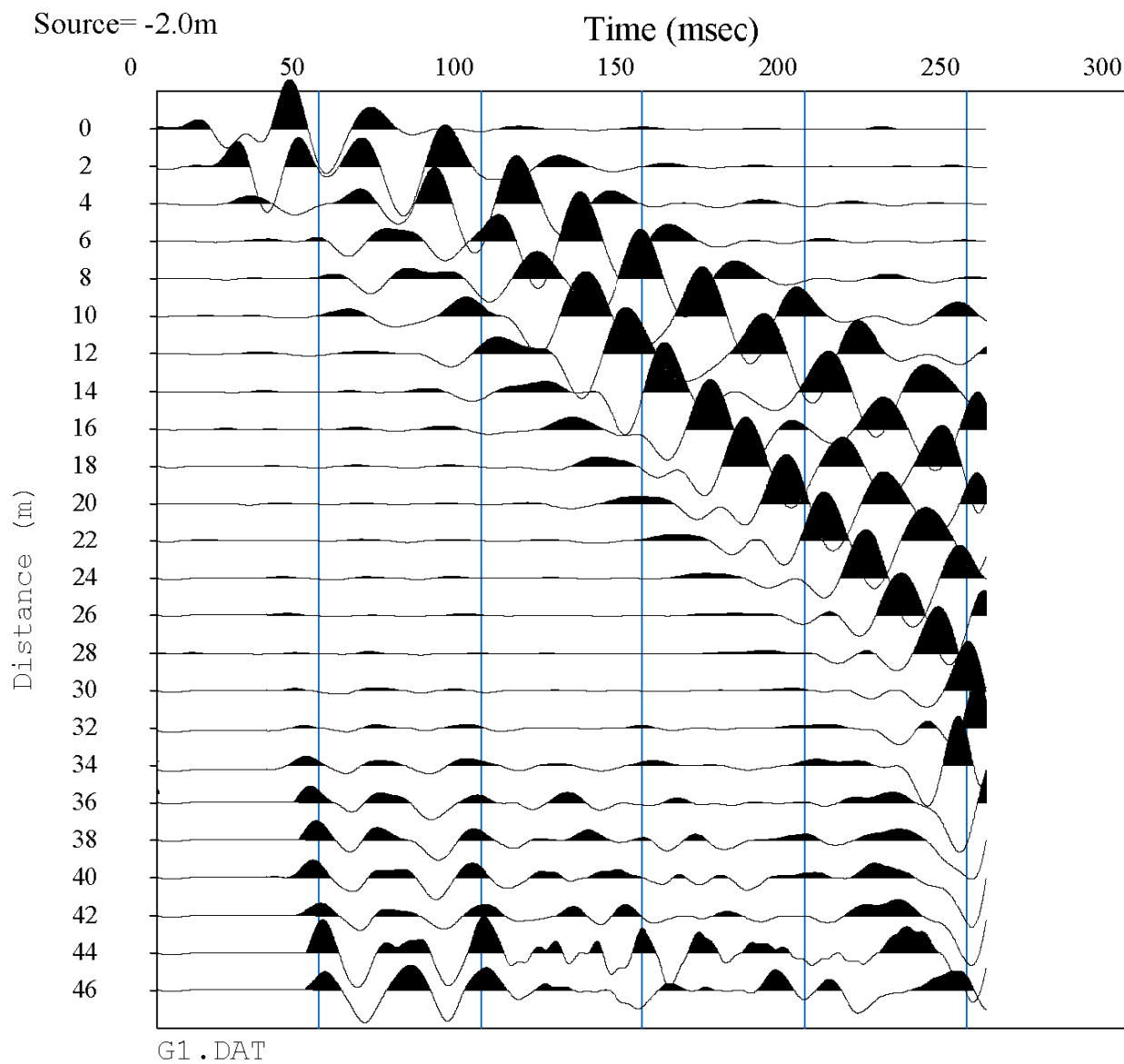


Figura 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "G"

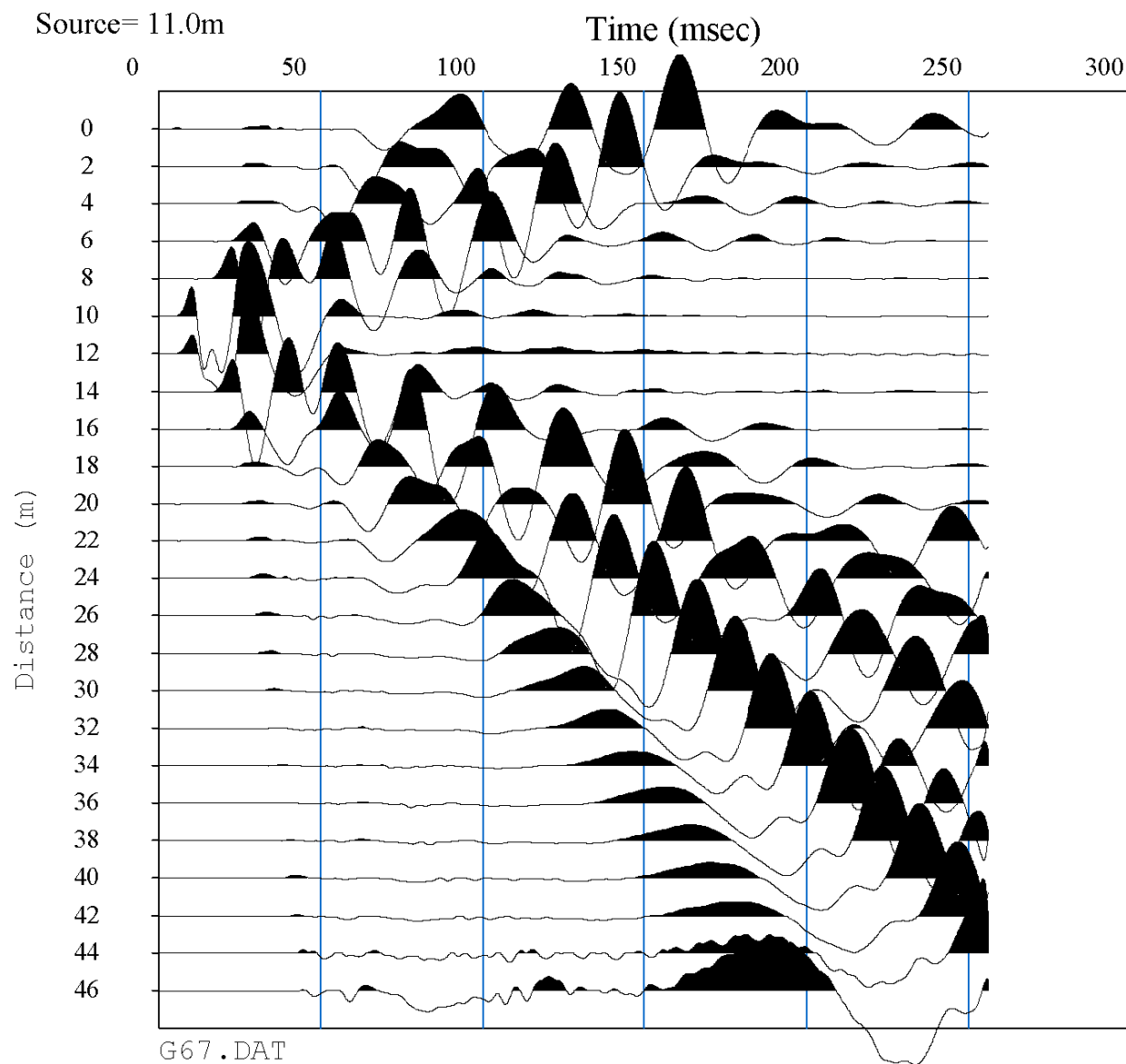


Figura 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "G"

