



ENGINEERING AND CONSTRUCTION

Rapporto Tecnico

Document / Documento
PBTIG2001000Sheet
Pagina **1** of
di **99**PROJECT
Progetto**TERMINI IMERESE**
CAPACITY MARKET ITALYSecurity Index
Indice Sicurezza**Riservato
Aziendale**TITLE
Titolo**RAPPORTO INDAGINI GEOTECNICHE - PROVE IN SITO**CLIENT
Cliente**ENEL PRODUZIONE S.p.A**

JOB no. Document no.

CLIENT SUBMITTAL
Inoltro al Cliente FOR APPROVAL
Per Approvazione FOR INFORMATION
ONLY
Per Informazione NOT REQUESTED
Non RichiestoSYSTEM
Sistema**00B**DOCUMENT TYPE
Tipo Documento**TK**DISCIPLINE
Disciplina**C**FILE
File**PBTIG2001000**

REV

DESCRIPTION OF REVISIONS / Descrizione delle revisioni

00 Prima emissione

00

10.06.20

SP

SIDERCEM

PRO

ELE

I&C

MEC

CIV

C&E

COS

AVV

QUA

PISANI

RIBOLDI

REV

Date
DataScope
ScopoPrepared by
PreparatoCo-operations
CollaborazioniApproved by
ApprovatoIssued by
Emesso

Questo documento è proprietà di Enel E&C. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.
This document is property of Enel E&C. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.



S.r.l.
Istituto di Ricerca e Sperimentazione

P.I.V.A.: 01479620856
C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874
Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.



Timbro a secco

Laboratorio: Via Libero Grassi,7
(Area Industriale Calderaro)
C.P. 287 - 93100 Caltanissetta
Tel.: 0934565012
Fax.: 0934575422
e-mail: info@sidercem.it
sidercem@legalmail.it
pec: sidercem@legalmail.it
web: www.sidercem.it



Enel Produzione S.p.A.

**Centrale di Termini Imerese (PA)
Progetto sostituzione gruppi
Turbogas TI 42 e TI 53**

Committente/Richiedente

Enel Produzione S.p.A.

Contratto


n.4500089233 del 22/04/2020

Centrale Termoelettrica "Ettore Majorana"





| Prott. NN° | Rev. | Periodo di Indagine | Data Emissione | Redazione (RS) | Verifica (VRSQ) | Approvazione (RSQ) |
|---------------------------|------|---------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| C-GEO-A 664 C-GFS-A 86 | 0 | Dal 06/05/2020 al 04/06/2020 | 10/06/2020 | dot. geol. Marco Pittore | dot. ing. Salvatore Licata | dot. ing. Vincenzo Arena |

Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione.

| | | | |
|---|------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

| | | |
|-----------------|--|-----------|
| 1.0 | PREMESSA | 2 |
| 2.0 | ATTIVITA' ESEGUITE | 5 |
| 2.1 | Situ | 5 |
| 3.0 | CAMPAGNA INDAGINE DIRETTA | 6 |
| 3.1 | Sondaggi geognostici | 6 |
| 3.2 | Prova SPT | 8 |
| 3.3 | Prelievo campioni | 10 |
| 3.4 | Strumentazione foro di sondaggio | 11 |
| 4.0 | CAMPAGNA INDAGINE INDIRETTA | 12 |
| 4.1 | Prospezione sismica MASW | 13 |
| 4.2 | Prospezione sismica Down-Hole | 14 |
| 4.3 | Misure HVSR | 15 |
| 5.0 | PROVE CPTU | 16 |
| 6.0 | CONCLUSIONI - Sintesi dei dati rilevati | 16 |
| Allegati | | 17 |
| A) | Stratigrafie sondaggi a carotaggio continuo | 17 |
| B) | Indagini geofisiche: MASW | 17 |
| C) | Indagini geofisiche: Down-hole | 17 |
| D) | Indagini geofisiche: HVSR | 17 |
| E) | Documentazione fotografica | 17 |

| | | |
|---|--|-----------------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 1 di 17 |
| | Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53 | |
| <i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i> | | |


| | | | |
|---|------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |


1.0 PREMESSA

Nell'ambito dell'incarico contrattuale n° 4500089233 del 22/04/2020 ricevuto della società *Enel Produzione S.p.A.*, la scrivente *Sidercem S.r.l.*, Istituto di Ricerca e Sperimentazione, ha eseguito una campagna di indagini geognostiche a supporto del:

