



Convenzione n°5 del 03 Aprile 2019
tra il Libero Consorzio Comunale di
Trapani e L'Ufficio Speciale per la
Progettazione



REGIONE SICILIANA
PRESIDENZA

LIBERO CONSORZIO
COMUNALE DI TRAPANI

VISTI ED APPROVAZIONI

Libero Consorzio Comunale di Trapani
5° Settore "Ufficio Tecnico, Viabilità ed
Infrastrutture Stradali - Edilizia scolastica
e Patrimoniale - Protezione Civile"

Visto si convalida e si esprime parere
favorevole all'approvazione tecnica
n°13247 del 14/04/2020

IL RUP
ing. Patrizia Murana

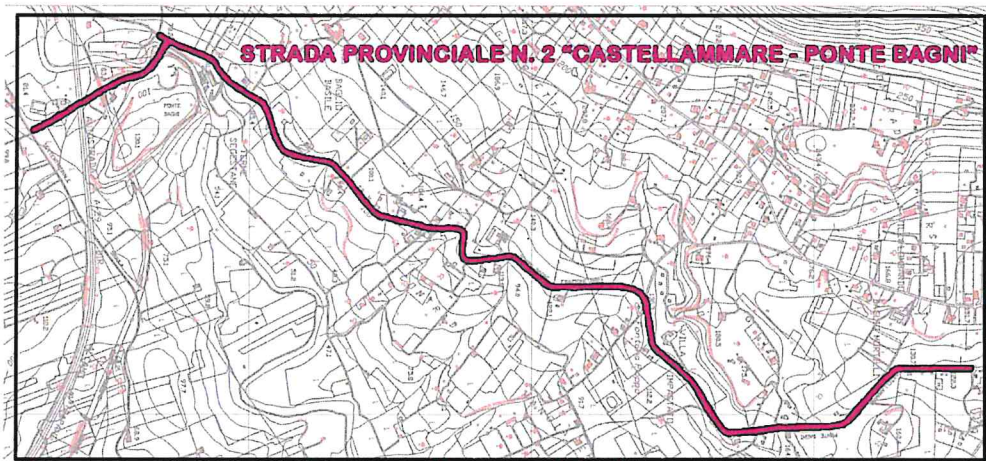
PROGETTO ESECUTIVO

Progetto per i lavori di manutenzione straordinaria
della SP n. 2 "Castellammare – Ponte Bagni" per
il risanamento del corpo stradale in tratti saltuari

CUP: ~~H27H08000033000~~

CIG : 8443936C69

CUP: H27H1900277002



Palermo, li

2.2 INDAGINE GEOFISICA SISMICA O RIFRAZIONE

REVISIONE	DATA	SCALA
01	24/09/2019	

Progettisti:

Arch. Lorenzo La Mantia

Geom. Salvatore Chiommino

Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione

Geom. Francesco Pio Sunseri

Collaboratore amministrativo al progetto

Sig. Salvatore Mannino



Visto

Il Dirigente dell'Ufficio Speciale
per la progettazione
Ing. Leonardo Santoro

OGGETTO

LAVORI DI INDAGINE GEOGNOSTICA PER I LAVORI DI COSTRUZIONE, RISTRUTTURAZIONE, DI
MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA, DI AMMODERNAMENTO DELLA RETE VIARIA E DEGLI
IMMOBILI PROVINCIALI ED INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA E RIQUALIFICAZIONE
AMBIENTALE DEL TERRITORIO. PERIZIA INDAGINI ANNO 2009 – PONTE BAGNI.

COMMITTENTE

DITTA RINOLDO ANTONIO

DITTA ESECUTRICE DELLE INDAGINI

GEO3 S.A.S.

TECNICO GEOLOGO

DOTT. GEOL. ANTONIO MENDOLIA

INDAGINE GEOFISICA DI **SISMICA A RIFRAZIONE**

IL CONSULENTE GEOLOGO
DR. ANTONIO MENDOLIA



INDICE

1. Premessa	2
2. Metodologia sismica a rifrazione	3
3. Strumentazione utilizzata	4
4. Interpretazione dei risultati ottenuti	5
4.1. Analisi dei profili sismici	5
4.2. Determinazione indiretta delle caratteristiche fisico-tecniche del substrato	6
5. Considerazioni conclusive	9

ALLEGATI

- *DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA;*
- *MODELLI INTERPRETATIVI (SEZIONI SISMICHE) CORREDATE DALLE DROMOCRONE;*
- *UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE SU STRALCIO PLANIMETRICO FUORI SCALA.*

1. PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Geol. Antonio Mendolia (n° 2411 – Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia) ha ricevuto l'incarico da parte del committente, DITTA RINOLDO ANTONIO, di eseguire una campagna di indagini geofisiche di sismica a rifrazione a supporto dello studio geologico per i "LAVORI DI INDAGINE GEOGNOSTICA PER I LAVORI DI COSTRUZIONE, RISTRUTTURAZIONE, DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA, DI AMMODERNAMENTO DELLA RETE VIARIA E DEGLI IMMOBILI PROVINCIALI ED INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA E RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DEL TERRITORIO. PERIZIA INDAGINI ANNO 2009 – PONTE BAGNI".

Le considerazioni che vengono riportate di seguito sono il risultato delle indagini di sismica a rifrazione effettuate, della verifica e del rilevamento dei litotipi affioranti nell'area in esame ed in una porzione significativamente estesa al contorno.

La campagna di indagine ha previsto l'esecuzione di n° 03 stendimento di sismica a rifrazione denominati T1, T2 ed T3 di lunghezza pari a 36 m ciascuno, con interdistanza tra i geofoni ed offset pari a 3 m. Le profondità medie di indagine si spingono sino ad un massimo di 10 m.

Ai fini dell'interpretazione dei dati mediante la metodologia *G.R.M.* è stato necessario realizzare almeno n° 3 energizzazioni (o "scoppi") di cui due esterne ed una interna allo stendimento sismico.

La presente metodologia ha permesso di evidenziare semiquantitativamente le geometrie del substrato identificando discontinuità presenti e legate a probabili variazioni litologiche. Dalle tracce sismiche ottenute, riportate nella presente relazione, sono state estrapolate le velocità delle onde longitudinali (onde P), i cui tempi di arrivo ai vari geofoni sono stati riportati in un grafico che consente di ricavare una correlazione spazio – tempo (*dromocrone*).

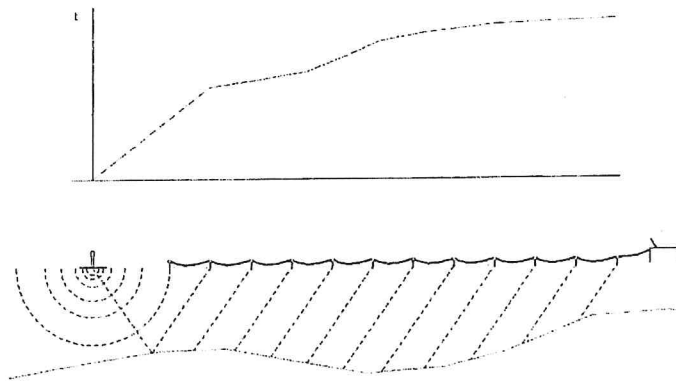
Attraverso l'utilizzo di geofoni orizzontali è stata effettuata la verifica ed il riconoscimento delle onde trasversali (S) e, tramite relazioni matematiche che legano la velocità di propagazione delle onde meccaniche in un mezzo ed il modulo di Poisson, si è ricavato il modulo di elasticità (modulo di Young). Inoltre,

l'indagine geosismica ha permesso di caratterizzare i litotipi investigati anche dal punto di vista geomeccanico.