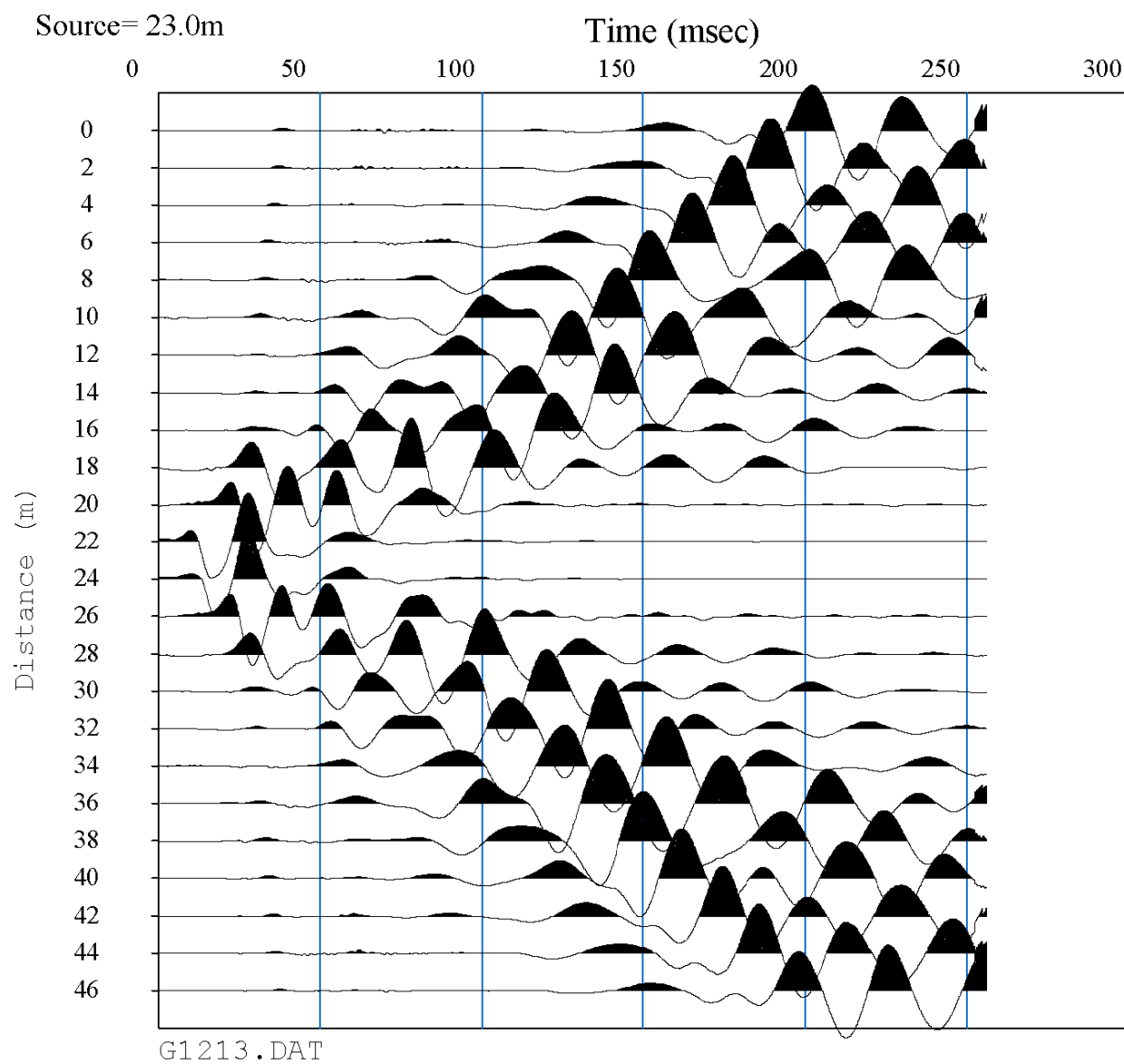
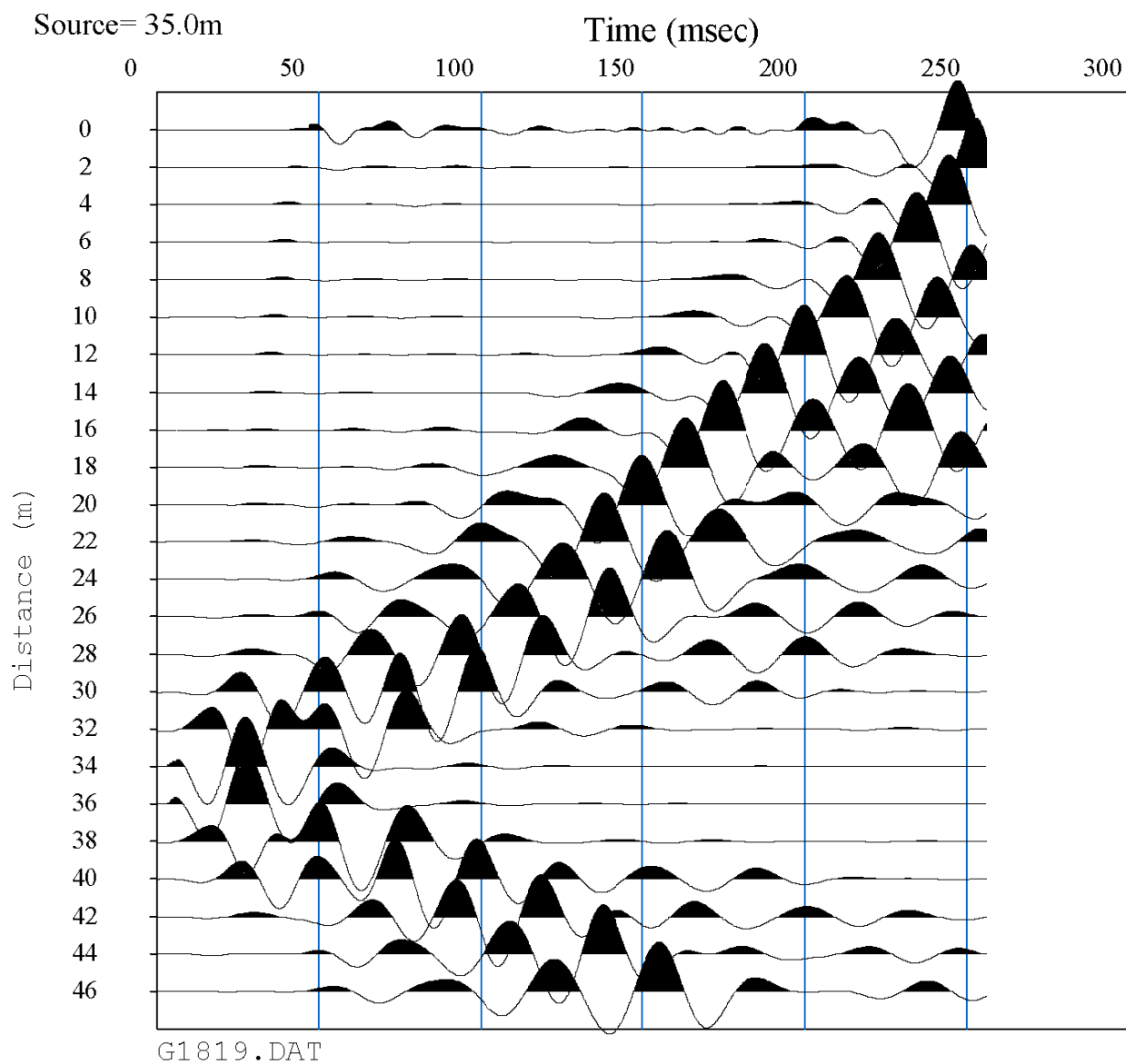


Figura 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "G"



**Figura 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "G"**

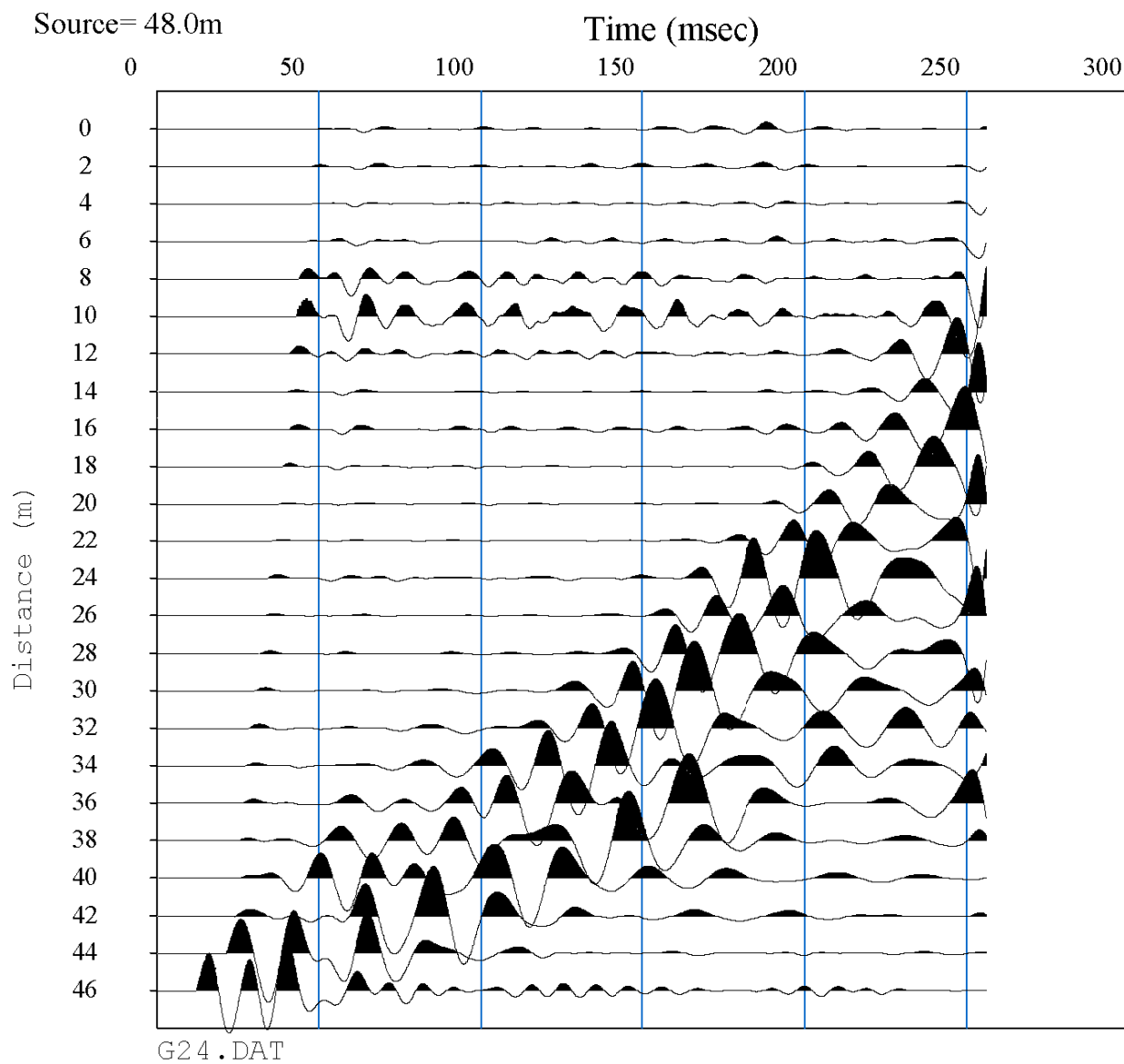
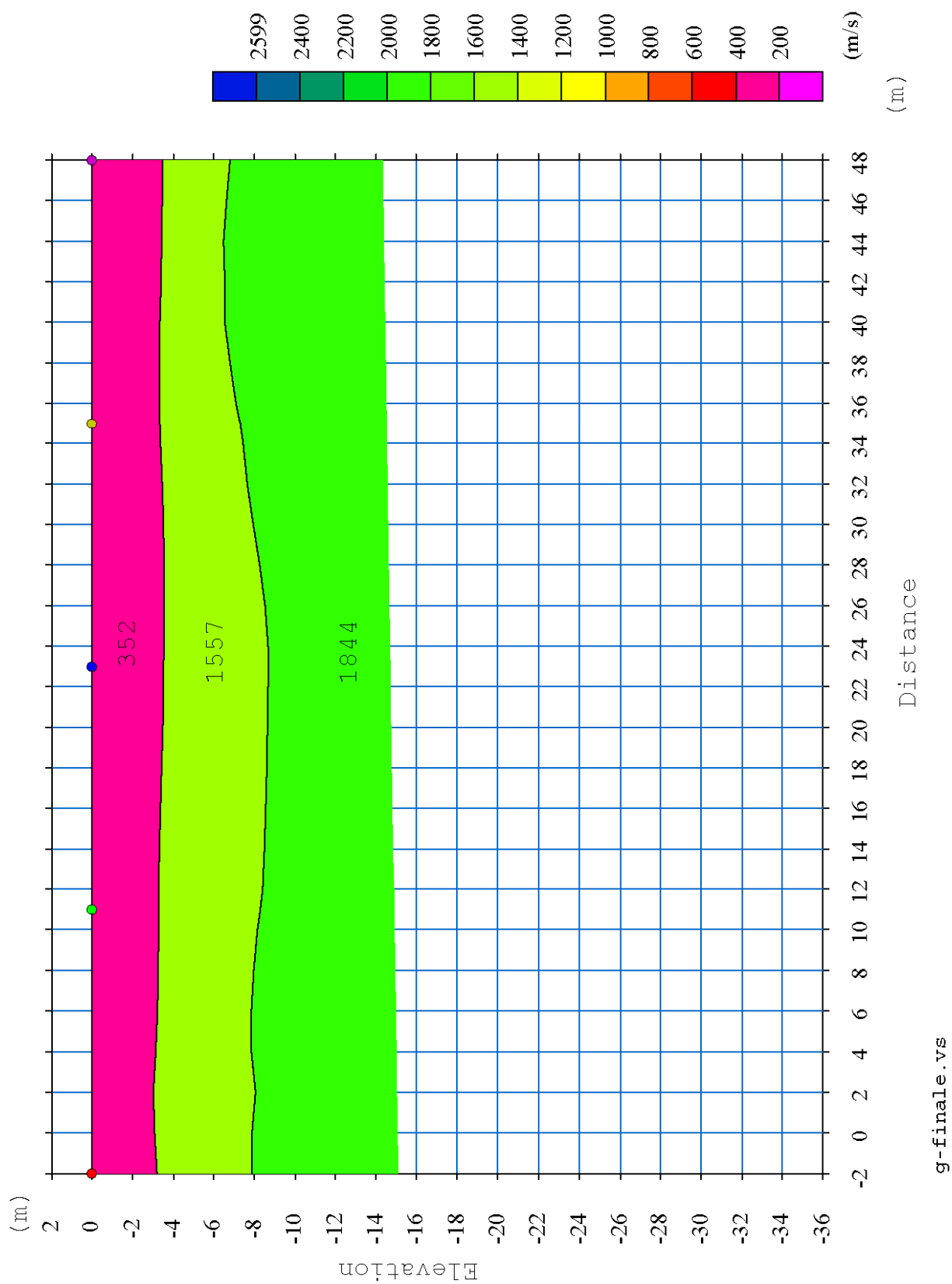