***Progetto di sostituzione dei gruppi Turbogas TI 42 e TI 53
della Centrale di Termini Imerese***

che ha comportato l'esecuzione di:

| | | |
|--|---|----------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 2 di 17 |
| | <i>Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53</i> | |
| <p><i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i></p> | | |

| | | | |
|---|------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

- **Attività in Situ**, consistite in indagini dirette con sondaggi verticali a carotaggio continuo, prove SPT, prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati da campionatore Raymond, installazione di tubi per indagini geofisiche in foro; indagini indirette tramite MASW, Down-hole e HVSR.

Per le perforazioni di sondaggio e le prove in situ eseguite si è fatto riferimento alle *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geognostiche (Associazione Geotecnica Italiana, 1977) e delle indagini geotecniche* ed a quanto indicato dal *Committente*.

Conformemente al piano d'indagine elaborato e fornito dalla Committenza, sono state effettuate le indagini dirette ed indirette riassunte nelle tabelle sottostanti, delle quali si riportano le ubicazioni (v. *Figure 1.0.a-b*).

| ID Sondaggio a carotaggio continuo | Lunghezza carotaggio [m] | Diametro carotaggio [mm] | SPT [n°] | Campioni indisturbati [n°] | Campioni rimaneggiati [n°] |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|----------------------------|----------------------------|
| S_201 | 40,00 | 101 | 9 | 6 | 9 |
| S_202 | 40,00 | 101 | 9 | 4 | 9 |

| ID Indagine geofisica | | Lunghezza array [m] | Tempo di misura [min] |
|-----------------------|-----------|---------------------|-----------------------|
| MASW_01 | M.A.S.W. | 23,00 | - |
| MASW_02 | M.A.S.W. | 23,00 | - |
| S 201_DH | Down-hole | 40,00 | - |
| S 202_DH | Down-hole | 40,00 | - |
| HVSR_01 | H/V | - | 20 |
| HVSR_02 | H/V | - | 20 |
| HVSR_03 | H/V | - | 20 |

Tabella 1.0: Tabella riassuntiva indagini in situ

| | |
|-------|------------|
| Rev. | 0 |
| Data: | 10/06/2020 |


Rapporto Finale
INDAGINI GEOGNOSTICHE



Figura 1.0.a: Ubicazione siti di indagine



Figura 1.0.b: Ubicazione siti di indagine

| | | | |
|--|------------|--|--|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

2.0 ATTIVITA' ESEGUITE

2.1 Situ


Le indagini su suolo e sottosuolo mirano a definire spazialmente la stratigrafia del sito di indagine e le caratteristiche dei litotipi presenti, mediante carotaggi, prelievo di campioni, prove dirette ed indirette in situ.


Dati gli specifici obiettivi della campagna di indagini, la *Committenza*, in fase di consegna dei lavori e successive indicazioni dei progettisti, ha fornito il programma delle attività, comprensivo dell'ubicazione di: n° 2 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo di lunghezza pari a 40,00 m ciascuno, con prove SPT e prelievo di campioni in foro, strumentati con tubo per indagini geofisiche in foro; n° 2 indagini geofisiche MASW; n° 2 indagini geofisiche Down-hole; n° 3 indagini geofisiche HVSR; n° 3 prove CPTU.