2. METODOLOGIA SISMICA A RIFRAZIONE

Le indagini geosismiche sono state realizzate avvalendosi del metodo sismico a rifrazione che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e trasversali (onde S) nel sottosuolo.

Tali onde vengono generate, e si propagano nel terreno, ogniqualvolta quest'ultimo venga sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale sia artificiale.



Nel caso in esame sono stati creati artificialmente degli impulsi mediante l'utilizzo di una massa battente. Quando il suolo viene "energizzato" artificialmente si propagano in esso diversi tipi di onde sismiche, da quelle superficiali di maggiore ampiezza, a quelle più veloci longitudinali (onde P) ed ancora a quelle trasversali (onde S). Per i nostri scopi, sono state utilizzate principalmente le onde P, mentre le onde S sono state ricavate da geofoni orizzontali posti lungo degli stendimenti campione che hanno così permesso di ricavare il modulo di elasticità (modulo di *Young*) ed il modulo di *Poisson*.

Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla composizione litologica di massa dei terreni con indicazione dei relativi spessori. Un limite, invece, è costituito dal fenomeno di mascheramento dovuto all'impossibilità di rivelare strati a bassa velocità sottostanti a strati con velocità più elevate o, ancora, di riconoscere livelli stratigrafici di spessore esiguo.

La presenza di uno strato a bassa velocità, o di eventuali cavità, introduce errori nella valutazione della profondità dei rifrattori più profondi. Tali errori possono essere corretti mediante punti di taratura ricavati tramite sondaggi geognostici o con altre tipologie di indagini dirette.

3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è costituita da:

- sismografo Pasi LCM - 12 canali che permette la rappresentazione degli impulsi sismici su monitor consentendo una prima operazione di filtraggio e taratura dei dati in sito; i segnali sismici ottenuti vengono registrati simultaneamente sul disco fisso dello strumento. Inoltre, lo strumento è dotato di sistema di controllo analogico/digitale dei guadagni con funzione di sommatoria dei segnali sismici che consente di ottimizzare il rapporto segnale-rumore;
- geofoni 14 Hz del tipo elettromagnetico a bobina mobile (con relativo cavo di collegamento a 12 connettori) che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti delle onde sismiche all'interno del terreno;
- geofoni orizzontali 14 Hz del tipo elettromagnetico a bobina mobile.

L' "energizzazione" del terreno è realizzata mediante massa battente del peso di 8 kg su apposita piastra metallica opportunamente collocata sul terreno.

4. INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

L'analisi dei sismogrammi e la successiva rappresentazione grafica dei primi arrivi (onde P) registrati dai geofoni (dromocrone), hanno permesso di interpretare i dati ottenuti grazie all'ausilio del software PASI Intersism, unitamente all'utilizzo del software Cosentino – Fradella. Nello specifico, il software si rifà al metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) che consente di determinare la profondità e le irregolarità dell'interfaccia dei rifrattori.

Per i profili sismici eseguiti è stato dedotto un modello interpretativo a due strati che ha permesso di correlare le velocità ottenute per le varie unità sismiche con i terreni affioranti nell'area sede di indagine.

4.1 Analisi dei profili sismici

Stendimento T1

Dall'interpretazione del profilo è stato possibile riconoscere la presenza di due unità sismiche rappresentate in successione da:

- una prima unità sismica superficiale è riconducibile ad un aerato superficiale/terreno agrario di scarsa consistenza con spessore medio di circa 2 m e con velocità media delle onde primarie pari 167.8 m/sec;
- la seconda unità sismica è riconducibile ad un litotipo argilloso di media consistenza con velocità di propagazione delle onde primarie pari a 819.1 m/sec.

Stendimento T2

Si riconosce la presenza di due unità sismiche rappresentate in successione da:

- una prima unità sismica superficiale è riconducibile ad un aerato superficiale/terreno agrario di scarsa consistenza con spessore medio di circa 2 m e con velocità media delle onde primarie pari 186.9 m/sec;

- la seconda unità sismica è riconducibile ad un litotipo argilloso di medio - alta consistenza con velocità di propagazione delle onde primarie pari a 1262.3 m/sec.

Stendimento T3

Dall'interpretazione del profilo è stato possibile riconoscere la presenza di due unità sismiche rappresentate in successione da:

- una prima unità sismica superficiale è riconducibile ad un aerato superficiale/terreno agrario di scarsa consistenza con spessore medio di circa 1.80 m e con velocità media delle onde primarie pari 163.9 m/sec;
- la seconda unità sismica è riconducibile ad un litotipo argilloso di media consistenza con velocità di propagazione delle onde primarie pari a 770.5 m/sec.

4.2 Determinazione indiretta delle caratteristiche fisico-tecniche del substrato

Dalla determinazione dei valori medi, desunto dal profilo sismico realizzato nella presente campagna di indagine, delle velocità delle onde primarie P, dalla identificazione delle onde secondarie S (queste ultime ottenute attraverso l'apposizione di più geofoni orizzontali posti su dei profili sismici campione), è possibile ricavare il modulo di Poisson (σ) e da quest'ultimo, unitamente al valore di densità γ , definire il modulo di elasticità E (modulo di Young).
Ciò attraverso la seguente relazione:

$$E = V_p^2 * \gamma * [(1+\sigma) * (1-2\sigma)/(1-\sigma)]$$

considerando che:

$$\sigma = \frac{1/2 (R^2) - 1}{(R^2-1)}$$

$$\text{con } R = V_p/V_s$$

Nel caso in questione, i valori di velocità ottenuti dai profili relativi alla velocità delle onde P ed S hanno permesso di ricavare il modulo σ e, quindi, i valori di E per gli strati riscontrati.

Di seguito sono riportati i parametri ottenuti con il software di calcolo.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

TERME SEGESTANE T1

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	S1 1.dat
19.50	0.00	S1 2.dat
39.00	0.00	S1 3.dat

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 19.5 [ms]	FBP da 39 [ms]
1	3.00	0.00	19.00	48.00	68.00
2	6.00	0.00	28.80	44.60	64.50
3	9.00	0.00	35.00	38.00	64.00
4	12.00	0.00	41.80	35.00	61.30
5	15.00	0.00	45.50	26.00	61.00
6	18.00	0.00	48.00	16.00	57.70
7	21.00	0.00	54.60	9.50	53.50
8	24.00	0.00	55.20	25.50	50.00
9	27.00	0.00	59.00	33.50	45.50
10	30.00	0.00	60.80	39.00	40.00
11	33.00	0.00	63.00	43.00	35.20
12	36.00	0.00	66.00	48.00	22.30

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	1.9
2	1.9
3	2.1
4	2.5
5	2.4
6	2.7
7	2.9
8	2.4
9	2.5
10	2.4
11	2.2
12	2.3

VELOCITA' DEGLI STRATI

N. Strato	Velocità [m/s]
1	167.8
2	819.1

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

POSIZIONE DEGLI SPARI

<i>Ascissa [m]</i>	<i>Quota [m]</i>	<i>Nome File</i>
0.00	0.00	S2_1.dat
19.50	0.00	S2_2.dat
39.00	0.00	S2_3.dat

