

**Allegato 6.1A**  
**Caratterizzazione geotecnica di massima del sito di**  
**Centrale**



**Caratterizzazione geotecnica di massima dell'area interessata dalla  
costruenda centrale termoelettrica di cogenerazione  
a ciclo combinato in agro del Comune di Pianopoli (CZ)**

Committente:

SONDEL S. p. A.

Il Professionista:

Dott. Geol. Nadia DI MAGRO



30 settembre 2001

## PREMESSA

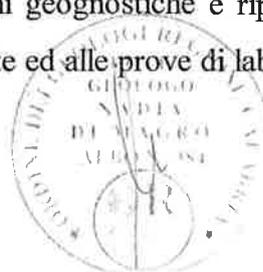
Su incarico della Sondel S.p.A. è stato eseguito uno studio geotecnico di massima finalizzato alla modellizzazione ed alla parametrizzazione geologico-tecnica del sito destinato ad ospitare la costruenda centrale di cogenerazione a ciclo combinato nel Comune di Pianopoli (CZ).

Le ricerche si sono articolate attraverso una fase preliminare di studi, durante la quale è stata eseguita una ricerca bibliografica volta al reperimento presso enti, università e centri di ricerca, di documenti, pubblicazioni ed altro, utili ai fini dello studio. A questa fase ha fatto seguito un puntuale rilievo geologico-tecnico di campagna ed uno studio geomorfologico estesi per una significativa fascia al contorno del sito in esame, che ha condotto alla definizione dei caratteri geologico-stratigrafici di massima dell'area, propedeutici per la programmazione del piano di indagini. Alla luce del modello geologico di superficie, sono state eseguite indagini geognostiche, sia dirette che indirette, attraverso le quali si è pervenuti ad un modello lito-tecnico quantitativo dei terreni di fondazione, utilizzato per esprimere un parere circa la compatibilità degli interventi in progetto, in ottemperanza alle pertinenti normative (D.M. LL.PP. 11/3/1988, Legge n.64 del 2/2/1974, L.R. n.7 del 27/4/98).

Le prove dirette sono consistite nella realizzazione di n.3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, con esecuzione di prove S.P.T. e prelievo di campioni su cui sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio in intervalli stratigrafici di interesse, utili per la definizione delle caratteristiche granulometriche, delle proprietà-indici e dell'angolo d'attrito.

Le prove indirette sono consistite nella realizzazione di n.4 sondaggi sismici a rifrazione, volte alla caratterizzazione sismo-stratigrafica ed alla definizione delle proprietà elasto-dinamiche del sottosuolo investigato. Le indagini sismiche sono state altresì finalizzate allo studio della risposta sismica locale.

Per completezza di lettura, l'ubicazione delle indagini geognostiche è riportata in Fig. 3. Gli elaborati relativi alle prove dirette ed indirette ed alle prove di laboratorio, sotto elencati, sono allegati alla presente relazione,



- Allegato 1 – sondaggi meccanici a caroraggio continuo.
- Allegato 2 – prove geotecniche di laboratorio.
- Allegato 3 – sondaggi sismici a rifrazione.

La presente relazione è composta da n.19 pagine di manoscritto, n.6 figure e n. 3 allegati.



## 1. CARATTERI TOPOGRAFICI, GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI.

Da un punto di vista topografico l'area d'interesse ricade, in riferimento alla nuova cartografia I.G.M. (volo 1990-91), all'interno del IV quadrante, denominato "Pianopoli", (scala 1:50.000) del Foglio n.575 (Fig. 1).

L'area è ubicata in destra orografica della piana fluviale del Fiume Amato, a quote comprese tra 60 m e 66 m s.l.m.

Da un punto di vista geologico (Fig. 2), l'area in esame ricade in un settore di transizione tra i depositi alluvionali del Fiume Amato ed i depositi di conoide di deiezione di un suo tributario in destra orografica (Vallone Maruca), che si dipartono, con la tipica forma a "ventaglio", dal settore di sbocco del tributario nella piana fluviale.

I depositi del Fiume Amato e di conoide costituiscono nel complesso un potente materasso alluvionale (spessore stimato, da dati bibliografici, pari a 40 m circa) che poggia su un substrato pliocenico.

I depositi del materasso alluvionale, d'età olocenica, sono costituiti in prevalenza da ghiaie, sabbie e sabbie limose; i depositi presentano un grado d'addensamento che tende generalmente ad aumentare con la profondità.

I depositi del substrato sono costituiti da argille siltose, marnose e sabbiose fittamente stratificate, ascrivibili al Pliocene. Nel settore settentrionale dell'area di studio i depositi alluvionali sono confinati lateralmente da conglomerati e sabbie pleistoceniche di facies deltizia, ben classati, con grado d'addensamento da medio ad elevato.

Riguardo ai caratteri geomorfologici si è accertato, alla luce di un'analisi aerofotointerpretativa, che il sito in studio non presenta processi erosivi né lineari né areali particolarmente evidenti, considerata tra l'altro l'elevata permeabilità dei litotipi alluvionali che, favorendo l'infiltrazione delle acque di precipitazione, inibiscono i processi di ruscellamento.

Data la sua morfologia pianeggiante, l'area è altresì esente da processi morfodinamici d'origine gravitativa.

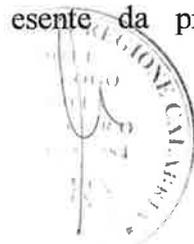




Fig. 1 - Ubicazione dell'area indagata  
Scala 1:50.000



## 2. CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IDROLOGICI GENERALI

I depositi alluvionali sono caratterizzati da una permeabilità per porosità variabile localmente in ragione delle granulometrie delle litologie coinvolte. Il substrato, costituito da depositi prevalentemente argillosi, tampona una falda di tipo freatico, contenuta interamente all'interno dei depositi fortemente trasmissivi del materasso alluvionale dal Fiume Amato. I sondaggi meccanici a carotaggio continuo eseguiti, hanno intercettato, al momento dell'esecuzione del sondaggio (agosto 2001), la falda indrica a 19 m circa dal p.c. nei depositi alluvionali.

Considerata la vicinanza del Fiume Amato, è ipotizzabile una circolazione idrica sub-alveo che, per infiltrazione, alimenta la falda superficiale. Trattandosi di falda superficiale, inoltre, l'alimentazione avviene anche per infiltrazione diretta delle acque di precipitazione di origine meteorica.

Di conseguenza, considerate le modalità di ricarica della falda, sono ipotizzabili oscillazioni stagionali del livello piezometrico anche di notevoli entità, in ragione della variabilità del regime pluviometrico.

## 3. GEOGNOSIA

L'area in esame è stata oggetto di indagini "in situ". I risultati delle indagini sono stati confrontati ed integrati con i dati di superficie al fine di giungere ad una modellizzazione geologico-geotecnica del sottosuolo investigato che ha portato ad una parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni di fondazione, utile ai fini dei calcoli di portanza.

L'espletamento della fase conoscitiva ha previsto due momenti: l'esecuzione di indagini dirette, attraverso la realizzazione di n.3 sondaggi a carotaggio continuo, con esecuzione di prove S.P.T. e prelievo di campioni sottoposti a prove geotecniche di laboratorio. Le indagini dirette hanno consentito di caratterizzare in modo puntuale,



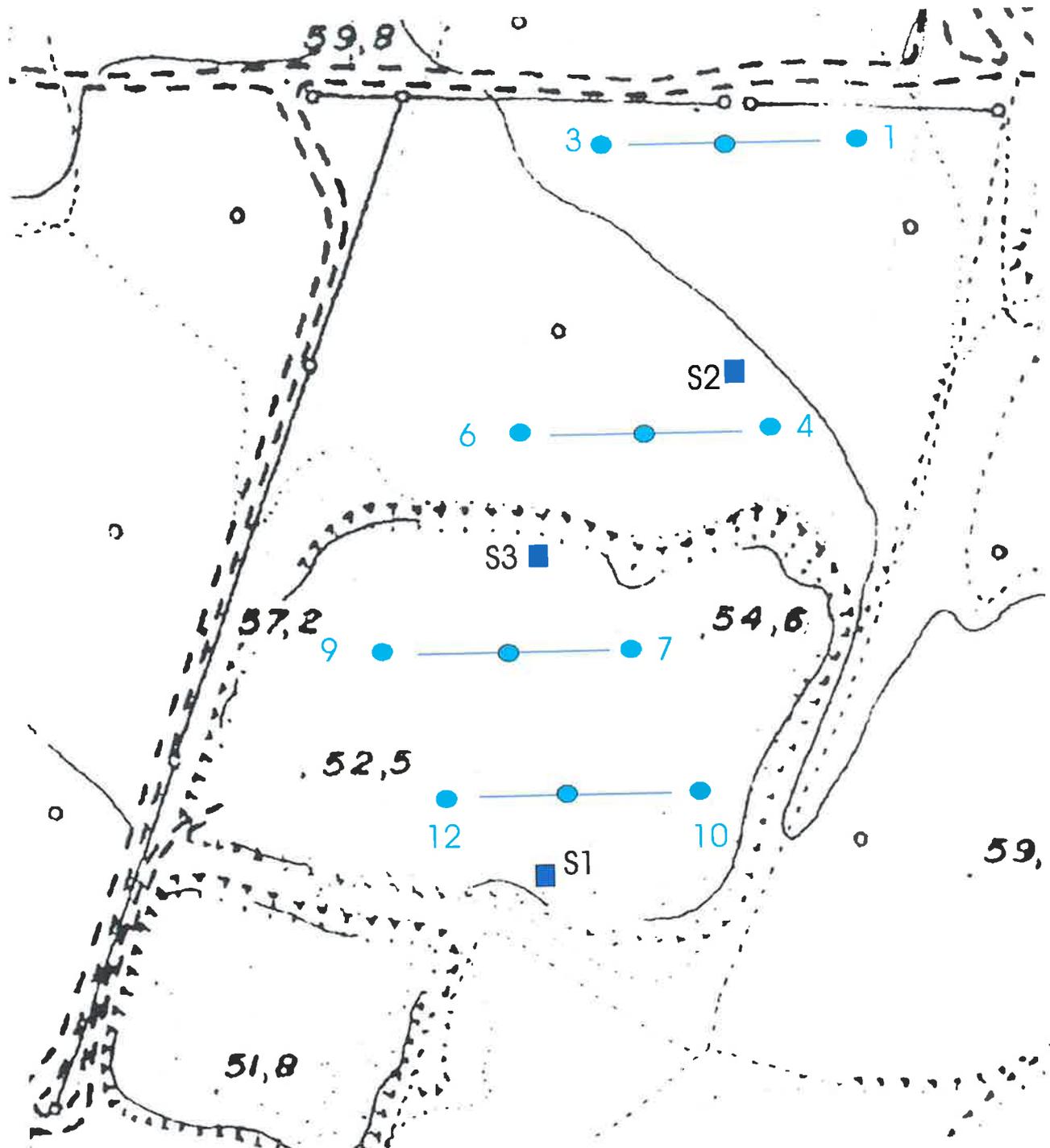
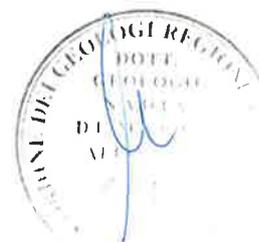


Fig. 3 - Ubicazioni indagini geognostiche  
scala 1:2.000

Legenda

3 — 1 profili sismici a rifrazione

■ S1 sondaggi meccanici a carotaggio continuo



### 3.1.1. Sondaggio S1

Relativamente al sondaggio S1 (eseguito all'interno della depressione artificiale realizzata nell'alveo del Fiume Amato), al di sotto dei primi 80 cm di orizzonte agrario, sono stati perforati depositi alluvionali costituiti da una "alternanza di sabbie medie e grossolane debolmente limose e di ghiaia". Il grado di addensamento è risultato "moderato". A 19 m circa dal p.c. è stato individuato il livello di falda.

Lungo la verticale del sondaggio sono stati prelevati n.2 campioni rimaneggiati (da 2.50 m a 2.80 m dal p.c. e da 7.00 m a 7.30 m dal p.c.), oggetto di indagini di laboratorio (v. all. 2, relativo alle indagini di laboratorio).

Nel perforo sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche standard (S.P.T.) che, in dipendenza della resistenza alla penetrazione, hanno consentito di valutare lo stato di addensamento dei materiali granulari perforati. Ogni sessione di prova ha previsto una penetrazione complessiva nel terreno di 45 cm suddivisa in due tratti consecutivi lunghi rispettivamente 15 cm (infissione preliminare) e 30 cm (prova effettiva). Per entrambi i tratti è stato registrato il numero di colpi  $N_{spt}$  necessari alla penetrazione nel terreno. Il numero di colpi totali risultanti, in assenza di "rifiuto", nel tratto di lunghezza di 30 cm sono stati correlati, in riferimento alla bibliografia esistente, ad alcune proprietà specifiche dei terreni investigati.

I risultati delle prove S.P.T., eseguite in intervalli stratigrafici d'interesse ai fini della progettazione, sono riportati nella seguente tabella:

Profondità (m)	$N_{spt}$
3.00	22
5.00	24
7.00	R
11.50	38



Considerando il numero di  $N_{spt}$ , ed utilizzando alcune relazioni sperimentali valide per depositi di tipo clastico, proposte da vari Autori, che legano  $N_{spt}$  con l'angolo

d'attrito e la densità relativa, è stata ottenuta un'interpretazione geotecnica dei dati di S.P.T., i cui risultati sono riportati nella seguente tabella:

Profondità (m)	N.colpi	$\alpha$	Densità relativa
3.00	22	33°	40 %
5.00	24	34°	45 %
7.00	RIFIUTO		
11.50	38	38°	70 %

### 3.1.2. Sondaggio S2

Lungo il sondaggio S2 sono stati perforati terreni analoghi, eccetto che per un intervallo, individuato da 1 m a 4.5 m dal p.c., costituito sempre dai depositi alluvionali del Fiume Amato ma, in questo caso, quasi interamente in facies sabbiosa ("sabbie a granulometria da fine a media"); l'orizzonte presenta un basso grado d'addensamento e contiene resti vegetali e sostanze carboniose, tipici degli ambienti di piana fluviale. Al di sotto di questo orizzonte è stata riscontrata la presenza dell'"alternanza di sabbie medie e grossolane debolmente limose e di ghiaia", già riconosciuta nel sondaggio S1. Non è stata riscontrata la presenza di falda dell'ambito degli spessori interessati dalla perforazione.

La differenza nei caratteri stratigrafici tra i sondaggi S1 ed S2 è sicuramente imputabile alla differenza di quota del boccaforo: infatti il sondaggio S1, realizzato all'interno della depressione artificiale, presenta una differenza altimetrica del boccaforo pari all'incirca a 5 m, che corrisponde grosso modo allo spessore dell'orizzonte sabbioso messo in luce dal sondaggio S2 e non attraversato dal sondaggio S1. Questo rappresenta anche il motivo per cui non è stata riscontrata la presenza di falda idrica nel perforo S2.

Durante l'esecuzione del sondaggio sono stati prelevati n.2 campioni: nei depositi alluvionali sabbioso-limosi poco addensati (da 2.50 m a 3.00 m dal p.c.) è stato prelevato un campione indisturbato; nei depositi alluvionali costituiti da sabbie debolmente limose e da ghiaie, moderatamente addensati, è stato prelevato un



campione rimaneggiato (da 5.00 m a 5.30 m dal p.c.). Su entrambi i campioni sono state eseguite prove di laboratorio ( § all.2).

In alcuni intervalli, ritenuti significativi ai fini del presente studio, sono state eseguite prove di tipo SPT, i cui risultati sono riassunti nella sottostante tabella:

Profondità (m)	N <sub>spt</sub>
3.50	16
5.50	26
8.00	44
12.00	55

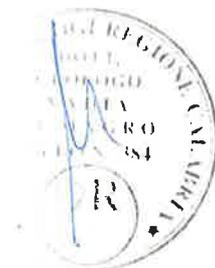
Anche per queste prove è stata ricavata un'interpretazione geotecnica dei dati di S.P.T., i cui risultati vengono riportati nella seguente tabella:

Profondità (m)	N.colpi	∅	Densità relativa
3.50	16	30°	35 %
5.50	26	34°	45 %
8.00	44	40°	75 %
12.00	55	43°	90 %

### 3.1.3. Sondaggio S3

La stratigrafia ricavata dal sondaggio S3 è risultata completamente corrispondente a quella ottenuta dal sondaggio S1. Entrambi i sondaggi sono stati infatti realizzati, a breve distanza ed alla stessa quota, all'interno della depressione artificiale realizzata nell'alveo del Fiume Amato. Relativamente al sondaggio S3, al di sotto di 1 m di orizzonte agrario e di riporto, è stata riscontrata la presenza dell'"alternanza di sabbie medie e grossolane debolmente limose e di ghiaia" con moderato grado di addensamento.

Il livello di falda è stato individuato a 19 m circa dal p.c. (che corrisponde esattamente al livello riscontrato per il sondaggio S1).



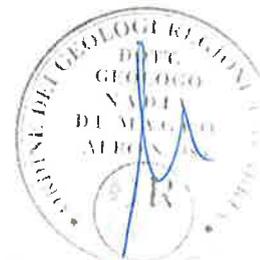
Anche in questo perforo sono state eseguite prove di tipo SPT, i cui risultati vengono riportati nella tabella che segue:

Profondità (m)	N <sub>spt</sub>
4.00	18
6.50	38
9.00	42

Dai suddetti dati sono stati ricavati alcuni parametri geotecnici che vengono riportati nella seguente tabella:

Profondità (m)	N.colpi	$\phi$	Densità relativa
4.00	18	31°	35 %
6.50	38	38°	70 %
9.00	42	40°	75 %

### 3.2 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO



Le prove geotecniche di laboratorio, eseguite dalla Lagis s.a.s. di Montalto Uffugo (CS), sono allegate alla relazione nell'elaborato "prove di laboratorio" (all.2), cui si rimanda per maggiori dettagli su quanto verrà esposto nel presente paragrafo.

Nei perfori S1 e S2 sono stati prelevati n.4 campioni, di cui uno indisturbato e tre rimaneggiati, successivamente sottoposti a prove geotecniche di laboratorio. La necessità di eseguire prove su campioni rimaneggiati è derivata, nella maggior parte dei casi, dalla oggettiva difficoltà nel prelevare in foro campioni indisturbati di depositi sciolti spesso assai poco coerenti.

In particolare, nel perforo S1 sono stati prelevati n.2 campioni rimaneggiati. Sul campione 1, prelevato ad una profondità dal p.c. compresa tra 2.5 m e 2.8 m dal p.c., è stata eseguita un'analisi granulometrica che ha consentito di classificare questo orizzonte come "sabbie con limo debolmente ghiaiose".

Sul campione 2, prelevato ad una profondità dal p.c. compresa tra 7.0 m e 7.3 m, sono state eseguite:

- un'analisi granulometrica il cui esito è risultato analogo a quello ottenuto per il campione 1,
- una prova di taglio diretto che ha fornito valori di  $c=0.004$  e di  $\phi=30.81^\circ$ , e
- la valutazione delle proprietà indici, riguardo alle quali si rimanda in allegato.

Nel perforo S2 sono stati prelevati un campione indisturbato (da 2.5 m a 3.0 m dal p.c.) ed un campione rimaneggiato (da 5.0 m a 5.3 m). Sul campione indisturbato sono state eseguite:

- un'analisi granulometrica dalla quale risulta costituito da "sabbia limosa debolmente ghiaiosa",
- una prova di taglio diretto che ha fornito valori di  $c=0.017$  e di  $\phi=33.48^\circ$ , e
- la valutazione delle proprietà indici, riguardo alle quali si rimanda in allegato..

Sul campione rimaneggiato è stata eseguita un'analisi granulometrica il cui esito è risultato analogo a quello ottenuto per il campione indisturbato.

In definitiva, da un'analisi dei risultati delle prove di laboratorio, i terreni indagati risultano costituiti da sabbie con livelli di ghiaie e una bassissima frazione limosa, la cui composizione può definirsi nel complesso costante nelle porzioni di sottosuolo investigate.

Inoltre, considerate le proprietà indici ed i risultati delle prove di taglio, si può affermare che i caratteri geotecnici dei materiali indagati sono risultati ampiamente sufficienti.

### 3.3 SONDAGGI SISMICI A RIFRAZIONE

Come già accennato, le indagini compiute a mezzo di carotaggi meccanici forniscono informazioni puntuali e pertanto non estendibili all'intera area investigata.



Allo scopo di estrinsecare i dati puntuali forniti dalle indagini dirette a tutto il sottosuolo interessato dalla centrale di progetto, si è proceduto all'esecuzione di sondaggi sismici a rifrazione che hanno ricoperto arealmente tutta l'area di interesse.

I risultati dei sondaggi sismici a rifrazione, eseguiti dalla Palmer Geofisica s.n.c. di Montalto Uffugo (CS), sono allegate alla presente relazione nell'elaborato "prove geofisiche" (all.3), cui si rimanda per maggiori dettagli su quanto verrà esposto nel presente paragrafo.

Sono stati eseguiti quattro profili sismici di lunghezza pari a 60 ml l'uno, per corrispondenti profondità di indagine dal p.c. fino a 15-18m circa.

Dall'esame complessivo dei risultati delle indagini sismiche a rifrazione è emersa la presenza di tre sismostrati:

- un sismostrato superficiale, di spessore pari a 4.0-6.0 m, è costituito da materiale scarsamente addensato litologicamente corrispondente con l'orizzonte agrario e con la parte meno addensata dei depositi alluvionali attraversati dai sondaggi meccanici;
- un sismostrato intermedio, correlabile con litotipi alluvionali mediamente addensati attraversati anche dai sondaggi meccanici;
- un rifratore profondo, che presenta i caratteri elasto-dinamici di un substrato a comportamento pseudo-litoide ed è correlabile litologicamente, in riferimento ai sondaggi meccanici, con l'orizzonte più addensato del materasso alluvionale.

E' opportuno evidenziare come l'orizzonte intermedio non sia stato rilevato dal profilo sismico 1-3, a causa di possibili locali eteropie laterali di facies legate, nell'area attraversata dalla stesa sismica, alla presenza della porzione più distale della conoide di deiezione (§ 2).

Lungo le quattro stese geofoniche sono stati acquisiti anche i tempi d'arrivo relativi alle onde sismiche di taglio (onde S), che hanno consentito di ricavare i *moduli elasto-dinamici* dei sismostrati investigati. Note velocità, spessori e densità delle rocce indagate si è proceduto infine al calcolo dell'*incremento di intensità macrosismica*.



Riguardo ai valori dei suddetti parametri, nonché alle relazioni analitiche utilizzate per il loro calcolo, si rimanda alle tabelle allegate.

### 3.3.1 La risposta sismica locale: elementi di microzonazione sismica.

Attraverso le indagini sismiche a rifrazione, utilizzando la relazione di MEDVEDEV (1965), è stato calcolato l'incremento d'intensità macrosismica determinato mediante il rapporto che lega quest'ultimo alla rigidità sismica di una roccia di riferimento ed alla rigidità dei terreni superficiali.

I valori ottenuti sono riportati nella sottostante tabella:

numero profilo	R°	R	I
1-3	1.44	1.02	0.25
4-6	3	0.75	1
7-9	3	0.9	0.9
10-12	2.8	0.75	0.95

L'incremento così calcolato ha valori prossimi a 1, eccetto che nel profilo 1-3 lungo il quale  $I=0.25$ .

Alla luce dello studio sulla sismicità storica, la massima intensità sismica registrata nel territorio di Pianopoli è risultata pari all'XI grado della scala MCS; pertanto, secondo la vigente normativa, il territorio ricade tra le aree di prima categoria ( $C=0.1$ ). In queste condizioni di rischio sismico, il valore dell'incremento macrosismico dovrà risultare propedeutico, ai fini di ottemperare alle norme costruttive in materia di edilizia antisismica.

Sempre ai fini di una microzonazione sismica, noti i valori di rigidità sismica calcolati mediante le velocità delle onde di taglio (vedere tabella sopra), facendo riferimento al lavoro di CARRARA & RAPOLLA (1987), si è proceduto al calcolo del "fattore di incremento del coefficiente di fondazione" ( $\epsilon$ ), che per l'area in esame è risultata pari a 1.1.



Ciò significa che si dovrà prevedere, ai fini di una microzonazione sismica, un incremento del coefficiente di intensità sismica  $C$  ( $C=0.1$ ) pari al 10 %.

#### 4. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

Utilizzando l'insieme di dati ricavati attraverso la realizzazione delle prove dirette, indirette e delle prove di laboratorio, nonché considerando le diverse tipologie fondazionali, relative ai diversi elementi strutturali che costituiscono la centrale di progetto, fornite dalla Committenza, è stato possibile fornire ai Progettisti una indicazione di massima sul valore della capacità portante dei terreni di fondazione.

Vengono qui di seguito riassunti i parametri geotecnici degli orizzonti litologico-geotecnici, individuati alla luce delle indagini geognostiche, utili ai fini di un calcolo di massima della capacità portante.

Orizzonte agrario e terreno di riporto profondità media dal p.c. = 1.00 m	
$\gamma$	1.50 t/mc
c	0.0 t/mq
$\phi$	25°
Nq	10.66
N <sub>0</sub>	8.11

Sabbie limose con ghiaia profondità media dal p.c. = 5.00 m	
$\gamma$	1.90 t/mc
c	0.017 t/mq
$\phi$	33°
Nc	39.73
Nq	27.30
N <sub>0</sub>	31.64



dove:

$\gamma$ =peso di volume

$c$ =coesione

$\phi$  = angolo d'attrito interno

$N_c, N_q, N_\gamma$ =fattori di capacità portante

Si illustrano di seguito le diverse ipotesi di calcolo della capacità portante ottenute sulla base dei dati forniti dalla Committenza circa le diverse tipologie fondazionali e le relative caratteristiche geometriche. Tutti i calcoli di capacità portante sono stati eseguiti supponendo che le fondazioni siano poste in piano, su terreno non in pendio, non caricate eccentricamente e sollecitate normalmente al piano di posa.

#### 1) Fondazione nastriforme

$B=1\text{m}$

$L=2\text{m}$

$D=1.5\text{m}$

Il calcolo è stato effettuato utilizzando la formula di TERZAGHI (1967) per fondazioni continue:

$$q = c N_c + \gamma D N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Considerando un fattore di sicurezza pari a 3 ( $F_s = 3$ ), è stata calcolata una capacità portante pari a 21.72 t/mq ( **$Q_{amm} = 21.72 \text{ t/mq}$** ).

#### 2) Fondazione a plinto

$B=4\text{m}$

$L=4\text{m}$

$D=1.5\text{m}$

Il calcolo è stato effettuato utilizzando la seguente formula di TERZAGHI (1967) per fondazioni a plinto:

$$q = (1 + 0.2 B/L) c N_c + \gamma D N_q + (1 - 0.2 B/L) \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$



Considerando un fattore di sicurezza pari a 3 ( $F_s = 3$ ), è stata calcolata una capacità portante pari a 38 t/mq ( $Q_{amm} = 38 \text{ t/mq}$ ).

3) Fondazione a platea rettangolare

B=6m

L=50m

D=1.5m

Il calcolo è stato effettuato utilizzando la seguente formula di TERZAGHI (1967) per fondazioni a platea:

$$q = (1 + 0.2 B/L) c N_c + \gamma D N_q + (1 - 0.2 B/L) \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Considerando un fattore di sicurezza pari a 3 ( $F_s = 3$ ), è stata calcolata una capacità portante pari a 56 t/mq ( $Q_{amm} = 56 \text{ t/mq}$ ).

4) Fondazione a platea per generatore elettrico (carico=300 t)

B=5m

L=9m

D=1.5m

Il carico unitario risulta, pertanto, pari a 6.67t/mq.

Il calcolo di capacità portante è stato effettuato utilizzando la seguente formula di TERZAGHI (1967):

$$q = (1 + 0.2 B/L) c N_c + \gamma D N_q + (1 - 0.2 B/L) \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Considerando un fattore di sicurezza pari a 3 ( $F_s = 3$ ), è stata calcolata una capacità portante pari a 46.76 t/mq ( $Q_{amm} = 46.76 \text{ t/mq}$ ).

5) Fondazione a platea per turbina a vapore (carico=300t)

B=5m

L=15m

D=1.5m



Il carico unitario risulta, pertanto, pari a 4t/mq.

Il calcolo è stato effettuato utilizzando la seguente formula di TERZAGHI (1967):

$$q = (1 + 0.2 B/L) c N_c + \gamma D N_q + (1 - 0.2 B/L) \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Considerando un fattore di sicurezza pari a 3 ( $F_s = 3$ ), è stata calcolata una capacità portante pari a 47.9 t/mq (**Q<sub>amm</sub> = 47.9 t/mq**).

6) Fondazione a platea per turbina a gas (carico=285t)

B=5m

L=10m

D=1.5m

Il carico unitario risulta, pertanto, pari a 5.7t/mq.

Il calcolo è stato effettuato utilizzando la seguente formula di TERZAGHI (1967):

$$q = (1 + 0.2 B/L) c N_c + \gamma D N_q + (1 - 0.2 B/L) \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Considerando un fattore di sicurezza pari a 3 ( $F_s = 3$ ), è stata calcolata una capacità portante pari a 46.8 t/mq (**Q<sub>amm</sub> = 46.8 t/mq**).

7) Fondazione a platea per caldaia (Carico=1000t)

B=6m

L=30m

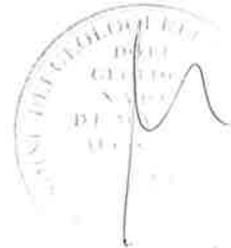
D=1.5m

Il carico unitario risulta, pertanto, pari a 5.6t/mq.

Il calcolo è stato effettuato utilizzando la seguente formula di TERZAGHI (1967):

$$q = (1 + 0.2 B/L) c N_c + \gamma D N_q + (1 - 0.2 B/L) \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Considerando un fattore di sicurezza pari a 3 ( $F_s = 3$ ), è stata calcolata una capacità portante pari a 55.6 t/mq (**Q<sub>amm</sub> = 55.6 t/mq**).



8) Calcolo della capacità portante di fondazioni profonde in alternativa alle ipotesi di calcolo di cui ai punti 4), 5), 6), 7).

In questa sede i calcoli sono stati eseguiti esaminando il comportamento di un singolo palo che viene assunto quale termine di confronto o quale termine di partenza per le previsioni sul gruppo.

Il calcolo della capacità portante  $Q_d$  di un palo isolato può essere impostato come somma di due termini:  $Q_d = Q_f + Q_p$  dove:

$Q_f$  = risultante delle forze d'attrito che si esercitano sulla superficie laterale del palo

$$Q_f = A_f * \alpha * c_u$$

$A_f$  = superficie laterale utile del palo

$$\alpha = 1 * c_u^2 / 1 + 7 * c_u^2$$

$c_u$  = coesione non drenata

$Q_p$  = risultante delle forze d'attrito che si esercitano alla punta del palo

$$Q_p = A_p (c * N_c + \gamma * D * N_q)$$

Considerando pali con diametro pari a 35 cm, sono stati effettuati calcoli a 10 m ed a 20 m dal p.c.

- *Profondità = 10 m*

Sono stati ottenuti i seguenti valori:  $Q_p = 46$  t e  $Q_f = 0.15$  t.

La capacità portante del singolo palo risulta, pertanto  $Q_d = 46.15$  t

Considerando un coefficiente di sicurezza  $F = 3$ , si ottiene un *carico ammissibile*

$$Q_a = 15.4$$
 t.

- *Profondità = 20 m*

Sono stati ottenuti i seguenti valori:  $Q_p = 56$  t e  $Q_f = 0.34$  t.

La capacità portante del singolo palo risulta, pertanto  $Q_d = 56.34$  t

Considerando un coefficiente di sicurezza  $F = 3$ , si ottiene un *carico ammissibile*

$$Q_a = 18.8$$
 t.



## 5. CONCLUSIONI

L'area destinata ad ospitare la centrale di progetto ricade, da un punto di vista geologico, entro i depositi olocenici di origine alluvionale del Fiume Amato, costituiti da sabbie debolmente limose con ghiaie, poggianti su un substrato costituito da argille plioceniche.

Morfologicamente l'area è pianeggiante ed esente da fenomeni erosivi e gravitazionali.

Da un punto di vista idrogeologico, i sondaggi meccanici a carotaggio continuo hanno evidenziato la presenza di una falda freatica il cui livello statico, al momento della misurazione, è stato rilevato a 19.0 m dal p.c.

Alla luce dei risultati delle indagini geognostiche eseguite, si è ricavata la successione stratigrafica caratteristica dell'area ed, attraverso le prove di laboratorio, sono stati parametrizzati da un punto di vista geotecnico i diversi orizzonti stratigrafici riconosciuti. Riguardo ai valori dei suddetti parametri si rimanda al manoscritto e agli allegati.

Alla luce delle indagini sismiche a rifrazione, si è risaliti al calcolo dell'incremento macrosismico, che è risultato variabile tra 0.25 e 1. Poiché il sito ricade, in base alla vigente normativa, nelle aree sismiche di I categoria, considerato l'elevato grado di rischio sismico, si dovrà tener conto dei dati sulla risposta sismica locale forniti alla Committenza, per l'applicazione delle norme costruttive in materia di edilizia antisismica.

L'insieme dei dati ricavati dalle indagini geognostiche e dalle prove di laboratorio ha consentito di ricavare due sezioni litotecniche riassuntive (A-A' e B-B') che sono ubicate in Fig.4 e rappresentate rispettivamente nelle Figg. 5 e 6.



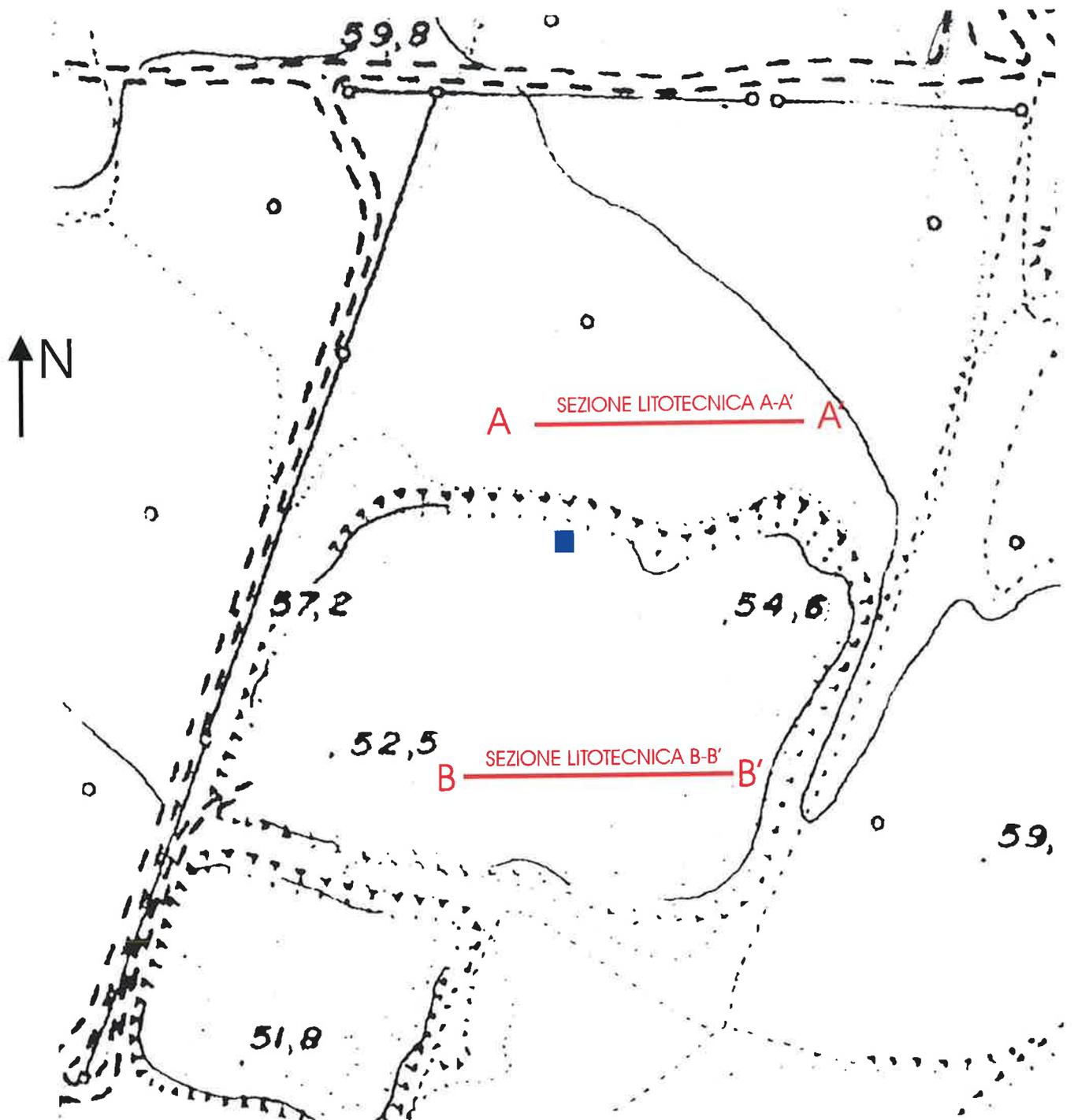
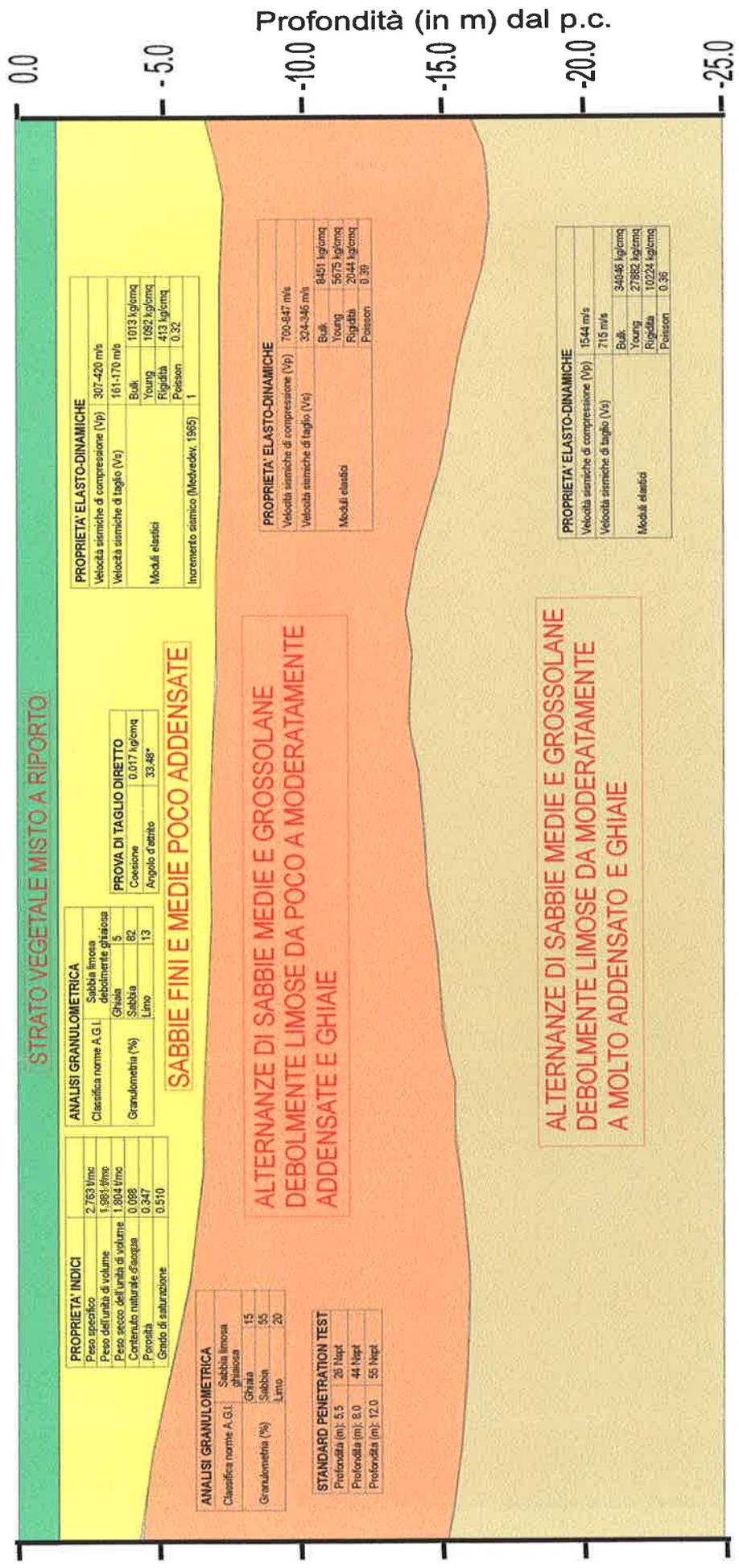


Fig. 4 - Ubicazione delle sezioni litologico-tecniche riassuntive  
scala 1:2.000





**STRATO VEGETALE MISTO A RIPIORTO**

**PROPRIETA' ELASTO-DINAMICHE**

Velocità sismiche di compressione (Vp)	307-420 m/s
Velocità sismiche di taglio (Vs)	161-170 m/s
Bulk	1013 kg/cm <sup>2</sup>
Young	1692 kg/cm <sup>2</sup>
Rigidità	413 kg/cm <sup>2</sup>
Poisson	0.32

Incremento sismico (Medvedev, 1965) 1

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Classifica norme A.G.L.	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa
Granulometria (%)	Ghiaia 5 Sabbia 82 Limo 13

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Coesione	0.017 kg/cm <sup>2</sup>
Angolo d'attrito	33.48°

**SABBIE FINI E MEDIE POCO ADDENSATE**

**ALTERNANZE DI SABBIE MEDIE E GROSSOLANE DEBOLMENTE LIMOSE DA POCO A MODERATAMENTE ADDENSATE E GHIAIE**

**ALTERNANZE DI SABBIE MEDIE E GROSSOLANE DEBOLMENTE LIMOSE DA MODERATAMENTE A MOLTO ADDENSATO E GHIAIE**

**PROPRIETA' ELASTO-DINAMICHE**

Velocità sismiche di compressione (Vp)	700-847 m/s
Velocità sismiche di taglio (Vs)	304-346 m/s
Bulk	6451 kg/cm <sup>2</sup>
Young	5675 kg/cm <sup>2</sup>
Rigidità	2044 kg/cm <sup>2</sup>
Poisson	0.39

Moduli elastici

**PROPRIETA' ELASTO-DINAMICHE**

Velocità sismiche di compressione (Vp)	1544 m/s
Velocità sismiche di taglio (Vs)	715 m/s
Bulk	34046 kg/cm <sup>2</sup>
Young	27862 kg/cm <sup>2</sup>
Rigidità	10224 kg/cm <sup>2</sup>
Poisson	0.36

Moduli elastici

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Classifica norme A.G.L.	Sabbia limosa ghiaiosa
Granulometria (%)	Ghiaia 15 Sabbia 55 Limo 20

**STANDARD PENETRATION TEST**

Profondità (m): 5.5	26 Ncpt
Profondità (m): 8.0	44 Ncpt
Profondità (m): 12.0	55 Ncpt

**Fig. 5 - SEZIONE LITOLOGICO-TECNICA RIASSUNTIVA A-A'**



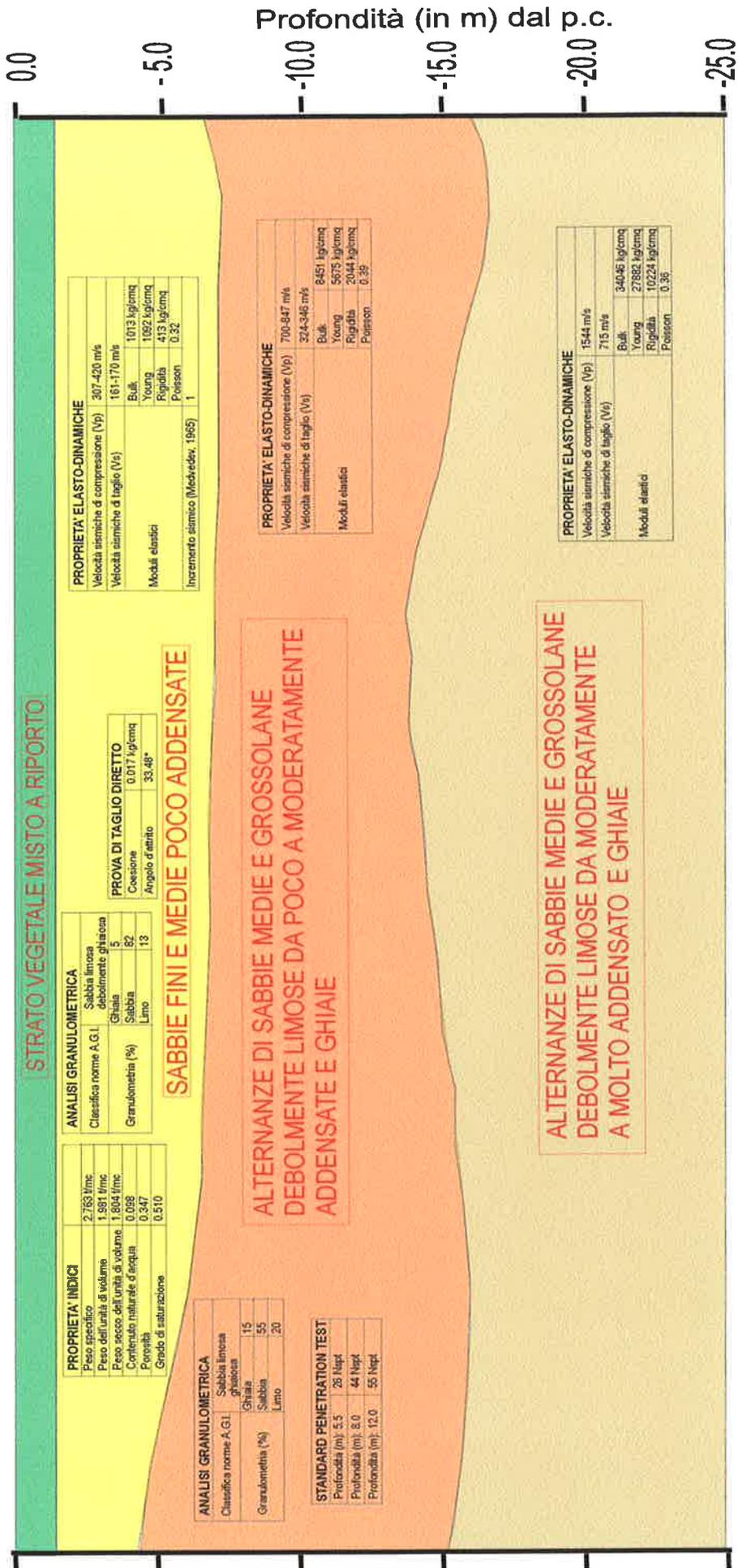
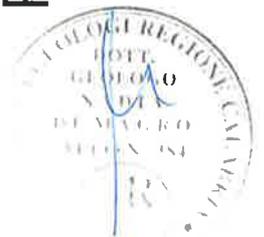


Fig. 5 - SEZIONE LITOLOGICO-TECNICA RIASSUNTIVA A-A'



Sulla scorta dei dati delle indagini e prove eseguite, si è proceduto, in ultima analisi, alla valutazione delle capacità portanti secondo le tipologie fondazionali indicate dalla Committenza. I valori ottenuti, considerati i carichi di progetto, sono risultati ampiamente sufficienti.