Nel caso specifico, pur essendo a conoscenza dell'ubicazione dei punti di indagine in sottosuolo (sondaggi a carotaggio continuo e prove CPTU), in accordo con la *Committenza*, è stato effettuato un rilievo georadar delle ubicazioni su menzionate allo scopo di evitare interferenze tra le lavorazioni oggetto delle indagini geognostiche e i sottoservizi presenti all'interno della Centrale (v. *Figura 2.1.a*). Dalle risultanze dei rilievi georadar effettuati in situ, la *Committenza* ha deciso di ridurre le prove CPTU a n° 2, in quanto una delle aree precedentemente identificate per tali prove risultava essere interessata da una estesa e complessa maglia di sottoservizi. Tali prove non sono state comunque eseguite per impossibilità di realizzazione, così come concordato successivamente con la *Committenza*.



Figura 2.1.a: Ricerca sottoservizi - Georadar

| | | |
|--|--|----------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 5 di 17 |
| | <i>Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53</i> | |
| <p><i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i></p> | | |

| | | | |
|---|-------------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

Al fine di definire la stratigrafia del sito di indagine si è ricorso alla perforazione a carotaggio continuo del terreno, che è stata eseguita - ove possibile - a secco, cioè senza l'uso di fluidi di circolazione. Le carote prelevate sono state esaminate dal Responsabile di Cantiere al fine di redigere un rapporto sulle litologie e loro caratteristiche, e conservate in apposite cassette catalogatrici in p.v.c., contenenti ciascuna cinque carote della lunghezza di un metro, provviste di divisori e coperchio, in cui è riportato il nome del Committente, la data di esecuzione del carotaggio, la denominazione del progetto, l'ID del sondaggio, il numero progressivo della cassetta e la relativa profondità. Tali cassette catalogatrici sono state depositate in luogo indicato dalla Committenza all'interno della stessa Centrale Enel.


3.0 CAMPAGNA INDAGINE DIRETTA


3.1 Sondaggi geognostici

Per l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo si è fatto uso di un impianto di perforazione adeguato alle caratteristiche litologiche ed all'ubicazione del sito di indagine, nel dettaglio è stato utilizzato il seguente: (v. Figura 3.1.a):



Figura 3.1.a: Impianto di perforazione utilizzato

| | | |
|--|--|-----------------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 6 di 17 |
| | Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53 | |
| <p><i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i></p> | | |

| | | | |
|---|------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati effettuati, conformemente alla natura delle litologie attraversate, utilizzando un sistema di perforazione tradizionale costituito da batteria di aste e carotiere. Inoltre, il dispositivo di controllo della verticalità di indagine consente di mantenerla lungo l'intera lunghezza del sondaggio (v. *Figura 3.1.b*).




Figura 3.1.b: Display per il controllo della verticalità di indagine durante la perforazione


Il metodo di perforazione a carotaggio continuo prevede l'uso di una batteria di aste cave collegate tra loro ed all'utensile tramite filettature troncoconiche.

L'utensile di scavo, nel caso specifico, un carotiere del tipo doppio o semplice, in funzione delle litologie incontrate nel corso del carotaggio, con diametro di 101 mm e sezione circolare, ovvero un tubo metallico munito al fondo di una scarpa tagliente con denti in Widia (*corona*), che, per evitare il surriscaldamento della carota con conseguente variazione delle caratteristiche del terreno, viene fatto ruotare a velocità non elevate durante l'infissione della batteria di aste per il carotaggio.

Il sondaggio, realizzato tramite l'utilizzo dei suddetti carotieri, ha sezione anulare e permette di conservare in maniera integra, sino al recupero, il cilindro centrale di terreno o roccia (*carota*).

La natura delle litologie incontrate nel corso della perforazione non assicura l'auto-sostentamento delle pareti del foro, in tal caso è stato utilizzato un rivestimento metallico provvisorio del diametro di 127 mm. All'interno del rivestimento metallico è stato inserito il carotiere collegato alla batteria di aste per la prosecuzione del carotaggio, previa asportazione attraverso manovre di pulizia del foro del materiale presente nell'intercapedine tra rivestimento e aste. I terreni carotati sono stati attentamente esaminati dal geologo presente in cantiere che ha provveduto a redigere le colonne stratigrafiche di dettaglio. Le informazioni sulla natura dei terreni investigati, sono

| | | |
|---|--|----------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 7 di 17 |
| | <i>Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53</i> | |
| <p><i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. È vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i></p> | | |

| | | | |
|---|------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

sintetizzate, unitamente alla documentazione fotografica, nelle colonne stratigrafiche riportate in allegato.