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

<i>N.</i>	<i>Ascissa [m]</i>	<i>Quota [m]</i>	<i>FBP da 0 [ms]</i>	<i>FBP da 19.5 [ms]</i>	<i>FBP da 39 [ms]</i>
1	3.00	0.00	19.20	41.50	48.00
2	6.00	0.00	29.00	38.50	44.30
3	9.00	0.00	32.00	35.00	44.00
4	12.00	0.00	35.00	31.80	41.80
5	15.00	0.00	38.20	25.50	41.70
6	18.00	0.00	41.50	16.00	38.20
7	21.00	0.00	43.00	14.30	38.00
8	24.00	0.00	45.00	24.00	35.70
9	27.00	0.00	47.00	28.80	32.00
10	30.00	0.00	51.00	32.50	28.80
11	33.00	0.00	51.80	36.00	26.00
12	36.00	0.00	52.00	39.00	21.00

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

<i>N. Geof.</i>	<i>Dist. Rifr. 1 [m]</i>
1	2.0
2	1.9
3	2.1
4	2.1
5	2.1
6	2.4
7	2.5
8	2.3
9	2.3
10	2.3
11	2.3
12	2.2

VELOCITA' DEGLI STRATI

<i>N. Strato</i>	<i>Velocità [m/s]</i>
1	186.9
2	1262.3

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

TERME SEGESTANE T3

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	S3 1.dat
19.50	0.00	S3 2.dat
39.00	0.00	S3 3.dat

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 19.5 [ms]	FBP da 39 [ms]
1	3.00	0.00	18.50	51.00	60.80
2	6.00	0.00	32.00	45.00	57.40
3	9.00	0.00	35.00	38.50	54.40
4	12.00	0.00	38.00	35.00	54.20
5	15.00	0.00	41.50	28.50	52.60
6	18.00	0.00	47.50	19.00	50.20
7	21.00	0.00	53.00	13.00	48.80
8	24.00	0.00	56.00	31.00	45.60
9	27.00	0.00	59.00	37.00	39.80
10	30.00	0.00	72.00	42.00	35.00
11	33.00	0.00	75.00	44.50	33.00
12	36.00	0.00	80.00	52.00	19.40

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	1.3
2	1.3
3	1.1
4	1.2
5	1.2
6	1.8
7	2.2
8	2.2
9	2.1
10	2.5
11	2.5
12	2.8

VELOCITA' DEGLI STRATI

N. Strato	Velocità [m/s]
1	163.9
2	770.5

MODULI ELASTICI T1

STRATO 1

VELOC. LONG.	(km/s)	L=	.167
VELOC. TRASV.	(km/s)	T=	.046
MOD. POISSON		P=	.459
DENSITA'	(g/cm3)	D=	1.8
MOD. YOUNG	(kg/cm2)	E=	113.
MOD. BULK	(kg/cm2)	K=	460
MOD. RIGIDITA'	(kg/cm2)	R=	39

STRATO 2

VELOC. LONG.	(km/s)	L=	.819
VELOC. TRASV.	(km/s)	T=	.245
MOD. POISSON		P=	.451
DENSITA'	(g/cm3)	D=	1.9
MOD. YOUNG	(kg/cm2)	E=	3375
MOD. BULK	(kg/cm2)	K=	11445
MOD. RIGIDITA'	(kg/cm2)	R=	1163

MODULI ELASTICI T2

STRATO 1

VELOC. LONG.	(km/s)	L=	.186
VELOC. TRASV.	(km/s)	T=	.052
MOD. POISSON		P=	.458
DENSITA'	(g/cm3)	D=	1.8
MOD. YOUNG	(kg/cm2)	E=	145
MOD. BULK	(kg/cm2)	K=	569
MOD. RIGIDITA'	(kg/cm2)	R=	50

STRATO 2

VELOC. LONG.	(km/s)	L=	1.262
VELOC. TRASV.	(km/s)	T=	.378
MOD. POISSON		P=	.451
DENSITA'	(g/cm3)	D=	1.9
MOD. YOUNG	(kg/cm2)	E=	8032
MOD. BULK	(kg/cm2)	K=	27166
MOD. RIGIDITA'	(kg/cm2)	R=	2768

MODULI ELASTICI T3

STRATO 1

VELOC. LONG.	(km/s)	L=	.163
VELOC. TRASV.	(km/s)	T=	.045
MOD. POISSON		P=	.459
DENSITA'	(g/cm3)	D=	1.9
MOD. YOUNG	(kg/cm2)	E=	114
MOD. BULK	(kg/cm2)	K=	462
MOD. RIGIDITA'	(kg/cm2)	R=	39

STRATO 2

VELOC. LONG.	(km/s)	L=	.77
VELOC. TRASV.	(km/s)	T=	.238
MOD. POISSON		P=	.447
DENSITA'	(g/cm3)	D=	1.9
MOD. YOUNG	(kg/cm2)	E=	3176
MOD. BULK	(kg/cm2)	K=	10024
MOD. RIGIDITA'	(kg/cm2)	R=	1097

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La campagna di indagine ha previsto l'esecuzione di n° 03 stendimenti di sismica a rifrazione denominato T1, T2 ed T3 di lunghezza pari a 36m ciascuno, con interdistanza tra i geofoni ed offset pari a 3m. Le profondità medie di indagine si spingono sino ad un massimo di 10 m.

Ai fini dell'interpretazione dei dati mediante la metodologia *G.R.M.* è stato necessario realizzare almeno n° 3 energizzazioni (o "scoppi") di cui 2 esterni e 1 interno allo stendimento sismico.

La sintesi dei profili sismici T1, T2 ed T3 realizzati, ha reso possibile la restituzione della successione stratigrafica dei siti caratterizzandoli nelle seguenti unità sismiche:

- una prima unità sismica superficiale, riconducibile ad un aerato superficiale/terreno agrario di scarsa consistenza;
- una seconda unità sismica, riconducibile ad un litotipo argilloso di medio - buona consistenza.

L'interpretazione complessiva è anche il risultato di un'attenta ricognizione geologica superficiale che ha permesso di correlare le velocità riscontrate per le unità sismiche con i terreni affioranti.

Inoltre, l'elaborazione degli arrivi delle onde P e onde S ha permesso di ricavare i valori del modulo di Poisson (σ) e del modulo di Young (E) relativi agli strati individuati:

Profilo sismico T1

$$\sigma_1 = 0.459 \quad E_1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 113$$

$$\sigma_2 = 0.451 \quad E_2 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 3375$$

Profilo sismico T2

$$\sigma_1 = 0.458 \quad E_1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 145$$

$$\sigma_2 = 0.451 \quad E_2 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 8032$$