In definitiva, l'area studiata può ritenersi idonea alla destinazione prevista. Ci si riserva comunque, ove mai si rendesse necessario, di procedere ad ulteriori e più approfonditi accertamenti in corso d'opera.

Montalto Uffugo, 30 settembre 2001

Il geologo:

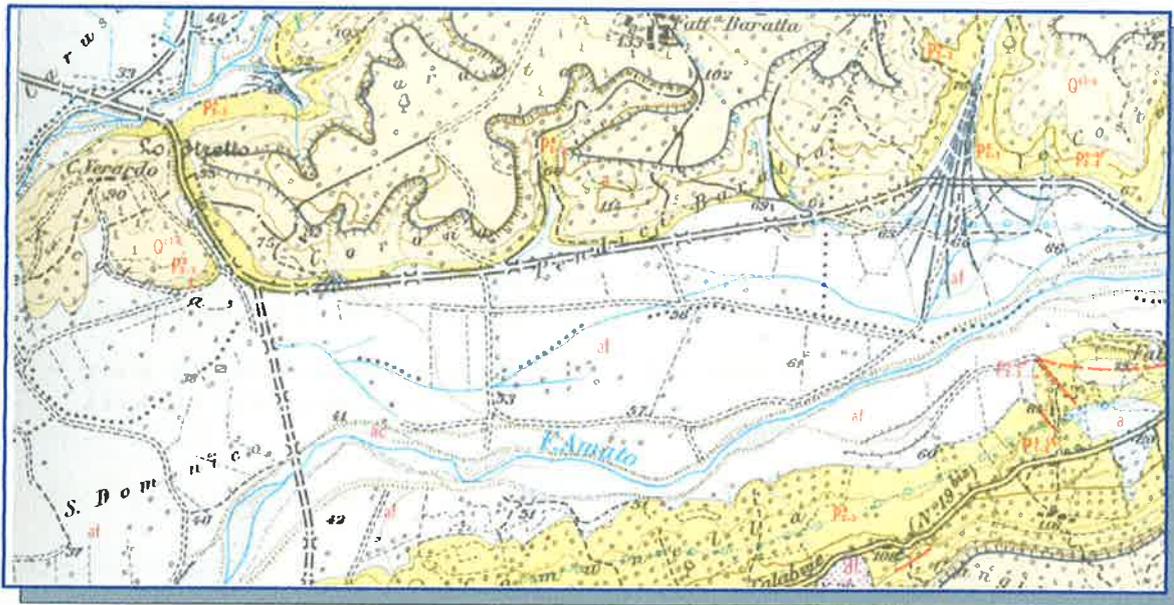
dott.ssa Nadia Di Magro





# COMUNE DI PIANOPOLI (PROVINCIA DI CATANZARO)

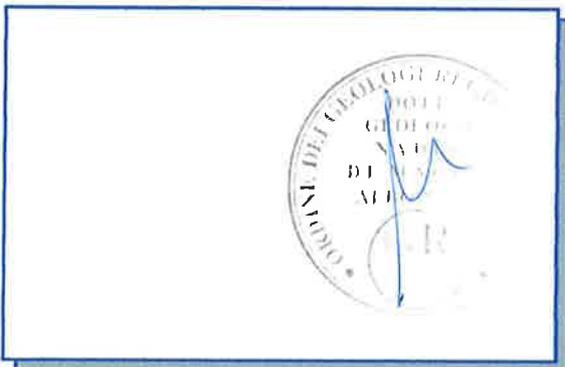
**PROGETTO:** *Realizzazione di una centrale elettrica di  
cogenerazione a ciclo combinato.*



**ELABORATO:** *Sondaggi meccanici a  
carotaggio continuo*

**DATA:** agosto/2001

**COMMITTENTE:** Dott. Geol. Nadia Di Magro



**L'IMPRESA**

**GEOMEGA S.A.S.**  
del dott. Paolo Gabriele & C.  
Via Fiume n° 16  
87100 COSENZA  
Partita IVA 02395190784

Il prelievo dei campioni rimaneggiati (carote) è stato effettuato per mezzo di un carotiere semplice il quale, mediante movimento di rotazione, esercita un'azione di taglio nel terreno.

Detto carotiere è costituito da un tubo metallico cilindrico, avente diametro esterno di 101 mm, munito all'estremità inferiore di una corona dentata al widia e provvisto, nella parte sommitale, di un dispositivo (valvola di ritenzione) che impedisce la perdita dei campioni di terreno prelevati.

La successione stratigrafica completa determinata dallo studio delle carote estratte durante il sondaggio, è ben visibile negli elaborati allegati.

#### **Campioni indisturbati**

Il prelievo dei campioni indisturbati viene effettuato mediante una fustella campionatrice costituita da un tubo metallico di 100 mm di diametro e circa 60 cm di lunghezza la quale, collegata al carotiere, viene spinta a pressione nel terreno al fine di apportare il minor disturbo al terreno stesso da campionare.

#### **Standard penetration test.**

Le prove penetrometriche dinamiche (tipo S.P.T.) in foro di sondaggio, consistono nell'infissione nel terreno di una punta



Sono riportati, nelle seguenti tabelle, i dati riassuntivi delle prove S.P.T. effettuate nei tre sondaggi con i corrispondenti valori di Nspt ricavati dalle stesse.

Sondaggio n°1

Prova	Prof. (m)	Nspt
N°1	3,00	22
N°2	5,00	24
N°3	7,50	R
N°4	11,50	38

Sondaggio n°2

Prova	Prof. (m)	Nspt
N°1	3,50	16
N°2	5,50	26
N°3	8,00	44
N°4	12,00	55

Sondaggio n°3

Prova	Prof. (m)	Nspt
N°1	4,00	18
N°2	6,50	38
N°3	9,00	42

### **Piezometria**

Nel foro di sondaggio S1 è stato inserito un tubo in PVC  $\phi$  80 sfenestrato da 10 a 25 mt. di profondità per la misura del livello piezometrico.

La misura del livello idrico è stata effettuata mediante l'utilizzo di una sondina piezometrica costituita da un cavo elettrico metrato alla cui estremità è presente un puntale con circuito elettrico aperto; detto circuito si chiude automaticamente, emettendo un suono, appena incontra il livello della superficie piezometrica.

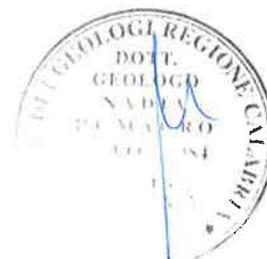
Durante l'esecuzione dei sondaggi è stata rinvenuta la presenza di una falda idrica superficiale situata mediamente alla profondità di 19,00 metri dal p.c.

Cosenza li, 31/agosto/2001



*GEOMEGA s.a.s.*

# STRATIGRAFIE



CANTIERE: PIANOPOLI (CZ)

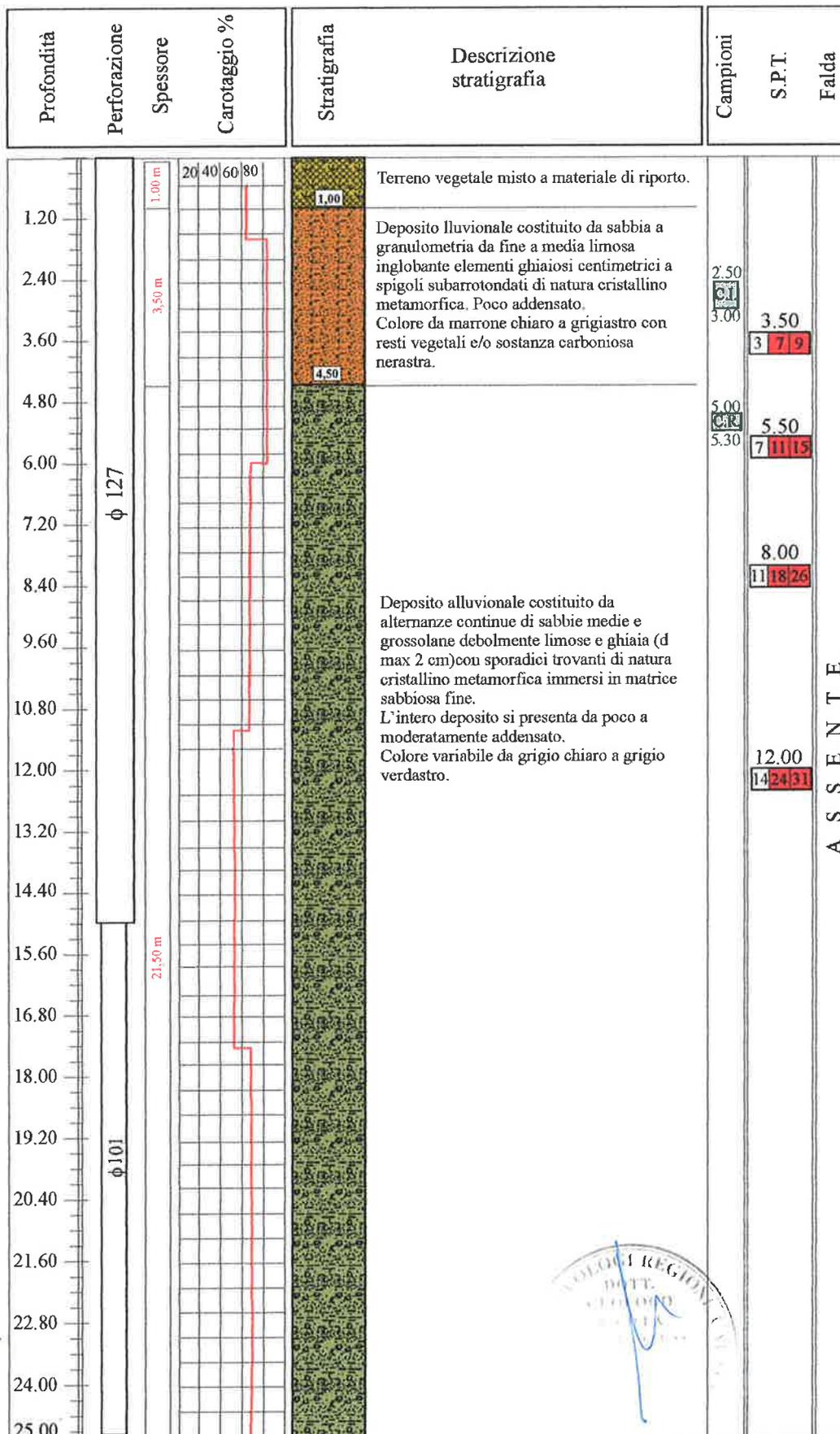
PROGETTO: Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato.

COMMITTENTE: Dott. Geol. Nadia Di Magro

DATA: 30/agosto/2001

## SONDAGGIO S2

Quota mt. s.l.m. 57,50



### LEGENDA

PERFORAZIONE: 127-diametro rivestimento  
101-diametro carotiere

CAMPIONI: C.I.-campione indisturbato  
C.R.-campione rimaneggiato

SPT: profondità  
N° colpi

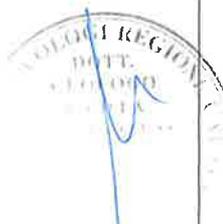
PIEZOMETRO: (S)-semplice  
(C)-casagrande

L.P.: livello piezometrico

F.S. fine sondaggio

ASSENTI

GEOMEGA s.a.s.



NOTE:

CANTIERE: PIANOPOLI (CZ)

PROGETTO: Realizzazione di una centrale elettrica di co generazione  
a ciclo combinato.

COMMITTENTE: Dott. Geol. **Nadia Di Magro**

DATA: 29/agosto/2001

## SONDAGGIO 1

Quota mt. s.l.m. 53,00

### FASI ESECUTIVE S1



### CASSETTE CATALOGATRICI



CANTIERE: PIANOPOLI (CZ)

PROGETTO: Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione  
a ciclo combinato.

COMMITTENTE: Dott. Geol. **Nadia Di Magro**

DATA: 31/agosto/2001

## SONDAGGIO S3

Quota mt. s.l.m. 53,50

### FASI ESECUTIVE S3



### CASSETTE CATALOGATRICI



**ALLEGATO 2  
PROVE GEOTECNICHE  
DI LABORATORIO**



**L A G I C**

s.a.s.

Laboratorio di Geotecnica

**INDAGINE:** *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).-*

**COMMITTENTE:** *Dott.sa Geol. Nadia Di Magro.*

*Montalto (CS)*

**INDAGINE:** *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).-*

**COMMITTENTE:** *Dott.sa Geol. Nadia Di Magro.  
Montalto (CS)*

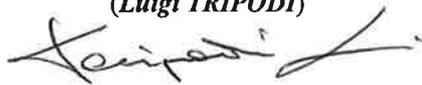
## PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

cjG

CERTIFICATI N. 10

IL DIRETTORE TECNICO  
(Ing. *Paolo MERCURI*)

LO SPERIMENTATORE  
L'Ingegnere Geotecnico  
(*Luigi TRIPODI*)



LAGIC s.a.s.  
del Ing. Tripodi & C  
Via S. Antonello, 13  
87040 Montalto Uffugo CS  
Partita IVA: 01700210782

Settembre 2001

**INDAGINE: Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).-**

**COMMITTENTE: Dott.sa Geol. Nadia Di Magro.  
Montalto (CS)**

Tabella riassuntiva delle prove geotecniche di laboratorio eseguite

Scavo	Camp.	Profondità		GR	Proprietà Indici							Prove Meccaniche					
		da m	a m		$\gamma_s$	$\gamma$	$\gamma_d$	e	w	$W_l$	$W_p$	ED	TD	CS	k		
1	1	2.50	2.80	x													
1	2	7.00	7.30	x	x	x	x	x						x			
2	1	2.50	3.00	x	x	x	x	x						x			
2	2	5.00	5.30	x													

**LEGENDA:**

GR	Analisi granulometrica	$W_l$	Limite di liquidità
$\gamma_s$	Peso specifico	$W_p$	Limite di plasticità
$\gamma$	Peso dell'unità di volume	ED	Prova di compressione edometrica
$\gamma_d$	Peso secco dell'unità di volume	TD	Prova di taglio diretto
e	Indice di porosità	CS	Compressione uniassiale (ELL)
w	Contenuto naturale d'acqua	k	Prova di permeabilità con edometro



INDAGINE: *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).*

Sondaggio N. 1; Campione N. 1; Profondità da m 2.50 a m 2.80

**DESCRIZIONE:**

Sabbia con limo ghiaiosa di colore marrone.-

**ANALISI GRANULOMETRICA**

**CLASSIFICA Norme A.G.I.**

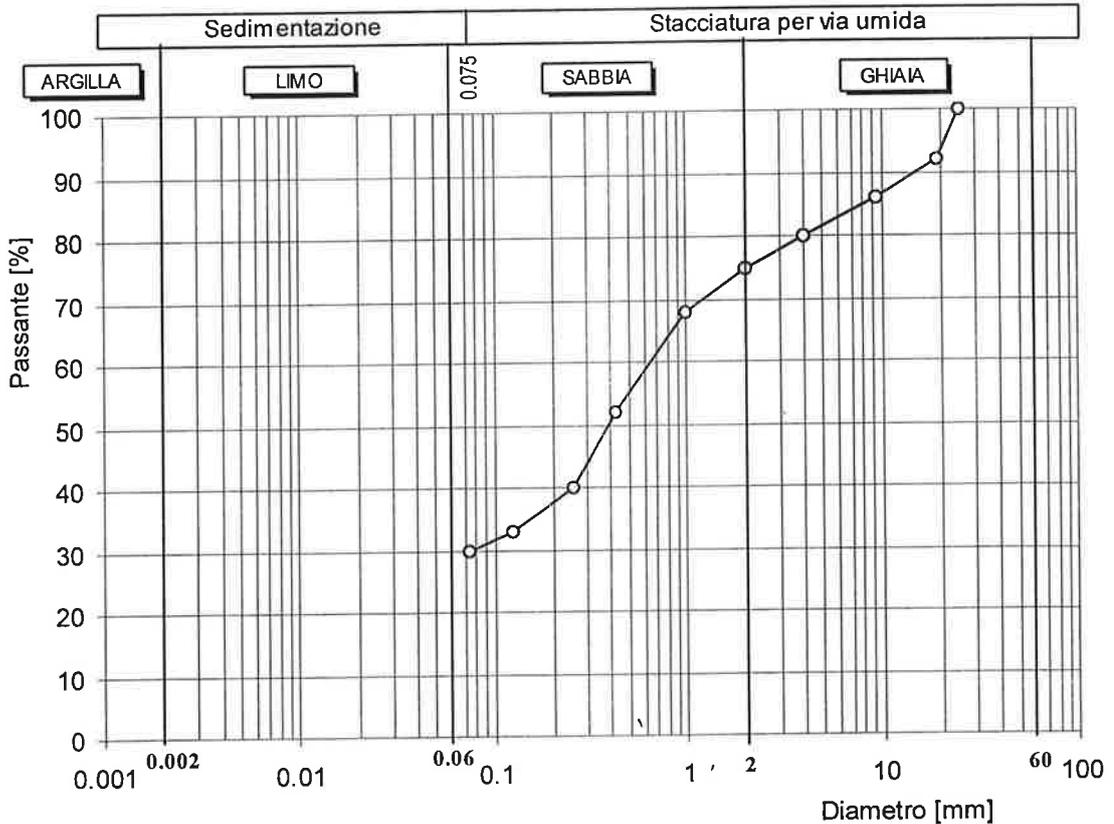
**SABBIA CON LIMO GHIAIOSA.-**

**GRANULOMETRIA [%]**

Ghiaia 25

Sabbia 46

Limo 29



INDAGINE: *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).*-

Sondaggio N. 1; Campione N. 2 ; Profondità da m 7.00 a m 7.30

STATO DEL CAMPIONE: Parzialmente disturbato (Carota)

Data di prelievo: 10/8/2001

CONTENITORE: Involucro di plastica;

Data di apertura: 06/09/2001

## CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

### DESCRIZIONE:

Sabbia con limo debolmente ghiaiosa  
moderatamente addensata di colore bruno.-

### PROPRIETA' INDICI:

Peso specifico	$\gamma_s = 2.688$	[t/m <sup>3</sup> ]
Peso dell'unità di volume	$\gamma = 1.872$	[t/m <sup>3</sup> ]
Peso secco unità di volume	$\gamma_d = 1.694$	[t/m <sup>3</sup> ]
Contenuto naturale d'acqua	$w = 0.105$	
Porosità	$n = 0.370$	
Indice di porosità	$e = 0.587$	
Grado di saturazione	$S = 0.481$	

### Prove meccaniche eseguite:

- Taglio diretto (CD)

INDAGINE: *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).*-

Sondaggio N. 1; Campione N. 2 ; Profondità da m 7.00 a m 7.30

### ANALISI GRANULOMETRICA

CLASSIFICA Norme A.G.I.

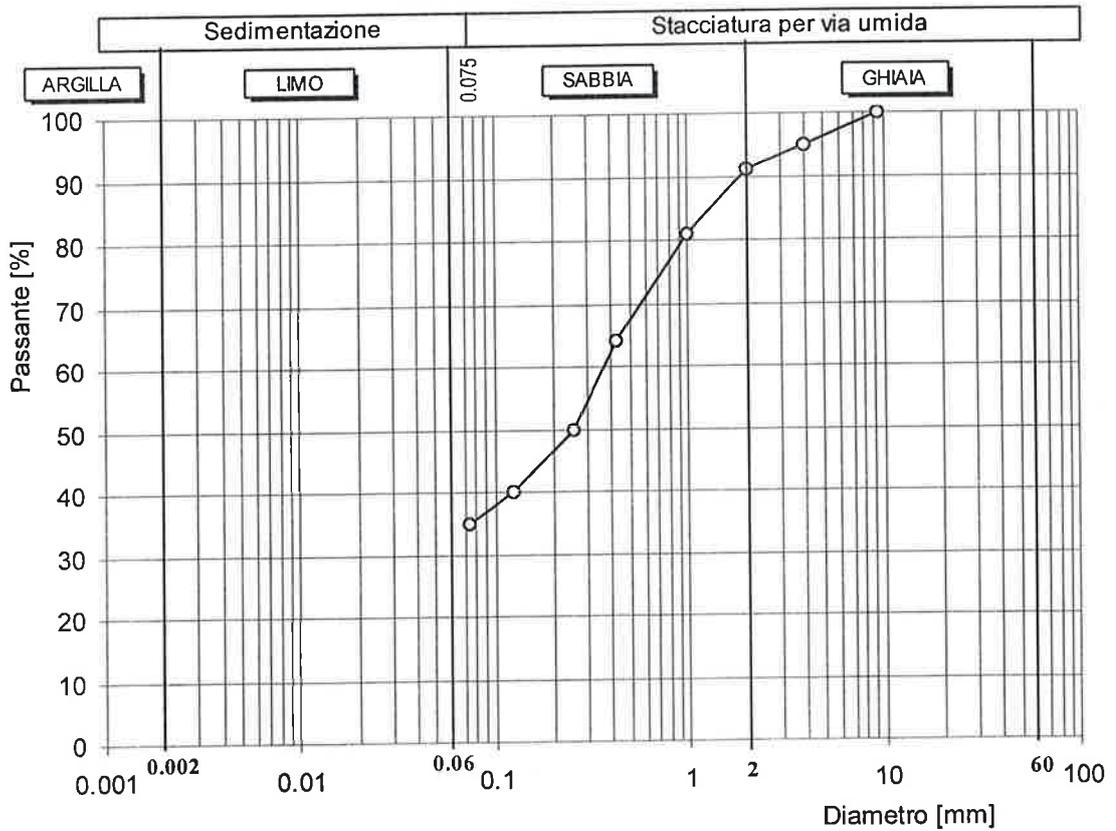
SABBIA CON LIMO DEBOLMENTE GHIAIOSA.-

GRANULOMETRIA [%]

Ghiaia 09

Sabbia 57

Limo 34



INDAGINE: *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).*-

Sondaggio N. 1; Campione N. 2 ; Profondità da m 7.00 a m 7.30

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO:**

TIPO DI PROVA

Consolidata drenata (CD)

VELOCITÀ DI DEFORMAZIONE

0.008 mm/min

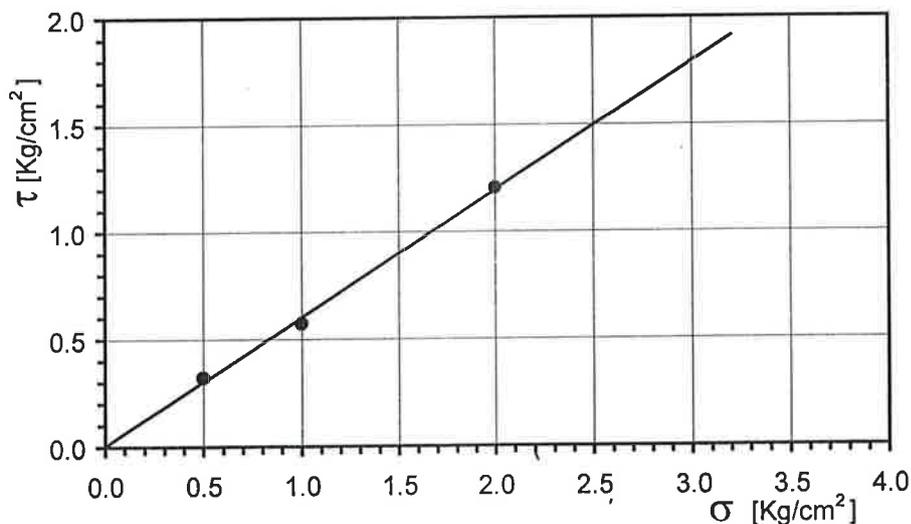
APPLICAZIONE DEL CARICO

a deformazione controllata

DIMENSIONI DEI PROVINI

Base	6.0x6.0 = 36.0 cm <sup>2</sup>	Altezza	2.0 cm	Volume	72.0 cm <sup>3</sup>
------	--------------------------------	---------	--------	--------	----------------------

PROVINO N.		1	2	3
CONDIZIONI PRIMA DELLA PROVA:				
Peso dell'unità di volume	$\gamma$ [t/m <sup>3</sup> ]	1.831	1.883	1.903
Contenuto naturale d'acqua	W	0.080	0.102	0.132
Porosità	n	0.370	0.364	0.375
Grado di saturazione	S	0.368	0.480	0.593
CONDIZIONI INIZIALI DI PROVA:				
Pressione verticale	$\sigma_v$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	0.50	1.00	2.00
CONDIZIONI A ROTTURA:				
Tensione tangenziale	$\tau$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	0.321	0.573	1.206
Deformazione orizzontale	$\delta_o$ [mm]	4.97	4.75	4.98
Contenuto d'acqua	W <sub>r</sub>	0.131	0.130	0.157
Coesione [Kg/cm <sup>2</sup> ]		c' = 0.004		Angolo d'attrito [°] $\phi'$ = 30.81

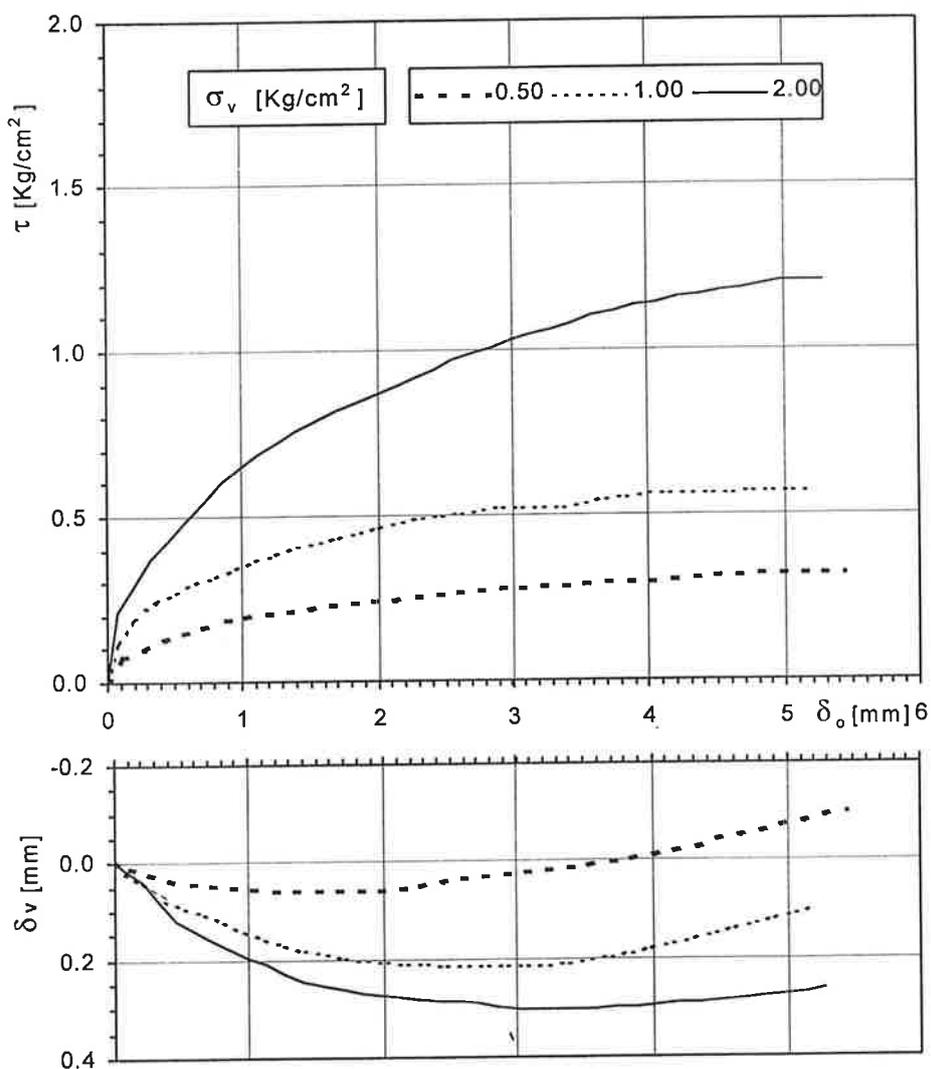


INDAGINE: *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).*-

Sondaggio N. 1; Campione N. 2 ; Profondità da m 7.00 a m 7.30

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)**

Tensione tangenziale ( $\tau$ ) - Deformazione orizzontale ( $\delta_o$ )  
Cedimento verticale ( $\delta_v$ ) - Deformazione orizzontale ( $\delta_o$ )



INDAGINE: *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).*-

Sondaggio N. 2; Campione N. 1; Profondità da m 2.50 a m 3.00

STATO DEL CAMPIONE: Indisturbato

Data di prelievo: 30/08/2001

CONTENITORE: Fustella metallica; D = 85 mm; L = 600 mm

Data di apertura: 05/09/2001

## CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPIONE

### DESCRIZIONE:

Sabbia limosa debolmente ghiaiosa, addensata di colore marrone.-

### PROPRIETA' INDICI:

Peso specifico	$\gamma_s = 2.763$	[t/m <sup>3</sup> ]
Peso dell'unità di volume	$\gamma = 1.981$	[t/m <sup>3</sup> ]
Peso secco unità di volume	$\gamma_d = 1.804$	[t/m <sup>3</sup> ]
Contenuto naturale d'acqua	$w = 0.098$	
Porosità	$n = 0.347$	
Indice di porosità	$e = 0.531$	
Grado di saturazione	$S = 0.510$	

### Prove meccaniche eseguite:

- Taglio diretto (CD)

INDAGINE: *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).*-

Sondaggio N. 2; Campione N. 1; Profondità da m 2.50 a m 3.00

### ANALISI GRANULOMETRICA

CLASSIFICA Norme A.G.I.

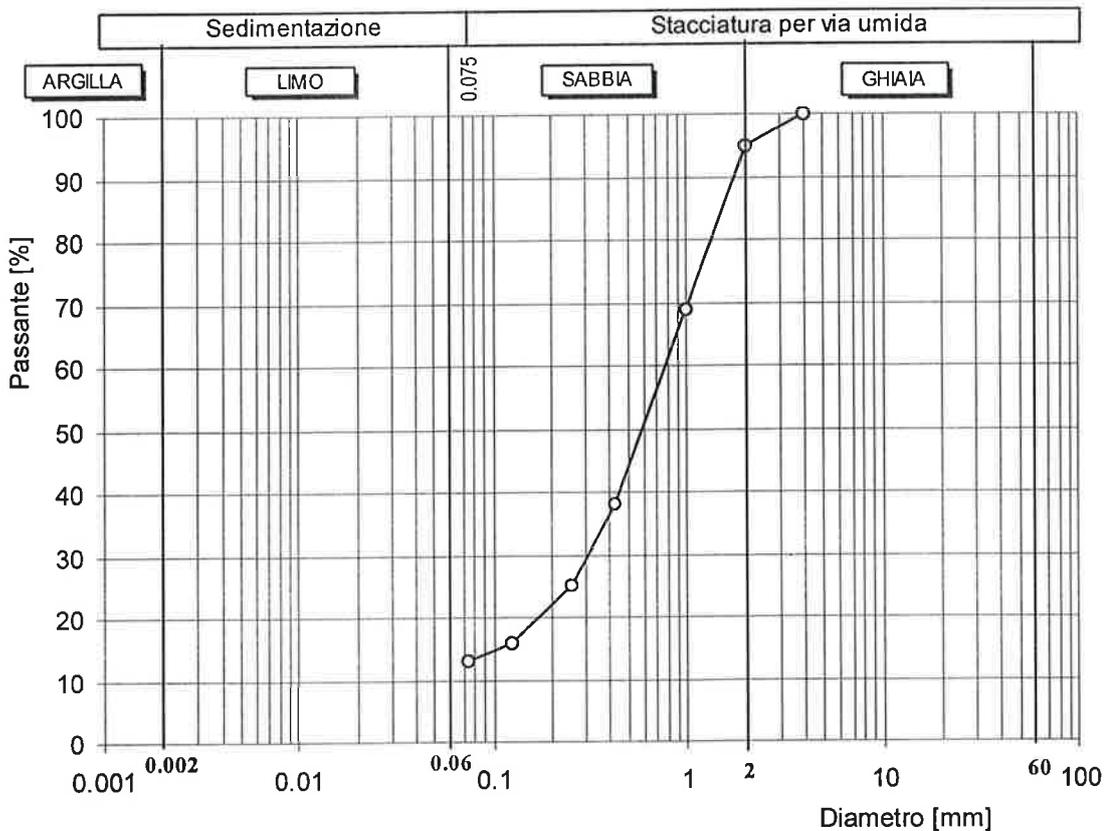
SABBIA LIMOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA.-

GRANULOMETRIA [%]

Ghiaia 05

Sabbia 82

Limo 13



INDAGINE: *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).*

Sondaggio N. 2; Campione N. 1; Profondità da m 2.50 a m 3.00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO:**

TIPO DI PROVA

Consolidata drenata (CD)

VELOCITÀ DI DEFORMAZIONE

0.008 mm/min

APPLICAZIONE DEL CARICO

a deformazione controllata

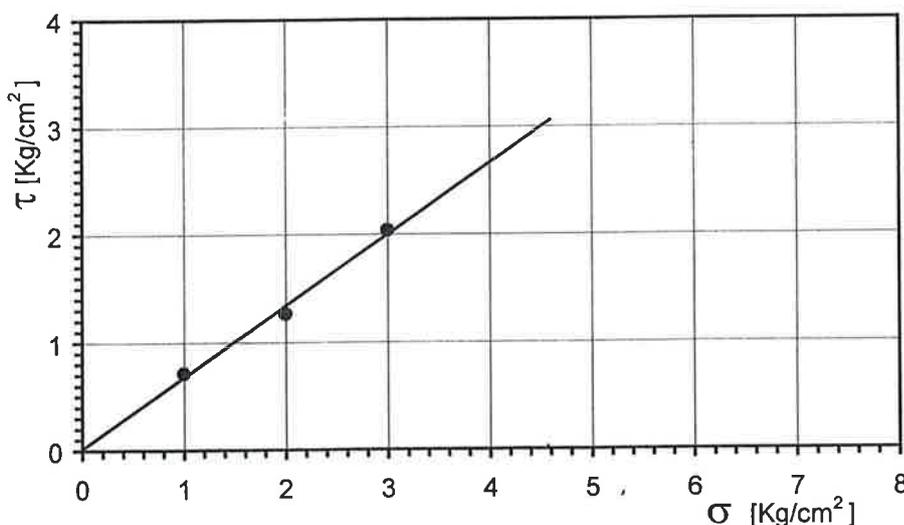
DIMENSIONI DEI PROVINI

Base 6.0x6.0 = 36.0 cm<sup>2</sup>

Altezza 2.0 cm

Volume 72.0 cm<sup>3</sup>

PROVINO N.		1	2	3
CONDIZIONI PRIMA DELLA PROVA:				
Peso dell'unità di volume	$\gamma$ [t/m <sup>3</sup> ]	1.896	2.005	2.043
Contenuto naturale d'acqua	W	0.099	0.102	0.094
Porosità	n	0.375	0.341	0.324
Grado di saturazione	S	0.453	0.544	0.544
CONDIZIONI INIZIALI DI PROVA:				
Pressione verticale	$\sigma_v$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	1.00	2.00	3.00
CONDIZIONI A ROTTURA:				
Tensione tangenziale	$\tau$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	0.715	1.265	2.038
Deformazione orizzontale	$\delta_o$ [mm]	2.13	2.65	3.38
Contenuto d'acqua	W <sub>r</sub>	0.177	0.144	0.149
Coesione [Kg/cm <sup>2</sup> ]		c' = 0.017		Angolo d'attrito [°] $\phi'$ = 33.48

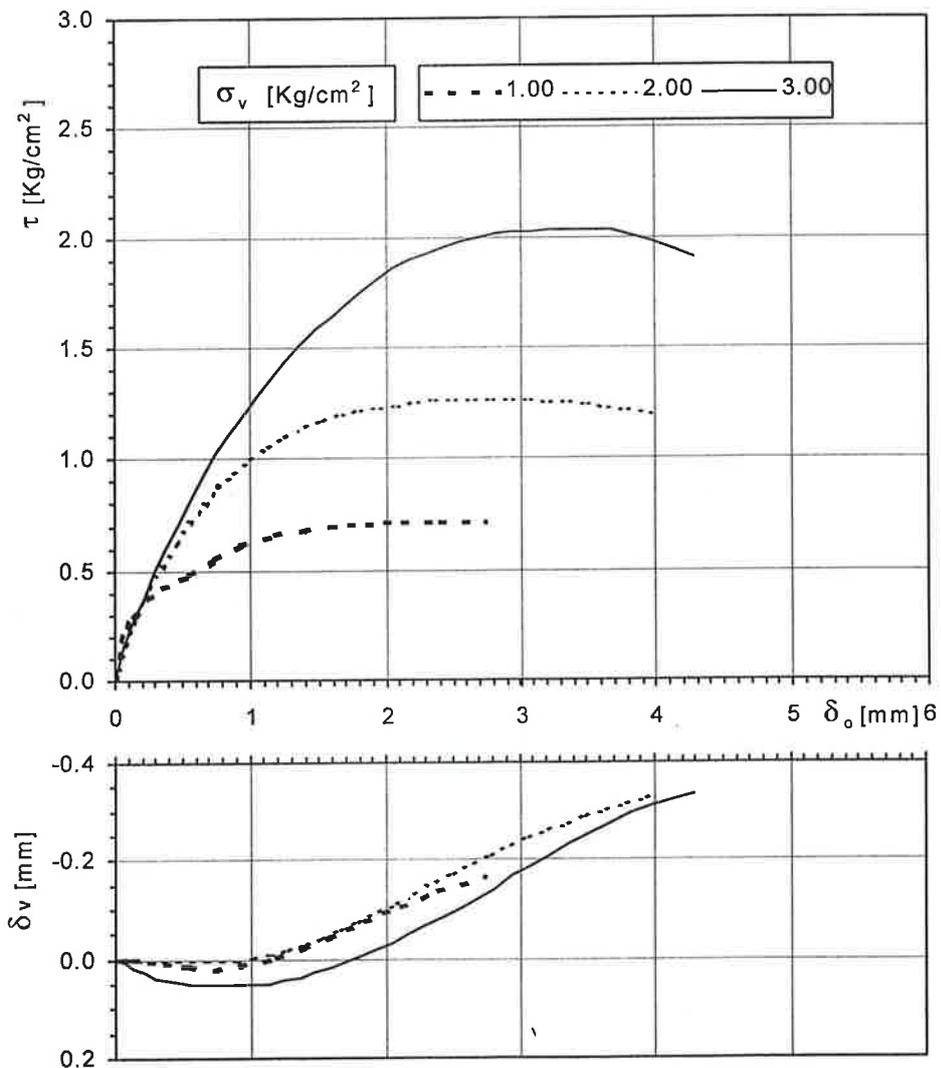


INDAGINE: *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).*-

Sondaggio N. 2; Campione N. 1; Profondità da m 2.50 a m 3.00

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (CD)**

Tensione tangenziale ( $\tau$ ) - Deformazione orizzontale ( $\delta_o$ )  
Cedimento verticale ( $\delta_v$ ) - Deformazione orizzontale ( $\delta_o$ )



INDAGINE: *Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato nel comune di Pianopoli (CZ).*

Sondaggio N. 2; Campione N. 2; Profondità da m 5.00 a m 5.30

**DESCRIZIONE:**

Sabbia limosa ghiaiosa addensata di colore bruno con venature marrone.-

**ANALISI GRANULOMETRICA**

CLASSIFICA Norme A.G.I.