Figura 11: SEZIONE INTERPRETATIVA - BASE "G"



6 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "G"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 2,00 dal geofono nr. 24 in posizione di estrema destra rispetto alla base sismica.

L'energia necessaria è stata prodotta mediante l'utilizzo di un energizzatore per sismica, classificato dal Ministero dell'Interno come "strumento di lavoro", è costituito da un corpo cilindrico di forma tubolare in acciaio inox con una sezione anteriore svitabile, denominata camera di cartuccia, predisposta per contenere una cartuccia di tipo industriale calibro 8.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "G"

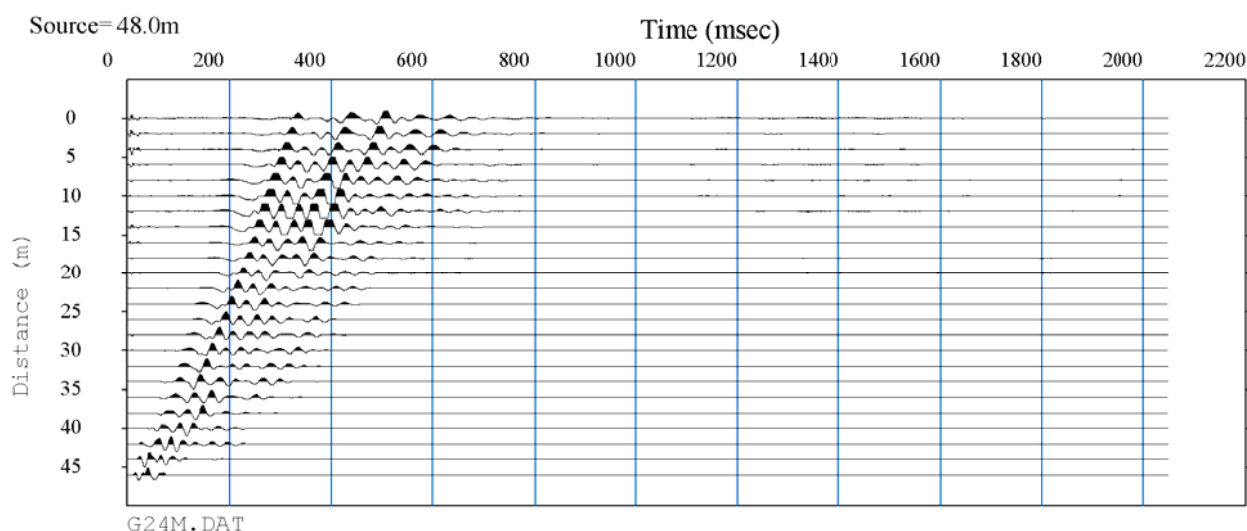


Figura 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "G"

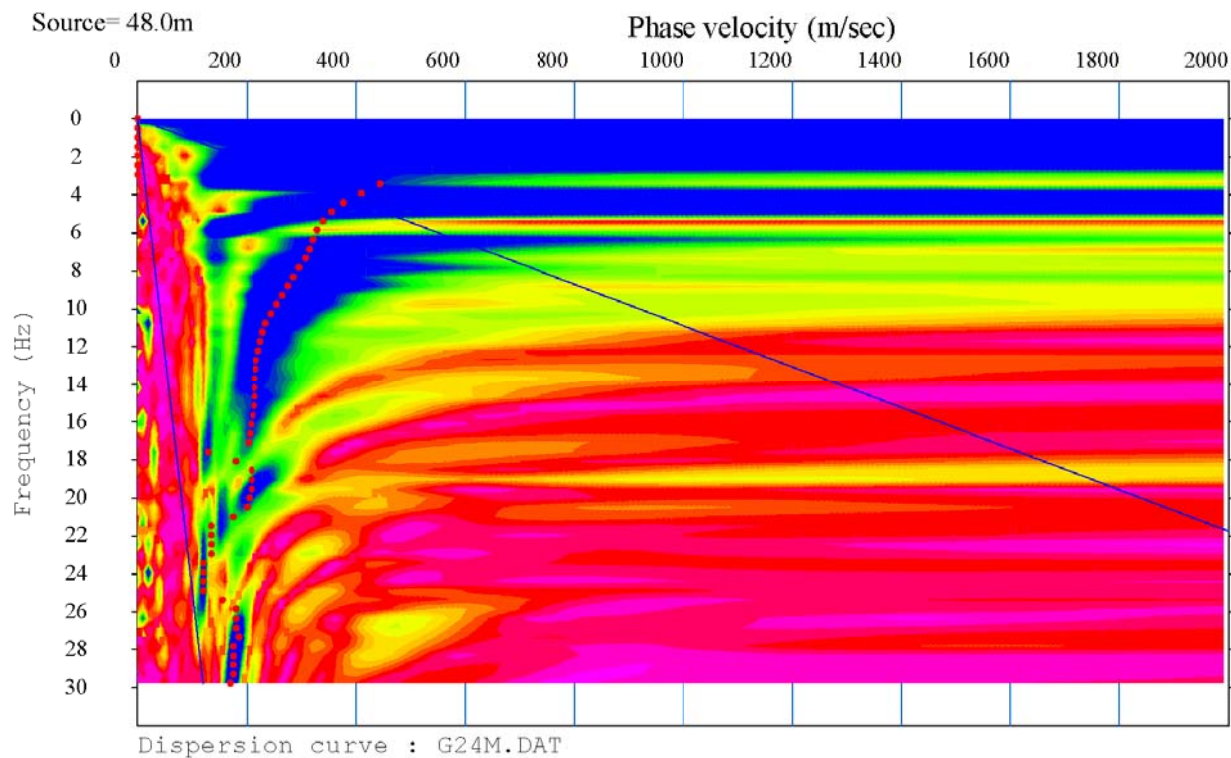


Figura 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "G"