3.2 Prova SPT

Lungo la verticale d'indagine di entrambi i sondaggi a carotaggio continuo sono state eseguite prove *Standard Penetration Test* "SPT" a punta aperta, a profondità funzione delle disposizioni tecniche della *Committenza* (v. *Tabella 3.2*).


La prova SPT è stata realizzata con campionatore di tipo Raymond, di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste, in testa alla quale agisce un maglio del peso di 63,5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0,76 m.


La prova consiste nella misura del numero di colpi necessari all'infissione del campionatore per tre tratti successivi di prova, ciascuno di 15 cm (N_1, N_2, N_3), alla profondità stabilita, durante l'avanzamento della perforazione (vedi allegato specifico per i risultati di prova). Il primo tratto comprende l'eventuale penetrazione iniziale per peso proprio; se $N_1 > 50$ colpi la prova si considera conclusa. Si analizza la resistenza all'avanzamento nel terreno, tramite il parametro N_{SPT} dato dalla somma del numero di colpi necessari all'avanzamento dei tratti N_2 ed N_3 . Se uno dei due risulta superiore a 50 colpi si considera andato "a rifiuto", l'infissione viene sospesa, annotando la relativa penetrazione, e la prova viene considerata conclusa. Tutte le prove sono state eseguite mediante campionatore Raymond, a punta aperta, con recupero del relativo campione di terreno (v. *Figura 3.2.a*).

Quest'ultimo, durante l'esecuzione del sondaggio, è stato conservato entro appositi sacchetti in polietilene, in cui è stato riportato il numero di colpi registrato ed i dati relativi al sondaggio e alla profondità di prova, all'interno delle cassette catalogatrici (alla relativa profondità).



Figura 3.2.a: Campionatore Raymond

| | | |
|---|--|----------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 8 di 17 |
| | <i>Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53</i> | |
| <i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i> | | |


| | | | |
|---|------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |


| Sondaggio S_201 | | | | | |
|------------------------|---------------|----|---------|----|------|
| Prova [n°] | Prof. [m] | N1 | N2 | N3 | Nspt |
| 1 | 1,50 - 1,95 | 6 | 4 | 6 | 10 |
| 2 | 3,00 - 3,45 | 7 | 16 | 23 | 39 |
| 3 | 4,55 - 5,00 | 18 | 19 | 18 | 37 |
| 4 | 6,00 - 6,45 | 6 | 9 | 13 | 22 |
| 5 | 7,50 - 7,95 | 12 | 16 | 27 | 43 |
| 6 | 8,85 - 9,30 | 17 | 17 | 28 | 45 |
| 7 | 10,55 - 11,00 | 15 | 23 | 33 | 56 |
| 8 | 12,00 - 12,45 | 11 | 23 | 34 | 57 |
| 9 | 13,55 - 13,82 | 38 | R(12cm) | - | R |

| Sondaggio S_202 | | | | | |
|------------------------|---------------|----|----|---------|------|
| Prova [n°] | Prof. [m] | N1 | N2 | N3 | Nspt |
| 1 | 3,00 - 3,45 | 6 | 15 | 43 | 58 |
| 2 | 4,50 - 4,92 | 11 | 31 | R(12cm) | R |
| 3 | 6,00 - 6,45 | 6 | 6 | 7 | 13 |
| 4 | 7,00 - 7,45 | 9 | 11 | 13 | 24 |
| 5 | 9,00 - 9,45 | 12 | 12 | 21 | 33 |
| 6 | 10,50 - 10,95 | 4 | 9 | 14 | 23 |
| 7 | 12,00 - 12,45 | 15 | 20 | 28 | 48 |
| 8 | 13,50 - 13,95 | 13 | 16 | 28 | 44 |
| 9 | 15,00 - 15,45 | 5 | 11 | 19 | 30 |