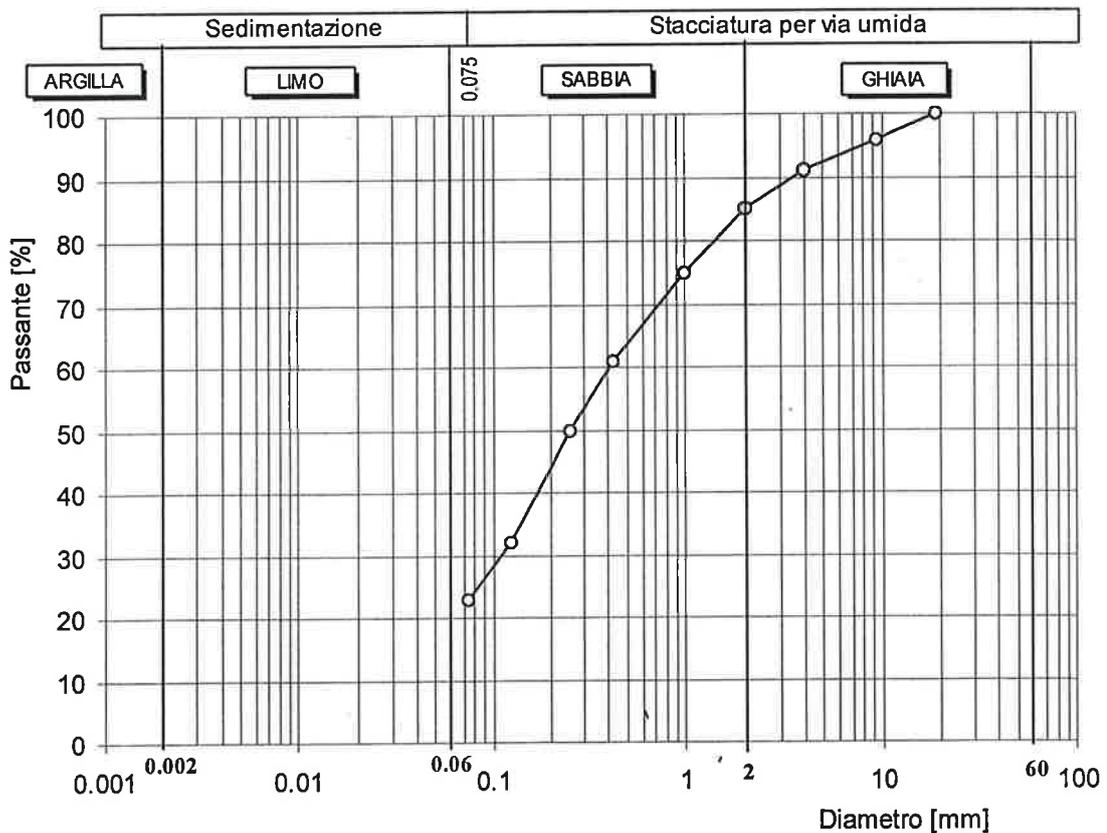
SABBIA LIMOSA GHIAIOSA.-

GRANULOMETRIA [%]

Ghiaia 15

Sabbia 55

Limo 20



**ALLEGATO 3  
INDAGINI SISMICHE  
A RIFRAZIONE**





**Palmer Geofisica S.n.c.** ESPLORAZIONI DEL SOTTOSUOLO

Sede Operativa: Via Manzoni, 57 - 87040 Taverna di Montalto Uffugo (CS)

Sede Amministrativa: "Villaggio Vitulia" - Loc. San Gennaro - 87036 Rende (CS)

Tel e Fax: 0984/938725

## COMUNE DI PIANOPOLI (CZ)

### PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE

Progetto:

Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione  
a ciclo combinato

Committente:

Dott. Geol. Nadia Di Magro



Il Tecnico:

**PALMER GEOFISICA S.n.c.**  
Villaggio Vitulia - Loc. S.Gennaro  
87036 -RENDE (CS)  
P.A. 01938/30784

Montalto Uffugo, settembre 2001

## **PREMESSA**

Su incarico del Dott. Geol. Nadia Di Magro è stato redatto uno studio geofisico di tipo sismico al fine di ottenere un modello stratigrafico, anche in ottica sismica, di un sito ubicato in agro del Comune di Pianopoli (CZ). Le indagini sono state eseguite nell'ambito di un progetto di "Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione a ciclo combinato".

La campagna di indagini geofisiche ha previsto l'esecuzione di n.4 sondaggi sismici a rifrazione di lunghezza pari a 60m per corrispondenti profondità d'indagine fino a 15-18m dal p.c. Lungo i sondaggi sismici sono stati ricavati sia i valori delle velocità sismiche delle onde di compressione ( $V_p$ ) che i valori delle onde di taglio ( $V_s$ ). E' stato così possibile non solo verificare le geometrie degli orizzonti rifrattori, ma anche calcolare i moduli elastici dinamici del terreno (Young, Poisson, Bulk, modulo di rigidità) e l'incremento sismico.

Tutti i dati raccolti sono stati analizzati ed elaborati in studio, quindi utilizzati per la stesura della presente relazione.

### **1. SONDAGGI SISMICI A RIFRAZIONE CON ACQUISIZIONE DELLE ONDE LONGITUDINALI**

#### **1.1 Generalità sul metodo**

Il metodo sismico a rifrazione permette la costruzione di dromocrone (diagrammi tempo-distanze) dalle quali è possibile calcolare velocità e profondità delle interfacce profonde.

I tempi rifratti si riferiscono ad onde sismiche longitudinali ( $V_p$ ) che incidono con "angolo critico" la superficie di separazione dei due mezzi a velocità diverse e crescenti verso il basso (ad esempio  $V_1$  e  $V_2$ , con  $V_2 > V_1$ ).

Queste onde possono propagarsi lungo tale interfaccia e tornare in superficie fornendo informazioni sugli spessori, variazioni degli stessi, sulle velocità dei due mezzi e sulla pendenza dell'interfaccia. E' così possibile desumere informazioni sui caratteri elasto-meccanici dei mezzi attraversati dalle onde longitudinali, essendo il valore velocità delle onde sismiche dipendente dalla densità del litotipo investigato.

Operativamente un profilo sismico a rifrazione viene eseguito utilizzando un punto di energizzazione (S) fisso ed una serie di sensori, chiamati geofoni, equidistanti posti lungo uno stendimento rettilineo che inizia in corrispondenza del punto S, di lunghezza proporzionale alla profondità di indagine. Generando onde elastiche longitudinali ( $V_p$ ) in un punto del terreno e rivelandone il loro arrivo in superficie ai geofoni, è possibile ricostruire la funzione tempi di arrivo-distanze dal punto di energizzazione (dromocrona) dalla quale si ottengono, in una successiva fase di calcolo automatico, le

velocità delle onde longitudinali dei vari mezzi rilevati, nonché la disposizione geometrica dei litotipi presenti nel sottosuolo investigato.

### 1.2 Acquisizione dati

Per l'esecuzione delle misure di velocità sismica è stato impiegato il seguente apparato di acquisizione:

- sismografo a 24 canali SUNDA mod.ECHO24,
- cavo geofonico di 24 geofoni OYO GS20-DX,
- attrezzatura per l'energizzazione in superficie costituita da un maglio battente di peso pari a 10 Kg.

Le misure sono state eseguite da un Geologo "Prospettore Geofisico", coadiuvato da un "Aiuto Prospettore".

Durante i rilievi si è provveduto a controllare costantemente la qualità dei dati per verificare l'operatività del sistema.

Le metodologie di indagine e le modalità adottate per l'esecuzione delle misure sono state concordate preventivamente con i tecnici responsabili dei lavori.

I sismogrammi relativi alle indagini svolte sono stati registrati direttamente in campagna e successivamente elaborati in studio su personal computer.

Sono stati eseguiti n.4 sondaggi sismici a rifrazione di lunghezza pari a 60m cadauno con dodici geofoni, per corrispondenti profondità d'indagine fino a 15-18m dal p.c.; sono stati effettuati profili diretti, coniugati e centrali che hanno fornito dati ancor più dettagliati sulla geometria degli orizzonti rifrattori più superficiali.

La seguente tabella riassume i parametri di acquisizione adottati in campagna:

#### **N.4 PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE DA 60m**

NUMERO CANALI DI REGISTRAZIONE	12
EQUIDISTANZE	5 m
N. SCOPPI	3
FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO	200 ms
SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE	maglio 10 kg

### 1.3 Analisi delle misure

L'interpretazione dei dati è stata effettuata mediante l'utilizzo del programma GRM-Pasi.

Il calcolo degli spessori viene comunemente effettuato con il metodo dei "delay times" e/o quello dei "tempi intercetti"; il primo può essere applicato solamente quando esiste una copertura degli eventi diretti ed inversi rifratti dall'orizzonte di cui si vuole definire il "delay time" e successivamente la profondità.

I dati desunti per i profili sismici eseguiti sono riportati negli allegati. Relativamente ai profili vengono fornite le dromocrone, una tabella tempi-

distanze e una tabella che riporta le velocità reali (in m/sec) e la profondità (in metri) di ogni singolo strato rilevato dal p.c.

Segue una breve descrizione dei profili eseguiti. Per maggiori dettagli si rimanda alla lettura degli allegati.

Da un esame dei dati relativi al profilo 1-3 si evince la presenza di due sismostrati: il più superficiale, correlabile con terreni poco addensati aventi caratteri elasto-meccanici molto scadenti ( $V_p=306-319$  m/s), è stato individuato fino a profondità dal p.c. pari a 4.1-4.4 m. Il sismostrato profondo è verosimilmente correlabile con litotipi mediamente addensati, i cui caratteri elasto-meccanici possono definirsi medi ( $V_p=823-865$  m/s).

Lungo il profilo 4-6 sono stati individuati tre intervalli di velocità: il più superficiale ( $V_p=307-420$  m/s) è correlabile con litotipi poco addensati i cui spessori sono compresi tra 5.7 m (scoppio 6) e 6.9 m (scoppio 4, geofoni 1 e 2).

L'intervallo intermedio, considerate le  $V_p$  ( $V_p=700-847$  m/s), è verosimilmente corrispondente con litotipi mediamente addensati, i cui caratteri elasto-meccanici sono medi.

A profondità dal p.c. comprese tra 13.7 m (geofono 6) e 17.4 m (scoppio 4) è presente il tetto del sottostante substrato a comportamento litotide ( $V_p=1544$  m/s), i cui caratteri elasto-meccanici possono definirsi buoni.

Lungo la stesa sismica 7-9 sono stati individuati tre intervalli di velocità. L'intervallo più superficiale ( $V_p=317-334$  m/s) è correlabile con litotipi poco addensati i cui spessori sono compresi tra 4.5 m (scoppio 7) e 6.2 m (scoppio 9). I caratteri elasto-meccanici sono scadenti.

Al di sotto di esso è presente un orizzonte mediamente addensato ( $V_p=773-871$  m/s), i cui caratteri elasto-meccanici sono medi. Tale orizzonte è presente fino a profondità dal p.c. comprese tra 13.3 m (geofono 6) e 14.9 m (scoppio 7).

Il sottostante intervallo profondo è correlabile con un substrato a comportamento litotide ( $V_p=1449$  m/s), i cui caratteri elasto-meccanici possono definirsi buoni.

Il profilo 10-12 è caratterizzato da tre sismostrati: il più superficiale ( $V_p=305-376$  m/s) è correlabile con litotipi poco addensati i cui spessori sono compresi tra 4.0 m (scoppio 10) e 6.1 m (scoppio 12).

L'intervallo intermedio, considerate le  $V_p$  ( $V_p=633-752$  m/s), è verosimilmente corrispondente con litotipi mediamente addensati, i cui caratteri elasto-meccanici sono medi.

A profondità dal p.c. comprese tra 13.1 m (scoppio 12) e 14.8 m (scoppio 10) è presente il tetto del sottostante substrato a comportamento litotide ( $V_p=1468$  m/s), i cui caratteri elasto-meccanici possono definirsi buoni.

## 2.. SONDAGGI SISMICI A RIFRAZIONE CON ACQUISIZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO

### 2.1. Generalità sul metodo

Nelle prospezioni sismiche comuni vengono normalmente rilevate le onde longitudinali. Premettendo che i principi fisici che governano la propagazione delle onde longitudinali valgono anche per le onde trasversali risulta molto utile, talvolta, rilevare queste ultime al fine di poterle utilizzare per il calcolo dei moduli elastici dinamici. Durante la fase d'acquisizione, risulta particolarmente complessa e difficoltosa la rilevazione delle onde trasversali (o onde di taglio o Vs). Esistono sistemi di energizzazione capaci di generare onde trasversali nel terreno che tuttavia, sia pur in minima parte, producono un residuo di onde compressive; il problema può essere agevolmente superato utilizzando congiuntamente a tali sistemi appositi sensori (geofoni orizzontali) capaci di rilevare esclusivamente onde oscillanti sul piano orizzontale (onde trasversali).

Generalmente per rilievi superficiali dei moduli elastici dinamici il sistema di energizzazione e di rilevamento delle onde trasversali, è composto da un energizzatore orizzontale costituito da una sorta di "elle" cui viene impresso un colpo mediante maglio da 10 kg parallelamente al terreno e nella direzione della stesa geofonica composta da soli geofoni orizzontali; sistemi di energizzazione e di ricezione sono entrambi collegati ad un sismografo capace di invertire la fase dell'onda in arrivo.

Attraverso le seguenti correlazioni, le onde di massa acquisite in campagna, nota la densità dei terreni, hanno portato al calcolo dei moduli elastici dinamici dei vari mezzi investigati:

$$B=g(Vp^2-4/3*Vs^2) \text{ Bulk modulus};$$

$$E=Vs^2*g[(3*Vp^2-4Vs^2)/(Vp^2-Vs^2)] \text{ Modulo di Young};$$

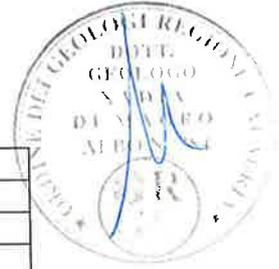
$$m=Vs^2*g \text{ Modulo di rigidità};$$

$$n=[0.5*(Vp/Vs)^2-1]/[(Vp/Vs)^2-1] \text{ Modulo di Poisson}.$$

Dai moduli così ricavati si evince un legame tra le caratteristiche di propagazione di un'onda elastica ed i moduli che descrivono la risposta dei terreni alle sollecitazioni dinamiche; la conoscenza di tali moduli risulta di fondamentale importanza per i Progettisti i quali, in prospettiva sismica, dovranno tener conto del fattore pseudo-dinamico, in ottemperanza alla L.R. n. 7/98 del 27/4/98

### 2.2 Analisi delle misure

La seguente tabella riassume i parametri di acquisizione adottati in campagna:



#### N.4 PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE Vp/Vs DA 60ml

NUMERO CANALI DI REGISTRAZIONE	12
EQUIDISTANZE	5 m
N. SCOPPI	2
FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO	300 ms
SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE	energizzatore orizzontale

Lungo i profili sono stati valutati i valori dei moduli elastici dinamici; questi vengono riportati negli allegati seguenti:

All.1s - profilo 1s-3s con acquisizione di onde P/S corrispondente al profilo sismico 1-3,

All.2s - profilo 4s-6s con acquisizione di onde P/S corrispondente al profilo sismico 4-6,

All.3s - profilo 7s-9s con acquisizione di onde P/S corrispondente al profilo sismico 7-9),

All.4s (profilo 10s-12s con acquisizione di onde P/S corrispondente al profilo sismico 10-12).

Tutti i dati relativi ai parametri elasto-dinamici sono stati riassunti nelle tabelle allegate.

### 3. CALCOLO DELL'INCREMENTO SISMICO

Nell'ambito della difesa dai terremoti, per "zonazione sismica" di un territorio si intende genericamente un insieme di criteri geologici, geomorfologici, geoidrologici e geofisici, atti ad individuare e delimitare aree a risposta omogenea nei riguardi del rischio sismico.

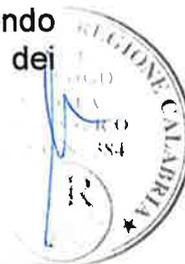
I criteri e la metodologia di individuazione e successivo intervento sono in funzione dell'estensione delle aree considerate; pertanto si parlerà di:

- *Macrozonazione sismica*, se la scala delle aree è a livello regionale;
- *Microzonazione sismica*, se la scala per la destinazione d'uso è a livello comunale.

La microzonazione sismica, in particolare, consiste nell'individuazione di un insieme di criteri d'uso del territorio volti a minimizzare gli effetti dei terremoti; essa tende ad andare oltre le condizioni di pericolosità generica di ciascun territorio comunale che è il criterio informatore della macrozonazione sismica. E' intuitivo, infatti, che la macrozonazione sismica può, solo nelle linee generali, essere rappresentativa del modo in cui in un determinato luogo si risentirà l'evento sismico; ciò tenendo conto delle varie situazioni che condizionano l'effettivo modo di presentarsi delle accelerazioni prodotte da un sisma e che determinano la risposta sismica locale (è noto da tempo che i danni che si manifestano durante un terremoto possono avere dimensioni molto diverse in località tra loro vicine a causa di una differente risposta sismica locale).

Ai fini della microzonazione è necessario individuare microzone diverse il cui comportamento nei riguardi della risposta sismica locale sia omogeneo.

L'individuazione di zone a rischio omogeneo viene effettuata tenendo conto della *rigidità sismica*, parametro strettamente legato all'incidenza dei danni.



### 3.1 Procedura di calcolo

Ai fini del calcolo dell'incremento di intensità macrosismica, è stata utilizzata la relazione proposta da MEDVEDEV (1965), che lega il rapporto tra la rigidità sismica di una roccia di riferimento e la rigidità dei terreni superficiali, all'incremento dell'intensità macrosismica:

$$I = 1.67 (\log R^\circ - \log R)$$

dove  $R^\circ$  rappresenta la rigidità della roccia di riferimento ed  $R$  la rigidità dell'orizzonte più superficiale rilevato dall'indagine sismica a rifrazione.

In particolare,

$$R^\circ = V_p \gamma$$

dove  $V_p$  = velocità sismica di compressione della roccia di riferimento (espressa in m/sec) e  $\gamma$  = densità dell'orizzonte superficiale (espresso in g/cm<sup>3</sup>):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n V_i h_i \gamma_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

Dal momento che, come è ben noto, la maggiore potenza distruttiva legata ad un evento sismico è determinata dalle onde di taglio, in questa sede, sono state considerate, ai fini del calcolo dell'incremento sismico, i valori misurati delle onde sismiche di compressione ( $V_s$ ).

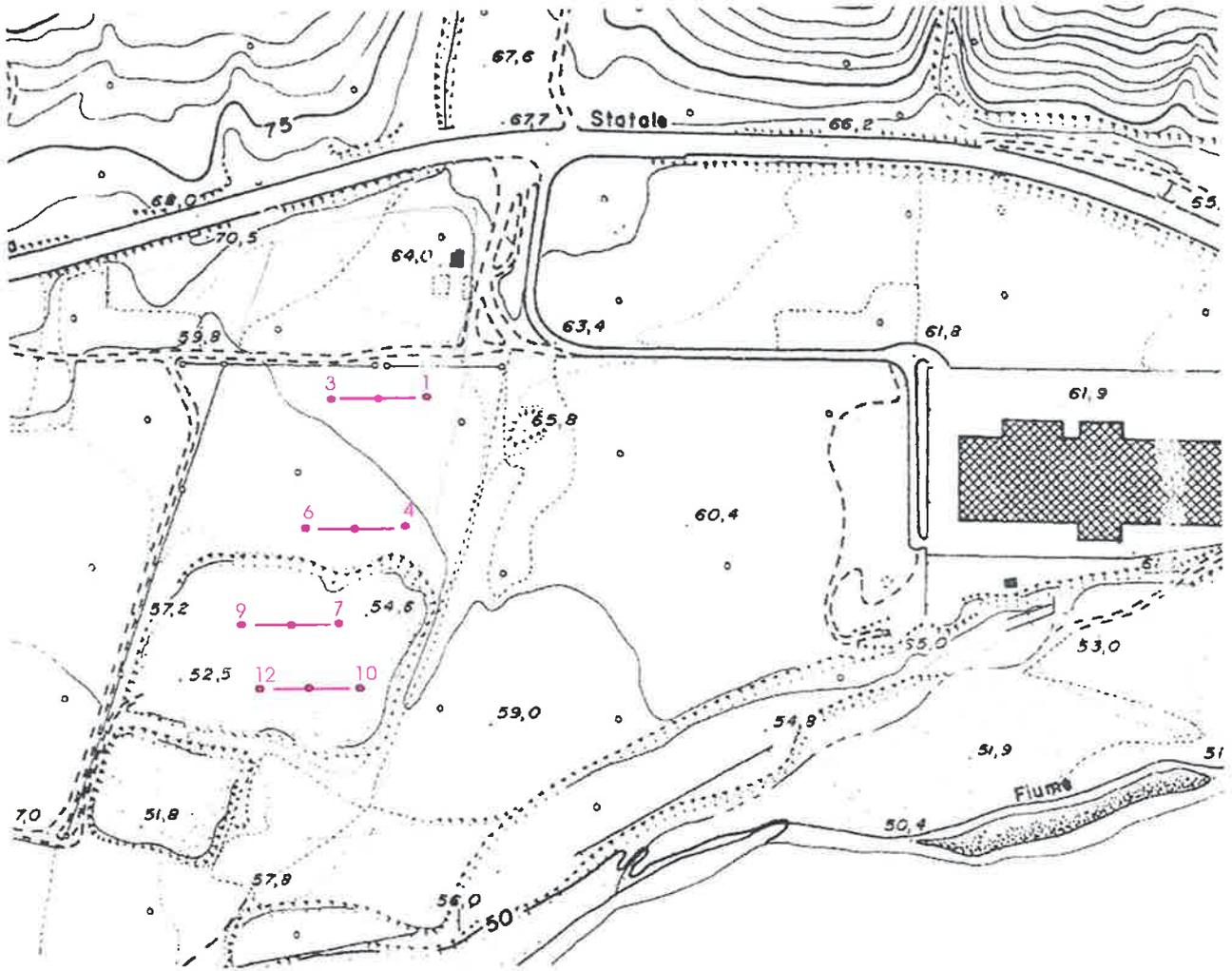
Dai calcoli eseguiti si ricavano i valori riportati nella sottostante tabella:

numero profilo	$R^\circ$	$R$	$I$
1-3	1.44	1.02	0.25
4-6	3	0.75	1
7-9	3	0.9	0.9
10-12	2.8	0.75	0.95

Montalto Uffugo, settembre 2001

Il Tecnico:

PALMER GEOTISICA S.n.c.  
Via S. Gennaro, loc. S. Gennaro  
87056 RENDE (CS)  
TEL. 01958850784



Ubicazioni indagini sismiche a rifrazione

Scala 1:5.000

LEGENDA

— stesa geofonica

10 ● scoppio

**LEGENDA**

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

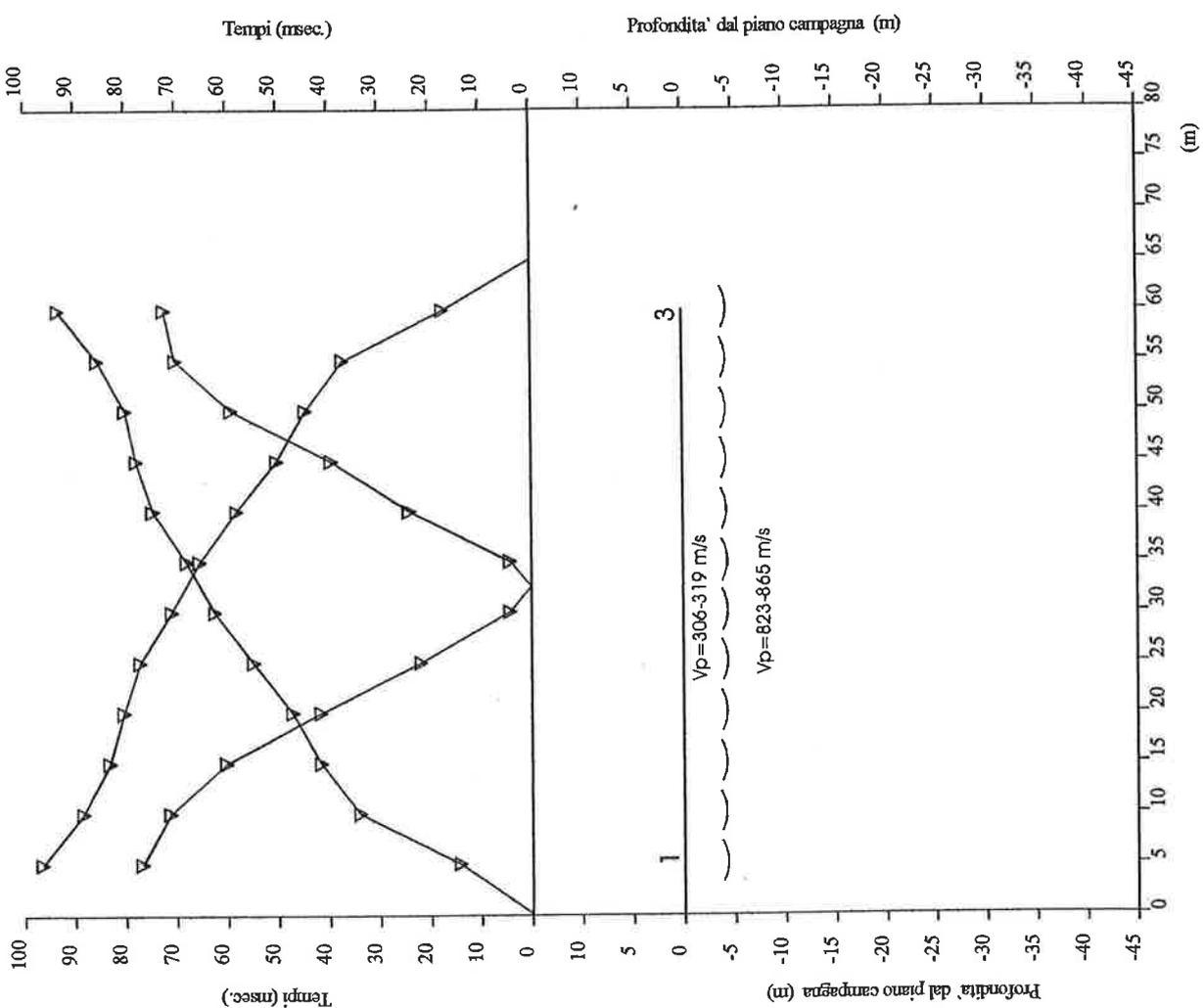
2500 m/s

**PROSPERAZIONE SISMICA**

Comm: Dott. Geol. Nadia Di Magro

Base sismica: pnp1-3

All. 1 31.08.01



Dott. Geol. Nadia Di Magro31.08.01  
Comune di Pianopoli - CZ1-3

Sunda Echo24  
Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m) .13 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	14.200000		0.000000E+00
10.100000	34.000000		0.000000E+00
15.100000	41.700000		0.000000E+00
20.100000	47.200000		0.000000E+00
25.100000	54.900000		0.000000E+00
30.100000	62.500000		0.000000E+00
35.100000	68.000000		0.000000E+00
40.100000	74.600000		0.000000E+00
45.100000	77.900000		0.000000E+00
50.100000	80.100000		0.000000E+00
55.100000	85.600000		0.000000E+00
60.100000	93.300000		0.000000E+00

SCOPPIO 2 - X (m) 32.60 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	76.800000		0.000000E+00
10.100000	71.300000		0.000000E+00
15.100000	60.300000		0.000000E+00
20.100000	41.700000		0.000000E+00
25.100000	21.900000		0.000000E+00
30.100000	4.200000		0.000000E+00
35.100000	4.200000		0.000000E+00
40.100000	24.100000		0.000000E+00
45.100000	39.500000		0.000000E+00
50.100000	59.200000		0.000000E+00
55.100000	70.200000		0.000000E+00
60.100000	72.400000		0.000000E+00

SCOPPIO 3 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

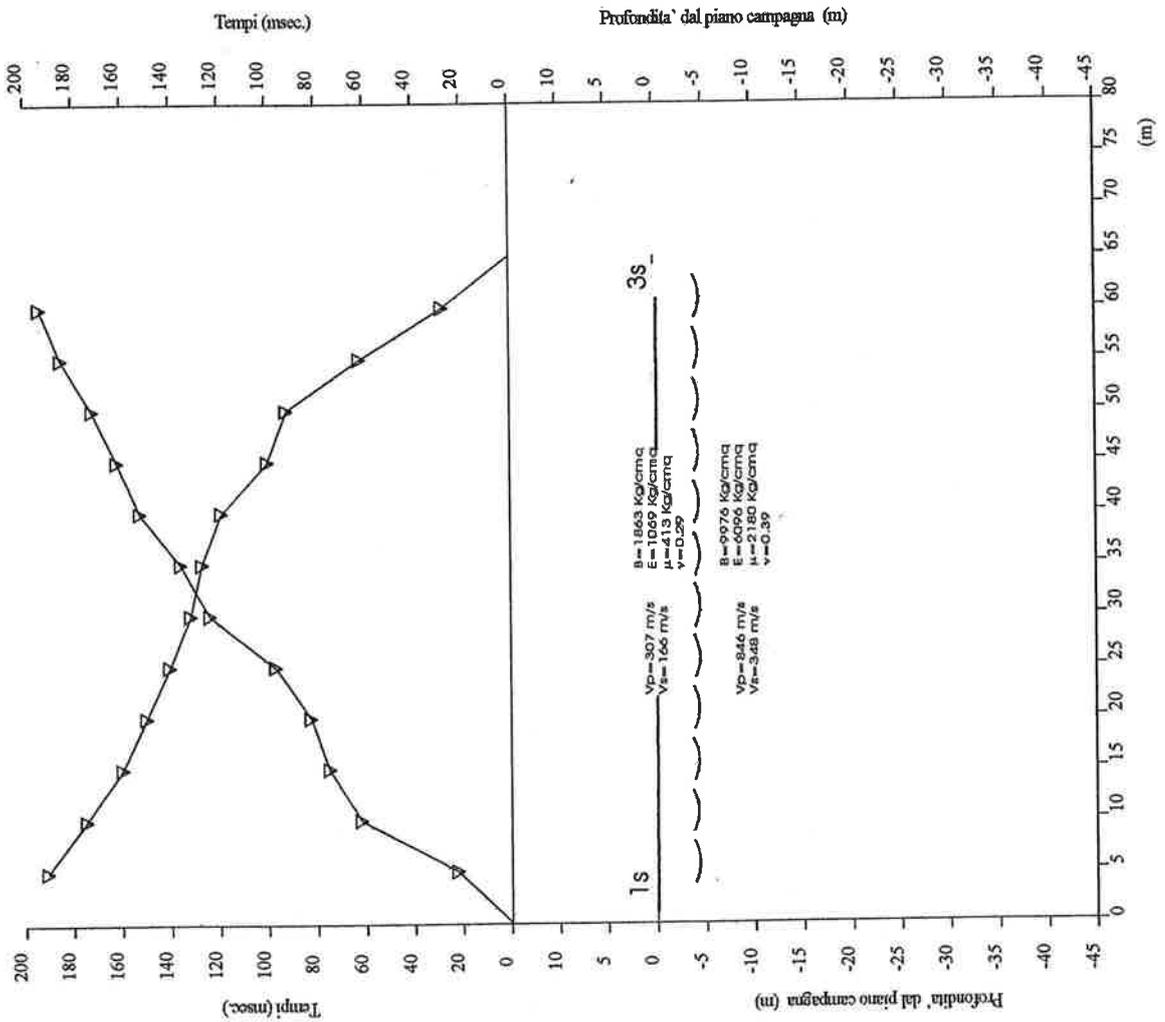
POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	96.600000		0.000000E+00
10.100000	88.500000		0.000000E+00
15.100000	83.200000		0.000000E+00
20.100000	80.400000		0.000000E+00
25.100000	77.200000		0.000000E+00
30.100000	71.000000		0.000000E+00
35.100000	65.500000		0.000000E+00
40.100000	58.200000		0.000000E+00
45.100000	50.300000		0.000000E+00
50.100000	44.600000		0.000000E+00
55.100000	37.200000		0.000000E+00
60.100000	17.400000		0.000000E+00

Cliente : Dott. Geol. Nadia Di Magro      Data : 31.08.01  
Località : Comune di Pianopoli - CZ      Linea : 1-3  
Stato :      Azimut :  
Progetto :      Strumento : Sunda Echo24  
Sorgente : Massa battente

Ascissa		Velocità
STRATO #	1	
5.129998		304.052600
10.130000		306.085300
15.129990		308.117900
20.129990		310.150600
25.129990		312.183300
30.129990		314.215900
35.129990		307.178400
40.129990		310.231500
45.129990		313.284700
50.129990		316.337800
55.129990		319.391000
60.129990		312.353500
STRATO #	2	
5.129998		823.151900
10.130000		830.912100
15.129990		838.672400
20.129990		846.432600
25.129990		846.432600
30.129990		841.164800
35.129990		846.432600
40.129990		846.432600
45.129990		846.432600
50.129990		852.592500
55.129990		858.752300
60.129990		864.912200
STRATO #	3	
STRATO #	4	
STRATO #	5	

Cliente : Dott. Geol. Nadia Di Magro      Data : 31.08.01  
Località : Comune di Pianopoli - CZ      Linea : 1-3  
Stato :      Azimut :  
Progetto :      Strumento : Sunda Echo24  
Sorgente : Massa battente      .0      .0      .0      .0

Ascissa		Profondità
STRATO #	2	
1.300000E-01		4.336835
5.129998		4.242451
10.130000		4.143615
15.129990		4.197155
20.129990		4.246233
25.129990		4.319448
30.129990		4.345061
35.129990		4.322220
40.129990		4.261481
45.129990		4.225889
50.129980		4.238452
55.129980		4.229475
60.129980		4.316132
STRATO #	3	
STRATO #	4	
STRATO #	5	



**LEGENDA**

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'inviluppo degli archi
- Velocita' sismica dello strato in metri al secondo

2500 m/s

**PROSPEZIONE SISMICA**

Comm: Dott. Geol. N. Di Magro

Base sismica: pnp1s3s

All. 1s 31.08.01

Dott. Geol. N. Di Magro  
Comune di Pianopoli - CZ

31.08.01  
1s-3s

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m) .10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000		22.200000	0.000000E+00
10.100000		62.000000	0.000000E+00
15.100000		75.000000	0.000000E+00
20.100000		82.600000	0.000000E+00
25.100000		97.000000	0.000000E+00
30.100000		124.000000	0.000000E+00
35.100000		136.000000	0.000000E+00
40.100000		152.600000	0.000000E+00
45.100000		162.000000	0.000000E+00
50.100000		172.200000	0.000000E+00
55.100000		185.000000	0.000000E+00
60.100000		193.900000	0.000000E+00

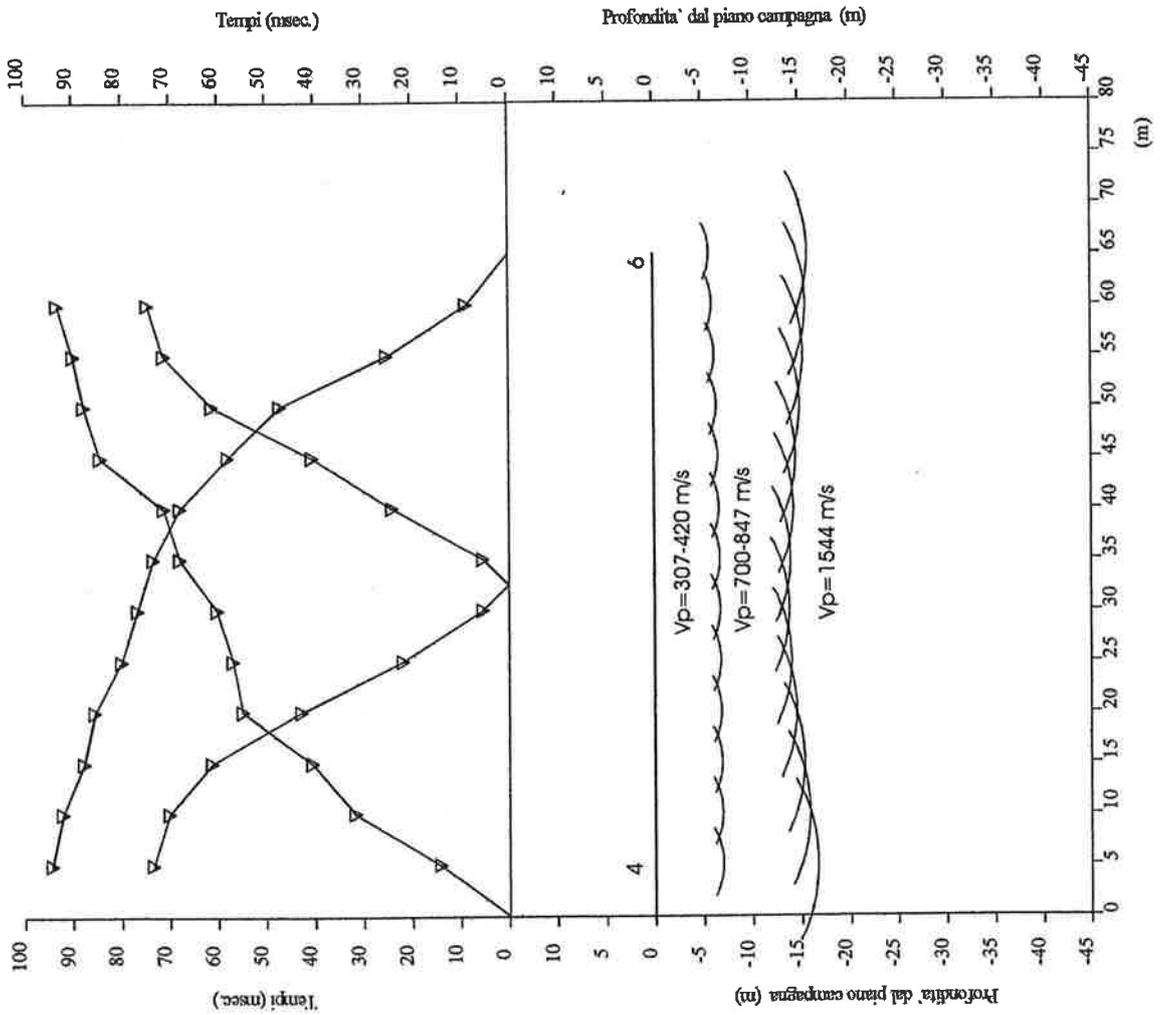
SCOPPIO 2 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000		190.800000	0.000000E+00
10.100000		174.900000	0.000000E+00
15.100000		160.000000	0.000000E+00
20.100000		150.000000	0.000000E+00
25.100000		140.500000	0.000000E+00
30.100000		131.900000	0.000000E+00
35.100000		127.200000	0.000000E+00
40.100000		119.200000	0.000000E+00
45.100000		100.000000	0.000000E+00
50.100000		92.200000	0.000000E+00
55.100000		62.000000	0.000000E+00
60.100000		27.800000	0.000000E+00

Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli - CZ  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 1s-3s  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24

Ascissa		Velocità
STRATO #	1	
5.099998		169.558600
10.100000		169.125000
15.099990		168.691400
20.099990		168.257800
25.099990		167.824200
30.099990		167.390500
35.099990		166.957000
40.099980		166.523300
45.099980		166.089700
50.099980		165.656100
55.099980		165.222500
60.099980		164.788900
65.099980		164.355300
STRATO #	2	
5.099998		347.704400
10.100000		347.704400
15.099990		347.704400
20.099990		347.704400
25.099990		347.704400
30.099990		347.704400
35.099990		347.704400
40.099980		347.704400
45.099980		347.704400
50.099980		347.704400
55.099980		347.704400
60.099980		347.704400
65.099980		347.704400



**LEGENDA**

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocita' sismica dello strato in metri al secondo

2500 m/s

**PROSPERZIONE SISMICA**

Comm: Dott. Geol. Nadia Di Magro

Base sismica : pup4-6

All. 2 31.08.01

Dott. Geol. Nadia Di Magro  
Comune di Pianopoli - CZ

31.08.01  
4-6

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m)	.10	QUOTA	.00	PROF:	.00
POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA		
5.100000	14.200000		0.000000E+00		
10.100000	31.800000		0.000000E+00		
15.100000	40.600000		0.000000E+00		
20.100000	54.900000		0.000000E+00		
25.100000	57.000000		0.000000E+00		
30.100000	60.300000		0.000000E+00		
35.100000	68.000000		0.000000E+00		
40.100000	71.300000		0.000000E+00		
45.100000	84.500000		0.000000E+00		
50.100000	87.800000		0.000000E+00		
55.100000	90.000000		0.000000E+00		
60.100000	93.300000		0.000000E+00		

SCOPPIO 2 - X (m)	32.60	QUOTA	.00	PROF:	.00
POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA		
5.100000	73.500000		0.000000E+00		
10.100000	70.200000		0.000000E+00		
15.100000	61.400000		0.000000E+00		
20.100000	42.800000		0.000000E+00		
25.100000	21.900000		0.000000E+00		
30.100000	5.400000		0.000000E+00		
35.100000	5.400000		0.000000E+00		
40.100000	24.100000		0.000000E+00		
45.100000	40.600000		0.000000E+00		
50.100000	61.400000		0.000000E+00		
55.100000	71.300000		0.000000E+00		
60.100000	74.600000		0.000000E+00		

SCOPPIO 3 - X (m)	65.10	QUOTA	.00	PROF:	.00
POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA		
5.100000	94.400000		0.000000E+00		
10.100000	92.200000		0.000000E+00		
15.100000	87.800000		0.000000E+00		
20.100000	85.600000		0.000000E+00		
25.100000	80.100000		0.000000E+00		
30.100000	76.800000		0.000000E+00		
35.100000	73.500000		0.000000E+00		
40.100000	68.000000		0.000000E+00		
45.100000	58.100000		0.000000E+00		
50.100000	47.200000		0.000000E+00		
55.100000	25.200000		0.000000E+00		
60.100000	8.700000		0.000000E+00		

Cliente : Dott. Geol. Nadia Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli - CZ  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

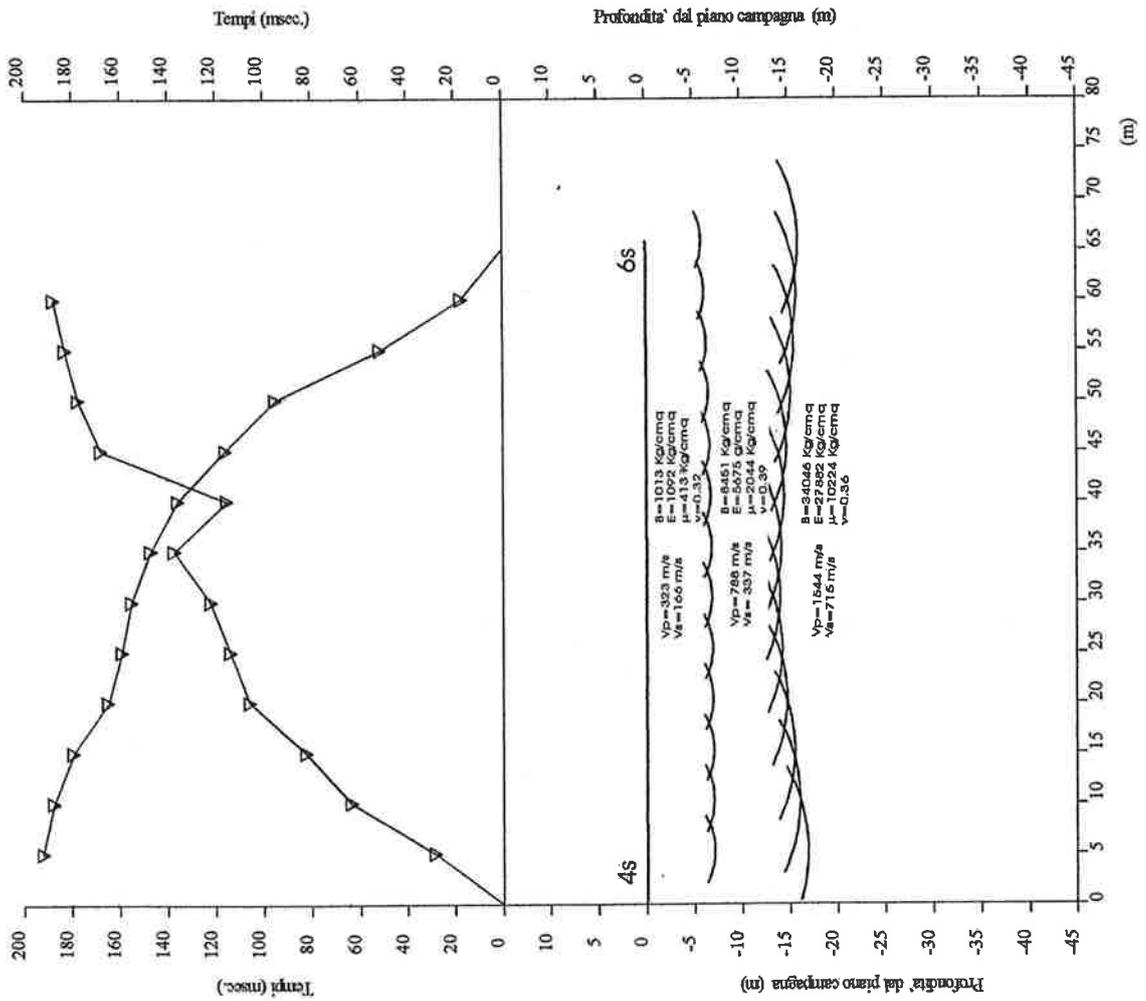
Data : 31.08.01  
Linea : 4-6  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24