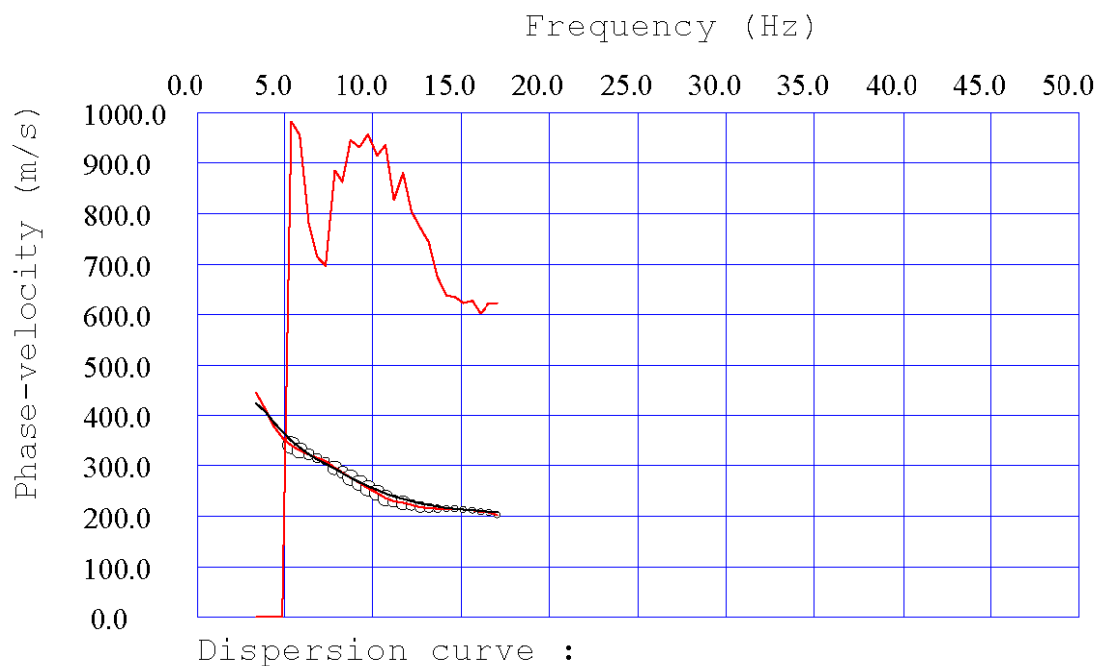
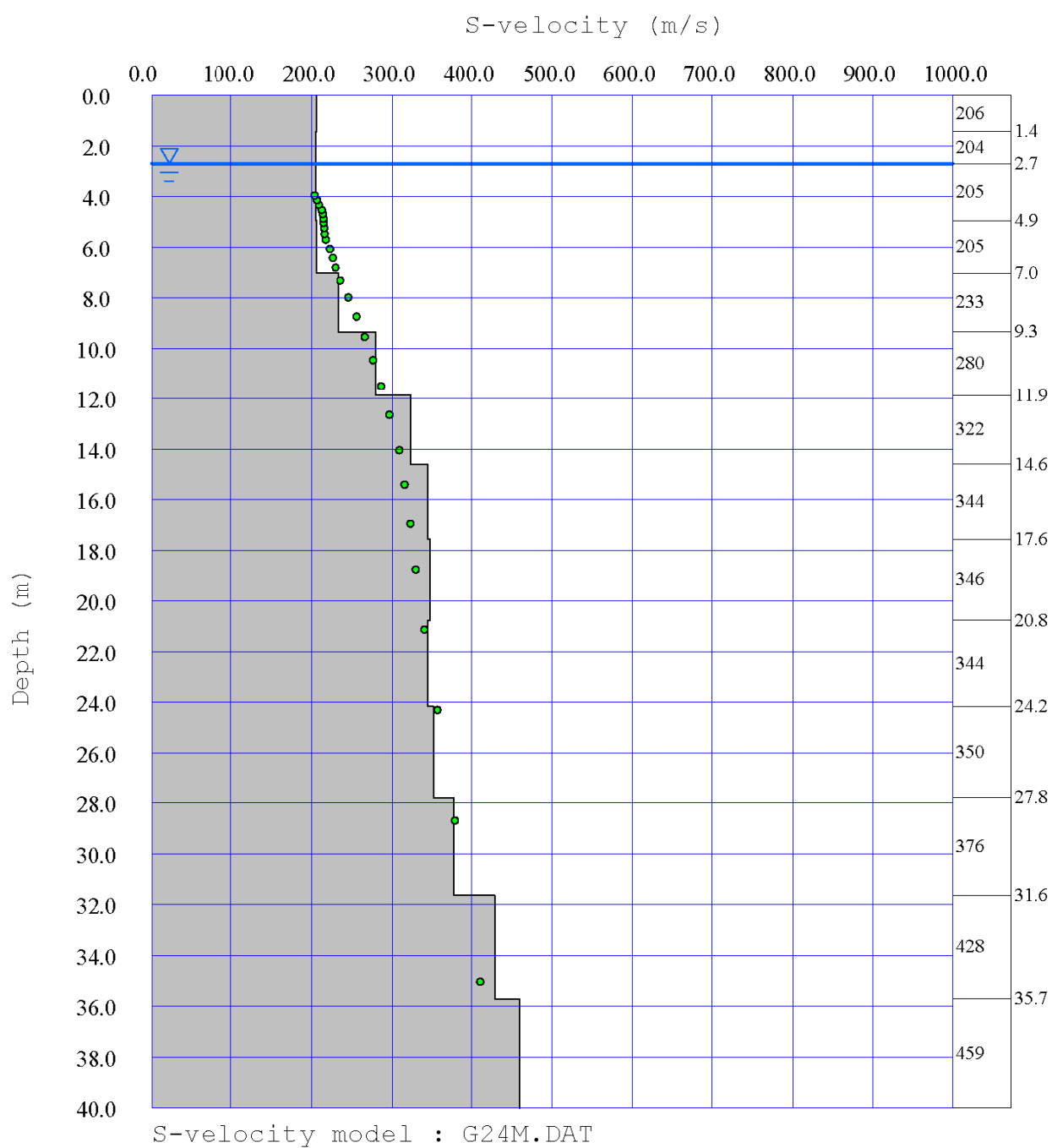


Figura 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "G"



7 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "G"

- ONDE Vp

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 352 m/sec, 1557 m/sec e 1844 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alle sezioni riportate in fig. 11.

- ONDE Vs

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 40,00 ml. dal piano campagna.

Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde Vp e Vs ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m³]
h1	-1,43	1,43	206	440	13,906
h2	-2,70	1,27	205	440	13,906
h3	-4,95	2,25	205	1542	17,664
h4	-7,03	2,08	206	1554	17,703
h5	-9,34	2,31	234	1585	17,798
h6	-11,87	2,53	280	1621	17,911
h7	-14,62	2,75	323	1653	18,009
h8	-17,58	2,96	344	1673	18,070
h9	-20,77	3,19	347	1686	18,108
h10	-24,18	3,41	344	1699	18,148
h11	-27,80	3,62	351	1717	18,204
h12	-31,65	3,85	377	1744	18,285
h13	-35,71	4,06	429	1783	18,402
h14	-48,57	12,86	459	1783	18,404

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 2.061523%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=30.700630 m/s (11.676765%)	Iteration=1 RMS=25.116418 m/s (9.436775%)
Iteration=2 RMS=20.692747 m/s (7.634696%)	Iteration=3 RMS=17.212406 m/s (6.189203%)
Iteration=4 RMS=14.463075 m/s (5.022141%)	Iteration=5 RMS=12.296302 m/s (4.106344%)
Iteration=6 RMS=10.599289 m/s (3.381200%)	Iteration=7 RMS=9.264081 m/s (2.827656%)
Iteration=8 RMS=8.207610 m/s (2.398783%)	Iteration=9 RMS=7.370144 m/s (2.061523%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-1,43	1,43000	206	0,00694	
h2	-2,70	1,27000	205	0,00621	
h3	-4,95	2,25000	205	0,01097	
h4	-7,03	2,08000	206	0,01010	
h5	-9,34	2,31000	234	0,00989	
h6	-11,87	2,53000	280	0,00903	
h7	-14,62	2,75000	323	0,00852	
h8	-17,58	2,96000	344	0,00860	
h9	-20,77	3,19000	347	0,00920	
h10	-24,18	3,41000	344	0,00991	
h11	-27,80	3,62000	351	0,01032	
h12	-30,00	2,20000	377	0,00584	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,10552
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	
			$V_{s,30}$	284	[m/s]

8 BASE SISMICA "H"



SCALA 1:1.000

Figura 16: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “H”



Figura 17: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "H"

File Reference	
1	H1.DAT
2	H67.DAT
3	H1213.DAT
4	H1819.DAT
5	H24.DAT
MASW	H24M.DAT