R: rifiuto (centimetri di infissione del N tratto di prova)

Tabella 3.2: Riepilogo dei dati rilevati da prova SPT

| | | |
|--|--|----------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 9 di 17 |
| | Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53 | |
| Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta | | |

| | | | |
|---|------------|--|--|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

3.3 Prelievo campioni

Durante la campagna di indagini sono stati prelevati in totale n° 10 campioni indisturbati in foro, compatibilmente con le litologie attraversate durante l'esecuzione del carotaggio continuo e su indicazioni dei progettisti, e n° 18 campioni rimaneggiati da campionatore Raymond, a profondità variabili su indicazioni della *Committenza*, le profondità di prelievo sono indicate nelle relative colonne delle stratigrafie di cui all'allegato A. *La Stessa ha disposto l'invio dei campioni presso altro laboratorio al fine di effettuare le successive prove geotecniche.*

Nel caso specifico in funzione della consistenza dei terreni da campionare sono stati impiegati campionatori ad infissione a pareti sottili del tipo *Shelby* e campionatori rotativi del tipo *Mazier*.

Il campionatore *Shelby* è costituito da una fustella in acciaio zincato (inossidabile) di diametro minimo 80 mm, munita di tagliente con scarpa ad angolo noto (v. *Figura 3.3.a*).

Il prelievo del campione è stato effettuato dopo un'accurata pulizia del foro di sondaggio tramite battuta con carotiere semplice e manovra a secco.

La fustella in acciaio, rimossa dalla batteria di aste di infissione, viene immediatamente paraffinata ad entrambe le estremità libere per permettere la conservazione delle caratteristiche del campione prelevato. Sulla fustella sono stati indicati l'identificativo del Committente, la denominazione del progetto, la data di esecuzione del campionamento, l'ID del sondaggio, il numero progressivo del campione e la relativa profondità.

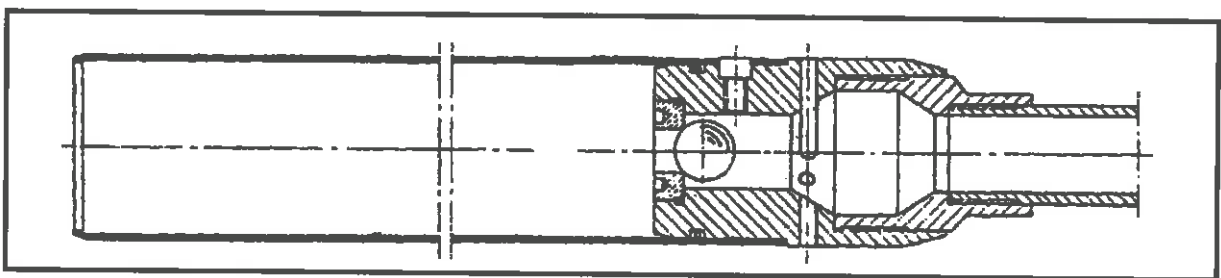




Figura 3.3.a: Campionatore tipo *Shelby*

Per i terreni duri è stato utilizzato il campionatore di tipo *Mazier*, costituito da una fustella a pareti sottili in acciaio zincato (inossidabile) munita di tagliente, protetta, la cui infissione avviene attraverso un carotiere a rotazione con tagliente arretrato rispetto alla scarpa della fustella e collegato alla batteria di aste (v. *Figura 3.3.b*).

| | | |
|---|--|-----------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 10 di 17 |
| | <i>Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53</i> | |
| Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. È vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta | | |

| | | | |
|---|------------|--|--|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

La fustella in acciaio, rimossa dal campionatore, viene immediatamente paraffinata ad entrambe le estremità libere per permettere la conservazione delle caratteristiche del campione prelevato. Sulla fustella sono stati indicati l'identificativo del Committente, la denominazione del progetto, la data di esecuzione del campionamento, l'ID del sondaggio, il numero progressivo del campione e la relativa profondità.