Ascissa	Velocità
STRATO # 1	
5.099998	344.212600
10.100000	336.824900
15.099990	329.437100
20.099990	322.049400
25.099990	314.661700
30.099990	307.273900
35.099990	323.420300
40.099980	339.566600
45.099980	355.713000
50.099980	371.859400
55.099980	388.005700
60.099980	404.152100
65.099980	420.298500
STRATO # 2	
5.099998	847.445400
10.100000	838.433000
15.099990	829.420500
20.099990	820.408100
25.099990	811.395800
30.099990	802.383300
35.099990	787.767000
40.099980	773.150800
45.099980	758.534500
50.099980	743.918300
55.099980	729.302000
60.099980	714.685700
65.099980	700.069500
STRATO # 3	
5.099998	1544.575000
10.100000	1544.575000
15.099990	1544.575000
20.099990	1544.575000
25.099990	1544.575000
30.099990	1544.575000
35.099990	1544.575000
40.099980	1544.575000
45.099980	1544.575000
50.099980	1544.575000
55.099980	1544.575000
60.099980	1544.575000
65.099980	1544.575000
STRATO # 4	
STRATO # 5	

Cliente : Dott. Geol. Nadia Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli - CZ  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 4-6  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24  
.0 .0

Ascissa		Profondità
STRATO #	2	
1.000000E-01		6.944485
5.099998		6.917527
10.100000		6.884845
15.099990		6.846480
20.099990		6.802472
25.099990		6.752859
30.099990		6.697684
35.099980		6.672386
40.099980		6.610044
45.099980		6.510140
50.099980		6.371886
55.099980		6.194121
60.099980		5.975187
65.099980		5.712703
STRATO #	3	
1.000000E-01		17.444510
5.099998		16.620410
10.100000		15.813570
15.099990		15.285210
20.099990		14.511570
25.099990		14.015550
30.099990		13.796740
35.099980		13.938160
40.099980		14.261300
45.099980		14.506400
50.099980		14.936980
55.099980		15.293020
60.099980		15.576080
65.099980		15.787500
STRATO #	4	
STRATO #	5	



**LEGENDA**

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocita' sismica dello strato in metri al secondo

**PROSPEZIONE SISMICA**

Comm: Dott. Geol. N. Di Magro

Base sismica: pnp4s6s

All. 2s 31.08.01

Dott. Geol. N. Di Magro  
Comune di Pianopoli - CZ

31.08.01  
4s-6s

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m) .10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	28.500000		0.000000E+00
10.100000	63.600000		0.000000E+00
15.100000	82.400000		0.000000E+00
20.100000	105.900000		0.000000E+00
25.100000	114.000000		0.000000E+00
30.100000	122.200000		0.000000E+00
35.100000	137.400000		0.000000E+00
40.100000	115.400000		0.000000E+00
45.100000	168.000000		0.000000E+00
50.100000	177.500000		0.000000E+00
55.100000	183.000000		0.000000E+00
60.100000	187.800000		0.000000E+00

SCOPPIO 2 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	192.000000		0.000000E+00
10.100000	187.600000		0.000000E+00
15.100000	179.400000		0.000000E+00
20.100000	165.000000		0.000000E+00
25.100000	159.200000		0.000000E+00
30.100000	155.200000		0.000000E+00
35.100000	147.200000		0.000000E+00
40.100000	136.000000		0.000000E+00
45.100000	116.200000		0.000000E+00
50.100000	95.100000		0.000000E+00
55.100000	51.400000		0.000000E+00
60.100000	17.300000		0.000000E+00

Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli - CZ  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 4s-6s  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24

Ascissa	Velocità
STRATO # 1	
5.099998	161.032900
10.100000	161.834600
15.099990	162.636400
20.099990	163.438100
25.099990	164.239800
30.099990	165.041500
35.099990	165.843300
40.099980	166.645000
45.099980	167.446700
50.099980	168.248400
55.099980	169.050200
60.099980	169.851900
65.099980	170.653600
STRATO # 2	
5.099998	346.029100
10.100000	341.786000
15.099990	345.893700
20.099990	341.650600
25.099990	337.407500
30.099990	333.164400
35.099990	337.272200
40.099980	324.678200
45.099980	324.678200
50.099980	333.164400
55.099980	341.650600
60.099980	341.786000
65.099980	341.921400
STRATO # 3	
5.099998	715.785800
10.100000	715.785800
15.099990	715.785800
20.099990	715.785800
25.099990	715.785800
30.099990	715.785800
35.099990	715.785800
40.099980	715.785800
45.099980	715.785800
50.099980	715.785800
55.099980	715.785800
60.099980	715.785800
65.099980	715.785800
STRATO # 4	
STRATO # 5	

**LEGENDA**

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

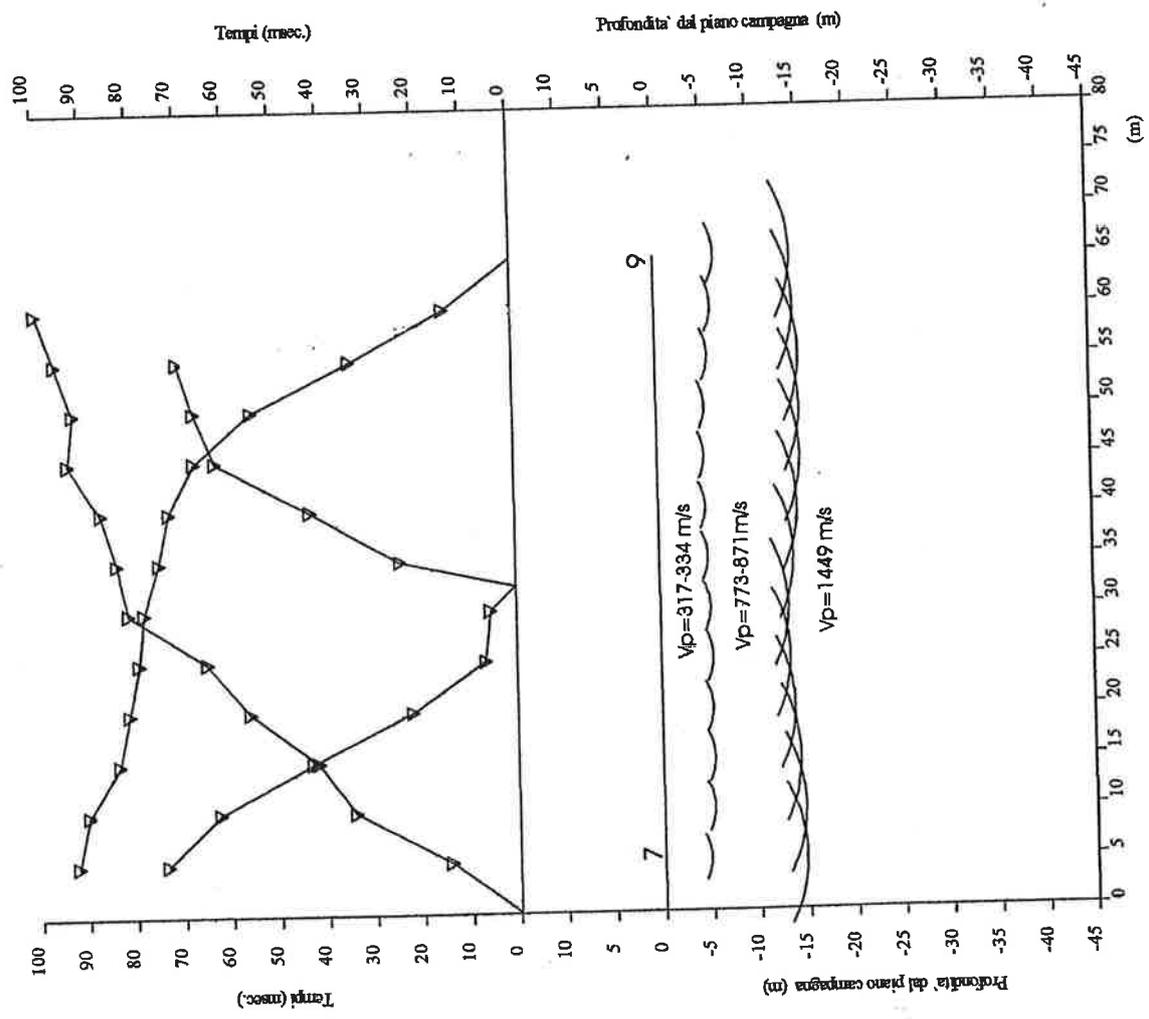
2500 m/s

**PROSPERAZIONE SISMICA**

Comm.: Dott. Geol. N. Di Maggio

Base sismica: pmp7-9

Ali.	3	31.08.01
------	---	----------



Dott. Geol. N. Di Magro  
Comune di Pianopoli

31.08.01  
7-9

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m) .10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	14.200000	0.000000E+00
10.100000	34.000000	0.000000E+00
15.100000	41.700000	0.000000E+00
20.100000	55.900000	0.000000E+00
25.100000	64.700000	0.000000E+00
30.100000	81.200000	0.000000E+00
35.100000	83.400000	0.000000E+00
40.100000	86.700000	0.000000E+00
45.100000	93.300000	0.000000E+00
50.100000	92.200000	0.000000E+00
55.100000	95.900000	0.000000E+00
60.100000	99.900000	0.000000E+00

SCOPPIO 2 - X (m) 32.60 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	73.500000	0.000000E+00
10.100000	62.500000	0.000000E+00
15.100000	42.800000	0.000000E+00
20.100000	21.900000	0.000000E+00
25.100000	6.500000	0.000000E+00
30.100000	5.400000	0.000000E+00
35.100000	24.100000	0.000000E+00
40.100000	42.800000	0.000000E+00
45.100000	62.500000	0.000000E+00
50.100000	66.900000	0.000000E+00
55.100000	70.200000	0.000000E+00
60.100000	0.000000E+00	0.000000E+00

SCOPPIO 3 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	92.200000	0.000000E+00
10.100000	90.000000	0.000000E+00
15.100000	83.400000	0.000000E+00
20.100000	81.200000	0.000000E+00
25.100000	79.000000	0.000000E+00
30.100000	77.900000	0.000000E+00
35.100000	74.600000	0.000000E+00
40.100000	72.400000	0.000000E+00
45.100000	66.900000	0.000000E+00
50.100000	54.900000	0.000000E+00
55.100000	34.000000	0.000000E+00
60.100000	14.200000	0.000000E+00

Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

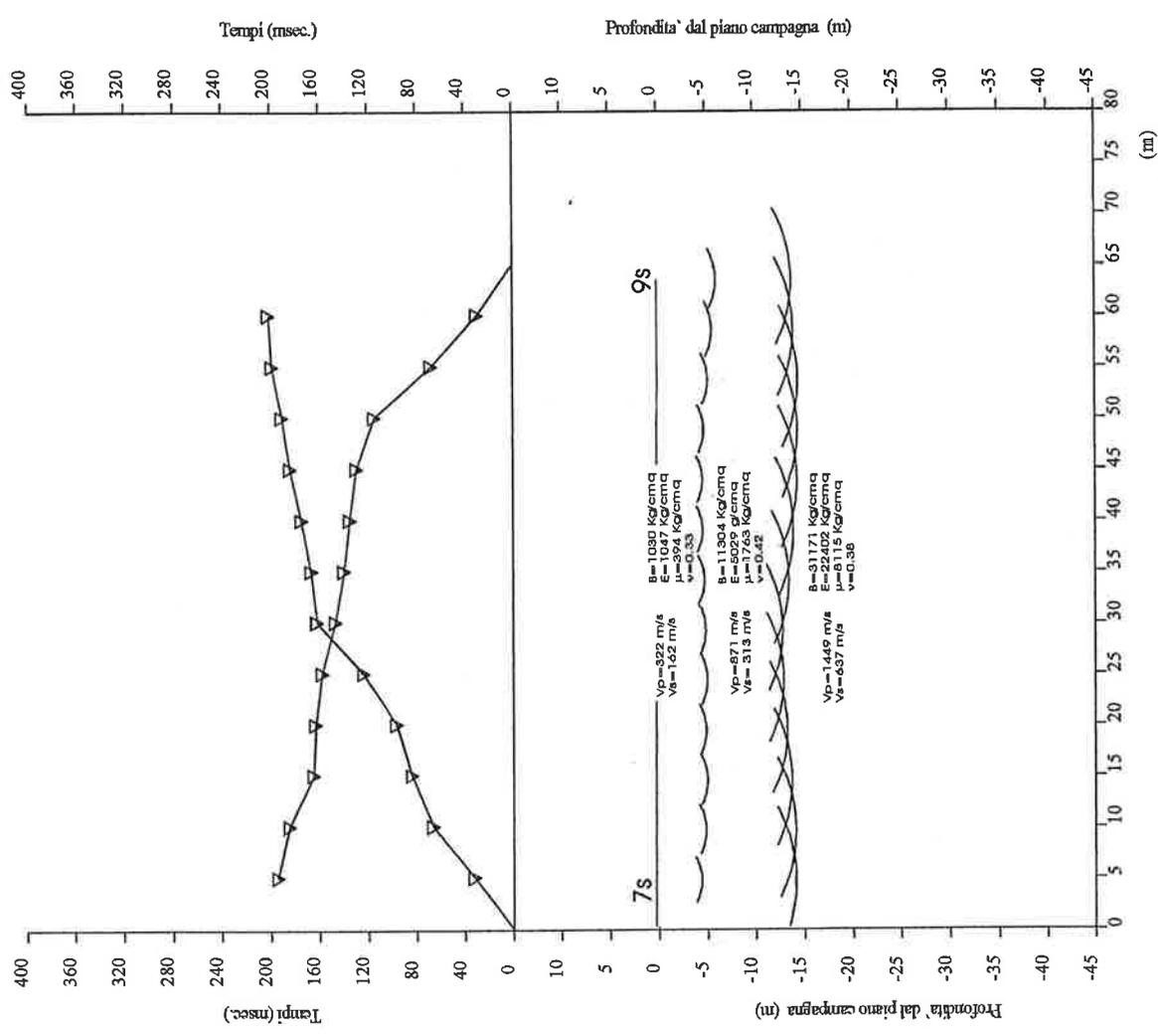
Data : 31.08.01  
Linea : 7-9  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24

Ascissa		Velocità
STRATO #	1	
5.099998		333.990800
10.100000		331.037100
15.099990		328.083500
20.099990		325.129800
25.099990		322.176100
30.099990		319.222500
35.099990		321.755700
40.099980		324.288800
45.099980		326.822100
50.099980		329.355200
55.099980		331.888400
60.099980		317.509700
65.099980		320.042900
STRATO #	2	
5.099998		773.311100
10.100000		788.957100
15.099990		804.603000
20.099990		837.160800
25.099990		852.806800
30.099990		868.452800
35.099990		871.371300
40.099980		857.378100
45.099980		826.473000
50.099980		825.233500
55.099980		823.993900
60.099980		822.754400
65.099980		821.514900
STRATO #	3	
5.099998		1449.590000
10.100000		1449.590000
15.099990		1449.590000
20.099990		1449.590000
25.099990		1449.590000
30.099990		1449.590000
35.099990		1449.590000
40.099980		1449.590000
45.099980		1449.590000
50.099980		1449.590000
55.099980		1449.590000
60.099980		1449.590000
65.099980		1449.590000
STRATO #	4	
STRATO #	5	

Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 7-9  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24  
.0 .0

Ascissa		Profondità
STRATO #	2	
1.000000E-01		4.562328
5.099998		4.762774
10.100000		5.213144
15.099990		5.368972
20.099990		5.232371
25.099990		5.352590
30.099990		5.182595
35.099980		5.039347
40.099980		4.845546
45.099980		4.819201
50.099980		4.952093
55.099980		5.366447
60.099980		5.788371
65.099980		6.217931
STRATO #	3	
1.000000E-01		14.956870
5.099998		14.696400
10.100000		14.664710
15.099990		14.282200
20.099990		13.782160
25.099990		13.385560
30.099990		13.295910
35.099980		13.941000
40.099980		14.428030
45.099980		14.795930
50.099980		14.832760
55.099980		14.879320
60.099980		14.387700
65.099980		14.179700
STRATO #	4	
STRATO #	5	



**LEGENDA**

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocita' sismica dello strato in metri al secondo

**PROSPERAZIONE SISMICA**

Comm: Dott. Geol. N. Di Magro

Base sismica: pnp7s9s

All. 3s 31.08.01

Dott. Geol. N. Di Magro  
Comune di Pianopoli - CZ

31.08.01  
7s-9s

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m) .10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000		32.400000	0.000000E+00
10.100000		66.700000	0.000000E+00
15.100000		84.200000	0.000000E+00
20.100000		97.000000	0.000000E+00
25.100000		124.000000	0.000000E+00
30.100000		162.100000	0.000000E+00
35.100000		166.800000	0.000000E+00
40.100000		174.900000	0.000000E+00
45.100000		184.400000	0.000000E+00
50.100000		191.000000	0.000000E+00
55.100000		199.200000	0.000000E+00
60.100000		201.900000	0.000000E+00

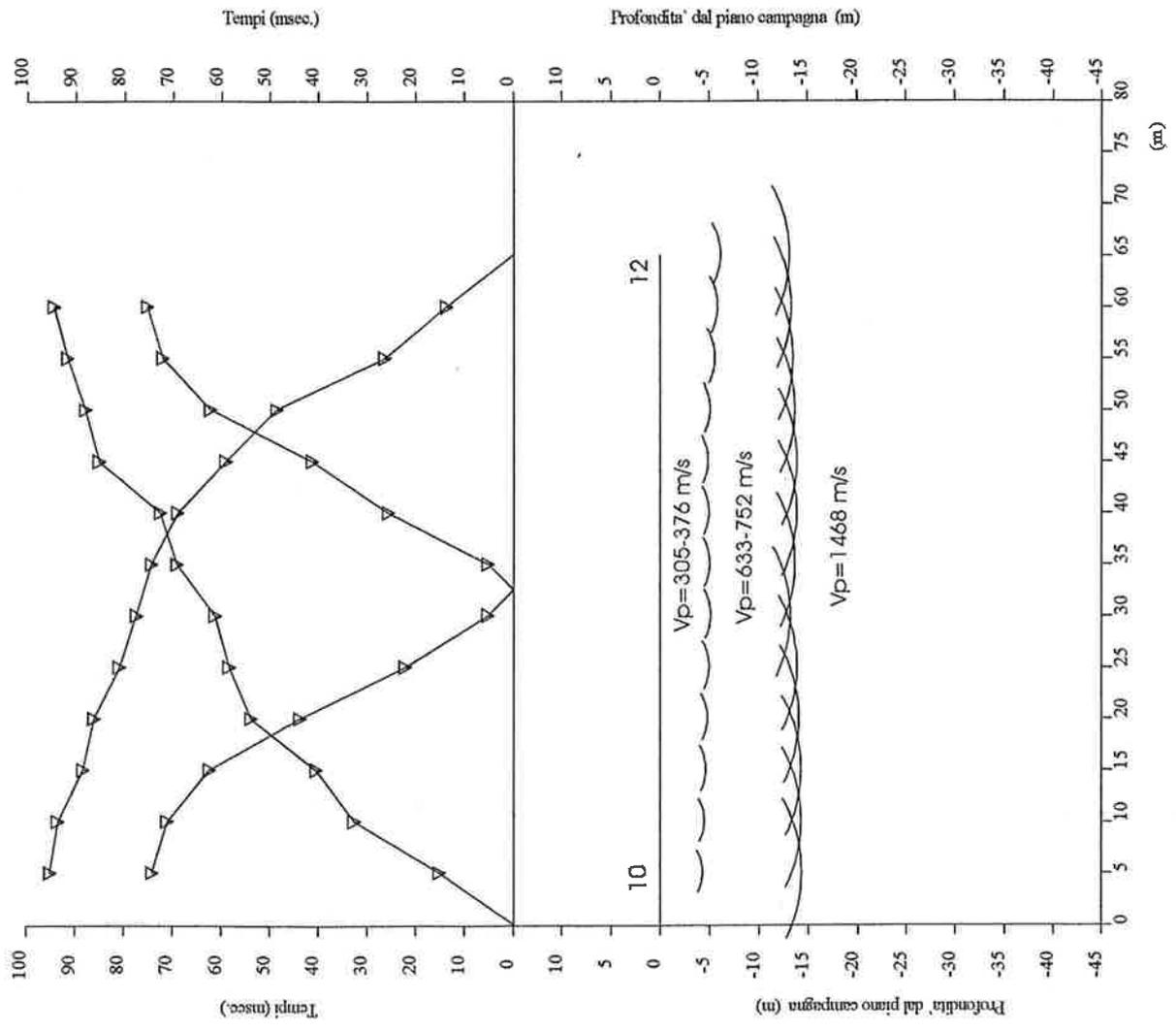
SCOPPIO 2 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000		194.500000	0.000000E+00
10.100000		185.000000	0.000000E+00
15.100000		165.200000	0.000000E+00
20.100000		163.300000	0.000000E+00
25.100000		158.000000	0.000000E+00
30.100000		147.000000	0.000000E+00
35.100000		140.000000	0.000000E+00
40.100000		135.200000	0.000000E+00
45.100000		129.700000	0.000000E+00
50.100000		115.000000	0.000000E+00
55.100000		68.200000	0.000000E+00
60.100000		29.700000	0.000000E+00

Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli - CZ  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 7s-9s  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24

Ascissa		Velocità
STRATO #	1	
5.099998		155.403900
10.100000		156.486700
15.099990		157.569600
20.099990		158.652500
25.099990		159.735400
30.099990		160.818300
35.099990		161.901200
40.099980		162.984000
45.099980		164.066900
50.099980		165.149800
55.099980		166.232700
60.099980		167.315600
65.099980		168.398500
STRATO #	2	
5.099998		312.638200
10.100000		312.638200
15.099990		312.638200
20.099990		312.638200
25.099990		320.073600
30.099990		312.638200
35.099990		312.638200
40.099980		312.638200
45.099980		320.073600
50.099980		312.638200
55.099980		320.073600
60.099980		320.073600
65.099980		327.509100
STRATO #	3	
5.099998		637.325100
10.100000		637.325100
15.099990		637.325100
20.099990		637.325100
25.099990		637.325100
30.099990		637.325100
35.099990		637.325100
40.099980		637.325100
45.099980		637.325100
50.099980		637.325100
55.099980		637.325100
60.099980		637.325100
65.099980		637.325100
STRATO #	4	
STRATO #	5	



**LEGENDA**

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

2500 m/s

**PROSPERAZIONE SISMICA**

Comm: Dott. Geol. N. Di Magro

Base sismica: pnp10-12

All. 4 31.08.01

Dott. Geol. N. Di Magro31.08.01  
Comune di Pianopoli - CZ 10-12

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m)	.10	QUOTA	.00	PROF:	.00
POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA		
5.100000	15.200000		0.000000E+00		
10.100000	32.600000		0.000000E+00		
15.100000	40.500000		0.000000E+00		
20.100000	54.000000		0.000000E+00		
25.100000	58.500000		0.000000E+00		
30.100000	61.400000		0.000000E+00		
35.100000	69.200000		0.000000E+00		
40.100000	72.600000		0.000000E+00		
45.100000	85.200000		0.000000E+00		
50.100000	88.000000		0.000000E+00		
55.100000	91.700000		0.000000E+00		
60.100000	94.500000		0.000000E+00		

SCOPPIO 2 - X (m)	32.60	QUOTA	.00	PROF:	.00
POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA		
5.100000	74.200000		0.000000E+00		
10.100000	71.100000		0.000000E+00		
15.100000	62.500000		0.000000E+00		
20.100000	43.800000		0.000000E+00		
25.100000	22.200000		0.000000E+00		
30.100000	5.200000		0.000000E+00		
35.100000	5.200000		0.000000E+00		
40.100000	25.700000		0.000000E+00		
45.100000	41.300000		0.000000E+00		
50.100000	62.400000		0.000000E+00		
55.100000	72.200000		0.000000E+00		
60.100000	75.400000		0.000000E+00		

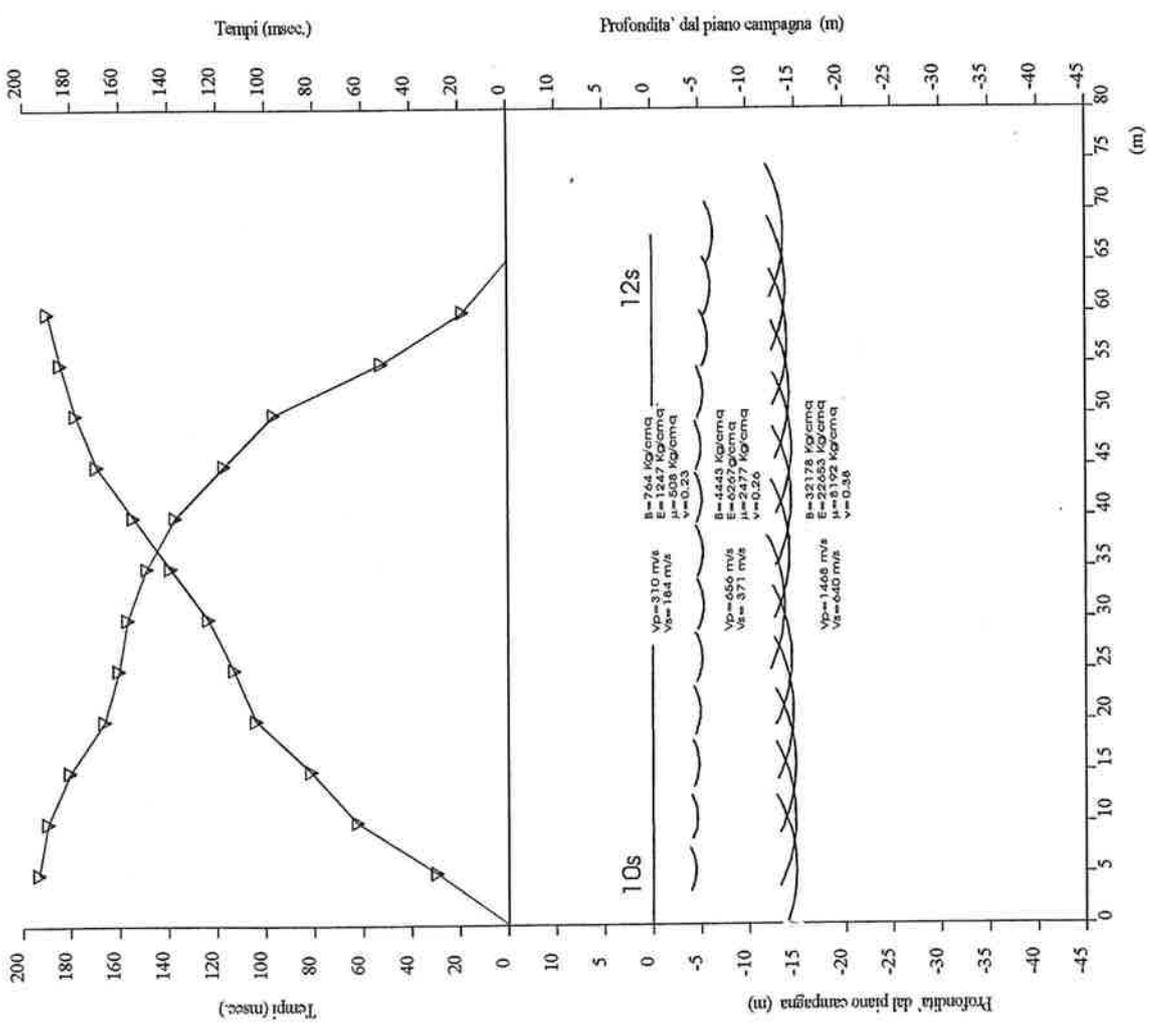
SCOPPIO 3 - X (m)	65.10	QUOTA	.00	PROF:	.00
POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA		
5.100000	95.100000		0.000000E+00		
10.100000	93.500000		0.000000E+00		
15.100000	88.400000		0.000000E+00		
20.100000	86.100000		0.000000E+00		
25.100000	81.000000		0.000000E+00		
30.100000	77.500000		0.000000E+00		
35.100000	74.400000		0.000000E+00		
40.100000	69.100000		0.000000E+00		
45.100000	59.200000		0.000000E+00		
50.100000	48.700000		0.000000E+00		
55.100000	26.400000		0.000000E+00		
60.100000	13.800000		0.000000E+00		

Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro      Data : 31.08.01  
 Località : Comune di Pianopoli - CZ      Linea : 10-12  
 Stato :      Azimut :  
 Progetto :      Strumento : Sunda Echo24  
 Sorgente : Massa battente

Ascissa	Velocità
STRATO # 1	
5.099998	308.741900
10.100000	306.956400
15.099990	305.170900
20.099990	320.516900
25.099990	318.731400
30.099990	316.945900
35.099990	310.658200
40.099980	321.502100
45.099980	332.345900
50.099980	343.189800
55.099980	354.033600
60.099980	364.877400
65.099980	375.721300
STRATO # 2	
5.099998	752.297800
10.100000	736.892900
15.099990	721.488100
20.099990	706.083300
25.099990	690.678400
30.099990	675.273600
35.099990	656.105700
40.099980	636.937900
45.099980	636.202300
50.099980	635.466700
55.099980	634.731100
60.099980	633.995500
65.099980	633.259900
STRATO # 3	
5.099998	1468.411000
10.100000	1468.411000
15.099990	1468.411000
20.099990	1468.411000
25.099990	1468.411000
30.099990	1468.411000
35.099990	1468.411000
40.099980	1468.411000
45.099980	1468.411000
50.099980	1468.411000
55.099980	1468.411000
60.099980	1468.411000
65.099980	1468.411000
STRATO # 4	
STRATO # 5	

Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro      Data : 31.08.01  
 Località : Comune di Pianopoli - CZ      Linea : 10-12  
 Stato : Azimut :  
 Progetto : Strumento : Sunda Echo24  
 Sorgente : Massa battente                      .0                      .0                      .0                      .0

Ascissa	Profondità
STRATO # 2	
1.000000E-01	4.084227
5.099998	4.253223
10.100000	4.421877
15.099990	4.590346
20.099990	4.758805
25.099990	4.927455
30.099990	5.096527
35.099980	5.010569
40.099980	4.923584
45.099980	4.849291
50.099980	5.053024
55.099980	5.536954
60.099980	5.804399
65.099980	6.107810
STRATO # 3	
1.000000E-01	14.820060
5.099998	14.251730
10.100000	14.218800
15.099990	14.220710
20.099990	14.006570
25.099990	13.824740
30.099990	13.174930
35.099980	13.643940
40.099980	13.823560
45.099980	13.864460
50.099980	13.667730
55.099980	13.483150
60.099980	13.310940
65.099980	13.151360
STRATO # 4	
STRATO # 5	



**LEGENDA**

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

2500 m/s

**PROSPERZIONE SISMICA**

Comm: Dott. Geol. N. Di Magro

Base sismica : pnp 10s 12s

All.	4s	31.08.01
------	----	----------

Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro      Data : 31.08.01  
 Località : Comune di Pianopoli - CZ      Linea : 10s-12s  
 Stato :      Azimut :  
 Progetto :      Strumento : Sunda Echo24  
 Sorgente : Massa battente

Ascissa	Velocità
STRATO # 1	
5.099998	164.874500
10.100000	167.996800
15.099990	171.119200
20.099990	174.241500
25.099990	177.363800
30.099990	180.486100
35.099990	183.608400
40.099980	186.730700
45.099980	189.853000
50.099980	192.975300
55.099980	196.097600
60.099980	199.219900
65.099980	202.342300
STRATO # 2	
5.099998	349.135100
10.100000	352.762900
15.099990	356.390700
20.099990	360.018500
25.099990	363.646200
30.099990	367.274000
35.099990	370.901900
40.099980	374.529600
45.099980	368.725200
50.099980	362.920700
55.099980	357.116200
60.099980	351.311800
65.099980	345.507300
STRATO # 3	
5.099998	639.793500
10.100000	639.793500
15.099990	639.793500
20.099990	639.793500
25.099990	639.793500
30.099990	639.793500
35.099990	639.793500
40.099980	639.793500
45.099980	639.793500
50.099980	639.793500
55.099980	639.793500
60.099980	639.793500
65.099980	639.793500
STRATO # 4	
STRATO # 5	

Dott. Geol. N. Di Magro31.08.01  
Comune di Pianopoli - CZ10s-12s

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m) .10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000		29.600000	0.000000E+00
10.100000		62.400000	0.000000E+00
15.100000		81.300000	0.000000E+00
20.100000		104.000000	0.000000E+00
25.100000		113.100000	0.000000E+00
30.100000		123.700000	0.000000E+00
35.100000		139.200000	0.000000E+00
40.100000		154.400000	0.000000E+00
45.100000		169.500000	0.000000E+00
50.100000		178.100000	0.000000E+00
55.100000		184.400000	0.000000E+00
60.100000		189.800000	0.000000E+00

SCOPPIO 2 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000		193.300000	0.000000E+00
10.100000		189.500000	0.000000E+00
15.100000		180.400000	0.000000E+00
20.100000		166.200000	0.000000E+00
25.100000		160.400000	0.000000E+00
30.100000		156.700000	0.000000E+00
35.100000		148.800000	0.000000E+00
40.100000		137.300000	0.000000E+00
45.100000		117.200000	0.000000E+00
50.100000		96.600000	0.000000E+00
55.100000		52.200000	0.000000E+00
60.100000		18.400000	0.000000E+00

# TABELLE RIASSUNTIVE DELLE VELOCITA' LONGITUDINALI E TRASVERSALI E DEI RELATIVI MODULI ELASTICI

PROFILO 1s-3s

STRATO 1	$V_p = 307 \text{ m/s}$ $V_s = 166 \text{ m/s}$	$B = 1863 \text{ Kg/cm}^2$ $E = 1069 \text{ Kg/cm}^2$ $\mu = 413 \text{ Kg/cm}^2$ $\nu = 0.29$
STRATO 2	$V_p = 846 \text{ m/s}$ $V_s = 348 \text{ m/s}$	$B = 9976 \text{ Kg/cm}^2$ $E = 6096 \text{ Kg/cm}^2$ $\mu = 2180 \text{ Kg/cm}^2$ $\nu = 0.39$

PROFILO 4s-6s

STRATO 1	$V_p = 323 \text{ m/s}$ $V_s = 166 \text{ m/s}$	$B = 1013 \text{ Kg/cm}^2$ $E = 1092 \text{ Kg/cm}^2$ $\mu = 413 \text{ Kg/cm}^2$ $\nu = 0.32$
STRATO 2	$V_p = 788 \text{ m/s}$ $V_s = 337 \text{ m/s}$	$B = 8451 \text{ Kg/cm}^2$ $E = 5675 \text{ g/cm}^2$ $\mu = 2044 \text{ Kg/cm}^2$ $\nu = 0.39$
STRATO 3	$V_p = 1544 \text{ m/s}$ $V_s = 715 \text{ m/s}$	$B = 34046 \text{ Kg/cm}^2$ $E = 27882 \text{ Kg/cm}^2$ $\mu = 10224 \text{ Kg/cm}^2$ $\nu = 0.36$

$V_p$  = velocità delle onde longitudinali

$V_s$  = velocità delle onde trasversali

$g$  = densità

$B$  = Bulk modulus

$E$  = Modulo di Young

$\mu$  = Modulo di rigidezza

$\nu$  = Modulo di Poisson

# TABELLE RIASSUNTIVE DELLE VELOCITA' LONGITUDINALI E TRASVERSALI E DEI RELATIVI MODULI ELASTICI

## PROFILO 7s-9s

STRATO 1	$V_p=322$ m/s $V_s=162$ m/s $B=1030$ Kg/cm <sup>2</sup> $E=1047$ Kg/cm <sup>2</sup> $\mu=394$ Kg/cm <sup>2</sup> $\nu=0.33$
STRATO 2	$V_p=871$ m/s $V_s=313$ m/s $B=11304$ Kg/cm <sup>2</sup> $E=5029$ g/cm <sup>2</sup> $\mu=1763$ Kg/cm <sup>2</sup> $\nu=0.42$
STRATO 3	$V_p=1449$ m/s $V_s=637$ m/s $B=31171$ Kg/cm <sup>2</sup> $E=22402$ Kg/cm <sup>2</sup> $\mu=8115$ Kg/cm <sup>2</sup> $\nu=0.38$

## PROFILO 10s-12s

STRATO 1	$V_p=310$ m/s $V_s=184$ m/s $B=764$ Kg/cm <sup>2</sup> $E=1247$ Kg/cm <sup>2</sup> $\mu=508$ Kg/cm <sup>2</sup> $\nu=0.23$
STRATO 2	$V_p=656$ m/s $V_s=371$ m/s $B=4443$ Kg/cm <sup>2</sup> $E=6267$ g/cm <sup>2</sup> $\mu=2477$ Kg/cm <sup>2</sup> $\nu=0.26$
STRATO 3	$V_p=1468$ m/s $V_s=640$ m/s $B=32178$ Kg/cm <sup>2</sup> $E=22653$ Kg/cm <sup>2</sup> $\mu=8192$ Kg/cm <sup>2</sup> $\nu=0.38$

$V_p$ = velocità delle onde longitudinali

$V_s$ = velocità delle onde trasversali

$g$ = densità

$B$ = Bulk modulus

$E$ = Modulo di Young

$\mu$ = Modulo di rigidità

$\nu$ = Modulo di Poisson



**Studio sismotettonico finalizzato all'individuazione di faglie attive ed  
alla definizione della risposta sismica locale nell'area interessata dalla  
costruenda centrale termoelettrica di cogenerazione  
a ciclo combinato in agro del Comune di Pianopoli (CZ)**

Committente:

SONDEL S. p. A.

Il Professionista:

Dott. Geol. Nadia DI MAGRO



30 settembre 2001

## 1. PREMESSA

Su incarico della Sondel S.p.A. è stato eseguito uno studio sismotettonico finalizzato all'individuazione di faglie attive (sismogenetiche) ed alla definizione della risposta sismica locale nell'area interessata dalla costruenda centrale di cogenerazione a ciclo combinato nel Comune di Pianopoli (CZ).

L'area di studio ricade in una zona ad elevato rischio sismico connesso con l'attività di faglie sismogenetiche di tipo estensionale legate a processi in atto di *up-lift* tettonico che coinvolgono un'ampia porzione di territorio calabro (TORTORICI *et alii*, 1995; TORTORICI & MONACO, 2000).

Ai fini del presente lavoro è stato effettuato uno studio morfologico-strutturale finalizzato all'individuazione ed alla caratterizzazione cinematica delle faglie recenti.

Attraverso l'analisi della distribuzione spaziale e temporale dei terrazzi marini affioranti, sono state determinate le velocità di movimento delle faglie recenti al fine di individuare quelle faglie che, determinando i maggiori tassi di sollevamento, sono state responsabili dei terremoti storici di maggiore intensità, definendo così le locali condizioni di rischio sismico.

Successivamente sono stati definiti i caratteri della sismicità storica (dall'anno 1000 d.C.) e strumentale (andamento della sismicità recente registrata dalle rete sismica regionale gestita dal Laboratorio di Sismologia dell'Università della Calabria), al fine di individuare quelle aree che, essendo recidive nei confronti dei terremoti, permettono una comparazione faglie-sismi, propedeutica per la definizione delle faglie sismogenetiche

Il confronto tra tutte le informazioni raccolte ha consentito di individuare e caratterizzare, con un buon grado d'affidabilità, le faglie sismogenetiche e di valutarne il grado d'attività.

Le ricerche sono state completate dallo studio della risposta sismica locale del sito di progetto, in ottemperanza alla L.R. n. 7 del 17.04.98, attraverso l'acquisizione delle velocità sismiche di compressione e di taglio, ricavate mediante l'esecuzione di n.4 profili sismici a rifrazione. Le indagini hanno consentito di ricavare sia i parametri elasto-dinamici (parametri Young, Poisson, Bulk, modulo di rigidità), utili per la progettazione in ottica sismica, e sia il parametro "incremento sismico" (mediante il *metodo di* MEDVEDEV, 1965), utile ai fini di una "microzonazione sismica" dei terreni di fondazione.

La presente relazione è composta da n.42 pagine di manoscritto, n.7 figure e n. 1 allegato.



## 2. DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI STUDIO

Ai fini del presente lavoro, le ricerche sono state sviluppate, con ottica multidisciplinare, attraverso varie fasi di studio, di seguito descritte in ordine logico.