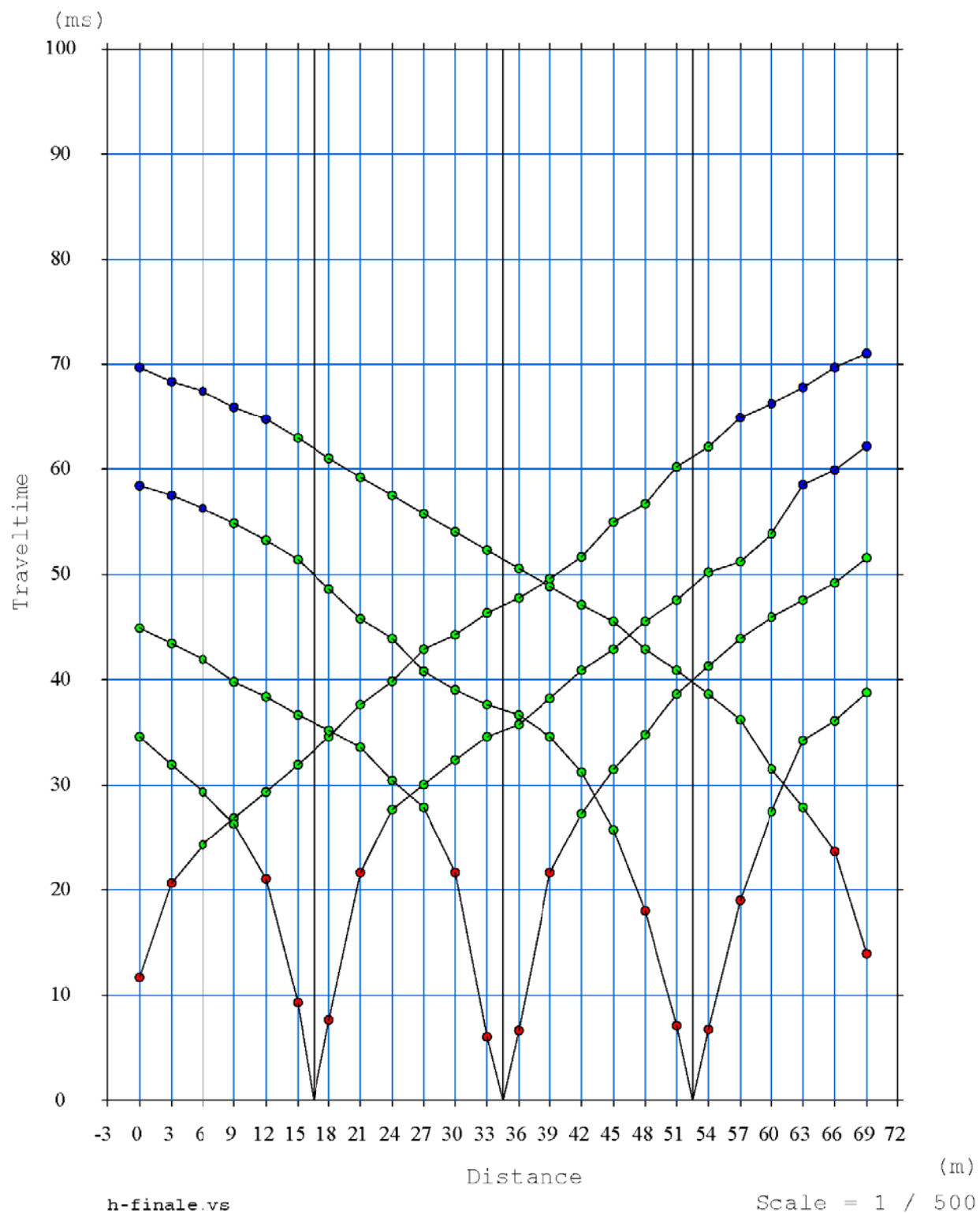
SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0,00	-3,00	0,00	0,00
2	0,00	16,50	0,00	0,00
3	0,00	34,50	0,00	0,00
4	0,00	52,50	0,00	0,00
5	0,00	72,00	0,00	0,00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0,00	0,00	0,00	11,74	34,63	44,91	58,41	69,73
2	0,00	3,00	0,00	20,66	32,00	43,49	57,51	68,38
3	0,00	6,00	0,00	24,30	29,36	41,98	56,30	67,45
4	0,00	9,00	0,00	26,93	26,33	39,80	54,88	65,95
5	0,00	12,00	0,00	29,36	21,06	38,45	53,26	64,78
6	0,00	15,00	0,00	32,00	9,32	36,65	51,43	62,96
7	0,00	18,00	0,00	34,63	7,70	35,25	48,60	61,01
8	0,00	21,00	0,00	37,67	21,67	33,62	45,83	59,25
9	0,00	24,00	0,00	39,89	27,71	30,45	43,94	57,52
10	0,00	27,00	0,00	42,93	30,08	27,94	40,82	55,79
11	0,00	30,00	0,00	44,29	32,45	21,67	39,09	54,05
12	0,00	33,00	0,00	46,38	34,63	6,07	37,67	52,32
13	0,00	36,00	0,00	47,80	35,79	6,68	36,65	50,59
14	0,00	39,00	0,00	49,61	38,27	21,67	34,63	48,86
15	0,00	42,00	0,00	51,67	40,90	27,34	31,25	47,13
16	0,00	45,00	0,00	54,96	42,93	31,52	25,75	45,56
17	0,00	48,00	0,00	56,75	45,56	34,80	18,00	42,93
18	0,00	51,00	0,00	60,22	47,59	38,68	7,13	40,90
19	0,00	54,00	0,00	62,10	50,22	41,31	6,75	38,68
20	0,00	57,00	0,00	64,93	51,23	43,94	19,00	36,25
21	0,00	60,00	0,00	66,27	53,87	45,97	27,50	31,59
22	0,00	63,00	0,00	67,82	58,52	47,59	34,25	27,94
23	0,00	66,00	0,00	69,73	59,94	49,21	36,13	23,69
24	0,00	69,00	0,00	71,05	62,17	51,58	38,85	13,97

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	2,13	11,93	0,00	0,00
2	3,00	2,21	11,92	0,00	0,00
3	6,00	2,25	11,96	0,00	0,00
4	9,00	2,32	11,97	0,00	0,00
5	12,00	2,39	11,92	0,00	0,00
6	15,00	2,44	11,86	0,00	0,00
7	18,00	2,50	11,79	0,00	0,00
8	21,00	2,53	11,80	0,00	0,00
9	24,00	2,55	11,82	0,00	0,00
10	27,00	2,62	11,85	0,00	0,00
11	30,00	2,69	11,88	0,00	0,00
12	33,00	2,71	11,89	0,00	0,00
13	36,00	2,71	11,92	0,00	0,00
14	39,00	2,68	11,97	0,00	0,00
15	42,00	2,65	12,11	0,00	0,00
16	45,00	2,69	12,33	0,00	0,00
17	48,00	2,82	12,64	0,00	0,00
18	51,00	2,94	13,01	0,00	0,00
19	54,00	3,02	13,23	0,00	0,00
20	57,00	2,94	13,41	0,00	0,00
21	60,00	2,88	13,32	0,00	0,00
22	63,00	2,97	13,32	0,00	0,00
23	66,00	3,14	12,95	0,00	0,00
24	69,00	3,25	12,86	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	221
2	1395
3	1871
4	
5	

Figura 18: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "H"



**Figura 19: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "H"**

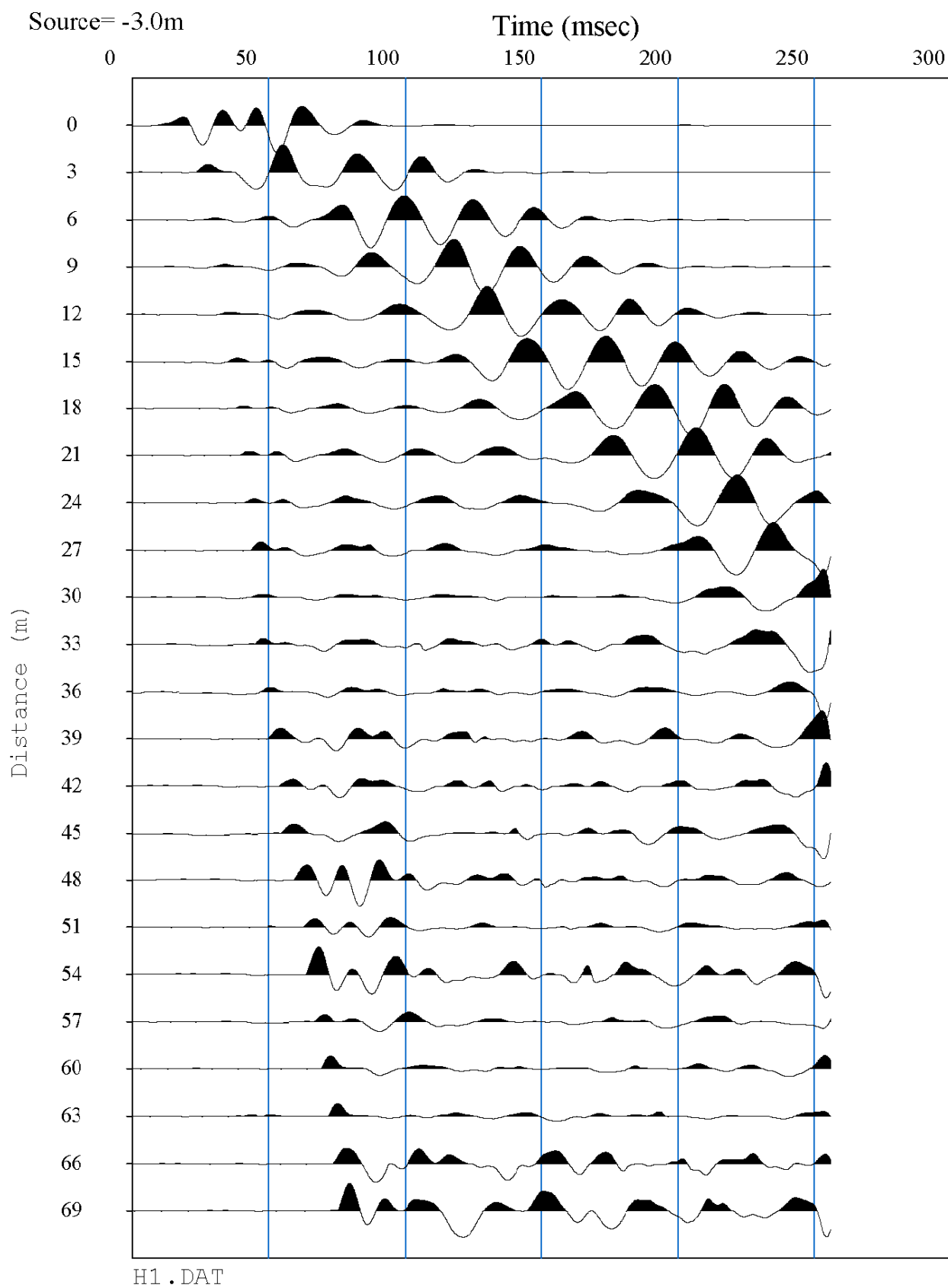


Figura 20: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "H"