Profilo sismico T3

$$\sigma_1 = 0.459$$

$$E_1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 114$$

$$\sigma_2 = 0.447$$

$$E_2 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 3176$$

Gibellina, GENNAIO 2010

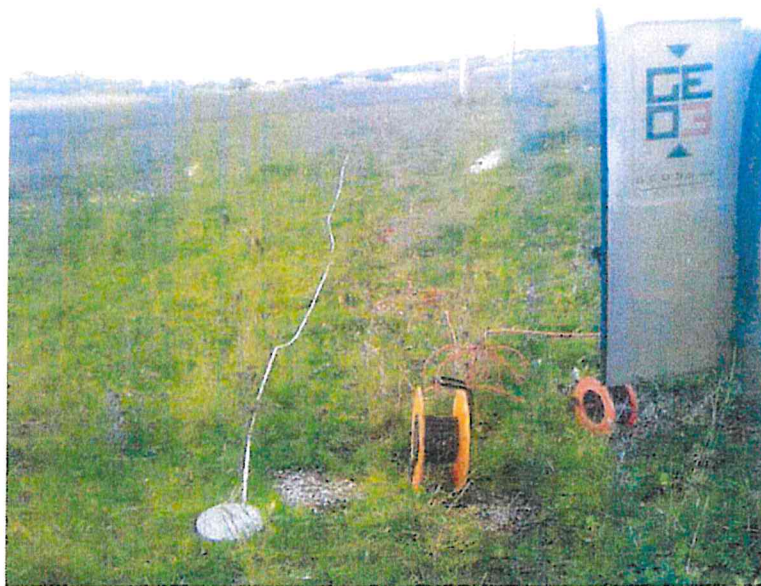
Il tecnico

DOTT. GEOL. ANTONIO MENDOLIA

ALLEGATI

- *DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA;*
- *MODELLI INTERPRETATIVI (SEZIONI SISMICHE) CORREDATE DALLE DROMOCRONE;*
- *UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE SU STRALCIO PLANIMETRICO FUORI SCALA.*