### Caratterizzazione morfologica e cinematica delle faglie recenti

Al fine di individuare e caratterizzare cinematicamente le faglie che presentano una espressione morfologica, e che quindi possono presentare segni d'attività recente, si è proceduto attraverso vari stadi di lavoro:

- Interpretazione di immagini da satellite. Ha riguardato il censimento, la selezione e la caratterizzazione di fotoallineamenti, fotolineazioni e fotolineamenti geotettonici, per l'individuazione degli elementi strutturali regionali recenti del primo ordine (di scala più ampia possibile). Allo scopo sono state utilizzate immagini SPOT pancromatiche in stereoscopia di scala variabile tra 1:500.000 e 1:100.000
- Fotoaereointerpretazione. Si è operata una "zoomata" sugli elementi riconosciuti nella fase precedente, che ha portato sia alla caratterizzazione di maggiore dettaglio degli indizi morfoneotettonici del primo ordine e sia all'individuazione di indizi morfoneotettonici di ordine inferiore, non compatibili con la scala delle immagini da satellite. Allo scopo sono state utilizzate foto aeree di scala compresa tra 1:75.000 e 1:13.000.
- Rilevamento geologico di campagna. Durante questo stadio di lavoro sono state verificate le ipotesi neotettoniche sui lineamenti individuati nelle fasi precedenti e rilevate e cartografate le unità stratigrafiche plio-oloceniche significative da un punto di vista morfoneotettonico.
- Analisi statistica dei dati meso-strutturali. Laddove, attraverso le fasi di studio precedenti, sono stati messi in luce settori interessati da meccanismi deformativi particolarmente accentuati sono state eseguite analisi mesostrutturali, attuate attraverso un'analisi statistica dei piani di faglia con striature meccaniche. L'analisi mesostrutturale, oltre a fornire le direzioni di spostamento tra i differenti blocchi dislocati reciprocamente, e classificare così in dettaglio la tipologia di struttura, ha consentito di stabilire una cronologia relativa ed assoluta degli eventi deformativi che hanno interessato le varie formazioni.
- Elaborazione di una "carta morfoneotettonica". E' derivata dalla sintesi degli studi aerofotointerpretativi, del rilevamento geologico e degli studi mesostrutturali. Nella carta sono state rappresentate gli indicatori morfoneotettonici, quali innanzitutto le scarpate di faglia



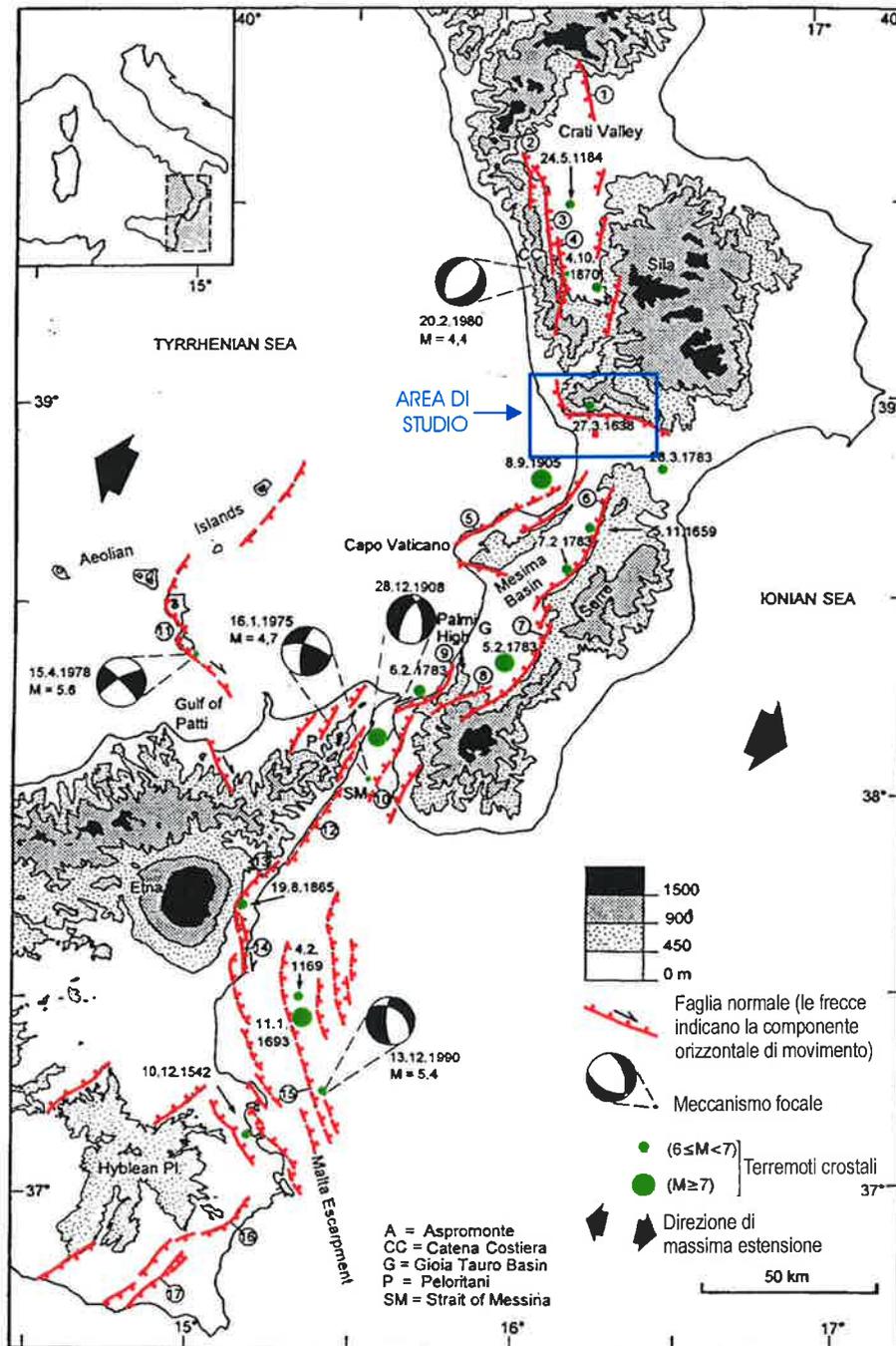


Fig.1- Schema sismotettonico dell'Arco calabro e della Sicilia orientale (da Tortorici & Monaco, 2000).



Fiume Amato (Fig.1). In quest'area il sistema di faglie è rappresentato da diversi segmenti caratterizzati da cinematismi normali e presentano direzioni sia longitudinali (NNW-ESE) che trasversali (da E-W a WNW-ESE) rispetto all'Arco Calabro. Le faglie longitudinali hanno delimitato e sollevato la porzione più meridionale della Catena Costiera; le faglie trasversali sono responsabili dell'individuazione di una depressione tettonica (*graben*) che corrisponde geograficamente alla Piana di Sant'Eufemia.

La più evidente conseguenza dell'attività di queste faglie nell'area di studio, è la presenza di spettacolari livelli di terrazzi marini, che rappresentano il risultato dell'interazione tra l'*uplift* tettonico e le oscillazioni eustatiche quaternarie (WESTAWAY, 1993), rappresentata dalla "curva eustatica globale" (SHACKLETON & OPDYKE, 1973; IMBRIE *et alii*, 1984; CHAPPEL & SHACKLETON, 1986; MARTINSON *et alii*, 1987; BASSINOT *et alii*, 1994; CHAPPEL *et alii*, 1996). Nell'area di studio sono stati riconosciuti sette ordini di terrazzi, rappresentati da superfici d'erosione marina e/o da piattaforme deposizionali associate ai rispettivi *inner edges*, che rappresentano, da un punto di vista paleogeografico, l'originaria linea di costa.

Ai fini di caratterizzare le faglie recenti riportate nello schema di TORTORICI & MONACO (2000) con un grado di dettaglio adeguato agli scopi del presente studio, sono stati eseguiti nell'area di interesse studi morfostrutturali e mesostrutturali i cui risultati finali sono rappresentati nella "carta morfoneotettonica" riportata in Fig.2.



#### 4.1. STRATIGRAFIA

Ai fini del presente lavoro, le unità geologiche affioranti sono state raggruppate in due domini principali (Fig.2):

- a) substrato pre-pleistocenico, costituito dalle unità tettoniche cristallino-metamorfiche paleozoiche appartenenti all'Arco Calabro-peloritano (AMODIO-MORELLI *et alii*, 1976), ricoperte in *unconformity* da sedimenti altomiocenici d'origine silicoclastica ed evaporitica. Le porzioni sommitali di questo substrato sono ricoperte da una potente sequenza di argille plioceniche d'origine marina evolventi verso termini sabbiosi.
- b) Depositi pleistocenici organizzati in terrazzi marini di diverso ordine, affioranti a diverse quote s.l.m. nell'area di studio, localmente ricoperti da depositi di conoide d'origine continentale.

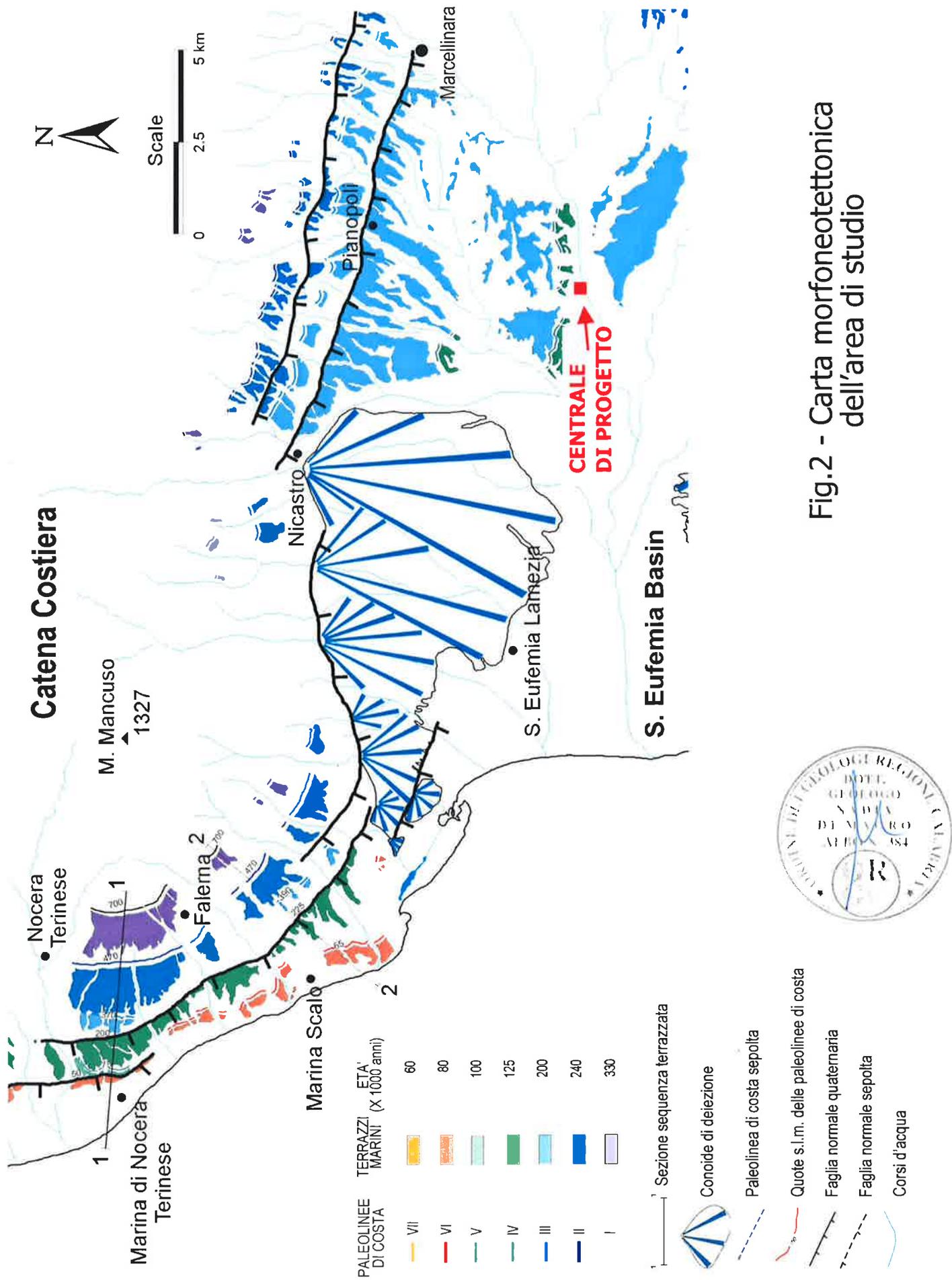


Fig.2 - Carta morfoneotettonica dell'area di studio

La distribuzione areale dei differenti domini geologico-stratigrafici è legata ai caratteri morfostrutturali locali connessi all'attività plio-quadernaria di faglie distensive che hanno determinato un'alternanza di blocchi sollevati tettonicamente (alti strutturali o *horst*) e di bacini marini (bassi strutturali o *graben*).

Nell'area di studio ricadono un alto strutturale che si identifica orograficamente con il Monte Mancuso, (1300 m s.l.m), propaggine più meridionale della Catena Costiera, ed un basso strutturale che corrisponde geograficamente alla Piana di S.Eufemia, bordo nord settentrionale della Stretta di Catanzaro.

In corrispondenza dell'alto strutturale di Monte Mancuso, il substrato è costituito da rocce metamorfiche di basso grado paleozoico-mesozoiche (filladi e, in subordine, quarziti) e da rocce carbonatiche giurassiche (dolomie e calcari), ricoperte in discordanza da sedimenti terrigeni alto-miocenici rappresentati da argille marnose ed, in subordine, da gessi e calcari evaporitici. Su un substrato così costituito poggiano le coperture terrazzate d'età pleistocenica costituite da conglomerati e sabbie d'origine marina e continentale, con contenuto in fossili assente o molto scarso (microfauna). I terrazzi affiorano a differenti altezze e sono delimitati da *inner edges* che talora risultano dislocati da faglie normali.

Il basso strutturale della Piana di Sant'Eufemia rappresenta una depressione tettonica riempita da potenti successioni sedimentarie d'origine marina d'età Pliocene superiore-Pleistocene medio, ricoperte da depositi di conoide d'origine continentale d'età Pleistocene superiore-Olocene. I depositi plio-pleistocenici sono rappresentati da una successione prevalentemente argillosa ed in subordine sabbioso-conglomeratica, organizzata in due cicli sedimentari. I depositi altopleistocenici-olocenici sono rappresentati da conoidi che si allineano lungo il bordo settentrionale della Piana di Sant'Eufemia, e dai sedimenti fluviali del Fiume Amato, che ricoprono localmente gli ultimi tre ordini di terrazzi marini.

#### 4.2. CARATTERI DELLE FAGLIE RECENTI

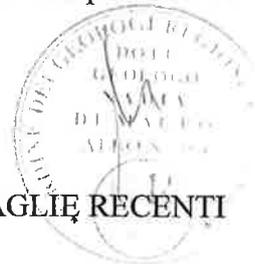
L'assetto morfo-strutturale dell'area di studio è caratterizzato dalla presenza di due sistemi di faglie quadernarie d'origine distensiva (Fig.2), che ricadono nel più ampio contesto strutturale regionale della "*rift-zone calabro-sicula*" (§ 3):



- sistema di faglie normali con direzioni variabili tra WNW-ESE (tra Marcellinara e Nicastro) a ENE-WSW (ad ovest di Nicastro). Queste faglie formano nel complesso un'unica direttrice tettonica, denominata "Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara", che si sviluppa per circa 25 km, separando il fianco meridionale della Catena Costiera dalla Piana di Sant'Eufemia. I rigetti misurati raggiungono una massima altezza di circa 200 m lungo la scarpata di faglia principale. ad Ad est di Nicastro, dalla porzione basale della scarpata di faglia principale si diparte una serie di conoidi di deiezione tra loro coalescenti, d'età Pleistocene superiore-Olocene, che raggiungono larghezze massime fino a circa 10 km.

In prossimità della linea di costa, circa 3 km ad est di Capo Suvero, una delle conoidi suprapleistoceniche è dislocata nella sua porzione distale da una faglia normale ad andamento WNW-ESE (*Zinnavo fault*) caratterizzata da una lunghezza di circa 5 km e da una altezza della scarpata di circa 30 m. Dalla base della scarpata di questa faglia si dipartono due conoidi più giovani, ad indicare un continuo e ancora attivo processo di *uplift* del *footwall* della *Zinnavo fault*.

- sistema di faglie normali ad orientazione media NNW-SSE. Nel settore più settentrionale dell'area di studio, il sistema di faglie testè argomentato tende a ruotare e ad assumere direzioni medie NNW-SSE. Il sistema è caratterizzato da diversi segmenti di faglia ad andamento rettilineo, organizzati in una "gradinata di faglia" ribassante verso ovest, che mostrano scarpate di altezza compresa tra 100 e 150 m.



#### 4.3 DETERMINAZIONE DELLE VELOCITÀ DI MOVIMENTO DELLE FAGLIE RECENTI

Questa fase di studio ha portato alla determinazione delle velocità di movimento lungo le principali faglie morfotettoniche riconosciute nella fase precedente. Ciò al fine di individuare quelle faglie che, essendo caratterizzate da alti tassi di sollevamento, unitamente alla lunghezza dei singoli segmenti di faglia, sono state responsabili dei terremoti di maggiore intensità, determinando così il grado di rischio sismico.

Alla definizione delle velocità di movimento lungo le faglie recenti, si è giunti attraverso l'individuazione e la cartografazione dei terrazzi marini, che affiorano diffusamente nell'area d'interesse (Fig.2), ed alla luce delle datazioni effettuate da alcuni Autori su terrazzi coevi affioranti in aree limitrofe a quella di studio: i tassi di sollevamento sono stati ottenuti dal confronto tra le età

di ogni singolo terrazzo e le quote attuali delle rispettive paleo linee di costa (corrispondenti ai bordi interni dei terrazzi o *inner edges*).

Il fenomeno del terrazzamento marino quaternario in aree sottoposte a sollevamento tettonico rappresenta il risultato dell'azione combinata tra l'*uplift* tettonico ed le variazioni eustatiche del livello del mare (BOSI *et alii*, 1986).

Un singolo terrazzo marino emerso rappresenta un elemento morfotettonico complesso, che costituisce il risultato di azioni legate a processi erosivi e deposizionali. Un terrazzo è delimitato verso l'interno (verso l'entroterra) da un *inner edge* (bordo interno), che rappresenta una paleo-linea di costa correlabile ad uno dei maggiori picchi interglaciali (Oxygen Isotope Stage) descritti dalla "curva eustatica globale" (Fig.3) (CHAPPEL & SHACKLETON, 1986; MERRITTS & BULL, 1989; CHAPPEL *et alii*, 1996; BLOOM *et alii*, 1974; LAJOIE, 1986; CAROBENE & DAI PRÀ, 1991; PIRAZZOLI *et alii*, 1993; OTA, 1994; BOSI *et alii*, 1996).

La correlazione tra gruppi di terrazzi marini quaternari (e le rispettive paleo-linee di costa) con i maggiori picchi interglaciali della curva eustatica globale, può risultare valida soltanto in aree in cui sia riscontrabile con certezza un continuo innalzamento a lungo termine su scala regionale, in atto sin dalla formazione del terrazzo più antico, e in cui sia rimasta preservata l'intera successione terrazzata.

In tal modo è possibile datare l'intera sequenza terrazzata e, di conseguenza, ricostruire la storia del sollevamento del settore costiero in innalzamento (WESTAWAY, 1993; ARMIJO *et alii*, 1996; BIANCA *et alii*, 1999).

Per quanto concerne la regione calabra, vari Autori (HEARTY *et alii*, 1986; CATALANO & CINQUE, 1995; CATALANO & DI STEFANO, 1997; TORTORICI *et alii*, 1995; WESTAWAY, 1993; MIYAUCHI *et alii*, 1994) indicano un continuo processo di *uplift* su ampia scala dell'Arco Calabro-peloritano in atto sin dal Pleistocene inferiore ad una velocità media di circa 1mm/anno che, come già accennato nel § 2, rappresenterebbe la "reazione" isostatica, al distaccamento dello slab litosferico ionico subdotto.

#### 4.3.1. Descrizione dei terrazzi riconosciuti



Nell'area di studio, sono stati riconosciuti e cartografati sette ordini di terrazzi marini con i loro relativi *inner edges*, di seguito numerati da I a VII a partire dal più elevato topograficamente (Fig.2).

I terrazzi si distribuiscono in modo concentrico intorno all'alto strutturale costituito dal bordo sud-occidentale della Catena Costiera, ad ovest e a sud di Monte Mancuso (sette compreso tra Nocera Terinese e Nicastro). Le superfici di trasgressione dei terrazzi intersecano sia i depositi marini coevi (penecontemporanei), sia i sedimenti marini mio-pliocenici e sia il basamento paleozoico metamorfico. I depositi quaternari terrazzati sono generalmente costituiti da conglomerati, sabbie ad elevata componente silicoclastica e da arenarie con contenuto in fossili rappresentato da una scarsa microfauna.

L'estensione delle superfici terrazzate dipende prevalentemente dall'erodibilità e dalla morfologia originaria del locale substrato. Le superfici d'erosione marina più estese risultano infatti incise in pianure costiere pianeggianti o debolmente inclinate, costituite per lo più da un basamento cristallino paleozoico. Lungo le gradinate di faglia le paleosuperfici d'origine marina appaiono invece più o meno strette e tendono a scomparire in prossimità delle scarpate di faglia. In questi casi, i paleolivelli marini sono rappresentati soltanto da allineamenti di strettissimi lembi che risultano generalmente obliterati da processi di degradazione della scarpata, d'origine sia marina che continentale.

Gli *inner edges* dei terrazzi marini sono stati cartografati con una precisione, riguardo alla quota s.l.m., di +/- 5 m. Questa approssimazione, che dipende essenzialmente dai processi erosivi e deposizionali successivi all'emersione dei terrazzi, è comunque trascurabile nella stima della velocità di sollevamento quaternario, se si considera che questa è riferita ad intervalli di tempo variabili tra qualche decina a qualche centinaia di migliaia di anni.

Vengono di seguito descritti i sette ordini di terrazzi riconosciuti nell'area di studio.

Terrazzo di ordine I. Rappresenta il terrazzo più antico ed elevato topograficamente (altezza media di circa 650 m s.l.m.) e mostra una superficie debolmente ondulata. Affiora estesamente a SW di Monte Mancuso e, in lembi di ridotte dimensioni, a nord di Pianopoli.

Terrazzo di ordine II. Si rinviene a quote medie intorno ai 400 m s.l.m. ed affiora estesamente in corrispondenza del fianco sud-occidentale del Monte Mancuso, tra Gizzeria e Nocera Terinese nonché, in più ridotti lembi, tra Nicastro e Pianopoli. E opportuno evidenziare come, lungo il fianco meridionale della Catena Costiera, il terrazzo risulti da una paleofalesia e da una faglia ad andamento NW-SE.



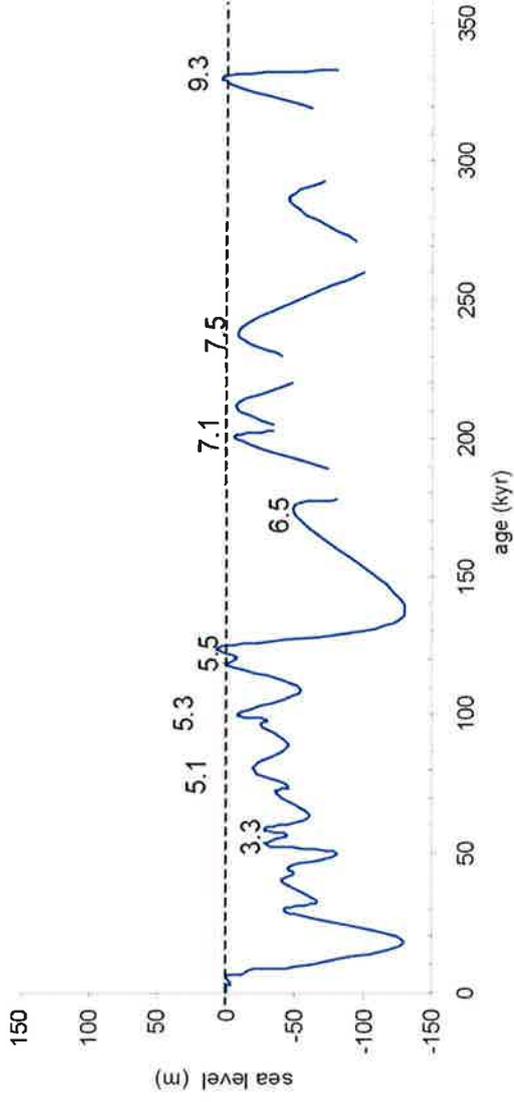


Fig. 3a - Curva eustatica globale e picchi di riferimento (da Chappel & Shackleton, 1986, modificato)

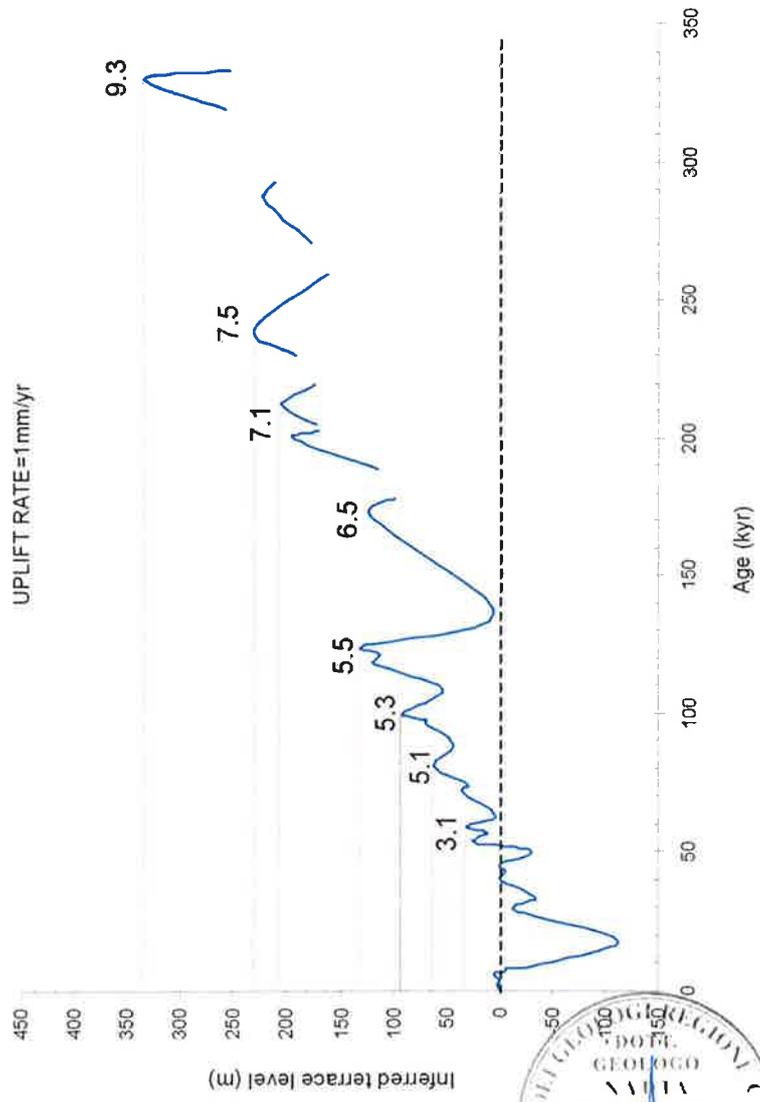


Fig.3b - Curva eustatica modificata secondo una velocità di sollevamento di 1mm/anno

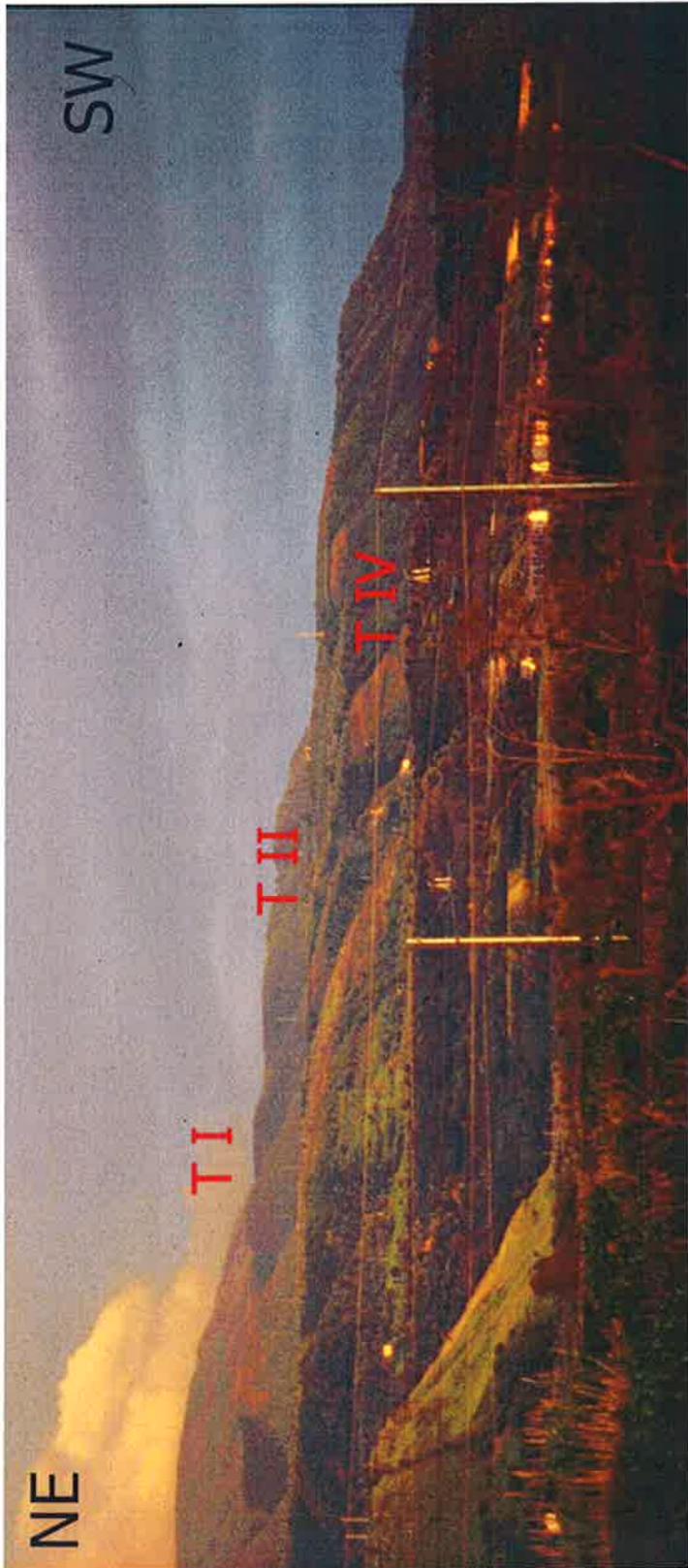


Fig.4 - Panoramica della sequenza terrazzata dell'area di Nocera Terinese



Marina Scalo”, è riportata in Fig.2. Lungo le due sezioni sono stati collocati gli *inner edges* relativi ad ogni singolo terrazzo riconosciuto. Successivamente è stata confrontata la collocazione altimetrica degli *inner edges* con l'età dei singoli terrazzi (§ 4.3.2.) che, nel settore esaminato, appartengono agli ordini VI, V, IV, III, II ed I.

Relativamente alle due sezioni considerate sono stati ricavati altrettanti diagrammi quote-tempi, riportati rispettivamente in Fig.5. Si precisa che, nel ricavare i suddetti diagrammi, le quote degli *inner edges* sono state corrette tenendo conto delle oscillazioni eustatiche fornite dalla “curva eustatica globale”: in tal modo le variazioni di quota delle paleo-linee di costa sono state “filtrate” dalle oscillazioni del livello del mare e quindi risultano esclusivamente imputabili all'*uplift* tettonico connesso con l'attività delle faglie distensive recenti (Fig.3b).

Nei due diagrammi di Fig.5 sono rappresentate le velocità di sollevamento (in mm/anno) degli *inner edges* relativi a periodi intermedi tra terrazzi di vario ordine. Da un'analisi dei diagrammi si può osservare una buona corrispondenza tra le due curve derivanti dalla funzione quota-età. Inoltre si nota come, per entrambi i casi, si registrino velocità di sollevamento relativamente ridotte (0.86-75 mm/a per la sezione Marina di Nocera e 0.92, per la sezione Marina Scalo) per l'intervallo di tempo compreso tra l'attuale e 80.000-100.000 anni, preceduto da una fase di intenso sollevamento (4.4 mm/anno per la sezione Marina di Nocera e 3.2 mm/anno per la sezione Marina Scalo) per l'intervallo di tempo compreso tra 80.000-100.000 anni e 120.000 anni. Infine si nota un periodo di sostanziale uniformità dei tassi di sollevamento (2.37-2.7-2.4 per la sezione Marina di Nocera e 2.37-2.0-2.4 per la sezione Marina Scalo) relativamente al periodo 120.000-330.000 anni. Considerando il tasso di sollevamento complessivo delle aree ricadenti lungo le due sezioni prese in esame, relativamente al periodo attuale-330.000 anni si riscontrano tassi di sollevamento sensibilmente elevati, che valgono 2,12 mm/anno per la sezione Marina di Nocera e 2,16 mm/anno per la sezione Marina Scalo, ad indicare una intensa attività delle faglie normali tra l'attuale e 330.000 anni fa. Ciò è ampiamente sufficiente per definire attive le faglie che ricadono nell'area in esame.

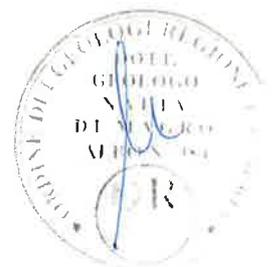
Confrontando inoltre il tasso di sollevamento nonché la lunghezza della principale faglia riconosciuta nell'area in esame, rappresentata dalla direttrice tettonica “Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara” (che presenta uno sviluppo lineare complessivo di circa 30 km), con i tassi di sollevamento, le lunghezze e le magnitudo dei terremoti correlate con le principali faglie sismogenetiche della Calabria caratterizzate da TORTORICI & MONACO (2000) (Tab.2), si può ragionevolmente evincere che il terremoto del 27 marzo 1638 (magnitudo equivalente pari a 7.1) è correlabile con l'attività della direttrice tettonica “Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara”. I



caratteri sismogenetici della suddetta faglia sono accertati anche dalla dislocazione tettonica con cinematismi normali, lungo uno dei segmenti di faglia (Zinnavo *fault*) che la costituiscono, della conoide olocenica post-wurmiana, di cui si è già trattato nel § 4.2.

Segmento di faglia	Lunghezza (km)	Velocità di movimento verticale (mm/anno)	Terremoti storici		Riferimento in Fig.1
			Magnitudo	Anno	
Castrovillari	15	1.2	6.5-7.0	760 a.C.	1
Fagnano Castello	8	?	?	?	2
San Marco-San Fili	25	0.8-1.0	6.1	1184	3
Montalto-Rende	15	?	6.6	1870	4
Capo Vaticano	30	>1.5	6.8	1905	5
Serre	40	0.6-1.0	6.5	1783	6
Cittanova	35	0.7	7.1	1783	7
S. Eufemia	18	0.7	5.7	1894	8
Scilla	20	>0.7	6.3	1783	9
Reggio Calabria	25	0.6	7.1	1908	10
Lipari -Vulcano	30	1.0-2.0	5.6	1978	11
Messina-Taormina	30	>1.0	?	?	12
Piedimonte	15	1.1-1.2	4.1	1922	13
S. Alfio-Acireale	20	1.5-2.0	4.0-6.3	1865-1989	14
Avola	20	0.7	6.1	1693	16
Rosolino-Pozzallo	20	0.5	4.6	1896	17

Tab.2 – Lunghezza e velocità di movimento verticale lungo i segmenti di faglia della *rift-zone calabro sicula* e maggiori terremoti storici (da MONACO & TORTORICI, 2000)



## 6. STUDIO DELLA SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica dell'area di studio è stata definita attraverso la raccolta di tutte le informazioni reperite sui danni subiti dagli abitati ricadenti nell'area di interesse in occasione dei principali sismi storici (dal 1000 d.C.) che hanno colpito la regione calabra. La maggior parte delle fonti utilizzate per i terremoti dell'antichità è di carattere letterario, comprendente il genere storiografico, naturalistico (trattati) e letterario in senso stretto.

Nella tabella che segue è riportato l'elenco dei terremoti storici più intensi (intensità MCS  $\geq$  IX) che hanno colpito l'area calabra e prodotto risentimenti nell'area di interesse.

Anno	Mese	Giorno	Zona epicentrale	Intensità MCS	Magnitudo equivalente
1638	Marzo	27	Calabria centrale	XI	7.1
1783	Febbraio	5	Piana di Gioia Tauro	XI	6.9
1783	Febbraio	7	Massiccio delle Serre	X-XI	6.4
1783	Marzo	28	Stretta di Catanzaro	XI	7.0
1894	Novembre	16	Calabria meridionale	IX	6.1
1905	Settembre	8	Golfo di Sant'Eufemia	X-XI	6.9
1907	Ottobre	23	Basso Ionio reggino	IX	5.9
1908	Dicembre	28	Stretto di Messina	XI	7.2
1947	Maggio	11	Calabria centrale	XI	5.5

Tab. 3 – Elenco dei terremoti storici (dal 1000 d.C.) calabresi con intensità  $\geq$  IX MCS che hanno prodotto risentimenti sugli abitati ricadenti nell'area della centrale di progetto.

Di seguito vengono riportati, per ogni terremoto sopra elencato, indicazioni circa i danni subiti dagli abitati ricadenti nell'area circostante la centrale di progetto, precedute da informazioni generali riguardanti gli effetti nell'area epicentrale, sul contesto antropico e sul contesto ambientale.

#### 6.1 TERREMOTO DEL 27 MARZO 1638

Area dei maggiori effetti. La scossa del 27 marzo 1638 avvenne intorno alle ore 21,30 italiane e colpì una vasta area della Calabria centrale, al confine tra le province di Catanzaro e Cosenza. Furono distrutti completamente o quasi completamente oltre 15 centri dell'area tirrenica, poco a nord del Golfo di Sant'Eufemia. Distruzioni diffuse a gran parte del patrimonio edilizio riguardarono oltre 90 paesi e villaggi; crolli e danni gravi, tali da rendere inabitabili numerose abitazioni, si verificarono in oltre 80 località.

Effetti sul contesto antropico. Le scosse del 1638 colpirono gran parte delle città e dei paesi della Calabria, comprese località di rilievo politico-economico, come Catanzaro e Cosenza, e numerosi centri fortificati lungo la costa tirrenica, presidio contro le invasioni turche. Il numero dei morti non fu alto, ma esistono forti discrepanze tra una fonte e l'altra. Nei primi giorni dopo la scossa del 27 marzo, una relazione al consiglio del vicerè menzionò 30.000 morti, cifra ripresa da Recupito (1638). Secondo le relazioni ufficiali di Capocelatro, le vittime furono 9.571, di cui 6.811 in Calabria Citeriore e 2.670 in Calabria Ulteriore. Numerosi decessi avvennero nei mesi successivi alla scossa del 27 marzo, dovuti alle ferite ed agli stenti. Alcune comunità insistettero molto, nelle loro relazioni, sulle perdite umane causate dal terremoto, per sollecitare l'esenzione fiscale in seguito alla riduzione del numero dei fuochi. La popolazione calabrese subì durante il XVII secolo un forte calo demografico. Lo spopolamento delle campagne fu compensato solo in parte da un



aumento della popolazione urbana di Cosenza e Catanzaro. Nei mesi successivi, il ritorno fu ostacolato da diversi elementi: dalla ripresa delle scosse di giugno; dai pesanti interventi della corte napoletana per il riadattamento della linea difensiva sulla costa tirrenica, che obbligò le popolazioni locali a fornire uomini e assistenza all'esercito; dalle scorrerie dei Turchi, che saccheggiarono Nicastro il 20 giugno 1638; dagli estesi e gravi effetti ambientali indotti dal terremoto che in alcuni centri avevano reso inabitabile il vecchio sito, come a Sant'Eufemia.

Effetti sull'ambiente. Il terremoto del 1638 causò rilevanti dissesti geomorfologici e idrologici che, in qualche caso, modificarono il paesaggio in modo permanente. In seguito alla scossa del 27 marzo a Bivona, Celico, Cosenza, Girifalco, Maida, Martirano, Scigliano e nella piana del fiume Savuto si aprirono grandi fenditure e voragini nel terreno, dalle quali, in qualche caso, uscirono gas solforosi; smottamenti si ebbero a Martirano e Cosenza, dove franò la sommità del colle Pancrazio. Furono segnalate numerose variazioni della portata delle sorgenti. Nella piana di Sant'Eufemia, i dissesti idrologici, già accentuati prima del terremoto, e l'abbassamento del suolo causarono la formazione di un ampio bacino di acqua ristagnante, che aggravò l'impaludamento e il diffondersi della malaria nella zona: tutta l'area paludosa, di circa 180 kmq, compresa tra i fiumi Amato e Angitola fu bonificata soltanto nel 1928 (Gambi 1978). In coincidenza con la scossa il mare lungo il litorale di Pizzo arretrò per lo spazio di 2.000 piedi (ca. 600 m).

Effetti su alcuni abitati ricadenti nelle aree limitrofe alla centrale di progetto. Vengono riportati nella tabella che segue (Tab.4) gli effetti del terremoto del 27 marzo 1638 a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida. Le fonti storiche utilizzate sono:

CAPECELATRO E. – *“Breve relazione fatta dal consigliere Hettorre Capecelatro, Delegato à rivedere i danni nelle Province di Calavria, cagionati dal terremoto succeduto a 27 di marzo 1638 per applicarci i rimedij necessarij per la sollevazione di quelle Città, Terre e Castelli, che hanno patito”*. In L.D'Orsi: *“ I terremoti delle due Calavrie fedelissimamente descritti”*, Napoli 1940).

EFFETTI A PIANOPOLI - FEROLETO ANTICO	EFFETTI A VENA DI MAIDA	EFFETTI A MAIDA
INTENSITÀ AL SITO: X-XI	INTENSITÀ AL SITO: IX-X	INTENSITÀ AL SITO: IX
DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: crollo di tutte le case e morte di 171 persone. Caddero anche la chiesa di Santa Maria e di San Nicola di Pianopoli.	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: crollo totale di 30 abitazioni e crollo parziale di 72 abitazioni. Morirono tre donne	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: crollo totale di 92 case e parziale di 66 case. Morirono 11 persone.

Tab.4 - Terremoto del 27 marzo 1638: effetti a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida



## 6.2 TERREMOTI DEL 5-7 FEBBRAIO E DEL 28 MARZO 1783

Area dei maggiori effetti. Il 5 febbraio 1783 iniziò un periodo sismico, protrattosi per più di tre anni, che presentò 3 massimi di attività: 5 febbraio, 7 febbraio, 28 marzo 1783, e varie centinaia di scosse minori, che ebbero effetti cumulativi devastanti su un territorio di varie migliaia di kmq. In meno di due mesi, a partire dal 5 febbraio fino al 28 marzo, gli epicentri delle scosse principali si spostarono dalla regione dell'Aspromonte all'istmo tra il golfo di Sant'Eufemia e il golfo di Squillace.

La scossa del 5 febbraio 1783 ebbe un'area di risentimento estesa a tutta la Sicilia e a gran parte dell'Italia meridionale, dalla costa amalfitana al Salento. L'area dei maggiori effetti si situa nel versante tirrenico dell'Appennino calabrese, in una regione corrispondente ai Piani d'Aspromonte e alla Piana di Gioia Tauro, delimitata a sud dal massiccio aspromontano e a nord dalla catena delle Serre. Il terremoto ebbe effetti devastanti in 25 paesi; in altri 23 ci furono crolli estesissimi; in 49 località vi furono crolli gravi diffusi; altre 117 località subirono effetti distruttivi.

La scossa del 7 febbraio fu avvertita in una vasta area compresa tra Messina e Matera e causò nuove distruzioni nei centri dei Piani d'Aspromonte e della Piana di Gioia Tauro, già gravemente danneggiati dalla scossa del 5 febbraio. L'area epicentrale di questa scossa si spostò in direzione nord-est rispetto a quelle dei terremoti precedenti, verso le valli del Mesima e del Marepotamo, sul versante tirrenico della catena delle Serre. Il terremoto fu completamente distruttivo in 20 località; altre 28 subirono crolli gravi diffusi; in 47 località causò effetti distruttivi diffusi.

La scossa del 28 marzo fu sentita in tutta l'Italia meridionale, dalla Sicilia a Napoli, alla Puglia meridionale. L'area dei massimi effetti è collocata nella regione istmica a sud di Catanzaro, sia sul versante ionico che su quello tirrenico: rappresenta la localizzazione più settentrionale tra le aree di maggiore danneggiamento dell'intero periodo sismico. La scossa ebbe effetti catastrofici in 12 località; altre 25 subirono effetti distruttivi; gravi danni si registrarono in 71 paesi.

La successione delle violentissime scosse avvenute tra il 5 febbraio e il 28 marzo 1783, caratterizzata da una migrazione degli epicentri lungo la catena appenninica in direzione nord-est, diede luogo ad ampie aree di sovrapposizione degli effetti distruttivi. Il quadro degli effetti che si delineano è quindi, per alcune località, il risultato dell'azione cumulativa di più scosse. Quando la documentazione lo ha consentito, sono stati distinti gli effetti di danno relativi ai singoli eventi sismici. Rimane tuttavia aperta la questione relativa all'eventuale sovrastima dei danni – non quantificabile – indotta dalla vulnerabilità di un patrimonio edilizio fortemente indebolito da numerosissime e ravvicinate scosse e già di per sé di cattiva qualità.