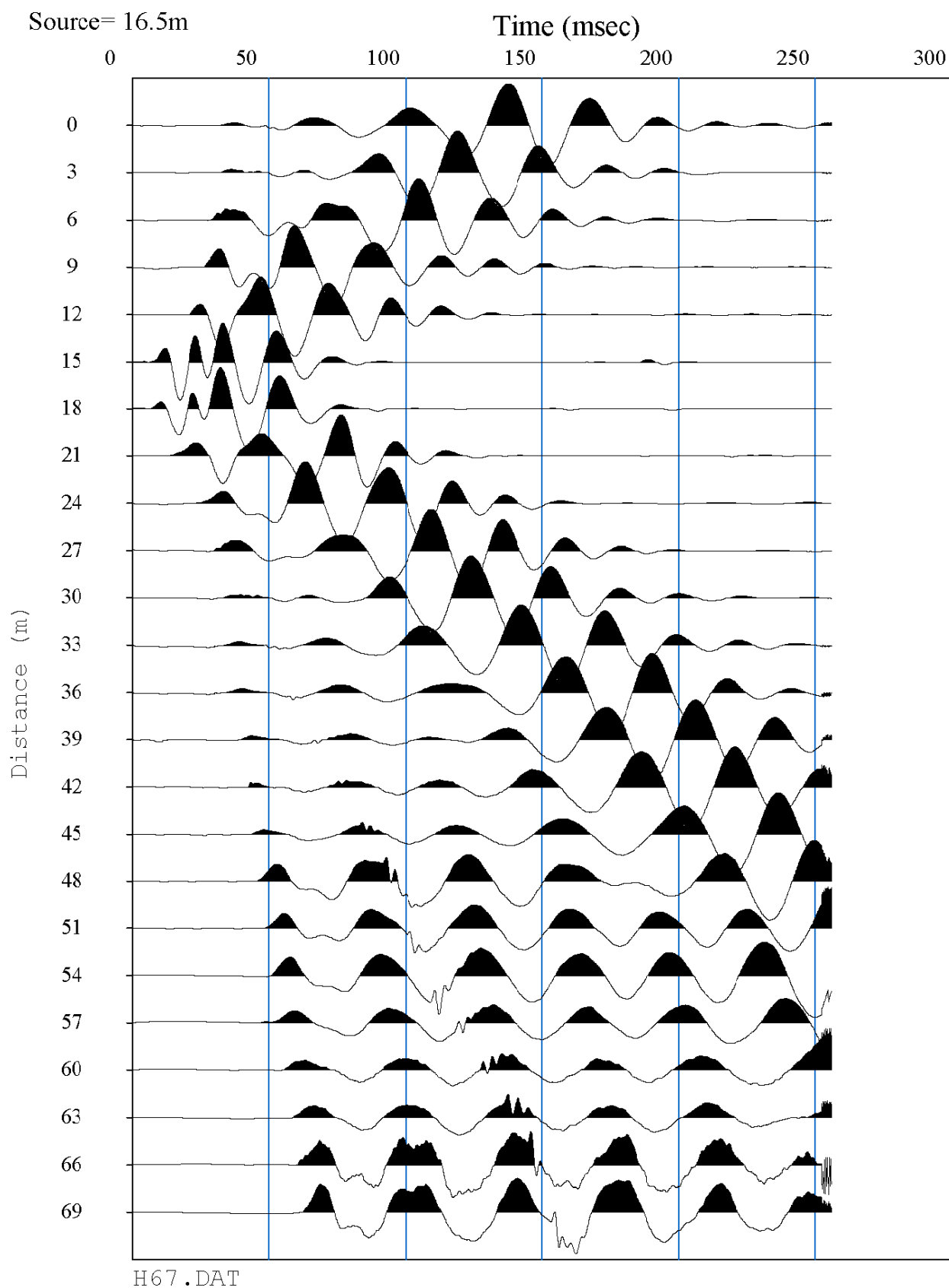


Figura 21: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "H"

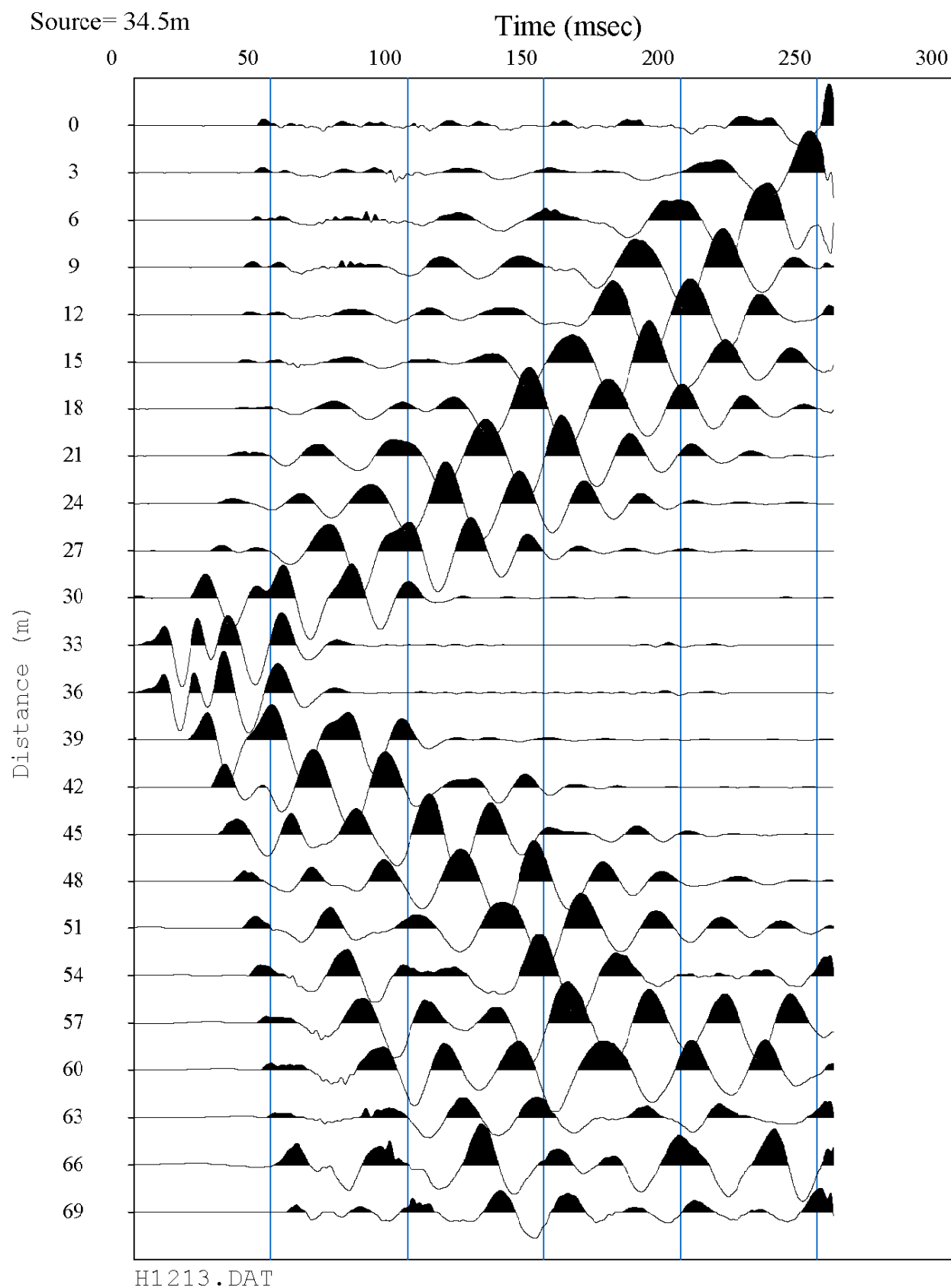
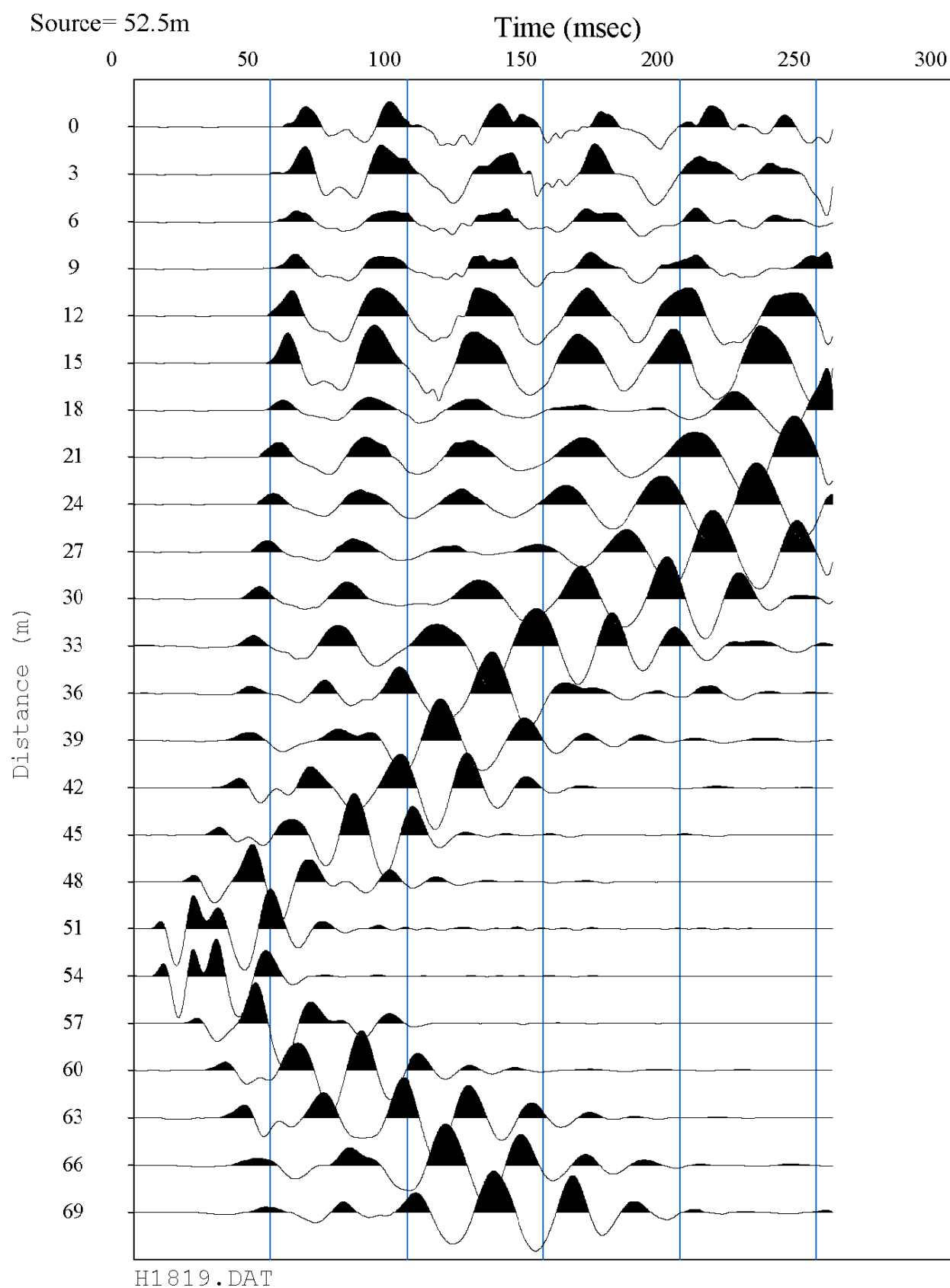
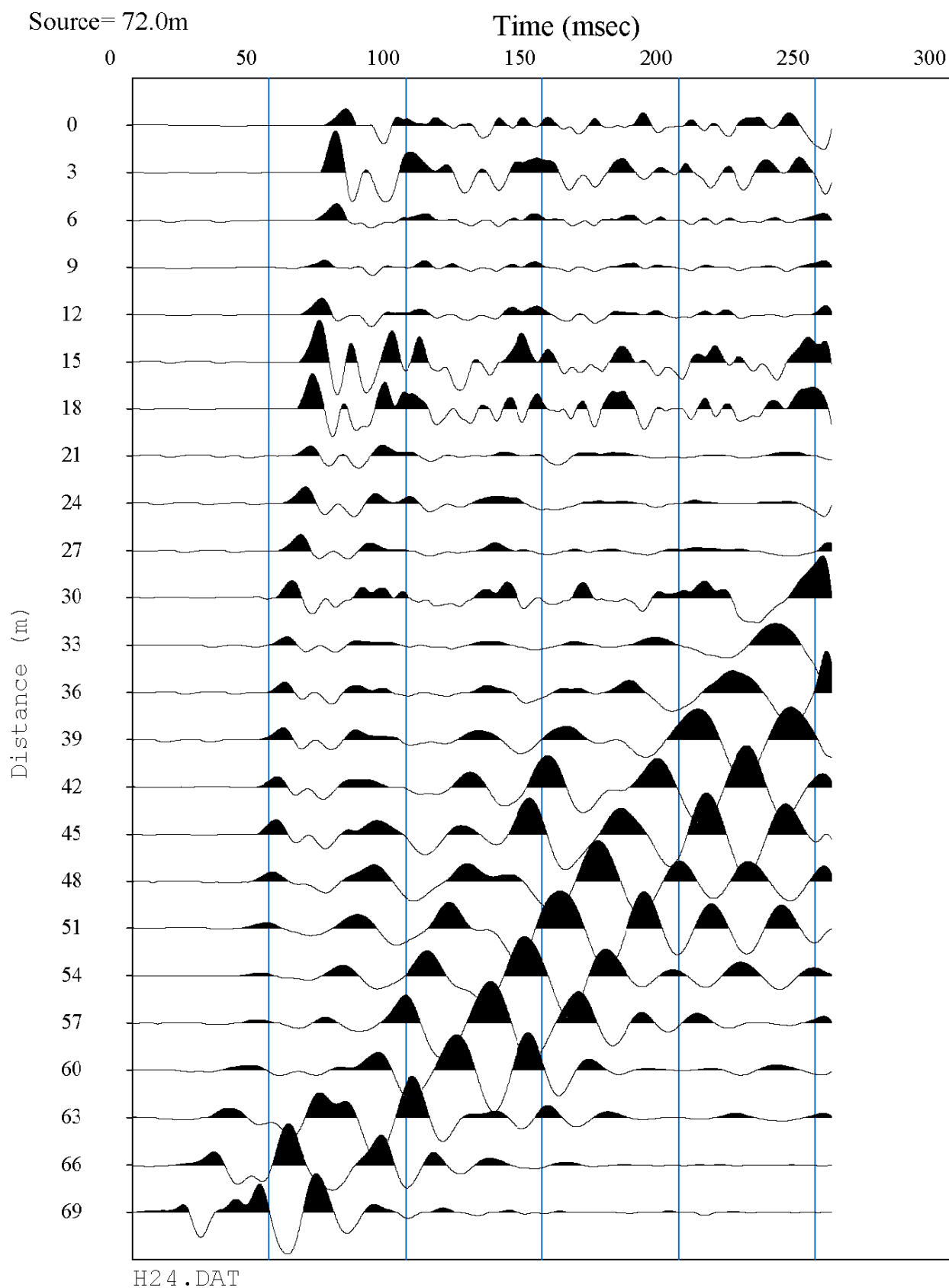