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Stendimento T1



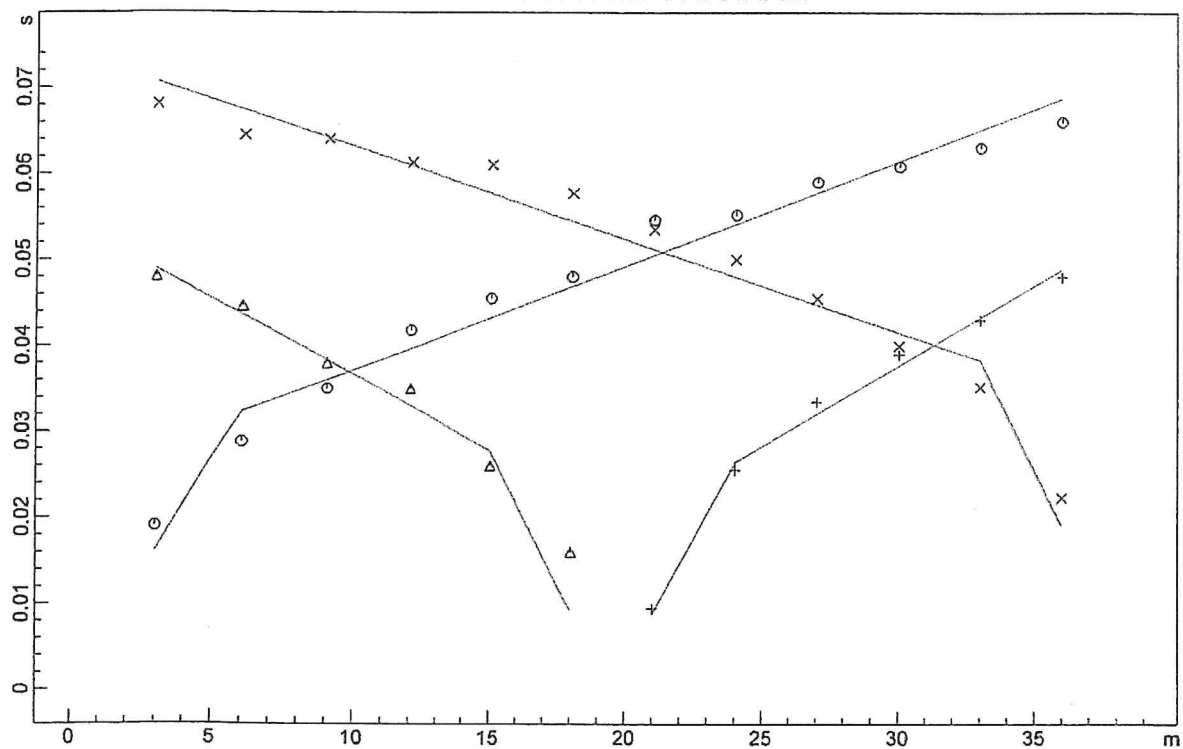
Stendimento T2



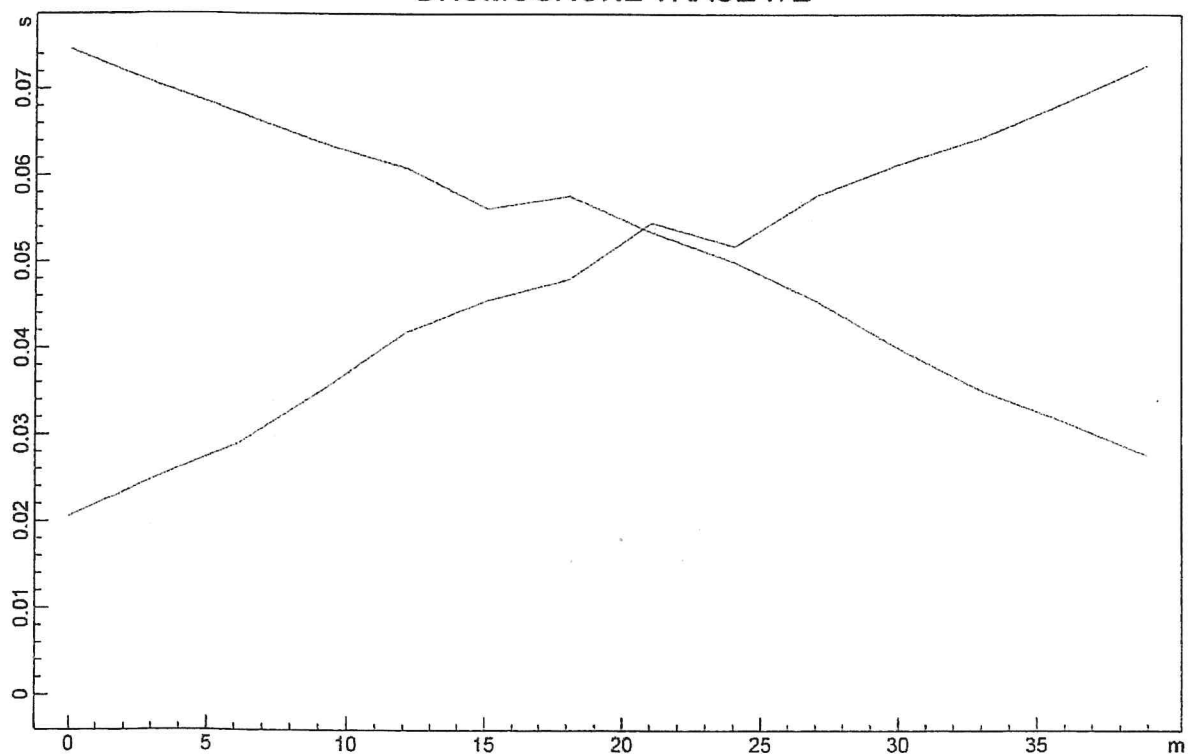
Stendimento T3

TERME SEGESTANE - T1

DROMOCRONE ORIGINALI

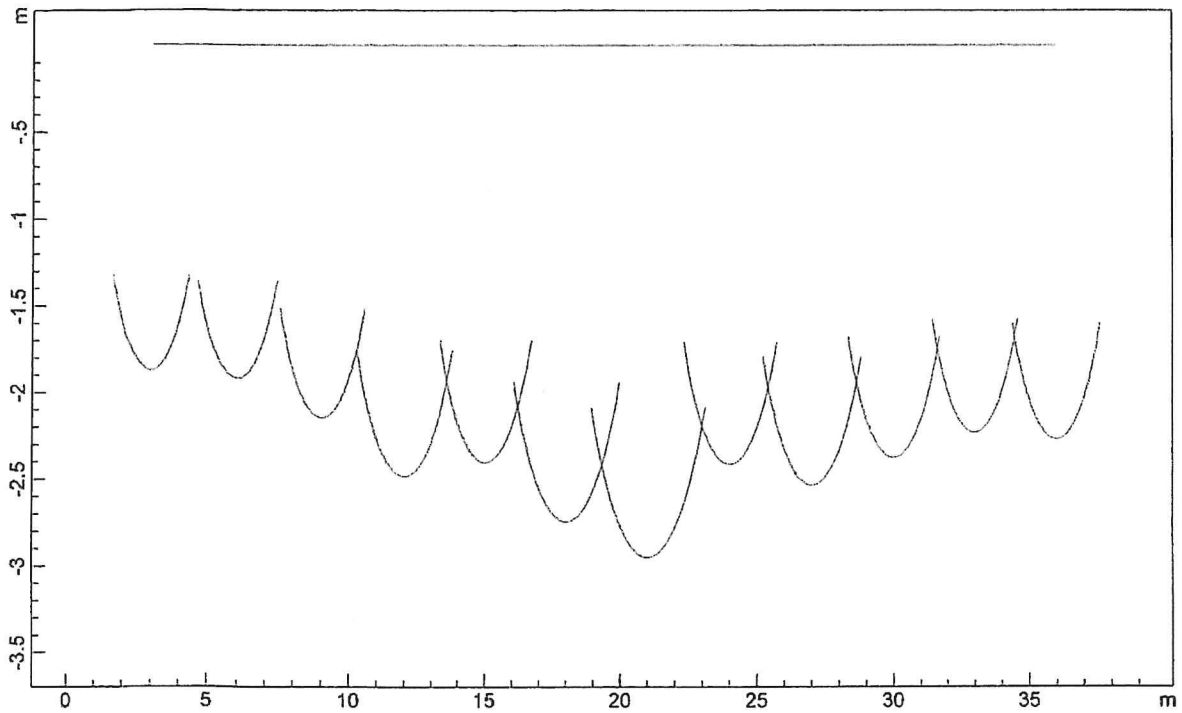