Effetti sul contesto antropico. Questo lungo e devastante periodo sismico rappresentò un momento epocale per la vita economica, sociale e culturale della Calabria e di Messina. Il quadro cumulativo dei danni è vastissimo e di una gravità straordinaria: gli effetti distruttivi, accompagnati da estesi sconvolgimenti degli assetti dei suoli e del sistema idrogeologico, interessarono una vasta area comprendente tutta la Calabria meridionale, dall'istmo di Marcellinara allo Stretto, e in Sicilia, Messina con il suo circondario. In 182 paesi le distruzioni furono pressochè totali; 33 di questi, secondo gli ingegneri inviati sul posto, dovevano essere ricostruiti in siti diversi. Nelle aree maggiormente danneggiate, su una popolazione ufficiale di 439.776 abitanti, le vittime furono, secondo calcoli ufficiali di Pignatelli, 29.451 (6.7 %), dei quali 18.829 donne, 10.041 uomini e 8.265 ragazzi (termine con cui si indicava presumibilmente la popolazione al di sotto dei 14 anni). Vivenzio integrò, nella seconda edizione della sua "Storia" (1788), la cifra indicata da Pignatelli con il numero dei decessi dovuti alle malattie e agli stenti degli anni successivi (5.709), arrivando a un totale di 35.170 vittime (circa 8 % dell'intera popolazione residente nella regione).

Effetti sull'ambiente. Le numerose scosse, la loro intensità e durata causarono imponenti effetti sui suoli: frane, scoscendimenti, scivolamenti, crolli, distacchi e fenomeni di liquefazione. Fenomeni più o meno estesi di liquefazione si ebbero nei pressi di Rosarno, a Roccelletta, Radicena, Monterosso Calabro, Maropati, Maida, Laureana di Borrello, Gizzeria, Gioia Tauro, Borgia e Acquaro. Si aprirono nei terreni numerose fenditure. L'apertura di spaccature nel suolo fu un fenomeno generalizzato, che assunse dimensioni rilevanti a Precatore, Polistena, Poliolo, Plaesano, Oppido Mamertina, Terranova Sappo Minulio, Girifalco, Gerace, Galatro, Cosoleto, Condufuri, Coccorino, Caslnuovo (l'attuale Cittanova), Castellace, Caraffa di Catanzaro, Calanna, Bagaladi, Anoa Superiore, Amendolea, Amato.

Le scosse del 5 febbraio furono seguite da grandi ondate di maremoto. Non sempre le fonti sono precise sulla data e sull'orario dei fenomeni descritti e spesso sono generiche anche le indicazioni dei luoghi interessati. Alcune testimonianze riguardano osservazioni effettuate da lontano: all'epoca le coste calabresi e siciliane, a eccezione di alcune zone, erano scarsamente popolate. Molti cadaveri vennero ritrovati sulle spiagge della Sicilia e della Calabria, da Acireale fino a Paola.



Effetti su alcuni abitati ricadenti nelle aree limitrofe alla centrale di progetto. Vengono riportati nelle tabelle che seguono (Tabb. 5 e 6), rispettivamente, gli effetti dei terremoti del 5-7 Febbraio 1783 e del terremoto del 28 marzo 1783 a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida.

Le fonti storiche utilizzate sono:

SARCONI M. – *“Istoria de’ fenomeni del tremoto avvenuto nelle Calabrie, e, nel Valdemone nell’anno 1783 posta in luce dalla Reale Accademia delle Scienze, e delle Belle Lettere di Napoli”*, Napoli 1784

VIVENZIO G. – *“Istoria de’ tremuoti avvenuti nella Provincia della Calabria ulteriore, e nella Città di Messina nell’anno 1783 e di quanto nella Calabria fu fatto per il suo risorgimento fino al 1787”*, 2 voll., Napoli 1788.

EFFETTI A PIANOPOLI - FEROLETO ANTICO	EFFETTI A VENA DI MAIDA	EFFETTI A MAIDA
INTENSITÀ AL SITO: V	INTENSITÀ AL SITO: VI-VII	INTENSITÀ AL SITO: VI-VII
DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: le scosse furono abbastanza forti, vennero avvertite dalla popolazione, ma non provocarono danni.	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: le scosse furono forti e provocarono lievi danni agli edifici.	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: le scosse furono forti e provocarono lievi danni agli edifici.

Tab. 5 - Terremoti del 5 e 7 febbraio 1783: effetti a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida

EFFETTI A PIANOPOLI - FEROLETO ANTICO	EFFETTI A VENA DI MAIDA	EFFETTI A MAIDA
INTENSITÀ AL SITO: VIII	INTENSITÀ AL SITO: IX-X	INTENSITÀ AL SITO: IX-X
DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: terremoto rovinoso che causò il crollo di parte delle case e aprì lesioni nelle restanti.	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: terremoto distruttivo che causò il crollo della maggior parte delle case e rese pericolanti le restanti abitazioni. Si registrò la morte di 26 persone su un totale di 650 abitanti.	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: terremoto distruttivo che causò il crollo della maggior parte degli edifici; le poche case restanti furono lesionate e rese inabitabili. Si verificò la morte di 75 persone su un totale di 2599 abitanti.

Tab. 6 - Terremoto del 28 marzo 1783: effetti a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida:



### 6.3 TERREMOTO DEL 16 NOVEMBRE 1894

Area dei maggiori effetti. La scossa principale avvenne alle ore 17:52 GMT; colpì la Calabria meridionale e la Sicilia orientale ed ebbe effetti distruttivi in un’area di 80 kmq del versante nord-occidentale dell’Aspromonte. I centri più colpiti furono San Procopio, Sant’Eufemia d’Aspromonte e Sant’Anna, dove gran parte degli edifici crollarono totalmente o parzialmente. Secondo i dati del Genio Militare e delle agenzie delle imposte, in 124 comuni della Calabria meridionale, su un totale di circa 105.000 abitazioni, 35.639 (pari al 33.9%) furono danneggiate; in particolare, 916 case (0.9%) crollarono totalmente, 3.527 (3.3%) subirono crolli parziali, 10.488 (10%) furono lesionate gravemente e 20.708 (19.7%) furono lesionate leggermente. In 15 comuni della provincia di Messina, su un totale di 29.000 abitazioni, 9.776 (33.7%) furono danneggiate; nel dettaglio, 6 case

(0.02%) crollarono totalmente, 228 (0.8%) subirono crolli parziali, 4.193 (14.4%) furono lesionate gravemente e 5.349 (18.4%) furono lesionate leggermente. A Reggio Calabria quasi tutti gli edifici subirono lesioni, in alcuni caddero dei muri interni e si resero necessarie demolizioni parziali. L'area dei danni più leggeri si estese per circa 15.000 kmq comprendendo anche parte della provincia di Catanzaro.

MERCALLI (1897) rilevò la cattiva costruzione degli edifici nei paesi più danneggiati e la scadente qualità dei materiali impiegati: i muri erano fatti di ciottoli di torrente e di altre pietre squadrate, tenuti insieme da un cattivo cemento detto "maddo", costituito da terra impastata con acqua senza calce. Anche negli edifici di costruzione più recente la connessione delle diverse parti era imperfetta e le fondamenta, appoggiate su terreni friabili, erano insufficienti; i tetti furono giudicati troppo pesanti e con le travi appoggiate troppo saldamente ai muri maestri tali da imprimere una spinta verso l'esterno. Anche i tecnici del Genio Civile segnalavano spesso nelle loro relazioni le cattive condizioni statiche degli edifici, preesistenti al terremoto, e la scarsa qualità e coesione dei materiali utilizzati. RICCÒ (1907) notò che in alcuni casi le abitazioni erano costruite con mattoni crudi detti "pisi". Il terremoto fu sentito fortemente a Catanzaro, più leggermente in provincia di Cosenza e fino a Palermo.

Effetti sul contesto antropico. I morti furono circa 100 (48 a San Procopio su 950 abitanti) e 800-1.000 feriti; il numero delle vittime avrebbe potuto essere maggiore se le scosse precedenti quella principale non avessero messo in allarme la popolazione. Oltre ai danni materiali, il terremoto causò molto panico nella popolazione e paralizzò ogni attività produttiva, artigianale e agricola. La quantificazione dell'impatto economico del terremoto sul patrimonio edilizio, per provvedere alle esigenze delle popolazioni danneggiate, fu condotta dal Genio Civile e da commissioni e comitati comunali appositamente costituiti. Con un apposito decreto-legge fu stabilita, per i comuni più danneggiati, l'esenzione dall'imposta sui fabbricati e sui terreni. Al di là degli interventi dell'emergenza, pur rapidi e abbastanza efficaci, non si ha notizia di provvedimenti organici di ricostruzione.

Effetti sull'ambiente. Nell'area colpita furono riscontrati soprattutto tre tipi di effetti: fenditure nel terreno, frane e variazioni nella portata delle acque sorgive.



Effetti su alcuni abitati ricadenti nelle aree limitrofe alla centrale di progetto. Vengono riportati, nelle tabella che segue (Tab.7), gli effetti del terremoto del 16 Novembre 1894 a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida.

Le fonti storiche utilizzate sono:

RICCÒ A.. – *“Il terremoto del 16 novembre 1894 in Calabria e Sicilia. Parte I: Relazione Sismologica, in “Annali dell’Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico Italiano”, s.II, vol.19 (1897), parte I, pp.7-261, Roma 1907.*

ARCHIVIO DELL’UFFICIO CENTRALE DI ECOLOGIA AGRARIA – *“Cartoline Macrosismiche, n. 73, Cartolina Macrosismica relativa al terremoto del 16 novembre 1894 inviata all’ufficio Centrale di Meteorologia, e Geodinamica di Roma”, Maida 17 novembre 1894*

EFFETTI A PIANOPOLI - FEROLETO ANTICO	EFFETTI A VENA DI MAIDA	EFFETTI A MAIDA
INTENSITÀ AL SITO:	INTENSITÀ AL SITO:	INTENSITÀ AL SITO: V-VI
DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: nessuno	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: nessuno	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: le cossa causò leggeri danni nei fabbricati, in particolare quello della pretura.

Tab.7 - Terremoto del 16 novembre 1894: effetti a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida



#### 6.4 TERREMOTO DELL’8 SETTEMBRE 1905

Area dei maggiori effetti. Il terremoto si manifestò con maggiore violenza nell’area compresa fra Aiello, in provincia di Cosenza, e il massiccio del monte Poro, su cui sono situati Monteleone (l’odierna Vibo Valentia), Triparni, Cessaniti, Piscopio, San Gregorio, Zammarò, Parghelia e Zungri. In 37 paesi i crolli interessarono la grande maggioranza degli edifici. A Pizzo molti edifici divennero inabitabili e a Monteleone fu danneggiata soprattutto la parte bassa della città, tanto che le strade furono descritte come un cumulo di macerie. I paesi maggiormente colpiti furono quelli verso la costa tirrenica, fra i capi Suvero e Vaticano; i meno colpiti furono quelli compresi nell’estremità meridionale della Calabria. Il terremoto fu avvertito distintamente in tutta l’Italia meridionale e nella Sicilia orientale.

Effetti sul contesto antropico. Secondo i dati ufficiali del governo, i comuni danneggiati dal terremoto furono 326 con 753 nuclei abitati, popolati da 1.189.306 persone. I morti furono 557 e 300.000 i senza-tetto. Le case danneggiate in tutta la Calabria risultarono 14.100, delle quali 8.220 crollarono o dovettero essere demolite perché non riparabili; 7.400 furono puntellate. I caratteri edilizi prevalenti ebbero un ruolo importante nel determinare gli effetti: materiali poveri (ciottoli,

mattoni di fango e paglia, pietrisco legato con malte terrose) si univano a esecuzioni costruttive spesso sommarie, dovute alla povertà e alla precarietà degli insediamenti. Negli atti della Commissione parlamentare su questo terremoto (1909) le case dei contadini vengono descritte come “tuguri da trogloditi”. Le cattive condizioni statiche delle case, causate anche da precedenti eventi sismici, ampliarono l’effetto del terremoto. Le buone costruzioni avevano quasi dovunque resistito. Le case degli “americani”, cioè degli emigrati arricchiti, costruite con buoni materiali e seguendo le regole architettoniche, ebbero una resistenza incomparabilmente maggiore delle altre anche nelle zone più prossime all’area dei massimi effetti. Nella ricostruzione furono adoperati gli stessi materiali e in gran parte usati gli stessi sistemi costruttivi, cosa che fu deplorata da Baratta (1908).

Effetti sull’ambiente. In concomitanza con la scossa principale furono segnalati effetti di maremoto, sia in mare aperto che sulle coste. Segnalazioni di improvvisa e violenta agitazione del mare giunsero da equipaggi in navigazione nel tratto fra le isole Eolie e le coste calabrese e siciliana. Sulla costa calabrese l’ondata sommerse il tratto di spiaggia tra Vibo Marina e Tropea; seguirono bassa marea e intorbidamento del mare. Fessurazioni del terreno, scoscendimenti ed estesi movimenti franosi si produssero in numerosissime località, soprattutto nella zona fra il monte Poro e il golfo di Sant’Eufemia. In quasi tutta la regione calabrese (soprattutto nella provincia di Catanzaro e nella parte settentrionale di quella di Reggio Calabria) si notarono variazioni di portata e aumento di temperatura nei corsi d’acqua e nelle sorgenti (spesso con intorbidamento), e comparsa di polle d’acqua. Le acque termali presentarono un generalizzato aumento di portata (molto evidente a Sambiasè) e di temperatura.

Effetti su alcuni abitati ricadenti nelle aree limitrofe alla centrale di progetto. Vengono riportati, nelle tabella che segue (Tab.8), gli effetti del terremoto dell’8 Settembre 1905 a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida.

Le fonti storiche utilizzate sono:

- ARCHIVIO SEGRETO VATICANO, SEGRETERIA DI STATO, ANNO 1905, REGISTRO 36, “DISASTRI”, FASC.1 – “*Documenti vari sui danni subiti dalle Chiese e dagli edifici ecclesisistici a causa del terremoto dell’8 settembre 1905*”, settembre-ottobre 1905  
RIZZO G.B. “*Contributo allo studio del terremoto della Calabria del giorno 8 settembre 1905*”, in: “Atti della Reale Accademia Peloritana”, vol.22 (1907), pp.3-86, Messina 1907.

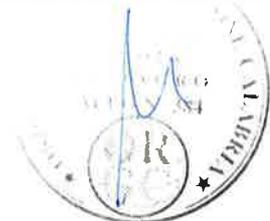


EFFETTI A PIANOPOLI - FEROLETO ANTICO	EFFETTI A VENA DI MAIDA	EFFETTI A MAIDA
INTENSITÀ AL SITO: VII-VIII	INTENSITÀ AL SITO: IX-X	INTENSITÀ AL SITO: IX
DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: il terremoto causò il crollo di alcune case. I danni maggiori furono subiti dalle case di campagna.	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: il terremoto causò danni gravissimi: di 199 case 3 sole rimasero incolumi. Crollata anche la chiesa. Vi furono 3 morti.	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: il terremoto causò danni gravissimi e si registrò 1 vittima.

Tab.8 - Terremoto dell'8 settembre 1905: effetti a Pianopoli-Feroleto Antico, Vena di Maida e Maida.

## 6.5 TERREMOTO DELL'23 OTTOBRE 1907

Area dei maggiori effetti. Il terremoto colpì soprattutto i centri del litorale ionico della Calabria. Il paese più danneggiato fu Ferruzzano, dove su un totale complessivo di 530 case, 133 crollarono e altre 100 divennero pericolanti (secondo altri dati le case crollate furono 160-170 e 65 quelle inabitabili). La posizione del paese, edificato in forte pendenza su un'altura isolata e soggetta a frane, amplificò gli effetti della scossa. Numerosi crolli si verificarono a Sant'Ilario dello Ionio, Palizzi, Pietrapennata e Caslnuovo, dove i danni complessivamente riguardarono dal 30% al 50% del patrimonio edilizio. In altre località, come Bruzzano, Casignana, Bianco, Sant'Agata del Bianco e Portigliola, i crolli totali di abitazioni furono limitati, ma molti edifici subirono lesioni e danni gravi da renderne necessaria la demolizione. Danni molto gravi furono segnalati in alcune località del versante tirrenico settentrionale dell'Aspromonte, in particolare nei comuni di Sinopoli e Oppido Mamertina, e nell'immediato entroterra reggino. Quasi tutti gli altri comuni della provincia di Reggio Calabria subirono danni, che spesso resero inabitabili gli edifici. Secondo i dati del Comitato governativo di soccorso, in tutta la provincia le case crollate o da ricostruire furono 1.505, delle quali 325 nel circondario di Reggio Calabria, 370 nel circondario di Palmi e 810 in quello di Gerace; 7.147 case furono rese inabitabili e altre 10.994 subirono danni di minore entità. Danni più leggeri si verificarono in alcuni centri della provincia di Catanzaro, in genere già colpiti dal terremoto del 9 settembre 1905; la sovrapposizione dei due eventi non ha consentito sempre una valutazione puntuale dei danni, che si cumularono a quelli non risanati del terremoto precedente. In Sicilia la scossa fu sentita fortemente, ma senza danni, in provincia di Messina e più leggermente a Palermo e in alcuni centri delle province di Enna, Catania e Siracusa. Verso nord la scossa fu avvertita sensibilmente in provincia di Cosenza e, molto leggermente, fino a Taranto e Potenza.



Effetti sul contesto antropico. Secondo i dati della Prefettura di Reggio Calabria, i morti furono 167, di cui 158 a Ferruzzano (8% circa della popolazione totale); le altre 9 vittime si ebbero a Sant'Ilario dello Ionio (5), Zopardo (2) e Casalnuovo d'Africo (2). I feriti furono 90, dei quali 50 a Ferruzzano. Le autorità locali dei paesi più danneggiati lamentarono una grave lentezza nelle operazioni di primo intervento dopo il terremoto.

Effetti sull'ambiente. Nel tratto di costa tra capo Bruzzano e Bovalino Marina fu segnalata un'onda di maremoto, che spinse l'acqua sulla spiaggia per oltre 30 metri. A Bruzzano il terremoto causò spaccature nel suolo; a Ferruzzano si ampliarono fessurazioni causate da terremoti precedenti; a Motta San Giovanni vi fu un movimento franoso. Le acque sorgive subirono alterazioni di lieve importanza e comunque temporanee.

Effetti su alcuni abitati ricadenti nelle aree limitrofe alla centrale di progetto. Vengono riportati, nelle tabella che segue (Tab.9), gli effetti del terremoto del 23 Ottobre 1907 a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida.

Le fonti storiche utilizzate sono:

LA TRIBUNA - quotidiano del 28 ottobre 1907, Roma.

EFFETTI A PIANOPOLI - FEROLETO ANTICO	EFFETTI A VENA DI MAIDA	EFFETTI A MAIDA
INTENSITÀ AL SITO: VI	INTENSITÀ AL SITO:	INTENSITÀ AL SITO:
DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: il terremoto causò danni leggeri.	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: nessuno	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: nessuno

Tab.9 - Terremoto del 23 ottobre 1907: effetti a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida.



## 6.6 TERREMOTO DELL'28 DICEMBRE 1908

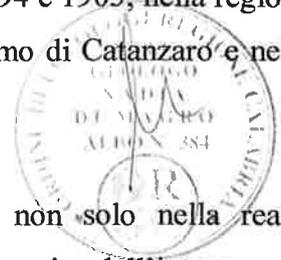
Area dei maggiori effetti. Il terremoto delle ore 4:20 GMT del 28 dicembre 1908 è considerato uno degli eventi di più elevata magnitudo della storia sismica italiana; interessò dal punto di vista degli effetti più gravi un'area di 6.000 kmq. La scossa fu registrata da 103 stazioni sismiche italiane e straniere e fu sentita dalle persone in una regione vastissima. Verso est fino al Montenegro, all'Albania e alle isole Ionie; in direzione sud fu sensibile alle persone fino all'arcipelago maltese e alla costa agrigentina. A ovest la scossa fu avvertita fino a Ustica; in direzione nord Giunse

sensibile fino all'isola di Ischia e a Campobasso. La ricostruzione del quadro generale degli effetti di un evento di tale portata è influenzata da alcuni fattori preesistenti la scossa. Infatti, in molte località calabresi le distruzioni furono favorite dal sovrapporsi degli effetti di diversi terremoti avvenuti negli anni precedenti. Tra i fattori che influenzarono la distribuzione geografica e topografica dei danni vi furono anche le particolari condizioni pedologiche e le caratteristiche del patrimonio edilizio, in relazione alla qualità dei materiali e alle tecniche di costruzione.

Il terremoto causò effetti catastrofici a Messina e fu completamente distruttivo a Reggio Calabria. Nell'entroterra delle due città, sulle opposte sponde dello Stretto, si registrarono i danni più gravi, fino alla completa distruzione di molti paesi. Molto più ristretta fu l'area delle distruzioni complete nel messinese, limitata ai centri dell'immediata periferia della città e a quelli posti sulle estreme propaggini settentrionali dei peloritani, comprendente 17 paesi. In Calabria, il terremoto ebbe effetti distruttivi in una regione comprendente tutti i versanti del massiccio dell'Aspromonte, in particolare in 25 paesi.

Molto vasta è l'area all'interno della quale gli effetti della scossa furono rovinosi: in Calabria arriva fino alla piana di Gioia Tauro e a parte della penisola del Poro, fino a Siderno e Bovalino; in Sicilia, inizia in prossimità di Milazzo e include Barcellona-Pozzo di Gotto, Castoreale, il versante ionico dei Peloritani giunge alle pendici nord-orientali dell'Etna. Nella diffusione geografica degli effetti si verificarono notevoli anomalie che Baratta (1910) pose in diretta relazione con la presenza di zone di "instabilità sismica". Aumenti di intensità degli effetti furono constatati nell'area della piana di Gioia Tauro, già fortemente danneggiata dai terremoti del 1783, 1894 e 1905; nella regione di Capo Vaticano, nei dintorni di Vibo Valentia, in alcune località dell'istmo di Catanzaro e nella regione di Ferruzzano.

Effetti sul contesto antropico. L'evento lasciò un'impronta indelebile non solo nella realtà complessiva delle aree distrutte, ma anche nella coscienza e nella memoria storica dell'intero paese e dell'Europa. Una fama che può trovare una spiegazione, al di là di quelle legate all'eco e all'emozione suscitati dalle molte migliaia di vittime, nel fatto che fu distrutta completamente una città moderna – nel senso contemporaneo del termine – come Messina. Non è un caso che la maggior parte degli autori stranieri che si occuparono del terremoto lo fecero ricordando soprattutto la distruzione di Messina. Questa città rivestiva anche una particolare importanza strategico-militare, come approdo lungo le rotte che collegavano i bacini del Tirreno e del Mediterraneo centrale con il canale di Suez. Reggio Calabria trovò minore attenzione, elemento che pesò nella fase di ricostruzione della città, avviata solo una decina d'anni dopo l'evento.



Le perdite umane furono ingentissime: nei grandi centri completamente distrutti, Messina e Reggio Calabria, ebbero come conseguenza un'alterazione consistente della dinamica demografica, con ricadute significative in ambito regionale. A Messina le vittime furono circa il 42% della popolazione; a Reggio Calabria il 21%. Né l'ammontare dei danni, né il numero complessivo delle vittime è indicabile con certezza: le stime più accreditate indicano in 80.000 il numero dei morti di cui 2.000 per il successivo maremoto.

Per quanto riguarda i dati economici si paragonò l'evento a una guerra persa, una grande emergenza nazionale. Complessivamente il terremoto fu responsabile di un danno valutato in 600 milioni di lire, vale a dire una cifra nettamente superiore all'ammontare complessivo dell'interesse sul debito pubblico del periodo 1907-1912.

Il terremoto del 1908 segna un punto importante anche nella storia della legislazione italiana riguardante i vincoli antisismici: le prime normative fecero infatti riferimento a questo evento come data d'inizio per le future classificazioni antisismiche.

Effetti sull'ambiente. Notevoli variazioni della linea di costa si verificarono in numerose località calabresi, dove il terremoto e il maremoto accelerarono la lenta immersione del litorale già in atto. Nell'area maggiormente danneggiata si determinarono frane, smottamenti e scoscendimenti, si aprirono spaccature nel suolo, in generale limitate ai terreni superficiali, e si verificarono parziali spostamenti e lenti o rapidi scivolamenti dei terreni.

Il terremoto del 28 dicembre fu seguito da un maremoto di violenza straordinaria, che causò molte centinaia di vittime. BARATTA (1910) e PLATANIA (1909, 1914) condussero studi approfonditi sulle modalità e gli effetti del fenomeno, visitando entrambi i luoghi colpiti. Baratta utilizzò per il suo studio anche uno specifico questionario distribuito nelle aree colpite dall'ondata; Platania misurò mediante strumenti geodetici il livello raggiunto dalle onde e la loro direzione lungo le coste della Sicilia e della Calabria: complessivamente, le informazioni raccolte riguardano 130 località.

Effetti su alcuni abitati ricadenti nelle aree limitrofe alla centrale di progetto. Vengono riportati, nelle tabella che segue (Tab.10), gli effetti del terremoto del 28 Dicembre 1908 a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida.

Le fonti storiche utilizzate sono:

BARATTA M. "La catastrofe sismica calabro-messinese del 28 dicembre 1908" 2 voll., Roma, 1910.



EFFETTI A PIANOPOLI - FEROLETO ANTICO	EFFETTI A VENA DI MAIDA	EFFETTI A MAIDA
INTENSITÀ AL SITO: VI-VII	INTENSITÀ AL SITO:	INTENSITÀ AL SITO: VIII
DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: la scossa, abbastanza forte, produsse lievi danni agli edifici.	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: nessuno	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: la scossa fu molto forte e produsse il crollo totale o parziale di 37 edifici e lesioni irrimediabilmente altri 37 edifici.

Tab.10 - Terremoto del 28 dicembre 1908: effetti a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida.



## 6.7 TERREMOTO DELL'11 MAGGIO 1947

Area dei maggiori effetti. Il terremoto colpì il versante ionico della Calabria centrale, all'altezza del golfo di Squillace, danneggiando gravemente oltre 20 località della provincia di Catanzaro. Il paese colpito fu Isca sullo Ionio, dove 295 case (circa 273 dell'abitato) crollarono o divennero inabitabili; crolli di abitazioni e gravi danni che resero inagibile parte del patrimonio edilizio furono rilevati a Badolato, Cenadi, Gasperina, Santa Caterina dello Ionio, Sant'Andrea Apostolo dello Ionio, Satriano, Staletti. La documentazione prodotta da Genio Civile per alcune delle località colpite indica, complessivamente, 497 alloggi non abitabili, dei quali 364 non riparabili. Secondo dati della Prefettura di Catanzaro, pubblicati dalla stampa, 340 case furono distrutte e circa altrettante lesionate. In altre 100 località circa, compresi alcuni centri del versante tirrenico, si verificarono danni più leggeri. A Catanzaro la scossa causò il crollo di molti soffitti e lesionò diverse case dei rioni popolari; a Vibo Valentia furono segnalate leggere lesioni in molte vecchie case. La scossa, a nord, fu sentita fortemente in numerose località della provincia di Cosenza; verso Sud fu avvertita leggermente in alcuni centri della provincia di Messina.

Effetti sul contesto antropico. Il terremoto causò 4 morti e oltre 140 feriti; circa 1.300 famiglie rimasero senza abitazione. L'impatto sulla realtà socio-economica dei paesi danneggiati e sulla struttura amministrativa dello Stato fu accentuato dalla complessa situazione dei primi anni del secondo dopoguerra.

Effetti sull'ambiente. Il terremoto accentuò l'instabilità dei terreni franosi su cui è edificato l'abitato di Sellia, aggravando i dissesti soprattutto nelle zone già danneggiate dai nubifragi del 1942.

Effetti su alcuni abitati ricadenti nelle aree limitrofe alla centrale di progetto. Vengono riportati, nelle tabella che segue (Tab.11), gli effetti del terremoto dell'11 Maggio 1947 a Pianopoli-Feroletto Antico, Vena di Maida e Maida.

Le fonti storiche utilizzate sono:

AGAMENNONE G. "Spoglio del materiale sismico del 1947 pervenuto all'Ufficio centrale di Meteorologia e Geofisica", in: "Bollettino della Società Sismologica Italiana", vol.41 (1943-48), pp. 30-56, Roma, 1948.

EFFETTI A PIANOPOLI - FEROLETO ANTICO	EFFETTI A VENA DI MAIDA	EFFETTI A MAIDA
INTENSITÀ AL SITO: VII	INTENSITÀ AL SITO:	INTENSITÀ AL SITO: VII
DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: il terremoto fu molto forte e causò l'apertura di fenditure in moltissimi edifici. Tra questi la Chiesa Madre ed il Municipio di Feroleto Antico. Crolli parziali in alcune case di campagna a Pianopoli	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: nessuno	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI: il terremoto fu molto forte e danneggiò alcuni edifici.

Tab.11 - Terremoto dell'11 maggio 1947: effetti a Pianopoli-Feroleto Antico, Vena di Maida e Maida.

## 7. STUDIO DELLA SISMICITÀ RECENTE

Per lo studio della sismicità recente sono stati utilizzati i dati registrati dalla Rete Sismica della Calabria gestita dal Laboratorio di Sismologia dell'Università degli Studi della Calabria. Il Laboratorio ha fornito alla scrivente i parametri caratteristici di ogni terremoto strumentale pervenuto alle stazioni della Rete Sismica della Calabria tra il 1986 ed il 1995. I suddetti parametri sono riportati di seguito:

- tempo origine (anno/mese/giorno; ora/minuti/secondi)
  - latitudine e longitudine dell'epicentro
  - profondità focale ( $H_0$ )
  - magnitudo di durata (md)
  - magnitudo locale (ml)
  - intervallo di variabilità delle tre coordinate spaziali o barre d'errore ( $dlat$ ,  $dlon$ ,  $dh$ )
  - numero di stazioni utilizzate per la localizzazione (nd)
  - gap (massima distanza angolare tra le stazioni)
  - deviazione standard
- intervallo di variabilità delle coordinate temporali.



I dati sismologici hanno consentito di ricavare una "carta degli epicentri strumentali" (Fig.6). Gli epicentri sono stati localizzati sulla scorta di almeno sette tempi d'arrivo con il codice di calcolo LME (CURRÀ & GUERRA, 1992). Il simbolo che rappresenta la localizzazione dell'epicentro è dato

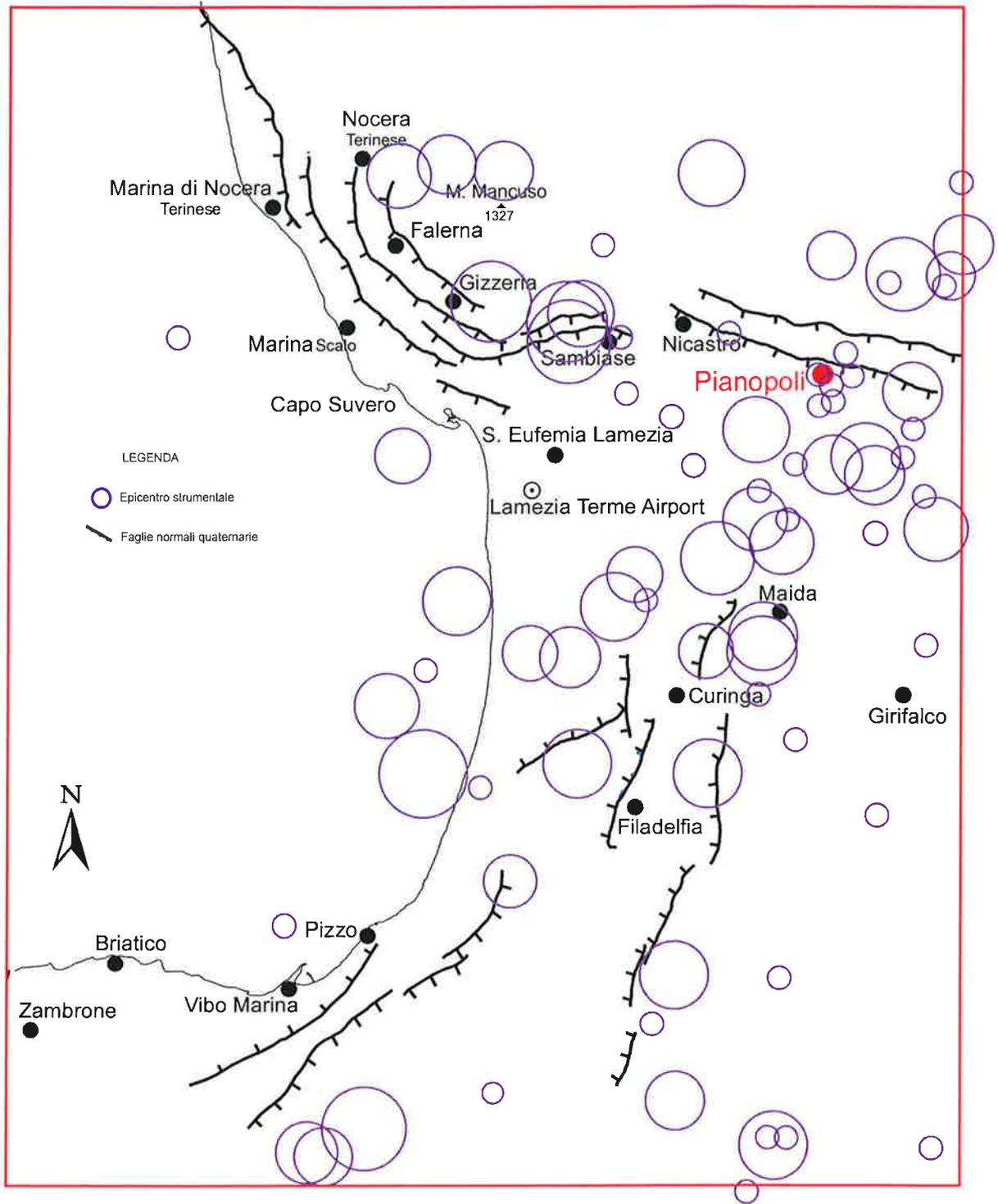


Fig.6 - Carta degli epicentri strumentali (relativi al periodo 1986-1995) di terremoti con magnitudo max = 4.5. I dati sono tratti dall'Archivio del Laboratorio di Sismologia dell'Università della Calabria. Il diametro del cerchio è proporzionale alla magnitudo



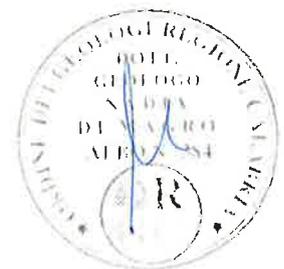
da un cerchio di diametro proporzionale alla magnitudo dell'evento sismico. La magnitudo massima registrata è stata pari a 4.5 (terremoto del 24 gennaio 1990, localizzato a nord-est di Catanzaro).

In Fig.6 sono state rappresentate anche le faglie recenti riconosciute nell'area di studio. Dal confronto faglie-epicentri si evince una sismicità piuttosto diffusa che tende a concentrarsi lungo direzioni medie E-W, secondo fasce di anisotropia che marcano le faglie recenti ad orientamento medio E-W, ad indicarne i caratteri sismogenetici. La corrispondenza tra distribuzione degli epicentri e le faglie risulta particolarmente evidente per la direttrice tettonica "Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara".

E' tuttavia opportuno sottolineare come, sia pur entro i limiti d'attendibilità del dato (riferito ad un periodo d'osservazione relativamente ridotto), le numerose sorgenti sismiche presentino nel complesso un livello energetico comunque basso. Le caratteristiche complessive della sismicità strumentale relativa all'area in esame, in accordo con quanto accertato da vari Autori rispetto all'intero territorio calabro, forniscono un quadro sostanzialmente diverso da quello delineato dall'analisi della sismicità storica. In effetti, dopo l'ultimo terremoto disastroso occorso nell'area in esame il 11 maggio 1936, che colpì violentemente un'ampia porzione della Calabria centrale, è iniziato un periodo che potrebbe essere definito di "quiete sismica", durante il quale la sismicità strumentale si è attestata su livelli energetici molto bassi. Ciò ad indicare che l'energia sismica viene accumulata lungo le principali faglie sismogenetiche per tempi molto lunghi e viene "dissipata" in modo non continuo, bensì in modo quasi istantaneo in occasione di eventi sismici parossistici particolarmente violenti. Tale comportamento che potrebbe sembrare anomalo, rappresenta in effetti una caratteristica della sismicità calabrese, che ha visto nel corso dei secoli passati l'alternarsi di periodi di intensa attività sismica (per esempio i periodi 1638-1659, 1744-1783, 1832-1908) con periodi, più o meno lunghi, di relativa calma.

## **8. STUDIO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE**

I litotipi affioranti in corrispondenza dell'area di fondazione della centrale di progetto sono stati analizzati anche in funzione dei loro caratteri elasto-dinamici. A tal fine è stato redatto uno studio geofisico, mediante il metodo sismico a rifrazione, che ha consentito di ottenere un quadro qualitativo della distribuzione orizzontale e verticale dei sismostrati. Tramite l'utilizzo di particolari



tecniche di produzione del segnale sismico e di acquisizione dei dati sono stati inoltre ottenuti i parametri elasto-dinamici (parametri Young, Poisson, Bulk, modulo di rigidità) e il valore dell' "incremento sismico".

La campagna di indagini geofisiche ha previsto l'esecuzione di n.4 sondaggi sismici a rifrazione di lunghezza pari a 60ml cadauno per corrispondenti profondità d'indagine fino a 15-18m dal p.c. Lungo i sondaggi sismici sono stati ricavati i valori delle velocità sismiche delle onde di compressione ( $V_p$ ) e di taglio ( $V_s$ ).

Tutti i dati raccolti sono stati analizzati ed elaborati in studio, quindi utilizzati per la stesura della presente relazione. In allegato sono riportati i risultati delle indagini sismiche a rifrazione.



## 8.1. IL METODO SISMICO A RIFRAZIONE

### 8.1.1. Generalità

Il metodo sismico a rifrazione permette la costruzione di dromocrone (diagrammi tempo-distanze) dalle quali è possibile calcolare velocità e profondità delle interfacce profonde.

I tempi rifratti si riferiscono ad onde sismiche longitudinali ( $V_p$ ) che incidono con "angolo critico" la superficie di separazione dei due mezzi a velocità diverse e crescenti verso il basso (ad esempio  $V_1$  e  $V_2$ , con  $V_2 > V_1$ ).

Queste onde possono propagarsi lungo tale interfaccia e tornare in superficie fornendo informazioni sugli spessori, variazioni degli stessi, sulle velocità dei due mezzi e sulla pendenza dell'interfaccia. E' così possibile desumere informazioni sui caratteri elasto-meccanici dei mezzi attraversati dalle onde longitudinali, essendo il valore velocità delle onde sismiche dipendente dalla densità del litotipo investigato.

Operativamente un profilo sismico a rifrazione viene eseguito utilizzando un punto di energizzazione (S) fisso ed una serie di sensori, chiamati geofoni, equidistanti posti lungo uno stendimento rettilineo che inizia in corrispondenza del punto S, di lunghezza proporzionale alla profondità di indagine. Generando onde elastiche longitudinali ( $V_p$ ) in un punto del terreno e rivelandone il loro arrivo in superficie ai geofoni, è possibile ricostruire la funzione tempi di arrivo-

distanze dal punto di energizzazione (dromocrona) dalla quale si ottengono, in una successiva fase di calcolo automatico, le velocità delle onde longitudinali dei vari mezzi rilevati, nonché la disposizione geometrica dei litotipi presenti nel sottosuolo investigato.

#### 8.1.2. *Acquisizione dei dati*

Per l'esecuzione delle misure di velocità sismica è stato impiegato il seguente apparato di acquisizione:

- sismografo a 24 canali SUNDA mod.ECHO24,
- cavo geofonico di 24 geofoni OYO GS20-DX,
- attrezzatura per l'energizzazione in superficie costituita da un maglio battente di peso pari a 10 Kg.

Le misure sono state eseguite da un Geologo "Prospettore Geofisico", coadiuvato da un "Aiuto Prospettore".

Durante i rilievi si è provveduto a controllare costantemente la qualità dei dati per verificare l'operatività del sistema.

Le metodologie di indagine e le modalità adottate per l'esecuzione delle misure sono state concordate preventivamente con i tecnici responsabili dei lavori.

I sismogrammi relativi alle indagini svolte sono stati registrati direttamente in campagna e successivamente elaborati in studio su personal computer.

Sono stati eseguiti n.4 sondaggi sismici a rifrazione di lunghezza pari a 60ml cadauno con dodici geofoni, per corrispondenti profondità d'indagine fino a 15-18m dal p.c.; sono stati effettuati profili diretti, coniugati e centrali che hanno fornito dati ancor più dettagliati sulla geometria degli orizzonti rifrattori più superficiali.

La seguente tabella riassume i parametri di acquisizione adottati in campagna:

#### **N.4 PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE DA 60ml**

NUMERO CANALI DI REGISTRAZIONE	12
EQUIDISTANZE	5 m
N. SCOPPI	3
FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO	200 ms
SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE	maglio 10 kg



#### 8.1.3. *Analisi delle misure*

L'interpretazione dei dati è stata effettuata mediante l'utilizzo del programma GRM-Pasi.

Il calcolo degli spessori viene comunemente effettuato con il metodo dei "delay times" e/o quello dei "tempi intercetti"; il primo può essere applicato solamente quando esiste una copertura degli eventi diretti ed inversi rifratti dall'orizzonte di cui si vuole definire il "delay time" e successivamente la profondità.

I dati desunti per i profili sismici eseguiti sono riportati negli allegati. Relativamente ai profili vengono fornite le dromocrone, una tabella tempi-distanze e una tabella che riporta le velocità reali (in m/sec) e la profondità (in metri) di ogni singolo strato rilevato dal p.c.

Segue una breve descrizione dei profili eseguiti. Per maggiori dettagli si rimanda alla lettura degli allegati.

Da un esame dei dati relativi al profilo 1-3 si evince la presenza di due sismostrati: il più superficiale, correlabile con terreni poco addensati aventi caratteri elasto-meccanici molto scadenti ( $V_p=306-319$  m/s), è stato individuato fino a profondità dal p.c. pari a 4.1-4.4 m. Il sismostrato profondo è verosimilmente correlabile con litotipi mediamente addensati, i cui caratteri elasto-meccanici possono definirsi medi ( $V_p=823-865$  m/s).

Lungo il profilo 4-6 sono stati individuati tre intervalli di velocità: il più superficiale ( $V_p=307-420$  m/s) è correlabile con litotipi poco addensati i cui spessori sono compresi tra 5.7 m (scoppio 6) e 6.9 m (scoppio 4, geofoni 1 e 2).

L'intervallo intermedio, considerate le  $V_p$  ( $V_p=700-847$  m/s), è verosimilmente corrispondente con litotipi mediamente addensati, i cui caratteri elasto-meccanici sono medi.

A profondità dal p.c. comprese tra 13.7 m (geofono 6) e 17.4 m (scoppio 4) è presente il tetto del sottostante substrato a comportamento litotide ( $V_p=1544$  m/s), i cui caratteri elasto-meccanici possono definirsi buoni.

Lungo la stesa sismica 7-9 sono stati individuati tre intervalli di velocità. L'intervallo più superficiale ( $V_p=317-334$  m/s) è correlabile con litotipi poco addensati i cui spessori sono compresi tra 4.5 m (scoppio 7) e 6.2 m (scoppio 9). I caratteri elasto-meccanici sono scadenti.



Al di sotto di esso è presente un orizzonte mediamente addensato ( $V_p=773-871$  m/s), i cui caratteri elasto-meccanici sono medi. Tale orizzonte è presente fino a profondità dal p.c. comprese tra 13.3 m (geofono 6) e 14.9 m (scoppio 7).

Il sottostante intervallo profondo è correlabile con un substrato a comportamento litotide ( $V_p=1449$  m/s), i cui caratteri elasto-meccanici possono definirsi buoni.

Il profilo 10-12 è caratterizzato da tre sismostrati: il più superficiale ( $V_p=305-376$  m/s) è correlabile con litotipi poco addensati i cui spessori sono compresi tra 4.0 m (scoppio 10) e 6.1 m (scoppio 12).