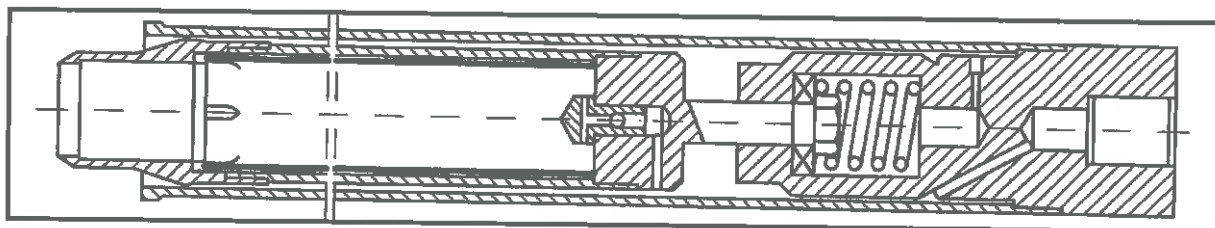


Figura 3.3.b: Campionatore tipo *Mazier*


3.4 Strumentazione fori di sondaggio

Su indicazione della Committenza, a seguito del completamento di ogni singolo carotaggio, i sondaggi S_201 ed S_202 sono stati strumentati per l'intera lunghezza con tubo per indagini geofisiche in foro da 3".

Lo strumento, costituito da una batteria di tubi in p.v.c. rigido, nel caso specifico del diametro di 3", giuntati tramite filettatura ben sigillata e chiusi con tappo al fondo, è stato inserito all'interno del foro di sondaggio a seguito del completamento di quest'ultimo (v. *Figura 3.4.a*).

A fine carotaggio (prima dell'estrazione dei tubi metallici di rivestimento) si procede ad una pulizia del foro con acqua pulita, successivamente si inserisce lo strumento avendo cura di effettuare un corretto assemblaggio, riempiendo l'intercapedine tra tubi e pareti del foro con materiale e metodologia idonea a rendere solidare il tubo inserito con le pareti del foro di sondaggio.

In superficie viene posto un pozzetto carrabile con coperchio di ispezione, utile per la successiva fase di indagine geofisica in foro, che viene effettuata dopo la stabilizzazione della strumentazione installata.

| | | |
|--|--|-----------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 11 di 17 |
| | <i>Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53</i> | |
| <p><i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i></p> | | |



| | | | |
|---|-------------------|--|--|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 450089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |




Figura 3.4.a: Installazione tubo per indagini geofisiche in foro

4.0 CAMPAGNA INDAGINE INDIRECTA

L'utilizzo di metodi geofisici permette di esplorare il sottosuolo con notevole precisione, fornendo indicazioni di elevato dettaglio, al fine di approfondire le conoscenze e costruire un modello realistico del sottosuolo indagato. Le prospezioni geofisiche sono condizionate da fattori non prevedibili in sede di progetto (campi elettrici e/o magnetici stazionari o temporanei, risposta locale, ecc). L'interpretazione di dette prove è quell'insieme di operazioni analitiche che consentono di ricavare, dai dati di partenza rilevati sul terreno, una successione verticale, monodimensionale o bidimensionale in funzione del tipo di indagine eseguita, di orizzonti distinti per valori (di resistività, di velocità delle onde sismiche, di frequenza, di impulsi elettromagnetici, ecc) opportunamente classati e rappresentati.

| | | |
|--|--|------------------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 12 di 17 |
| | Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53 | |
| <p><i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i></p> | | |

| | | | |
|---|------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

4.1 Prospezione sismica MASW

La campagna di indagini ha previsto l'esecuzione di n° 2 indagini sismiche di tipo MASW, da realizzare secondo le specifiche tecniche ed ubicazioni indicate dalla Committenza.

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla registrazione delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo (v. *Figura 4.1.a*).


Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, ovvero onde con diverse lunghezze d'onda che si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo; pertanto la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione in quanto si tratta di onde la cui velocità dipende dalla frequenza.