Figura 22: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "H"



**Figura 23: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "H"**



9 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "H"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 3,00 dal geofono nr. 24 in posizione di sparo estremo destro alla base sismica.

L'energia necessaria è stata prodotta mediante l'utilizzo di un energizzatore per sismica, classificato dal Ministero dell'Interno come "strumento di lavoro", è costituito da un corpo cilindrico di forma tubolare in acciaio inox con una sezione anteriore svitabile, denominata camera di cartuccia, predisposta per contenere una cartuccia di tipo industriale calibro 8.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformatrice del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 25: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "H"

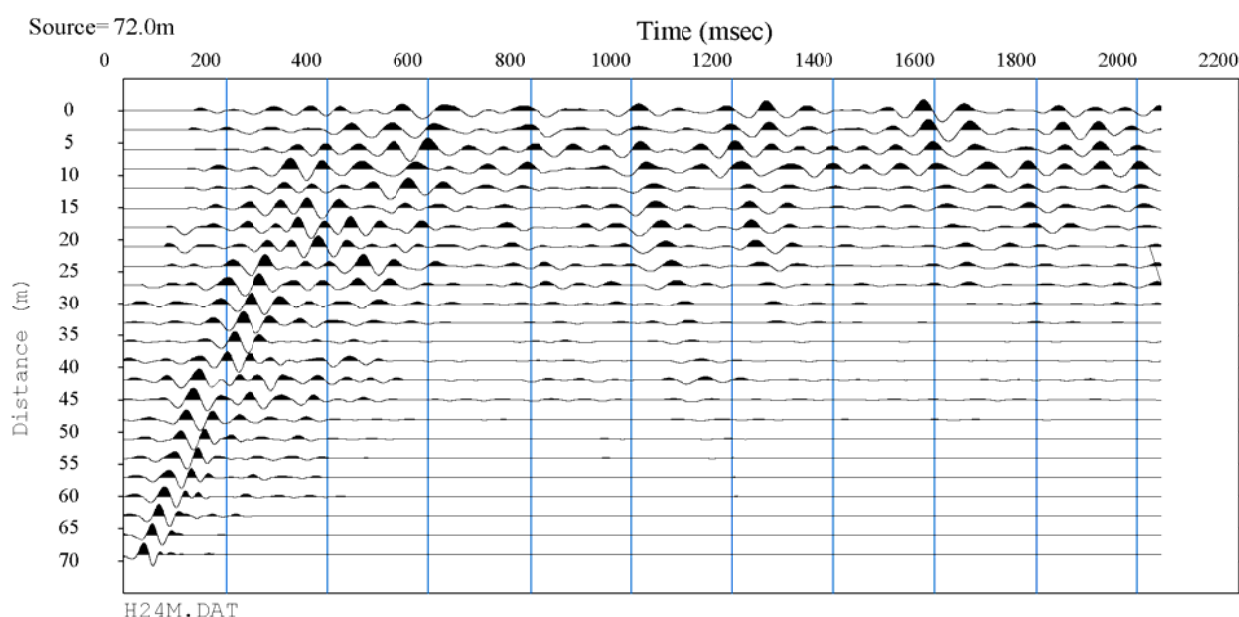


Figura 26: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "H"

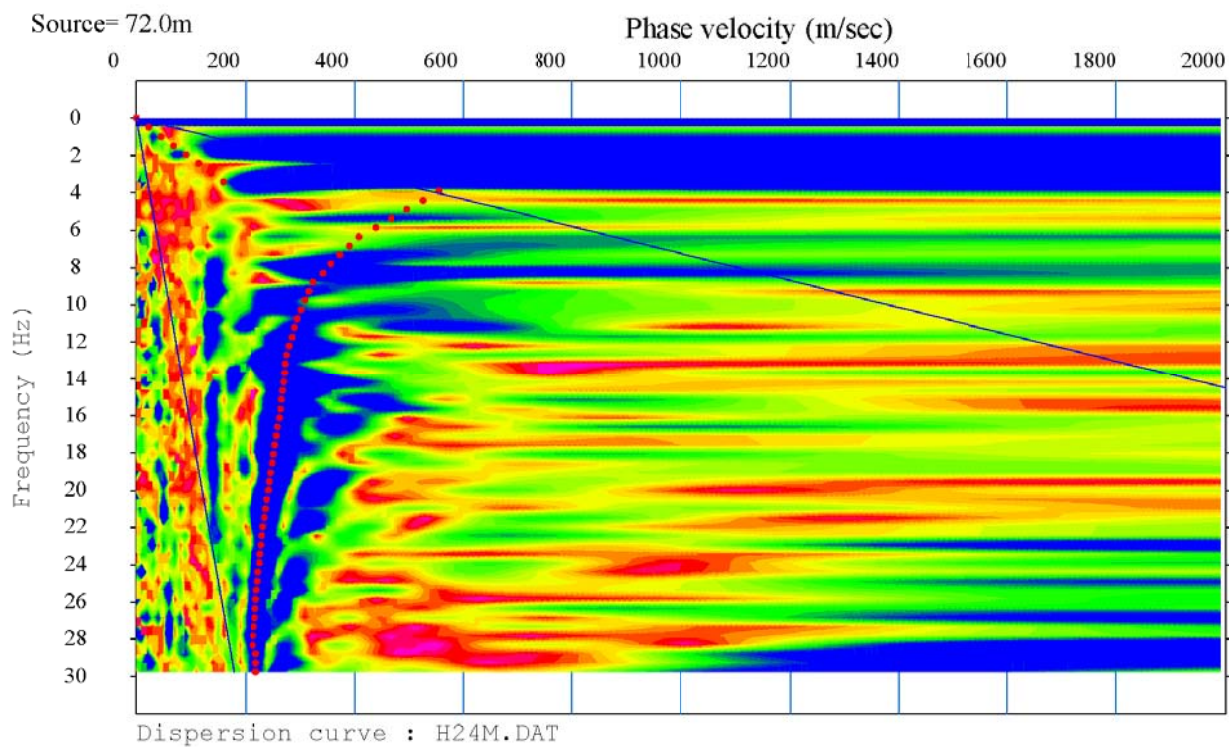


Figura 27: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "H"