L'intervallo intermedio, considerate le  $V_p$  ( $V_p=633-752$  m/s), è verosimilmente corrispondente con litotipi mediamente addensati, i cui caratteri elasto-meccanici sono medi.

A profondità dal p.c. comprese tra 13.1 m (scoppio 12) e 14.8 m (scoppio 10) è presente il tetto del sottostante substrato a comportamento litotide ( $V_p=1468$ m/s), i cui caratteri elasto-meccanici possono definirsi buoni.

## 8.2. SONDAGGI SISMICI A RIFRAZIONE CON ACQUISIZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO

### 8.2.1. Generalità sul metodo

Nelle prospezioni sismiche comuni vengono normalmente rilevate le onde longitudinali. Premettendo che i principi fisici che governano la propagazione delle onde longitudinali valgono anche per le onde trasversali risulta molto utile, talvolta, rilevare queste ultime al fine di poterle utilizzare per il calcolo dei moduli elastici dinamici. Durante la fase d'acquisizione, risulta particolarmente complessa e difficoltosa la rilevazione delle onde trasversali (o onde di taglio o Vs). Esistono sistemi di energizzazione capaci di generare onde trasversali nel terreno che tuttavia, sia pur in minima parte, producono un residuo di onde compressive; il problema può essere agevolmente superato utilizzando congiuntamente a tali sistemi appositi sensori (geofoni orizzontali) capaci di rilevare esclusivamente onde oscillanti sul piano orizzontale (onde trasversali).

Generalmente per rilievi superficiali dei moduli elastici dinamici il sistema di energizzazione e di rilevamento delle onde trasversali, è composto da un energizzatore orizzontale costituito da una



sorta di "elle" cui viene impresso un colpo mediante maglio da 10 kg parallelamente al terreno e nella direzione della stesa geofonica composta da soli geofoni orizzontali; sistemi di energizzazione e di ricezione sono entrambi collegati ad un sismografo capace di invertire la fase dell'onda in arrivo.

Attraverso le seguenti correlazioni, le onde di massa acquisite in campagna, nota la densità dei terreni, hanno portato al calcolo dei moduli elastici dinamici dei vari mezzi investigati:

$$B = \rho(V_p^2 - 4/3 V_s^2) \text{ Bulk modulus;}$$

$$E = V_s^2 \rho [(3 V_p^2 - 4 V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2)] \text{ Modulo di Young;}$$

$$m = V_s^2 \rho \text{ Modulo di rigidità;}$$

$$n = [0.5 (V_p/V_s)^2 - 1] / [(V_p/V_s)^2 - 1] \text{ Modulo di Poisson.}$$

Dai moduli così ricavati si evince un legame tra le caratteristiche di propagazione di un'onda elastica ed i moduli che descrivono la risposta dei terreni alle sollecitazioni dinamiche; la conoscenza di tali moduli risulta di fondamentale importanza per i Progettisti i quali, in prospettiva sismica, dovranno tener conto del fattore pseudo-dinamico, in ottemperanza alla L.R. 11.7.94 n.17.

### 8.2.2 Analisi delle misure

La seguente tabella riassume i parametri di acquisizione adottati in campagna:

<b>N.4 PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE Vp/Vs DA 60ml</b>	
NUMERO CANALI DI REGISTRAZIONE	12
EQUIDISTANZE	5 m
N. SCOPPI	2
FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO	300 ms
SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE	energizzatore orizzontale



Lungo i profili sono stati valutati i valori dei moduli elastici dinamici; questi vengono riportati negli allegati seguenti:

- All. 1s - profilo 1s-3s con acquisizione di onde P/S corrispondente al profilo sismico 1-3,  
All. 2s - profilo 4s-6s con acquisizione di onde P/S corrispondente al profilo sismico 4-6,  
All. 3s - profilo 7s-9s con acquisizione di onde P/S corrispondente al profilo sismico 7-9),  
All. 4s (profilo 10s-12s con acquisizione di onde P/S corrispondente al profilo sismico 10-12).

Tutti i dati relativi ai parametri elasto-dinamici sono stati riassunti nelle tabelle allegate.

### 8.3. IL CALCOLO DELL'INCREMENTO SISMICO AI FINI DI UNA MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA DI INTERESSE

Nell'ambito della difesa dai terremoti, per "zonazione sismica" di un territorio si intende genericamente un insieme di criteri geologici, geomorfologici, geoidrologici e geofisici, atti ad individuare e delimitare aree a risposta omogenea nei riguardi del rischio sismico.

I criteri e la metodologia di individuazione e successivo intervento sono in funzione dell'estensione delle aree considerate; pertanto si parlerà di:

- *Macrozonazione sismica*, se la scala delle aree è a livello regionale;
- *Microzonazione sismica*, se la scala per la destinazione d'uso è a livello comunale.

La microzonazione sismica, in particolare, consiste nell'individuazione di un insieme di criteri d'uso del territorio volti a minimizzare gli effetti dei terremoti; essa tende ad andare oltre le condizioni di pericolosità generica di ciascun territorio comunale che è il criterio informatore della macrozonazione sismica. E' intuitivo, infatti, che la macrozonazione sismica può, solo nelle linee generali, essere rappresentativa del modo in cui in un determinato luogo si risentirà l'evento sismico; ciò tenendo conto delle varie situazioni che condizionano l'effettivo modo di presentarsi delle accelerazioni prodotte da un sisma e che determinano la risposta sismica locale (è noto da tempo che i danni che si manifestano durante un terremoto possono avere dimensioni molto diverse in località tra loro vicine a causa di una differente risposta sismica locale).

Ai fini della microzonazione è necessario individuare microzone diverse il cui comportamento nei riguardi della risposta sismica locale sia omogeneo.

L'individuazione di zone a rischio omogeneo viene effettuata tenendo conto della *rigidità sismica*, parametro strettamente legato all'incidenza dei danni.



### 8.3.1 Procedura di calcolo

Ai fini del calcolo dell'incremento di intensità macrosismica, è stata utilizzata la relazione proposta da MEDVEDEV (1965), che lega il rapporto tra la rigidità sismica di una roccia di riferimento e la rigidità dei terreni superficiali, all'incremento dell'intensità macrosismica:

$$I = 1.67 (\log R^\circ - \log R)$$

dove  $R^\circ$  rappresenta la rigidità della roccia di riferimento ed  $R$  la rigidità dell'orizzonte più superficiale rilevato dall'indagine sismica a rifrazione.

In particolare,

$$R^\circ = V_p * \gamma$$

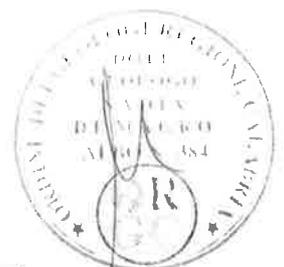
dove  $V_p$  = velocità sismica di compressione della roccia di riferimento (espressa in m/sec) e  $\gamma$  = densità dell'orizzonte superficiale (espresso in g/cm<sup>3</sup>):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n V_i h_i \gamma_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

Dal momento che, come è ben noto, la maggiore potenza distruttiva legata ad un evento sismico è determinata dalle onde di taglio, in questa sede, sono state considerate, ai fini del calcolo dell'incremento sismico, i valori misurati delle onde sismiche di compressione ( $V_s$ ).

Dai calcoli eseguiti si ricavano i valori riportati nella sottostante tabella:

numero profilo	$R^\circ$	$R$	$I$
1-3	1.44	1.02	0.25
4-6	3	0.75	1
7-9	3	0.9	0.9
10-12	2.8	0.75	0.95

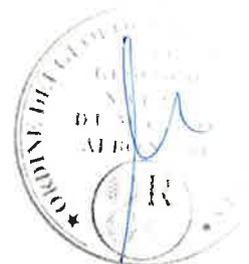


Il calcolo dell'incremento, così calcolato, ha evidenziato valori prossimi a 1.00, eccetto per il profilo 1-3 lungo il quale sono stati ricavati valori di I pari a 0.25 (probabilmente imputabile ad un locale incremento del grado di addensamento dei litotipi alluvionali).

Alla luce dello studio sulla sismicità storica, la massima intensità sismica registrata nel territorio di Pianopoli è risultata pari all'XI grado della scala MCS; pertanto, secondo la vigente normativa, il territorio ricade tra le aree di prima categoria ( $C=0.1$ ). In queste condizioni di rischio sismico, il valore dell'incremento macrosismico dovrà risultare propedeutico, ai fini di ottemperare alle norme costruttive in materia di edilizia antisismica.

Sempre ai fini di una microzonazione sismica, noti i valori di rigidità sismica calcolati mediante le velocità delle onde di taglio (vedere tabella sopra), facendo riferimento al lavoro di CARRARA & RAPOLLA (1987), si è proceduto al calcolo del "fattore di incremento del coefficiente di fondazione" ( $\epsilon$ ), che per l'area in esame è risultata pari a 1.1.

Ciò significa che si dovrà prevedere, ai fini di una microzonazione sismica, un incremento del coefficiente di intensità sismica C ( $C=0.1$ ) pari al 10 %.



## 9. DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Studi geologici, strutturali e morfologici, integrati da un'analisi della sismicità storica e strumentale, hanno consentito di individuare e caratterizzare le faglie sismogenetiche presenti per una significativa fascia al contorno dell'area interessata dalla costruenda centrale di cogenerazione a ciclo combinato nel Comune di Pianopoli (CZ).

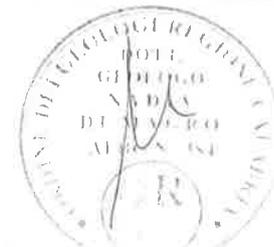
Le ricerche sono state integrate anche dallo studio della risposta sismica locale del terreno di fondazione della centrale di progetto attraverso la realizzazione di n.4 profili sismici a rifrazione, con acquisizione di onde sismiche di compressione (Vp) e di taglio (Vs), dall'elaborazione ed interpretazione dei quali, è stato possibile ricavare i parametri elasto-dinamici ed i valori dell'"incremento sismico" (secondo MEDVEDEV, 1965).

Di seguito vengono riassunti i risultati del presente studio.

- 1) L'area di studio ricade nell'ambito geodinamico della "*rift-zone calabro-sicula*" (TORTORICI & MONACO, 2000) (Fig.1), che rappresenta strutturalmente un sistema di faglie estensionali, tuttora attive, con direzioni variabili tra N-S e NE-SW (*faglie appenniniche*), che si estende dalla costa orientale della Sicilia fino al settore nord-occidentale della Calabria. Il sistema è localmente intersecato da faglie meno frequenti con direzioni da E-W a WNW-ESE (*faglie trasversali*).

Nell'area di studio, le faglie appenniniche sono rappresentate da faglie normali ad andamento medio NNW-SSE, organizzate in un sistema a gradinata ribassante verso W, che sollevano e strutturano l'appendice più meridionale dell'*horst* della Catena Costiera. Le faglie trasversali, più recenti, sono rappresentate da faglie normali ad andamento E-W, organizzate in un sistema a gradinata ribassante verso S, che sollevano la porzione più meridionale del Massiccio della Sila. Il sistema è formato da una serie di segmenti che nel complesso costituiscono un'unica direttrice tettonica di rilevanza regionale denominata "Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara". La suddetta direttrice mostra segni d'attività molto recente, poiché disloca localmente una conoide di deiezione post-wurmiana situata nei pressi del Torrente Zinnavo (*Zinnavo fault*).

Le faglie, ad andamento sia appenninico che trasversale, sono responsabili dell'individuazione di scarpate morfologiche, allineamenti di crinali con frequenti discontinuità



altimetriche, faccette triangolari e trapezoidali, corsi d'acqua rettificati e valli sospese. I suddetti indicatori morfoneotettonici presentano un elevato grado di "freschezza" morfologica, ad indicare un'attività molto recente delle faglie che li hanno generati.

2) Il carattere sismogenetico delle faglie recenti riconosciute nell'area di studio è confermato anche dall'analisi dei terrazzi marini: dalle datazioni dei terrazzi è stato accertato che le faglie risultano attive sin dal Pleistocene medio, con tassi di sollevamento tettonico particolarmente elevati ed oscillanti mediamente intorno a 2.16 mm/anno, relativamente agli ultimi 330.000 anni, ed a 1.00 mm/anno, relativamente agli ultimi 70.000 anni.

Se si confrontano il tasso di sollevamento e la lunghezza della direttrice tettonica "Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara" (sviluppo lineare complessivo di circa 30 km), con i tassi di sollevamento, le lunghezze e le magnitudo dei terremoti connesse con le principali faglie sismogenetiche della Calabria (TORTORICI & MONACO, 2000) (Tab.2), si può ragionevolmente evincere come il terremoto del 27 marzo 1638 (magnitudo equivalente pari a 7.1) sia correlabile con l'attività della suddetta direttrice. Non è un caso, tra l'altro, che una conoide olocenica post-wurmiana affiorante nei pressi del Torrente Zinnavo, risulti dislocata tettonicamente (con cinematismi normali) da uno dei segmenti di faglia (*Zinnavo fault*) che costituiscono la suddetta direttrice.

3) Lo studio della sismicità storica si è concretizzato nella "carta sismotettonica" di Fig.6, in cui sono state rappresentate, unitamente alle principali faglie recenti, le aree macrosismiche connesse ai terremoti storici di maggiore intensità ( $I \geq X$  MCS) che hanno colpito i principali abitati ricadenti nell'area di studio. Si nota come i centri abitati che hanno subito i maggiori danni in occasione dei diversi terremoti storici (27 marzo 1638, 5 novembre 1659, 7 febbraio 1783, 28 marzo 1783 e 8 settembre 1905), risultino racchiusi in un'area (riportata in grigio in figura) che marca abbastanza fedelmente il sistema di faglie recenti che delimitano la porzione mediana della *rift-zone calabro-sicula*.

Riguardo, in particolare, alle aree macrosismiche di terremoti con epicentri ricadenti nel settore d'interesse, da un confronto faglie-sismi, si possono dedurre alcune interessanti considerazioni. A conferma di quanto già asserito nei punti 1) e 2), si evince come l'area epicentrale del terremoto del 27 marzo 1638 (intensità alla sorgente pari a XI MCS, magnitudo equivalente pari a 7.1) ricada



lungo la direttrice tettonica "Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara". Il terremoto ebbe valori di intensità al sito

- di X-XI MCS a Pianopoli-Feroletto Antico (crollo di tutte le case e morte di 171 persone),
- di IX-X MCS a Vena di Maida (crollo totale di 30 abitazioni e parziale di 72 abitazioni; morte di tre persone) e
- di IX MCS a Maida (crollo totale di 92 case e parziale di 66 case; morte di 11 persone).

Anche il terremoto del 28 marzo 1783, la cui zona epicentrale ricade nel settore centrale della Stretta di Catanzaro, potrebbe essere ascritto all'attività della porzione più orientale della direttrice tettonica "Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara". Il terremoto (intensità alla sorgente pari a XI MCS, magnitudo equivalente pari a 7.1) ebbe valori di intensità al sito

- di IX-X MCS a Vena di Maida (causò il crollo di maggior parte delle case e rese pericolanti le restanti abitazioni; morte di 26 persone su un totale di 650 abitanti) e
- di IX-X MCS a Maida a (causò il crollo della maggior parte degli edifici e rese inabitabili le restanti case; morte di 75 persone su un totale di 2599 abitanti) e
- di VIII MCS a Pianopoli-Feroletto Antico (causò il crollo di parte delle case e lesioni nelle restanti).

Infine, il terremoto dell'8 settembre 1905 (intensità alla sorgente pari a X-XI MCS, magnitudo equivalente pari a 6.9) la cui area epicentrale ricade nel Golfo di Sant'Eufemia, ebbe nell'area di studio effetti significativamente rilevanti:

- a Vena di Maida causò un'intensità pari a IX-X MCS (danni gravissimi: di 199 case 3 sole rimasero incolumi; tre morti) e
- a Maida pari a IX MCS (causò il crollo della maggior parte degli edifici; 1 vittima).
- a Pianopoli-Feroletto Antico al sito pari a VII-VIII MCS (crollo di alcune case; i danni maggiori furono subiti dalle case di campagna),

Gli altri terremoti storici calabresi produssero effetti di scarsa rilevanza sugli abitati dell'area circostante la centrale di progetto, in quanto ebbero un'area epicentrale molto distante rispetto al settore di studio (epicentri localizzati per lo più in Calabria meridionale). Gli effetti di questi terremoti vengono comunque di seguito riassunti in ordine di importanza:

- terremoto del 28 dicembre 1908 (area epicentrale Stretto di Messina – intensità alla sorgente pari a XI MCS, magnitudo equivalente pari a 7.2): a Pianopoli-Feroletto Antico

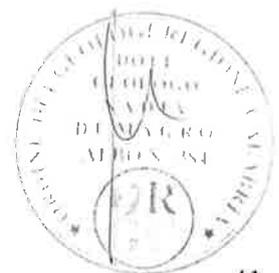


- causò un'intensità al sito pari a VI-VII MCS, a Vena di Maida nessun danno e a Maida pari a VIII MCS.
- *terremoto dell'11 maggio 1947* (area epicentrale Calabria centrale – intensità alla sorgente pari a XI MCS, magnitudo equivalente pari a 5.5): a Pianopoli-Feroletto Antico causò un'intensità al sito pari a VII MCS, a Vena di Maida nessun danno e a Maida pari a VII MCS
  - *terremoti del 5 e 7 febbraio 1783* (aree epicentrali, rispettivamente, Piana di Gioia Tauro e Massiccio delle Serre – intensità alla sorgente,rispettivamente, pari a XI e X-XI MCS, magnitudo equivalente, rispettivamente pari a 6.9 e 6.4): a Pianopoli-Feroletto Antico causò un'intensità al sito pari a V MCS, a Vena di Maida pari a VI-VII e a Maida pari a VI-VII MCS.
  - *terremoto del 23 ottobre 1907* (area epicentrale basso Ionio reggino – intensità alla sorgente pari a IX MCA, magnitudo equivalente pari a 5.9): a Pianopoli-Feroletto Antico causò un'intensità al sito pari a VI MCS, a Vena di Maida e Maida nessun danno.
  - *terremoto del 16 novembre 1894* (area epicentrale Calabria meridionale – intensità alla sorgente pari a IX MCA, magnitudo equivalente pari a 6.1): a Maida causò un'intensità al sito pari a V-VI MCS, a Vena di Maida e Pianopoli-Feroletto Antico nessun danno.

4) Lo studio della sismicità recente ha consentito di ricavare, relativamente all'area di studio, una “*carta degli epicentri dei terremoti strumentali*” (relativamente all'intervallo di tempo 1986-1995) in cui sono state rappresentate anche le principali faglie recenti riconosciute (Fig.6). Anche i dati sismologici evidenziano i caratteri sismogenetici delle faglie ad orientamento E-W, documentati dalle evidenti fasce di anisotropia, determinate dagli allineamenti epicentrali, che marciano più o meno fedelmente le faglie suddette. La corrispondenza tra distribuzione degli epicentri e le faglie risulta particolarmente evidente per la direttrice tettonica “Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara”.

5) Infine lo studio della risposta sismica locale ha fornito i *parametri elasto-dinamici*, per i quali si rimanda in allegato, ed i valori dell'*incremento sismico* (secondo MEDVEDEV, 1965), i cui risultati vengono riassunti nella tabella che segue:

<b>numero profilo sismico</b>	<b>incremento sismico</b>
<b>1-3</b>	<b>0.25</b>
<b>4-6</b>	<b>1.0</b>
<b>7-9</b>	<b>0.9</b>
<b>10-12</b>	<b>0.95</b>

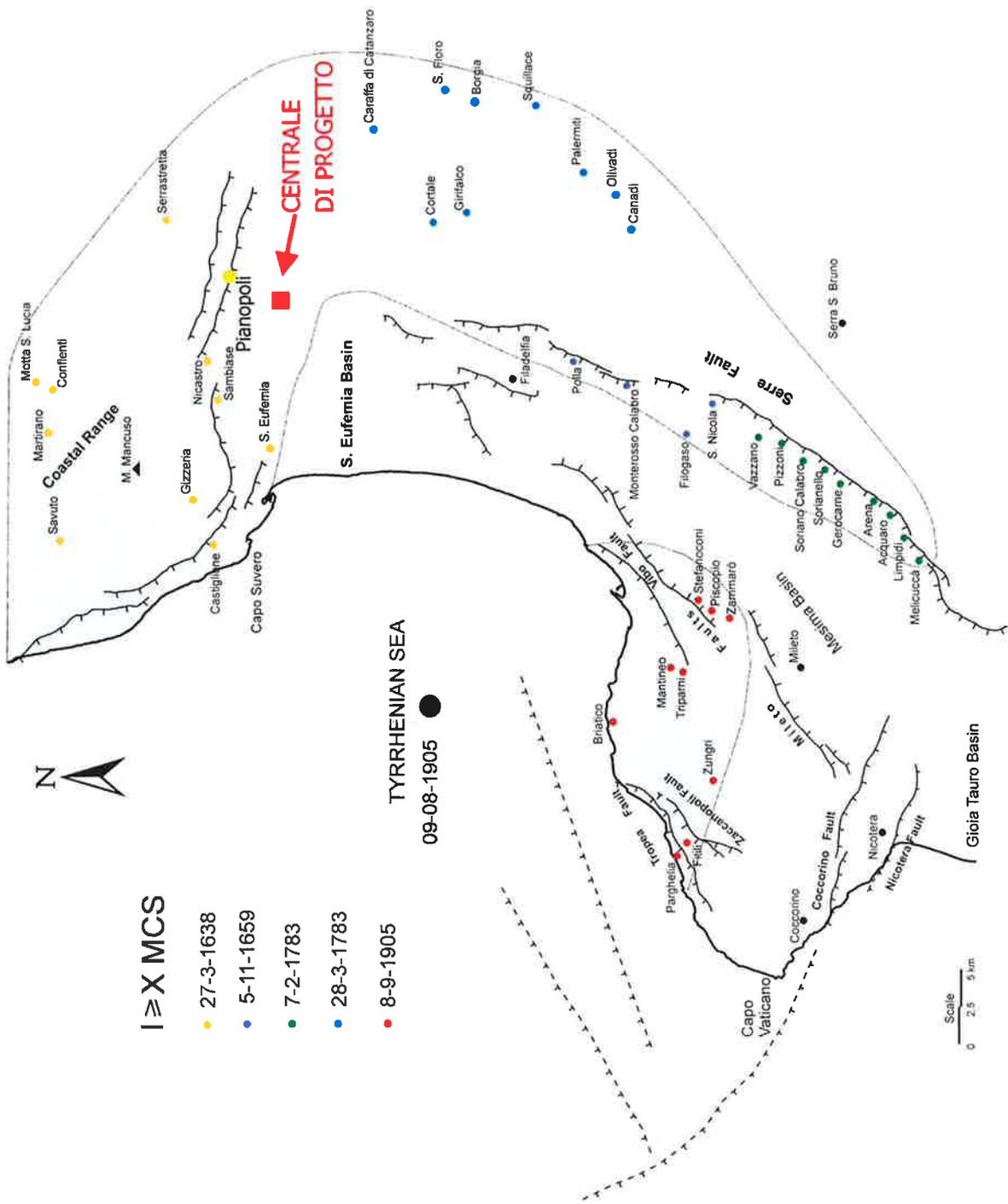


In definitiva, alla luce dei risultati complessivi ottenuti, si è accertato che l'area interessata dalla centrale di progetto ricade in un settore sismicamente attivo. Sembra tuttavia opportuno precisare come queste condizioni di rischio, rappresentando una prerogativa di un'ampia porzione della Calabria occidentale e della Sicilia orientale (*rift-zone calabro-sicula*), non possano inibire le prospettive di sviluppo territoriale di una così vasta area. In queste condizioni, si deve tenere nel debito conto, ai fini di una corretta pianificazione in ottica sismica, di alcuni importanti fattori, quali:

- 1) la distanza dell'opera di progetto dalle faglie sismogenetiche. Il grado di rischio sismico dei vari settori ricadenti all'interno di una zona sismicamente attiva è infatti inversamente proporzionale alla distanza dalle faglie sismogenetiche che la caratterizzano. Poiché relativamente al caso di studio la centrale di progetto risulta distante circa 7 km dalla faglia sismogenetica più prossima ad essa, rappresentata dalla direttrice tettonica "Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara" (Fig.7), si ipotizza che gli effetti di un eventuale sisma prodotto dalla suddetta struttura potrebbero risultare attenuati nell'area di interesse.
- 2) La massima intensità degli scuotimenti sismici cui è stata sottoposta storicamente l'area di interesse. A tal proposito si consiglia i Progettisti di tenere conto di un terremoto di progetto valutato, alla luce del presente studio, di intensità pari a XI MCS (intensità massima registrata in occasione del terremoto del 27 marzo 1638). Pertanto, secondo la vigente normativa, il territorio ricade, relativamente alle condizioni di rischio sismico, tra le aree di prima categoria ( $C=0.1$ ).
- 3) La risposta sismica locale. Ai fini di ottemperare alle norme costruttive in materia di edilizia antisismica, alla luce del presente studio, sono stati forniti ai Progettisti altri elementi utili per una corretta microzonazione sismica dell'area di studio quali:
  - l'*incremento sismico* ( $I$ ), che ha evidenziato valori massimi pari a 1.00,
  - il *fattore di incremento del coefficiente di fondazione* ( $\varepsilon$ ), che è risultata pari a 1.1.  
Ciò significa che si dovrà prevedere, ai fini di una microzonazione sismica, un incremento del coefficiente di intensità sismica  $C$  ( $C=0.1$ ) pari al 10 %.
  - I *parametri elasto-dinamici* (*parametri Young, Poisson, Bulk, modulo di rigidità*), per i quali si rimanda in allegato.

Montalto Uffugo (CS), 30 settembre 2001





I ≥ X MCS

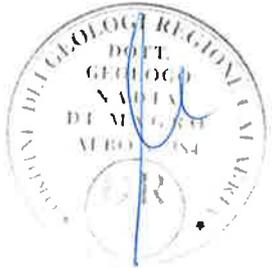
- 27-3-1638
- 5-11-1659
- 7-2-1783
- 28-3-1783
- 8-9-1905

TYRRHENIAN SEA

09-08-1905

Scale 0 2.5 5 km

Fig.7 - Carta sismotettonica dell'area di studio: relazioni tra faglie quaternarie ed aree mesosismiche dei maggiori terremoti storici (I ≥ X MCS)



**ALLEGATI  
INDAGINI SISMICHE  
A RIFRAZIONE**





**Palmer Geofisica** S.n.c., ESPLORAZIONI DEL SOTTOSUOLO

Sede Operativa: Via Manzoni, 57 - 87040 Taverna di Montalto Uffugo (CS)

Sede Amministrativa: "Villaggio Vitulia" - Loc. San Gennaro - 87036 Rende (CS)

Tel e Fax: 0984/938725

## COMUNE DI PIANOPOLI (CZ)

### PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE

Progetto:

Realizzazione di una centrale elettrica di cogenerazione  
a ciclo combinato

Committente:

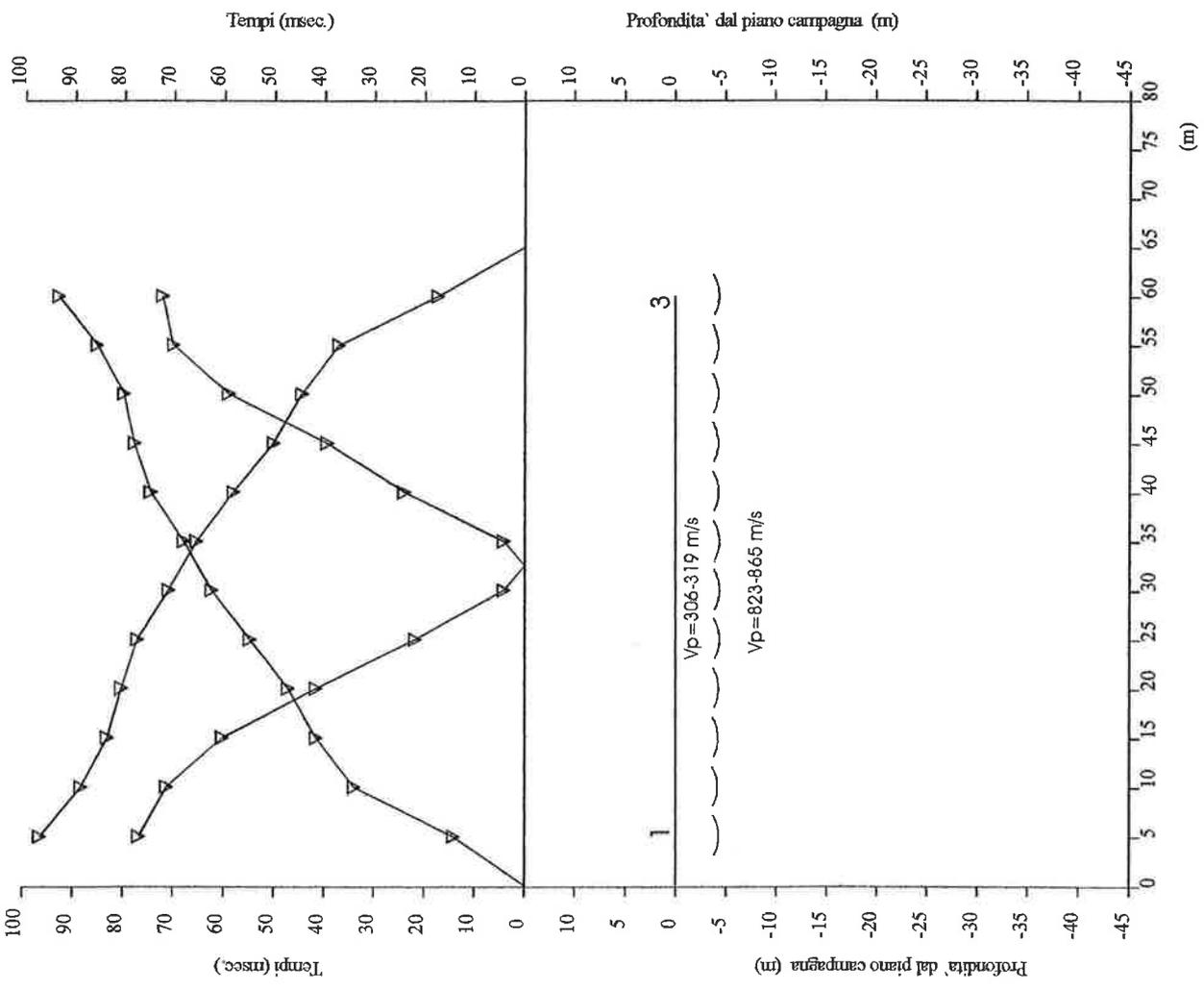
Dott. Geol. Nadia Di Magro



Il Tecnico:

**PALMER GEOFISICA S.n.c.**  
Villaggio Vitulia - Loc. S. Gennaro  
87036 - RENDE (CS)  
P.I. 01958850784

Montalto Uffugo, settembre 2001



**LEGENDA**

-  Tempi dei primi arrivi ai geofoni
-  Profilo topografico
-  Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
-  Velocità sismica dello strato in metri al secondo

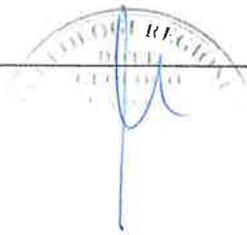
2500 m/s

**PROSPERAZIONE SISMICA**

Comm.: Dott. Geol. Nadia Di Magro

Base sismica: pnp1-3

All. 1 31.08.01



Dott. Geol. Nadia Di Magro31.08.01  
Comune di Pianopoli - CZ1-3

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m) .13 QUOTA .00 PROF: .00

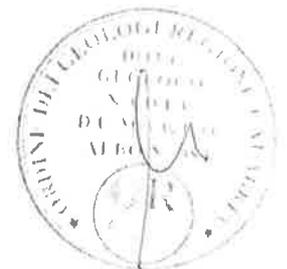
POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	14.200000	0.000000E+00
10.100000	34.000000	0.000000E+00
15.100000	41.700000	0.000000E+00
20.100000	47.200000	0.000000E+00
25.100000	54.900000	0.000000E+00
30.100000	62.500000	0.000000E+00
35.100000	68.000000	0.000000E+00
40.100000	74.600000	0.000000E+00
45.100000	77.900000	0.000000E+00
50.100000	80.100000	0.000000E+00
55.100000	85.600000	0.000000E+00
60.100000	93.300000	0.000000E+00

SCOPPIO 2 - X (m) 32.60 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	76.800000	0.000000E+00
10.100000	71.300000	0.000000E+00
15.100000	60.300000	0.000000E+00
20.100000	41.700000	0.000000E+00
25.100000	21.900000	0.000000E+00
30.100000	4.200000	0.000000E+00
35.100000	4.200000	0.000000E+00
40.100000	24.100000	0.000000E+00
45.100000	39.500000	0.000000E+00
50.100000	59.200000	0.000000E+00
55.100000	70.200000	0.000000E+00
60.100000	72.400000	0.000000E+00

SCOPPIO 3 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	96.600000	0.000000E+00
10.100000	88.500000	0.000000E+00
15.100000	83.200000	0.000000E+00
20.100000	80.400000	0.000000E+00
25.100000	77.200000	0.000000E+00
30.100000	71.000000	0.000000E+00
35.100000	65.500000	0.000000E+00
40.100000	58.200000	0.000000E+00
45.100000	50.300000	0.000000E+00
50.100000	44.600000	0.000000E+00
55.100000	37.200000	0.000000E+00
60.100000	17.400000	0.000000E+00



Cliente : Dott. Geol. Nadia Di Magro Data : 31.08.01  
Località : Comune di Pianopoli - CZ Linea : 1-3  
Stato : Azimut :  
Progetto : Strumento : Sunda Echo24  
Sorgente : Massa battente

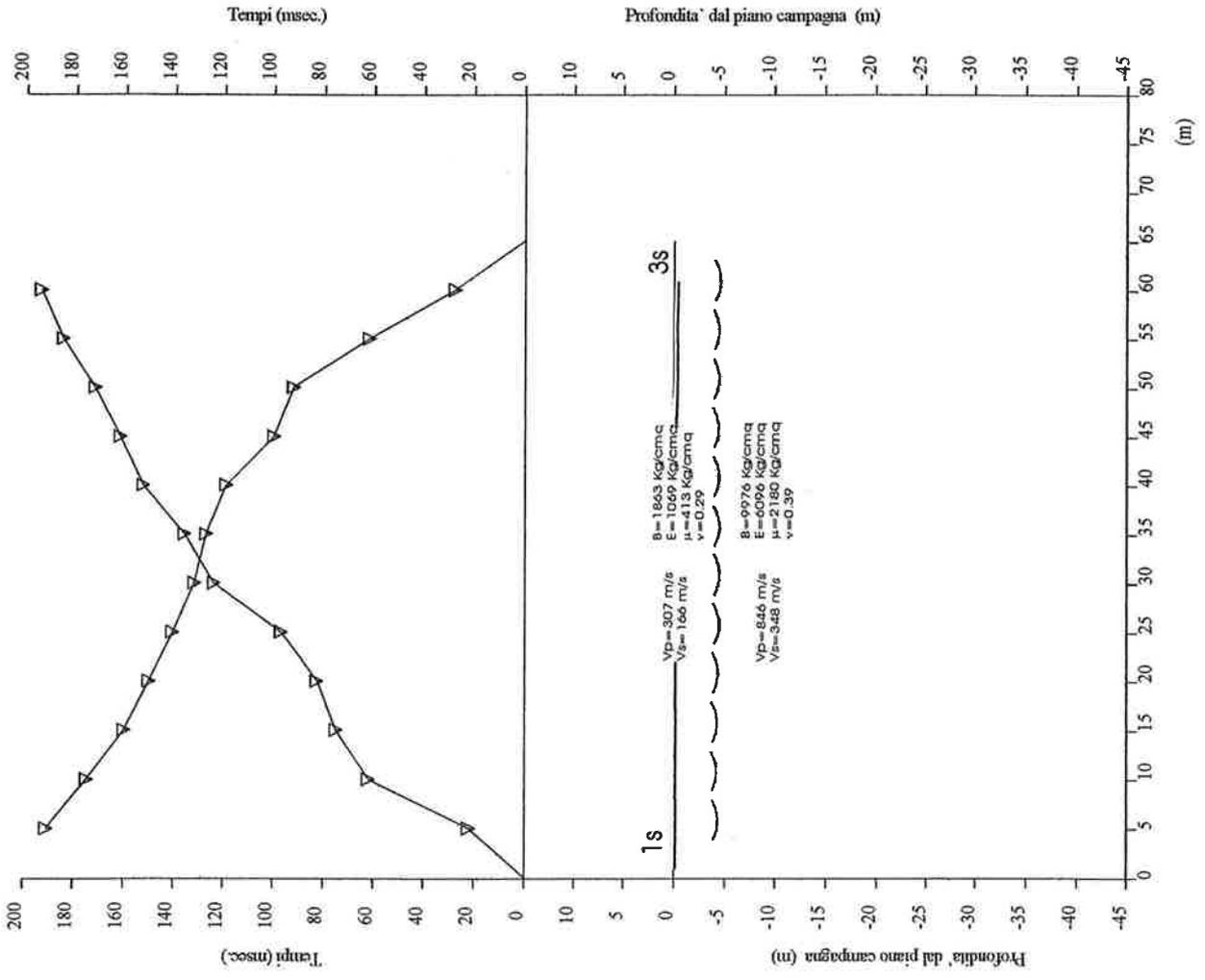
Ascissa		Velocità
STRATO #	1	
5.129998		304.052600
10.130000		306.085300
15.129990		308.117900
20.129990		310.150600
25.129990		312.183300
30.129990		314.215900
35.129990		307.178400
40.129990		310.231500
45.129990		313.284700
50.129990		316.337800
55.129990		319.391000
60.129990		312.353500
STRATO #	2	
5.129998		823.151900
10.130000		830.912100
15.129990		838.672400
20.129990		846.432600
25.129990		846.432600
30.129990		841.164800
35.129990		846.432600
40.129990		846.432600
45.129990		846.432600
50.129990		852.592500
55.129990		858.752300
60.129990		864.912200
STRATO #	3	
STRATO #	4	
STRATO #	5	



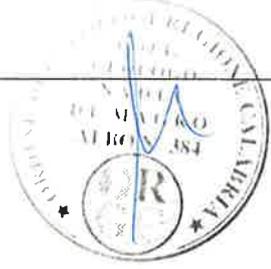
Cliente : Dott. Geol. Nadia Di Magro Data : 31.08.01  
Località : Comune di Pianopoli - CZ Linea : 1-3  
Stato : Azimut :  
Progetto : Strumento : Sunda Echo24  
Sorgente : Massa battente .0 .0 .0

Ascissa	Profondità
STRATO # 2	
1.300000E-01	4.336835
5.129998	4.242451
10.130000	4.143615
15.129990	4.197155
20.129990	4.246233
25.129990	4.319448
30.129990	4.345061
35.129990	4.322220
40.129990	4.261481
45.129990	4.225889
50.129980	4.238452
55.129980	4.229475
60.129980	4.316132
STRATO # 3	
STRATO # 4	
STRATO # 5	





<b>LEGENDA</b>	
	Tempi dei primi arrivi ai geofoni
	Profilo topografico
	Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
	Velocita' sismica dello strato in metri al secondo
2500 m/s	
<b>PROSPEZIONE SISMICA</b>	
Comm: Dott. Geol. N. Di Magro	
Base sismica : pnp1s3s	
All. 1s	31.08.01



Dott. Geol. N. Di Magro  
Comune di Pianopoli - CZ

31.08.01  
1s-3s

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m)	.10	QUOTA	.00	PROF:	.00
POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA		
5.100000		22.200000	0.000000E+00		
10.100000		62.000000	0.000000E+00		
15.100000		75.000000	0.000000E+00		
20.100000		82.600000	0.000000E+00		
25.100000		97.000000	0.000000E+00		
30.100000		124.000000	0.000000E+00		
35.100000		136.000000	0.000000E+00		
40.100000		152.600000	0.000000E+00		
45.100000		162.000000	0.000000E+00		
50.100000		172.200000	0.000000E+00		
55.100000		185.000000	0.000000E+00		
60.100000		193.900000	0.000000E+00		

SCOPPIO 2 - X (m)	65.10	QUOTA	.00	PROF:	.00
POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA		
5.100000		190.800000	0.000000E+00		
10.100000		174.900000	0.000000E+00		
15.100000		160.000000	0.000000E+00		
20.100000		150.000000	0.000000E+00		
25.100000		140.500000	0.000000E+00		
30.100000		131.900000	0.000000E+00		
35.100000		127.200000	0.000000E+00		
40.100000		119.200000	0.000000E+00		
45.100000		100.000000	0.000000E+00		
50.100000		92.200000	0.000000E+00		
55.100000		62.000000	0.000000E+00		
60.100000		27.800000	0.000000E+00		

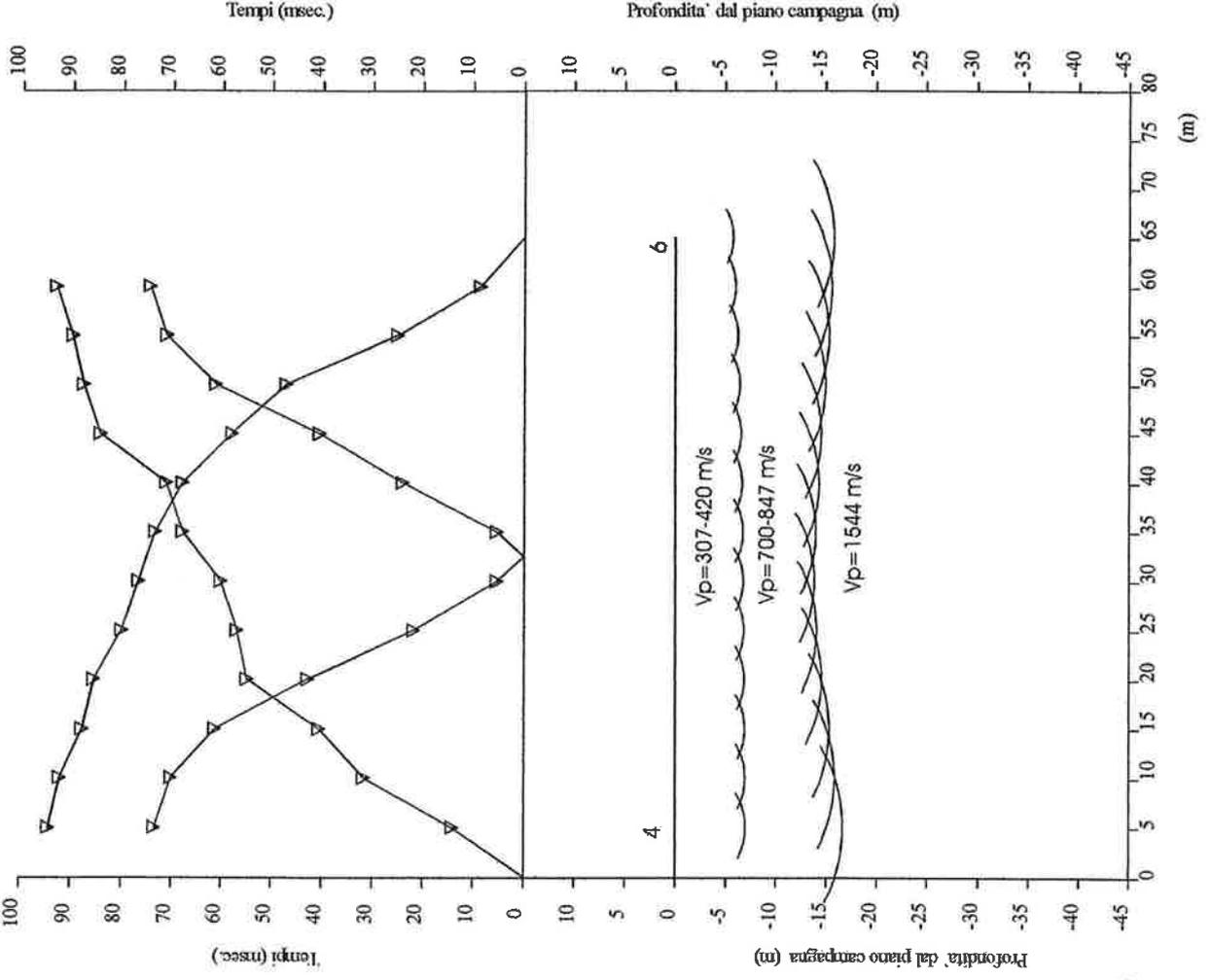


Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli - CZ  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 1s-3s  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24