DROMOCRONE TRASLATE

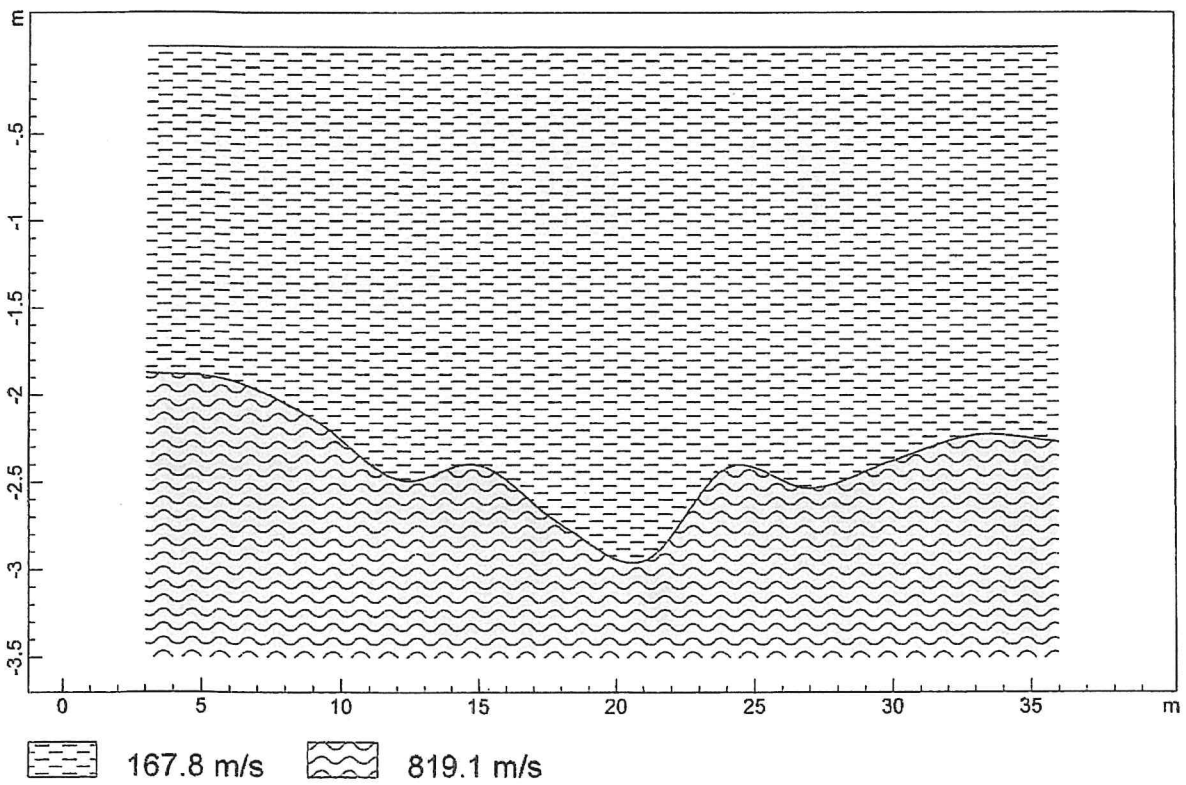


TERME SEGESTANE - T1

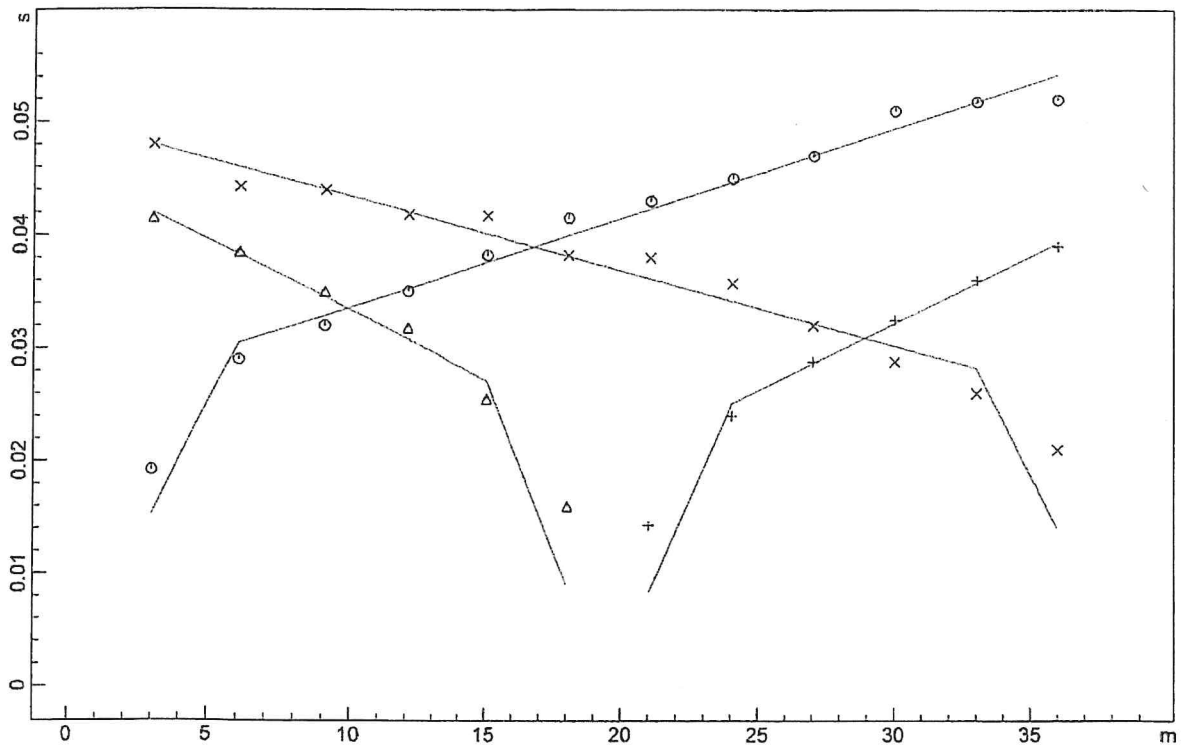
PROFONDITA' RIFRATTORI



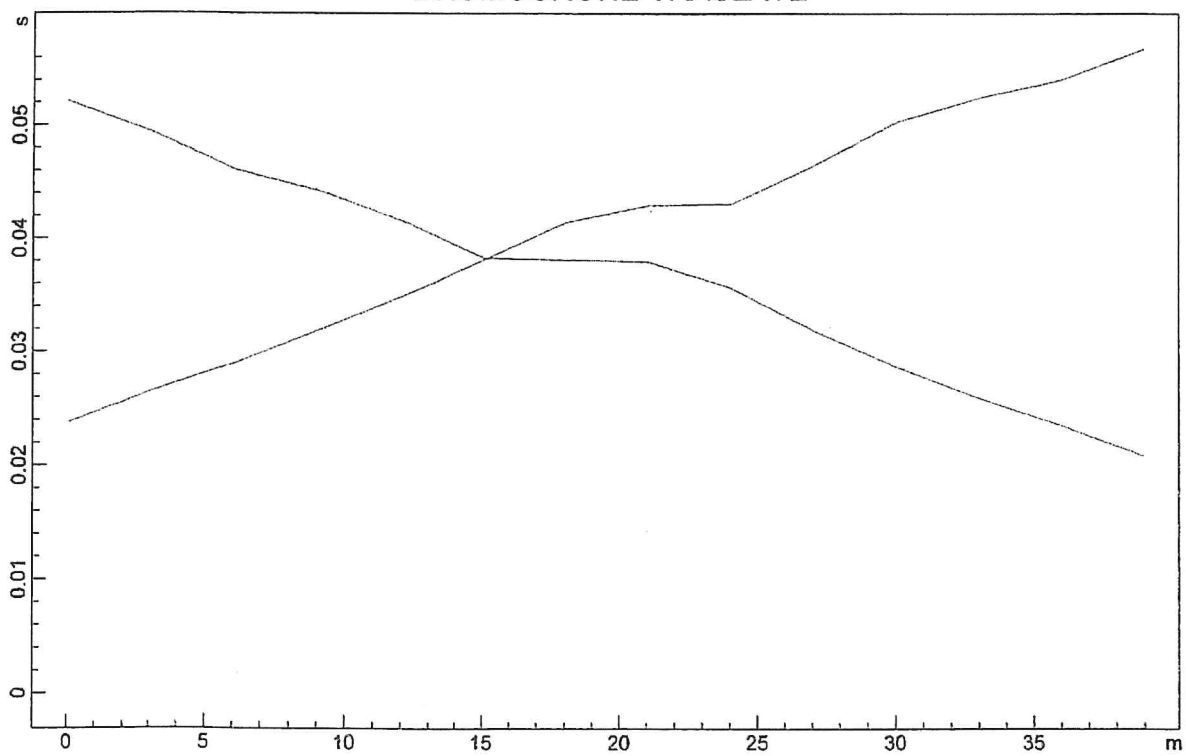
SEZIONE VERTICALE



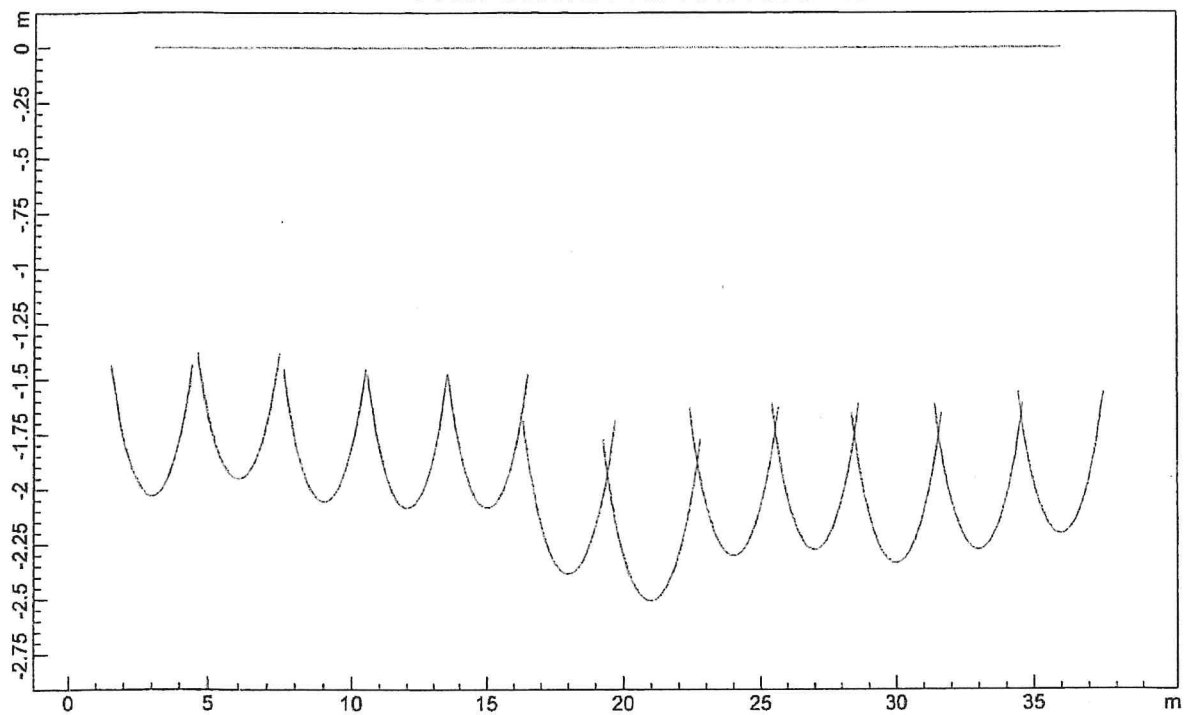