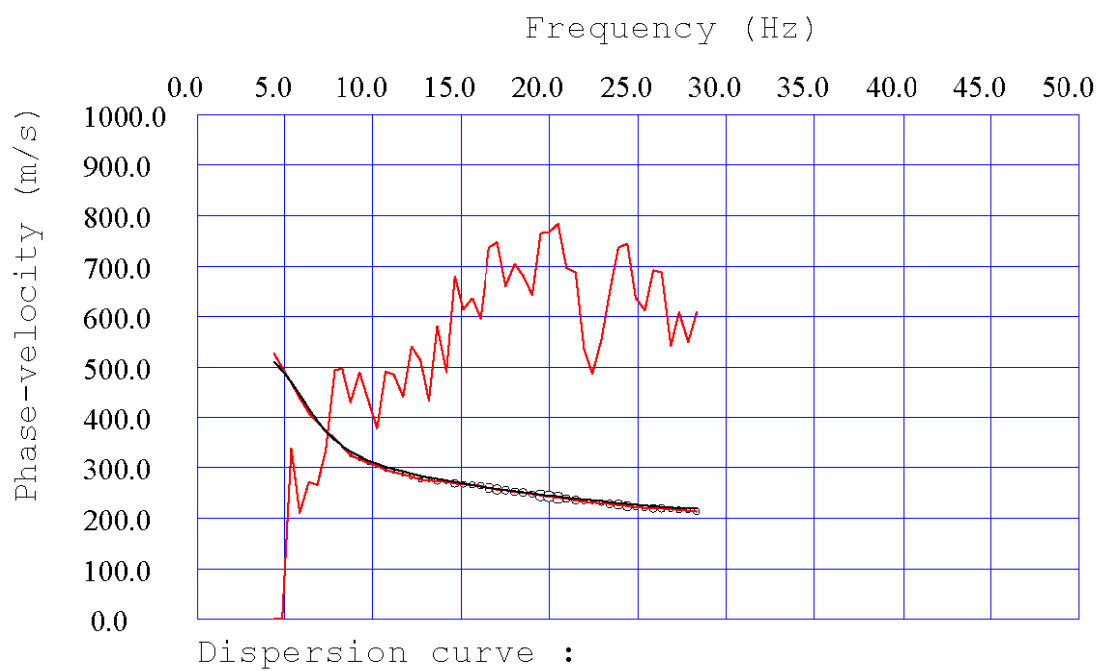
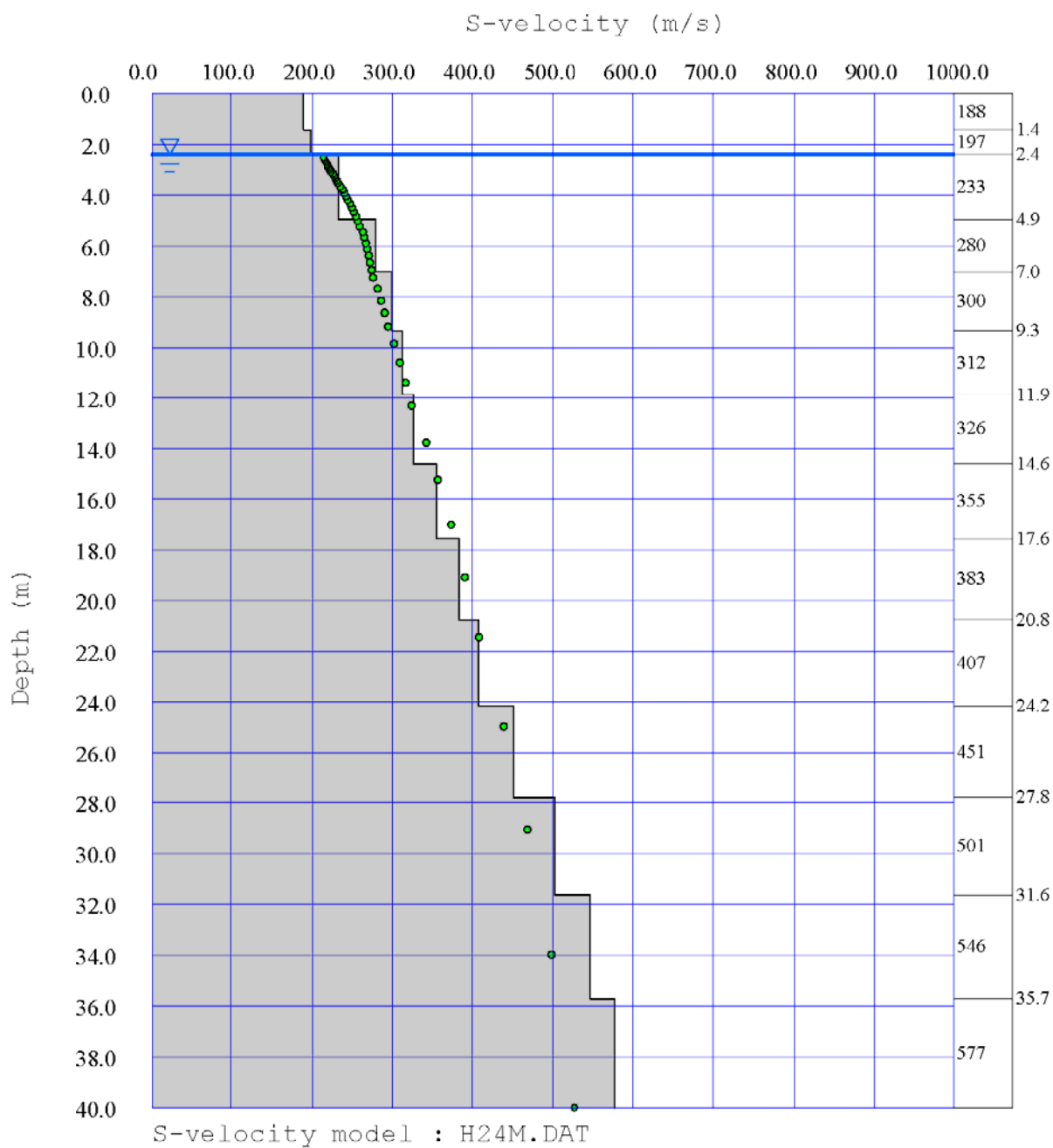


Figura 28: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "H"



10 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "H"

- ONDE Vp

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 221 m/sec, 1395 m/sec e 1871 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alle sezioni riportate in fig. 24.

- ONDE Vs

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 40,00 ml. dal piano campagna.

Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde Vp e Vs ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m³]
h1	-1,43	1,43	188	462	13,987
h2	-2,40	0,97	197	473	14,028
h3	-4,95	2,55	233	1578	17,776
h4	-7,03	2,08	280	1610	17,876
h5	-9,34	2,31	300	1633	17,948
h6	-11,87	2,53	313	1662	18,036
h7	-14,62	2,75	327	1690	18,122
h8	-17,58	2,96	356	1728	18,239
h9	-20,77	3,19	384	1759	18,332
h10	-24,18	3,41	408	1780	18,395
h11	-27,80	3,62	451	1817	18,504
h12	-31,65	3,85	501	1852	18,609
h13	-35,71	4,06	547	1875	18,677
h14	-48,57	12,86	578	1875	18,677

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.575810%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=32.254282 m/s (11.386415%)	Iteration=1 RMS=26.017757 m/s (9.117412%)
Iteration=2 RMS=21.013925 m/s (7.301346%)	Iteration=3 RMS=17.012557 m/s (5.851977%)
Iteration=4 RMS=13.815708 m/s (4.691582%)	Iteration=5 RMS=11.266240 m/s (3.761451%)
Iteration=6 RMS=9.241316 m/s (3.016906%)	Iteration=7 RMS=7.643568 m/s (2.421120%)
Iteration=8 RMS=6.388335 m/s (1.947288%)	Iteration=9 RMS=5.413694 m/s (1.575810%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-1,43	1,43000	188	0,00760	
h2	-2,40	0,97000	197	0,00492	
h3	-4,95	2,55000	233	0,01093	
h4	-7,03	2,08000	280	0,00742	
h5	-9,34	2,31000	300	0,00770	
h6	-11,87	2,53000	313	0,00809	
h7	-14,62	2,75000	327	0,00842	
h8	-17,58	2,96000	356	0,00832	
h9	-20,77	3,19000	384	0,00831	
h10	-24,18	3,41000	408	0,00836	
h11	-27,80	3,62000	451	0,00802	
h12	-30,00	2,20000	501	0,00439	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,09249
			$V_{s,30}$	324	[m/s]

A Vs. disposizione per ogni chiarimento e/o informazione si porgono distinti saluti.

Vignola, 25/11/2008

Geo-Xpert Italia snc
(Dott. Geol. Giorgio Masotti)