Ascissa		Velocità
STRATO #	1	
5.099998		169.558600
10.100000		169.125000
15.099990		168.691400
20.099990		168.257800
25.099990		167.824200
30.099990		167.390500
35.099990		166.957000
40.099980		166.523300
45.099980		166.089700
50.099980		165.656100
55.099980		165.222500
60.099980		164.788900
65.099980		164.355300
STRATO #	2	
5.099998		347.704400
10.100000		347.704400
15.099990		347.704400
20.099990		347.704400
25.099990		347.704400
30.099990		347.704400
35.099990		347.704400
40.099980		347.704400
45.099980		347.704400
50.099980		347.704400
55.099980		347.704400
60.099980		347.704400
65.099980		347.704400





**LEGENDA**

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- 2500 m/s Velocita' sismica dello strato in metri al secondo

**PROSPEZIONE SISMICA**

Comm: Dott. Geol. Nadia Di Magro

Base sismica: pup4-6

All. 2	31.08.01
--------	----------



Dott. Geol. Nadia Di Magro  
Comune di Pianopoli - CZ

31.08.01  
4-6

Sunda Echo24

Massa battente

→ SCOPPIO 1 - X (m) .10 QUOTA .00 PROF: .00

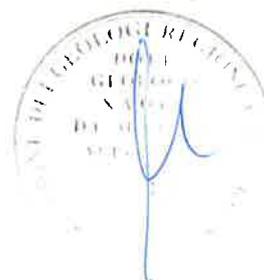
POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	14.200000		0.000000E+00
10.100000	31.800000		0.000000E+00
15.100000	40.600000		0.000000E+00
20.100000	54.900000		0.000000E+00
25.100000	57.000000		0.000000E+00
30.100000	60.300000		0.000000E+00
35.100000	68.000000		0.000000E+00
40.100000	71.300000		0.000000E+00
45.100000	84.500000		0.000000E+00
50.100000	87.800000		0.000000E+00
55.100000	90.000000		0.000000E+00
60.100000	93.300000		0.000000E+00

SCOPPIO 2 - X (m) 32.60 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	73.500000		0.000000E+00
10.100000	70.200000		0.000000E+00
15.100000	61.400000		0.000000E+00
20.100000	42.800000		0.000000E+00
25.100000	21.900000		0.000000E+00
30.100000	5.400000		0.000000E+00
35.100000	5.400000		0.000000E+00
40.100000	24.100000		0.000000E+00
45.100000	40.600000		0.000000E+00
50.100000	61.400000		0.000000E+00
55.100000	71.300000		0.000000E+00
60.100000	74.600000		0.000000E+00

SCOPPIO 3 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	94.400000		0.000000E+00
10.100000	92.200000		0.000000E+00
15.100000	87.800000		0.000000E+00
20.100000	85.600000		0.000000E+00
25.100000	80.100000		0.000000E+00
30.100000	76.800000		0.000000E+00
35.100000	73.500000		0.000000E+00
40.100000	68.000000		0.000000E+00
45.100000	58.100000		0.000000E+00
50.100000	47.200000		0.000000E+00
55.100000	25.200000		0.000000E+00
60.100000	8.700000		0.000000E+00



Cliente : Dott. Geol. Nadia Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli - CZ  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 4-6  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24

Ascissa	Velocità
STRATO # 1	
5.099998	344.212600
10.100000	336.824900
15.099990	329.437100
20.099990	322.049400
25.099990	314.661700
30.099990	307.273900
35.099990	323.420300
40.099980	339.566600
45.099980	355.713000
50.099980	371.859400
55.099980	388.005700
60.099980	404.152100
65.099980	420.298500
STRATO # 2	
5.099998	847.445400
10.100000	838.433000
15.099990	829.420500
20.099990	820.408100
25.099990	811.395800
30.099990	802.383300
35.099990	787.767000
40.099980	773.150800
45.099980	758.534500
50.099980	743.918300
55.099980	729.302000
60.099980	714.685700
65.099980	700.069500
STRATO # 3	
5.099998	1544.575000
10.100000	1544.575000
15.099990	1544.575000
20.099990	1544.575000
25.099990	1544.575000
30.099990	1544.575000
35.099990	1544.575000
40.099980	1544.575000
45.099980	1544.575000
50.099980	1544.575000
55.099980	1544.575000
60.099980	1544.575000
65.099980	1544.575000
STRATO # 4	
STRATO # 5	

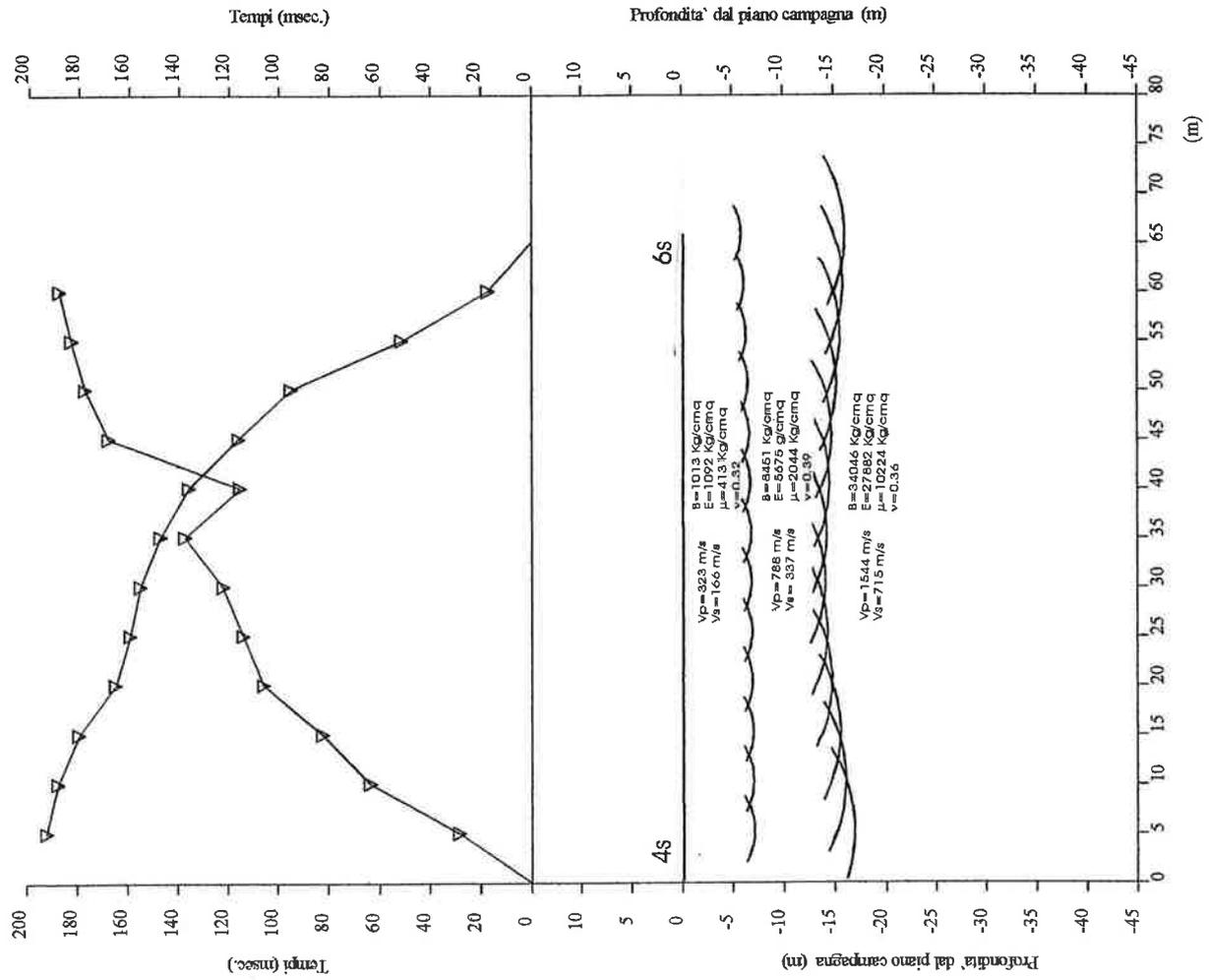


Cliente : Dott. Geol. Nadia Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli - CZ  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 4-6  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24  
.0 .0

Ascissa	Profondità
STRATO # 2	
1.000000E-01	6.944485
5.099998	6.917527
10.100000	6.884845
15.099990	6.846480
20.099990	6.802472
25.099990	6.752859
30.099990	6.697684
35.099980	6.672386
40.099980	6.610044
45.099980	6.510140
50.099980	6.371886
55.099980	6.194121
60.099980	5.975187
65.099980	5.712703
STRATO # 3	
1.000000E-01	17.444510
5.099998	16.620410
10.100000	15.813570
15.099990	15.285210
20.099990	14.511570
25.099990	14.015550
30.099990	13.796740
35.099980	13.938160
40.099980	14.261300
45.099980	14.506400
50.099980	14.936980
55.099980	15.293020
60.099980	15.576080
65.099980	15.787500
STRATO # 4	
STRATO # 5	





**LEGENDA**

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'inviluppo degli archi
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

2500 m/s

**PROSPEZIONE SISMICA**

Comm: Dott. Geol. N. Di Magro

Base sismica: pup4s6s

ALL.	2s	31.08.01
------	----	----------



Dott. Geol. N. Di Magro  
Comune di Pianopoli - CZ

31.08.01  
4s-6s

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m) .10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	28.500000		0.000000E+00
10.100000	63.600000		0.000000E+00
15.100000	82.400000		0.000000E+00
20.100000	105.900000		0.000000E+00
25.100000	114.000000		0.000000E+00
30.100000	122.200000		0.000000E+00
35.100000	137.400000		0.000000E+00
40.100000	115.400000		0.000000E+00
45.100000	168.000000		0.000000E+00
50.100000	177.500000		0.000000E+00
55.100000	183.000000		0.000000E+00
60.100000	187.800000		0.000000E+00

SCOPPIO 2 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	192.000000		0.000000E+00
10.100000	187.600000		0.000000E+00
15.100000	179.400000		0.000000E+00
20.100000	165.000000		0.000000E+00
25.100000	159.200000		0.000000E+00
30.100000	155.200000		0.000000E+00
35.100000	147.200000		0.000000E+00
40.100000	136.000000		0.000000E+00
45.100000	116.200000		0.000000E+00
50.100000	95.100000		0.000000E+00
55.100000	51.400000		0.000000E+00
60.100000	17.300000		0.000000E+00

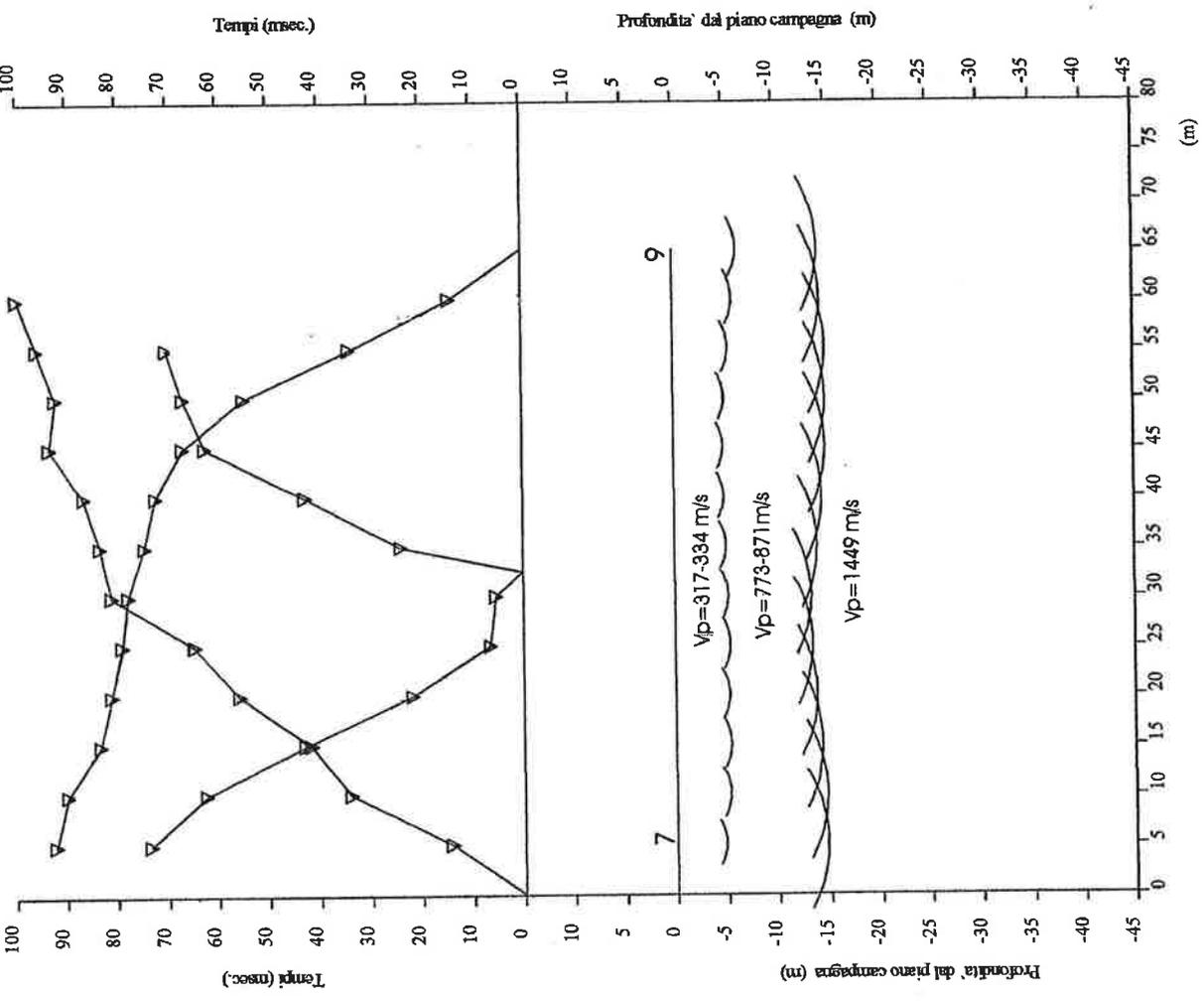


Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli - CZ  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 4s-6s  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24

Ascissa		Velocità
STRATO #	1	
5.099998		161.032900
10.100000		161.834600
15.099990		162.636400
20.099990		163.438100
25.099990		164.239800
30.099990		165.041500
35.099990		165.843300
40.099980		166.645000
45.099980		167.446700
50.099980		168.248400
55.099980		169.050200
60.099980		169.851900
65.099980		170.653600
STRATO #	2	
5.099998		346.029100
10.100000		341.786000
15.099990		345.893700
20.099990		341.650600
25.099990		337.407500
30.099990		333.164400
35.099990		337.272200
40.099980		324.678200
45.099980		324.678200
50.099980		333.164400
55.099980		341.650600
60.099980		341.786000
65.099980		341.921400
STRATO #	3	
5.099998		715.785800
10.100000		715.785800
15.099990		715.785800
20.099990		715.785800
25.099990		715.785800
30.099990		715.785800
35.099990		715.785800
40.099980		715.785800
45.099980		715.785800
50.099980		715.785800
55.099980		715.785800
60.099980		715.785800
65.099980		715.785800
STRATO #	4	
STRATO #	5	





**LEGENDA**

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocità sismica dello strato in metri al secondo

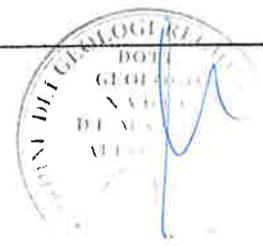
2500 m/s

**PROSPERAZIONE SISMICA**

Comm.: Dott. Geol. N. Di Magro

Base sismica : pnp7-9

All. 3 31.08.01



Dott. Geol. N. Di Magro  
Comune di Pianopoli

31.08.01  
7-9

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m) .10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	14.200000	0.000000E+00
10.100000	34.000000	0.000000E+00
15.100000	41.700000	0.000000E+00
20.100000	55.900000	0.000000E+00
25.100000	64.700000	0.000000E+00
30.100000	81.200000	0.000000E+00
35.100000	83.400000	0.000000E+00
40.100000	86.700000	0.000000E+00
45.100000	93.300000	0.000000E+00
50.100000	92.200000	0.000000E+00
55.100000	95.900000	0.000000E+00
60.100000	99.900000	0.000000E+00

SCOPPIO 2 - X (m) 32.60 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	73.500000	0.000000E+00
10.100000	62.500000	0.000000E+00
15.100000	42.800000	0.000000E+00
20.100000	21.900000	0.000000E+00
25.100000	6.500000	0.000000E+00
30.100000	5.400000	0.000000E+00
35.100000	24.100000	0.000000E+00
40.100000	42.800000	0.000000E+00
45.100000	62.500000	0.000000E+00
50.100000	66.900000	0.000000E+00
55.100000	70.200000	0.000000E+00
60.100000	0.000000E+00	0.000000E+00

SCOPPIO 3 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

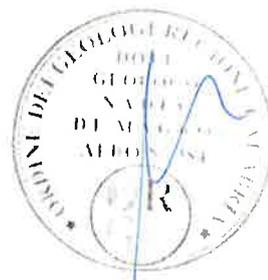
POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	92.200000	0.000000E+00
10.100000	90.000000	0.000000E+00
15.100000	83.400000	0.000000E+00
20.100000	81.200000	0.000000E+00
25.100000	79.000000	0.000000E+00
30.100000	77.900000	0.000000E+00
35.100000	74.600000	0.000000E+00
40.100000	72.400000	0.000000E+00
45.100000	66.900000	0.000000E+00
50.100000	54.900000	0.000000E+00
55.100000	34.000000	0.000000E+00
60.100000	14.200000	0.000000E+00



Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 7-9  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24

Ascissa		Velocità
STRATO #	1	
5.099998		333.990800
10.100000		331.037100
15.099990		328.083500
20.099990		325.129800
25.099990		322.176100
30.099990		319.222500
35.099990		321.755700
40.099980		324.288800
45.099980		326.822100
50.099980		329.355200
55.099980		331.888400
60.099980		317.509700
65.099980		320.042900
STRATO #	2	
5.099998		773.311100
10.100000		788.957100
15.099990		804.603000
20.099990		837.160800
25.099990		852.806800
30.099990		868.452800
35.099990		871.371300
40.099980		857.378100
45.099980		826.473000
50.099980		825.233500
55.099980		823.993900
60.099980		822.754400
65.099980		821.514900
STRATO #	3	
5.099998		1449.590000
10.100000		1449.590000
15.099990		1449.590000
20.099990		1449.590000
25.099990		1449.590000
30.099990		1449.590000
35.099990		1449.590000
40.099980		1449.590000
45.099980		1449.590000
50.099980		1449.590000
55.099980		1449.590000
60.099980		1449.590000
65.099980		1449.590000
STRATO #	4	
STRATO #	5	

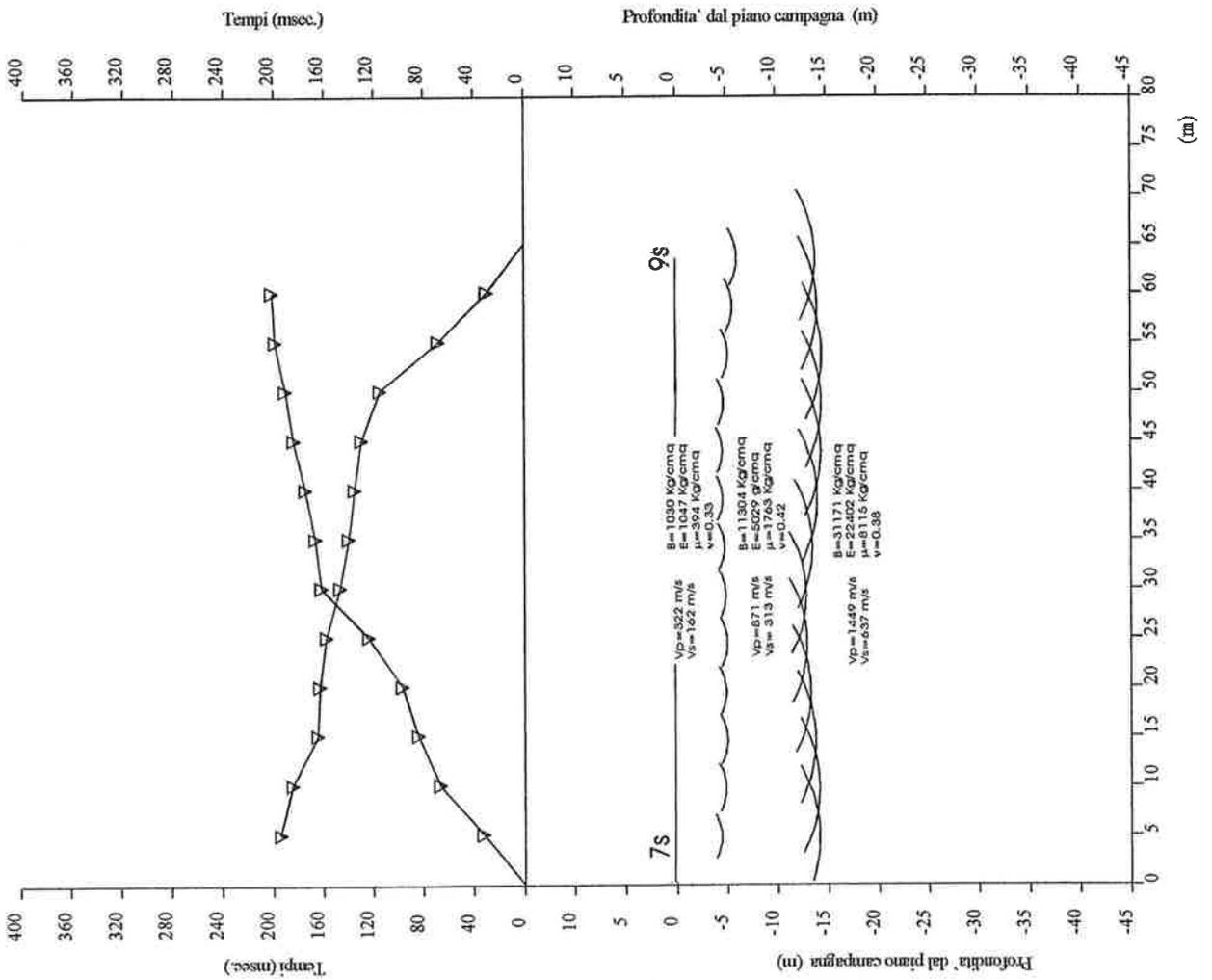


Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 7-9  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24  
.0 .0

Ascissa		Profondità
STRATO #	2	
1.000000E-01		4.562328
5.099998		4.762774
10.100000		5.213144
15.099990		5.368972
20.099990		5.232371
25.099990		5.352590
30.099990		5.182595
35.099980		5.039347
40.099980		4.845546
45.099980		4.819201
50.099980		4.952093
55.099980		5.366447
60.099980		5.788371
65.099980		6.217931
STRATO #	3	
1.000000E-01		14.956870
5.099998		14.696400
10.100000		14.664710
15.099990		14.282200
20.099990		13.782160
25.099990		13.385560
30.099990		13.295910
35.099980		13.941000
40.099980		14.428030
45.099980		14.795930
50.099980		14.832760
55.099980		14.879320
60.099980		14.387700
65.099980		14.179700
STRATO #	4	
STRATO #	5	





LEGENDA

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocita' sismica dello strato in metri al secondo

2500 m/s

PROSPETTIVA SISMICA

Comm: Dott. Geol. N. Di Magro

Base sismica : pup7s9s

All. 3s 31.08.01



Dott. Geol. N. Di Magro  
Comune di Pianopoli - CZ

31.08.01  
7s-9s

Sunda Echo24

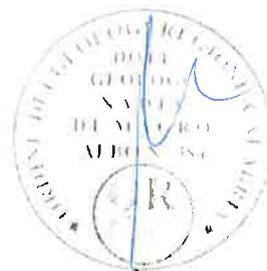
Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m) .10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	32.400000	0.000000E+00
10.100000	66.700000	0.000000E+00
15.100000	84.200000	0.000000E+00
20.100000	97.000000	0.000000E+00
25.100000	124.000000	0.000000E+00
30.100000	162.100000	0.000000E+00
35.100000	166.800000	0.000000E+00
40.100000	174.900000	0.000000E+00
45.100000	184.400000	0.000000E+00
50.100000	191.000000	0.000000E+00
55.100000	199.200000	0.000000E+00
60.100000	201.900000	0.000000E+00

SCOPPIO 2 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	194.500000	0.000000E+00
10.100000	185.000000	0.000000E+00
15.100000	165.200000	0.000000E+00
20.100000	163.300000	0.000000E+00
25.100000	158.000000	0.000000E+00
30.100000	147.000000	0.000000E+00
35.100000	140.000000	0.000000E+00
40.100000	135.200000	0.000000E+00
45.100000	129.700000	0.000000E+00
50.100000	115.000000	0.000000E+00
55.100000	68.200000	0.000000E+00
60.100000	29.700000	0.000000E+00

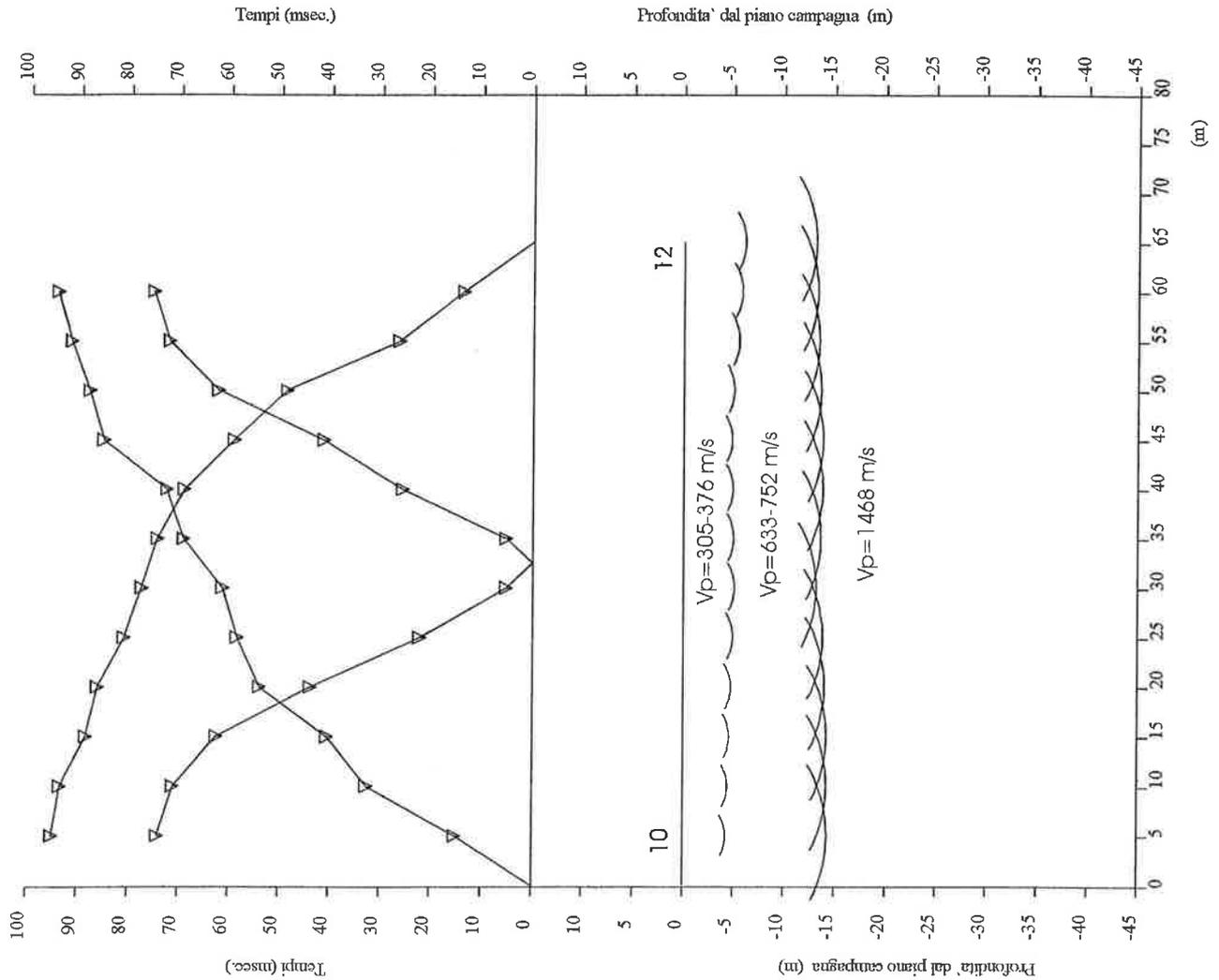


Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro  
Località : Comune di Pianopoli - CZ  
Stato :  
Progetto :  
Sorgente : Massa battente

Data : 31.08.01  
Linea : 7s-9s  
Azimut :  
Strumento : Sunda Echo24

Ascissa		Velocità
STRATO #	1	
5.099998		155.403900
10.100000		156.486700
15.099990		157.569600
20.099990		158.652500
25.099990		159.735400
30.099990		160.818300
35.099990		161.901200
40.099980		162.984000
45.099980		164.066900
50.099980		165.149800
55.099980		166.232700
60.099980		167.315600
65.099980		168.398500
STRATO #	2	
5.099998		312.638200
10.100000		312.638200
15.099990		312.638200
20.099990		312.638200
25.099990		320.073600
30.099990		312.638200
35.099990		312.638200
40.099980		312.638200
45.099980		320.073600
50.099980		312.638200
55.099980		320.073600
60.099980		320.073600
65.099980		327.509100
STRATO #	3	
5.099998		637.325100
10.100000		637.325100
15.099990		637.325100
20.099990		637.325100
25.099990		637.325100
30.099990		637.325100
35.099990		637.325100
40.099980		637.325100
45.099980		637.325100
50.099980		637.325100
55.099980		637.325100
60.099980		637.325100
65.099980		637.325100
STRATO #	4	
STRATO #	5	





LEGENDA

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocita' sismica dello strato in metri al secondo

2500 m/s

PROSPEZIONE SISMICA

Comm: Dott. Geol. N. Di Magro

Base sismica : pnp10-12

All. 4 31.08.01



Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro      Data : 31.08.01  
Località : Comune di Pianopoli - CZ      Linea : 10-12  
Stato :      Azimut :  
Progetto :      Strumento : Sunda Echo24  
Sorgente : Massa battente

Ascissa                      Velocità

STRATO # 1  
5.099998                      308.741900  
10.100000                      306.956400  
15.099990                      305.170900  
20.099990                      320.516900  
25.099990                      318.731400  
30.099990                      316.945900  
35.099990                      310.658200  
40.099980                      321.502100  
45.099980                      332.345900  
50.099980                      343.189800  
55.099980                      354.033600  
60.099980                      364.877400  
65.099980                      375.721300

STRATO # 2  
5.099998                      752.297800  
10.100000                      736.892900  
15.099990                      721.488100  
20.099990                      706.083300  
25.099990                      690.678400  
30.099990                      675.273600  
35.099990                      656.105700  
40.099980                      636.937900  
45.099980                      636.202300  
50.099980                      635.466700  
55.099980                      634.731100  
60.099980                      633.995500  
65.099980                      633.259900

STRATO # 3  
5.099998                      1468.411000  
10.100000                      1468.411000  
15.099990                      1468.411000  
20.099990                      1468.411000  
25.099990                      1468.411000  
30.099990                      1468.411000  
35.099990                      1468.411000  
40.099980                      1468.411000  
45.099980                      1468.411000  
50.099980                      1468.411000  
55.099980                      1468.411000  
60.099980                      1468.411000  
65.099980                      1468.411000

STRATO # 4

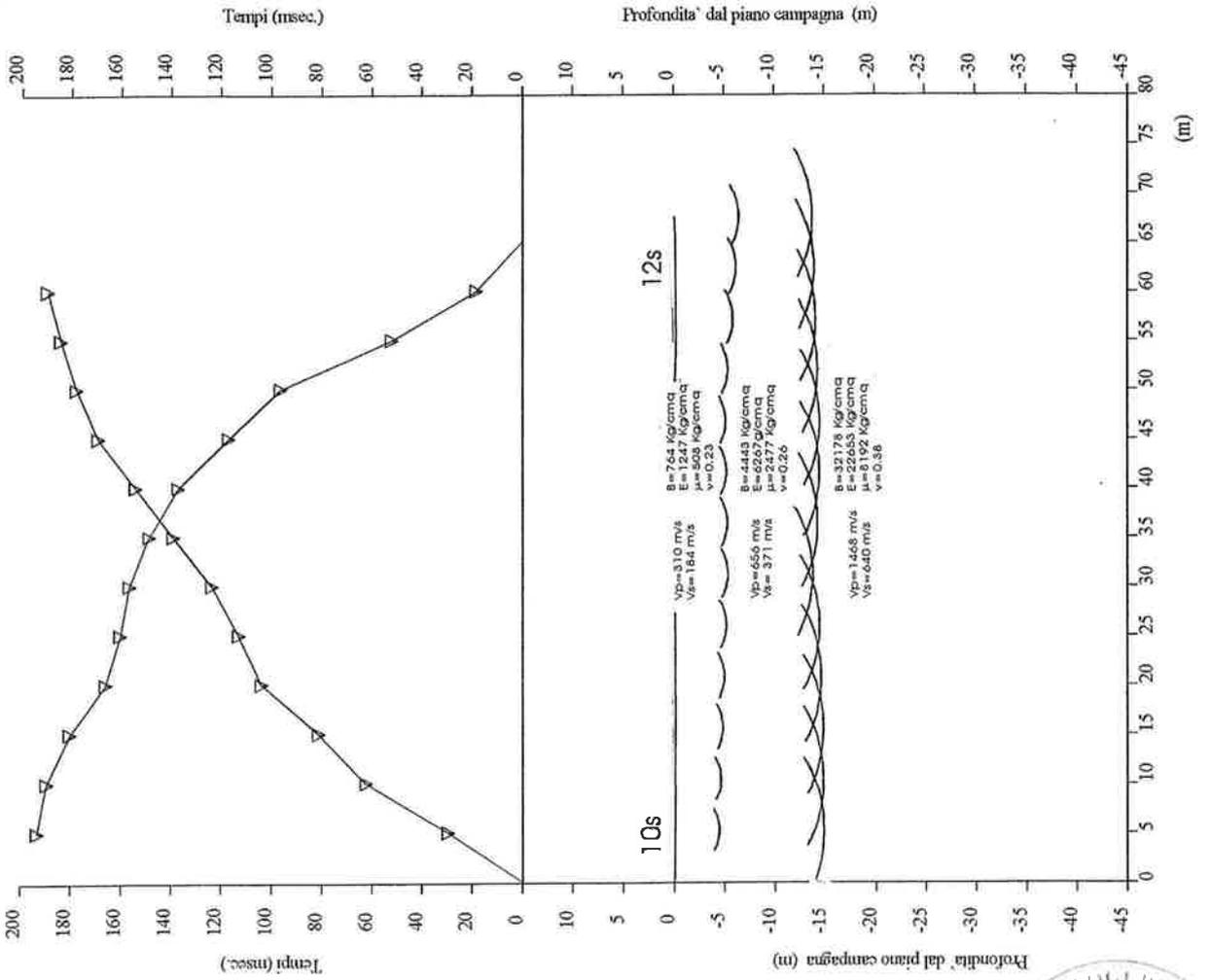
STRATO # 5



Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro      Data : 31.08.01  
 Località : Comune di Pianopoli - CZ      Linea : 10-12  
 Stato : Azimut :  
 Progetto : Strumento : Sunda Echo24  
 Sorgente : Massa battente      .0      .0      .0

Ascissa	Profondità
STRATO # 2	
1.000000E-01	4.084227
5.099998	4.253223
10.100000	4.421877
15.099990	4.590346
20.099990	4.758805
25.099990	4.927455
30.099990	5.096527
35.099980	5.010569
40.099980	4.923584
45.099980	4.849291
50.099980	5.053024
55.099980	5.536954
60.099980	5.804399
65.099980	6.107810
STRATO # 3	
1.000000E-01	14.820060
5.099998	14.251730
10.100000	14.218800
15.099990	14.220710
20.099990	14.006570
25.099990	13.824740
30.099990	13.174930
35.099980	13.643940
40.099980	13.823560
45.099980	13.864460
50.099980	13.667730
55.099980	13.483150
60.099980	13.310940
65.099980	13.151360
STRATO # 4	
STRATO # 5	





LEGENDA

- Tempi dei primi arrivi ai geofoni
- Profilo topografico
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- Velocita' sismica dello strato in metri al secondo

2500 m/s

PROSPERAZIONE SISMICA

Comm: Dott. Geol. N. Di Magro

Base sismica : pnp 10s 12s

ALL.	4s	31.08.01
------	----	----------



Dott. Geol. N. Di Magro31.08.01  
Comune di Pianopoli - CZ10s-12s

Sunda Echo24

Massa battente

SCOPPIO 1 - X (m) .10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	29.600000		0.000000E+00
10.100000	62.400000		0.000000E+00
15.100000	81.300000		0.000000E+00
20.100000	104.000000		0.000000E+00
25.100000	113.100000		0.000000E+00
30.100000	123.700000		0.000000E+00
35.100000	139.200000		0.000000E+00
40.100000	154.400000		0.000000E+00
45.100000	169.500000		0.000000E+00
50.100000	178.100000		0.000000E+00
55.100000	184.400000		0.000000E+00
60.100000	189.800000		0.000000E+00

SCOPPIO 2 - X (m) 65.10 QUOTA .00 PROF: .00

POSIZIONE	TEMPO	DI ARRIVO	QUOTA
5.100000	193.300000		0.000000E+00
10.100000	189.500000		0.000000E+00
15.100000	180.400000		0.000000E+00
20.100000	166.200000		0.000000E+00
25.100000	160.400000		0.000000E+00
30.100000	156.700000		0.000000E+00
35.100000	148.800000		0.000000E+00
40.100000	137.300000		0.000000E+00
45.100000	117.200000		0.000000E+00
50.100000	96.600000		0.000000E+00
55.100000	52.200000		0.000000E+00
60.100000	18.400000		0.000000E+00



Cliente : Dott. Geol. N. Di Magro      Data : 31.08.01  
 Località : Comune di Pianopoli - CZ      Linea : 10s-12s  
 Stato :      Azimut :  
 Progetto :      Strumento : Sunda Echo24  
 Sorgente : Massa battente

Ascissa		Velocità
STRATO #	1	
5.099998		164.874500
10.100000		167.996800
15.099990		171.119200
20.099990		174.241500
25.099990		177.363800
30.099990		180.486100
35.099990		183.608400
40.099980		186.730700
45.099980		189.853000
50.099980		192.975300
55.099980		196.097600
60.099980		199.219900
65.099980		202.342300
STRATO #	2	
5.099998		349.135100
10.100000		352.762900
15.099990		356.390700
20.099990		360.018500
25.099990		363.646200
30.099990		367.274000
35.099990		370.901900
40.099980		374.529600
45.099980		368.725200
50.099980		362.920700
55.099980		357.116200
60.099980		351.311800
65.099980		345.507300
STRATO #	3	
5.099998		639.793500
10.100000		639.793500
15.099990		639.793500
20.099990		639.793500
25.099990		639.793500
30.099990		639.793500
35.099990		639.793500
40.099980		639.793500
45.099980		639.793500
50.099980		639.793500
55.099980		639.793500
60.099980		639.793500
65.099980		639.793500
STRATO #	4	
STRATO #	5	



# TABELLE RIASSUNTIVE DELLE VELOCITA' LONGITUDINALI E TRASVERSALI E DEI RELATIVI MODULI ELASTICI

PROFILO 1S-3S	
STRATO 1	$V_p=307$ m/s $V_s=166$ m/s $B=1863$ Kg/cm <sup>2</sup> $E=1069$ Kg/cm <sup>2</sup> $\mu=413$ Kg/cm <sup>2</sup> $\nu=0.29$
STRATO 2	$V_p=846$ m/s $V_s=348$ m/s $B=9976$ Kg/cm <sup>2</sup> $E=6096$ Kg/cm <sup>2</sup> $\mu=2180$ Kg/cm <sup>2</sup> $\nu=0.39$

PROFILO 4S-6S	
STRATO 1	$V_p=323$ m/s $V_s=166$ m/s $B=1013$ Kg/cm <sup>2</sup> $E=1092$ Kg/cm <sup>2</sup> $\mu=413$ Kg/cm <sup>2</sup> $\nu=0.32$
STRATO 2	$V_p=788$ m/s $V_s=337$ m/s $B=8451$ Kg/cm <sup>2</sup> $E=5675$ g/cm <sup>2</sup> $\mu=2044$ Kg/cm <sup>2</sup> $\nu=0.39$
STRATO 3	$V_p=1544$ m/s $V_s=715$ m/s $B=34046$ Kg/cm <sup>2</sup> $E=27882$ Kg/cm <sup>2</sup> $\mu=10224$ Kg/cm <sup>2</sup> $\nu=0.36$



$V_p$  = velocità delle onde longitudinali  
 $V_s$  = velocità delle onde trasversali  
 $g$  = densità  
 $B$  = Bulk modulus  
 $E$  = Modulo di Young  
 $\mu$  = Modulo di rigidità  
 $\nu$  = Modulo di Poisson

# TABELLE RIASSUNTIVE DELLE VELOCITA' LONGITUDINALI E TRASVERSALI E DEI RELATIVI MODULI ELASTICI

## PROFILO 7s-9s

STRATO 1	Vp=322 m/s Vs=162 m/s	B=1030 Kg/cm <sup>2</sup> E=1047 Kg/cm <sup>2</sup> $\mu$ =394 Kg/cm <sup>2</sup> $\nu$ =0.33
STRATO 2	Vp=871 m/s Vs=313 m/s	B=11304 Kg/cm <sup>2</sup> E=5029 g/cm <sup>2</sup> $\mu$ =1763 Kg/cm <sup>2</sup> $\nu$ =0.42
STRATO 3	Vp=1449 m/s Vs=637 m/s	B=31171 Kg/cm <sup>2</sup> E=22402 Kg/cm <sup>2</sup> $\mu$ =8115 Kg/cm <sup>2</sup> $\nu$ =0.38

## PROFILO 10s-12s

STRATO 1	Vp=310 m/s Vs=184 m/s	B=764 Kg/cm <sup>2</sup> E=1247 Kg/cm <sup>2</sup> $\mu$ =508 Kg/cm <sup>2</sup> $\nu$ =0.23
STRATO 2	Vp=656 m/s Vs=371 m/s	B=4443 Kg/cm <sup>2</sup> E=6267g/cm <sup>2</sup> $\mu$ =2477 Kg/cm <sup>2</sup> $\nu$ =0.26
STRATO 3	Vp=1468 m/s Vs=640 m/s	B=32178 Kg/cm <sup>2</sup> E=22653 Kg/cm <sup>2</sup> $\mu$ =8192 Kg/cm <sup>2</sup> $\nu$ =0.38



Vp= velocità delle onde longitudinali  
Vs= velocità delle onde trasversali  
g= densità  
B= Bulk modulus  
E= Modulo di Young  
 $\mu$ = Modulo di rigidità  
 $\nu$ = Modulo di Poisson