DROMOCRONE ORIGINALI - T2



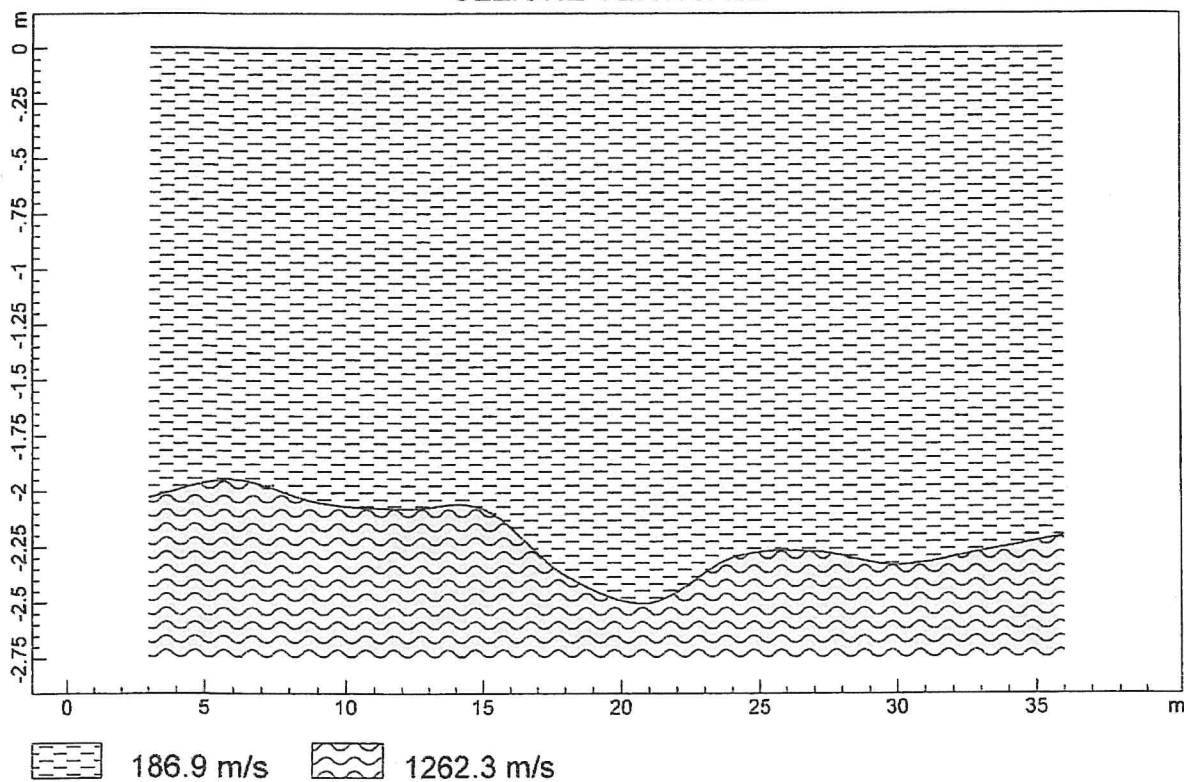
DROMOCRONE TRASLATE



PROFONDITA' RIFRATTORI - T2

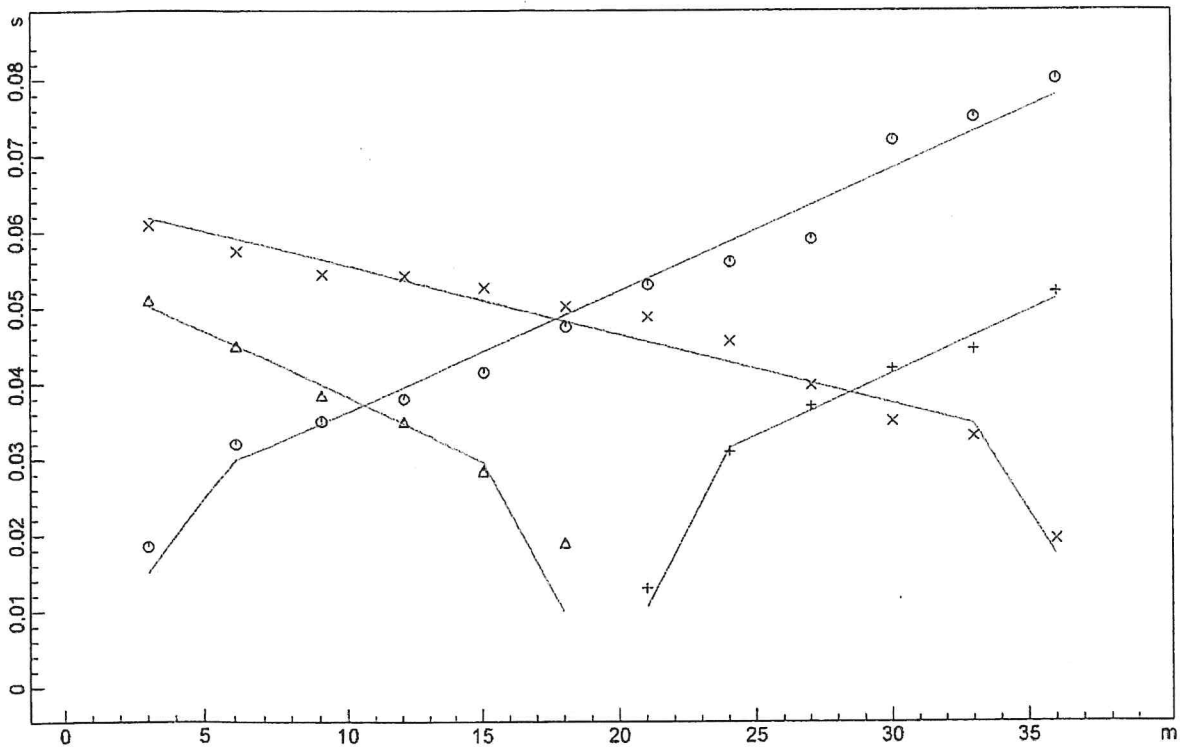


SEZIONE VERTICALE

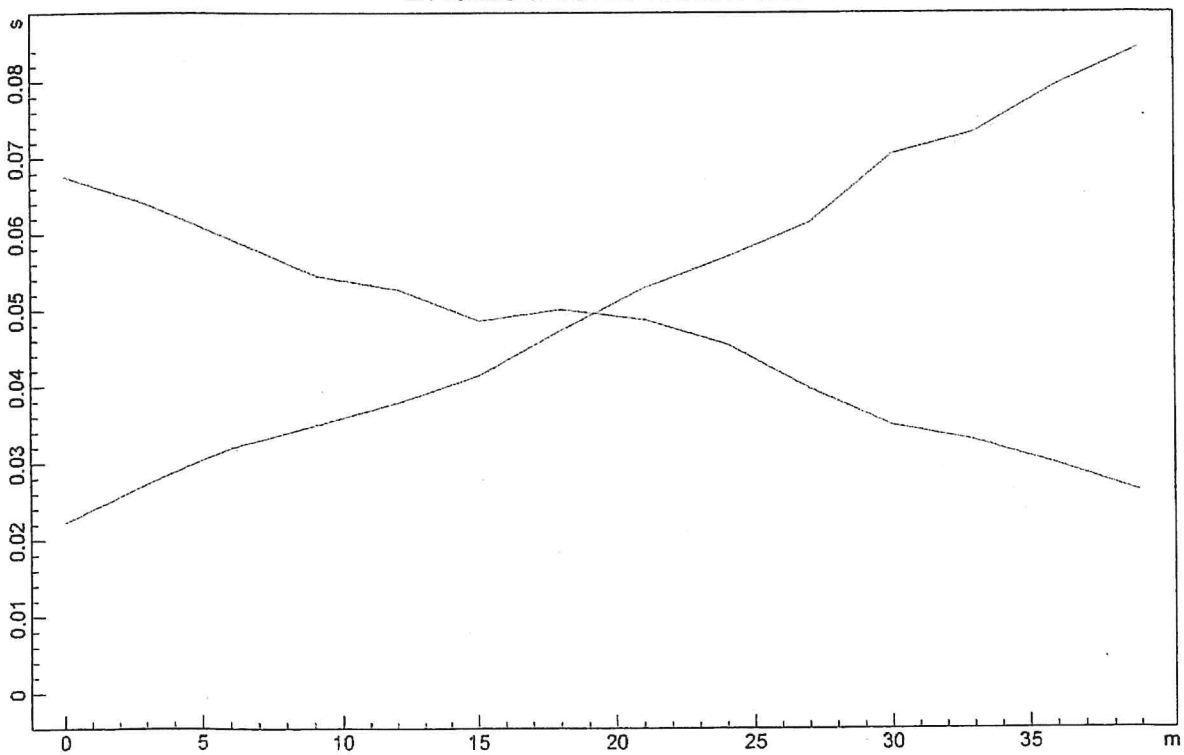


TERME SEGESTANE - T3

DROMOCRONE ORIGINALI

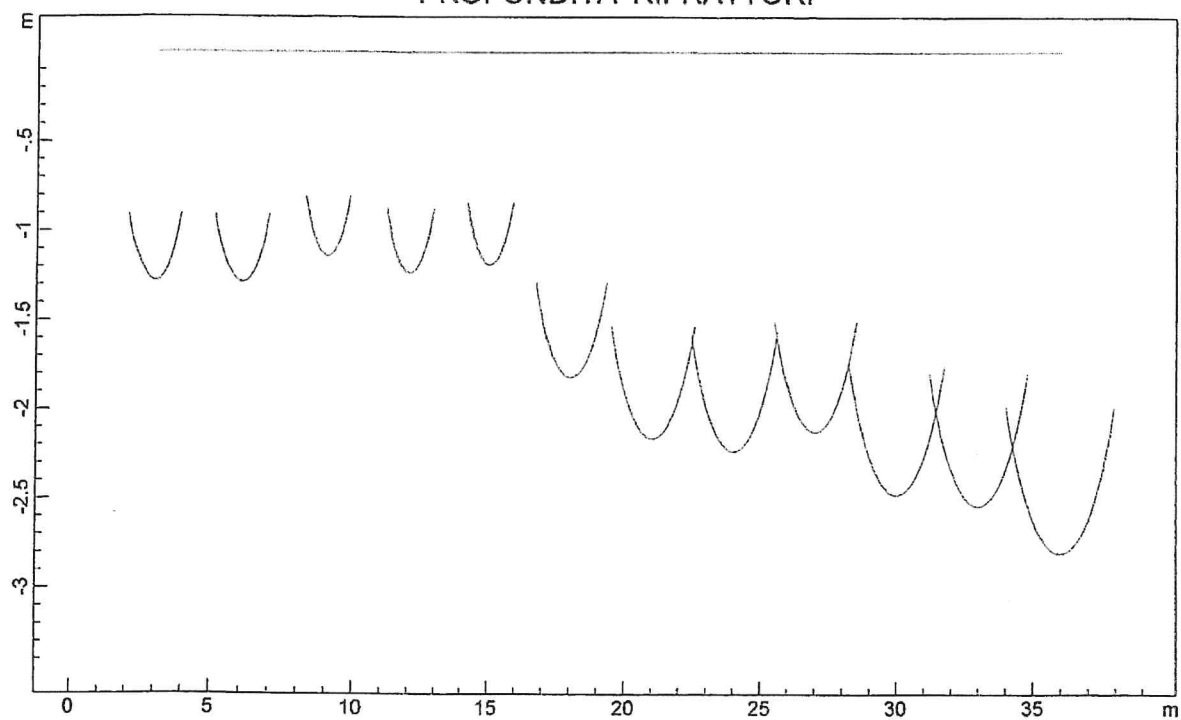


DROMOCRONE TRASLATE

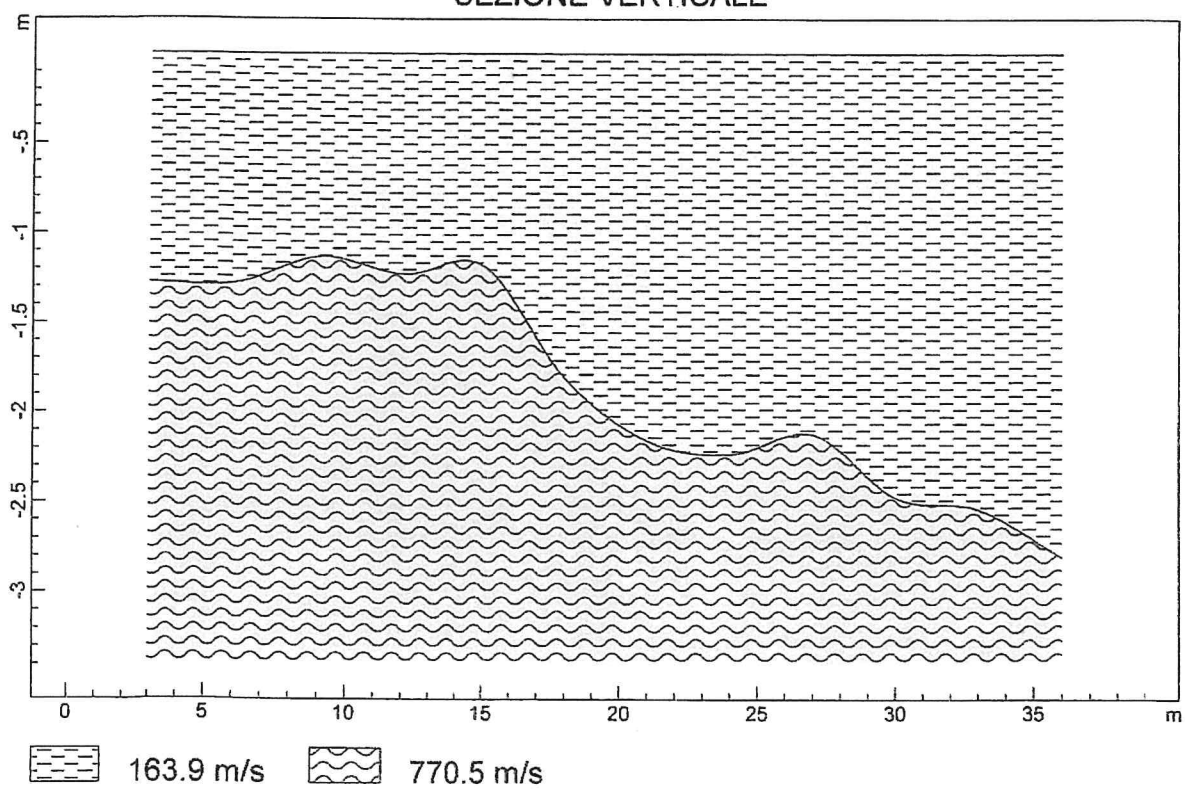


TERME SEGESTANE - T3

PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE VERTICALE



UBICAZIONE INDAGINI
SCALA 1:10.000