La prova M.A.S.W. consiste, quindi, nella ricerca della velocità e delle frequenze con cui si propagano le onde di superficie generate da una sorgente sismica.

Per i risultati dell'indagine effettuata si rimanda allo specifico allegato.



Figura 4.1.a: Prospezione sismica MASW

| | | |
|--|--|-----------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 13 di 17 |
| | <i>Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53</i> | |
| <p><i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i></p> | | |

| | | | |
|---|------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

4.2 Prospezione sismica Down-Hole


La campagna di indagini ha previsto l'esecuzione di n° 2 indagini sismiche in foro di tipo Down-Hole, da realizzare, secondo le specifiche tecniche fornite dalla Committenza, in corrispondenza di entrambi i sondaggi a carotaggio continuo precedentemente strumentati. La prova consente di calcolare il parametro $V_{s,eq}$ e definire la categoria sismica del sottosuolo indagato, viene realizzata in fori di sondaggio opportunamente predisposti, con l'uso di un sensore 3D da pozzo ed una traversa per la generazione di onde P ed S .


In particolare si prevede la sistemazione della sorgente energetica in superficie e del sensore, assemblato per essere calato e fissato a profondità definite contro la parete, all'interno del foro (v. *Figura 4.2.a*). Al momento dell'energizzazione in superficie, vengono registrati i tempi di arrivo del primo impulso al sensore in modo da determinare, durante la successiva fase di elaborazione, la velocità delle onde P ed S ed una stima dei moduli elastici.

Si rimanda, per il dettaglio dei dati riscontrati, al relativo allegato.



Figura 4.2.a: Prospezione sismica Down-hole

| | | |
|--|--|-----------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 14 di 17 |
| | Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53 | |
| <p><i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i></p> | | |

| | | | |
|---|------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

4.3 Misure HVSR


La campagna di indagini ha previsto inoltre l'esecuzione di n° 3 indagini sismiche di tipo HVSR, da realizzare secondo specifiche ed ubicazioni fornite dalla Committenza. La tecnica HVSR consiste in una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno, misurati in un punto per mezzo di un apposito sismometro con un minimo di tre componenti. Per tal motivo la prova è anche denominata H/V, HVNSR (Horizontal to Vertical Noise Ratio) o prova "di Nakamura".


L'esito di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione propria dell'elemento considerato.

Questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni, e dunque può fornire importanti informazioni sul profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo (v. *Figura 4.3.a*).



Figura 4.3.a: Misure HVSR

| | | |
|--|--|-----------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 15 di 17 |
| | Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53 | |
| <p><i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i></p> | | |

| | | | |
|---|------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

5.0 PROVE CPTU

La campagna di indagini ha previsto l'esecuzione di prove CPTU da eseguire in prossimità dei punti di sondaggio a carotaggio continuo. Dalle stratigrafie si è evinta la presenza di litologie con presenza di ghiaie medio-grossolane nelle prime porzioni della colonna stratigrafica, per tal motivo, in accordo con la Committenza, sono stati effettuati dei fori di prescavo con carotaggio a distruzione di nucleo per un totale di 15,00 metri, ma nonostante ciò non è stato possibile effettuare le indagini per la presenza delle litologie su menzionate. Tali prove, in accordo con la Committenza sono state eliminate dal programma di indagini.


6.0 CONCLUSIONI - Sintesi dei dati rilevati


La campagna di indagini geognostiche svolta mediante l'esecuzione di n° 2 sondaggi a carotaggio continuo con lunghezza pari a 40,00 m ciascuno, l'esecuzione di prove SPT, il prelievo di campioni indisturbati in foro e rimaneggiati Raymond, le prospezioni geofisiche del tipo MASW, Down-hole, HVSr, ha consentito di definire la stratigrafia del sito esaminato e di indagare le caratteristiche dei terreni attraversati. Per un maggiore dettaglio delle operazioni svolte e dei risultati delle indagini si rimanda agli schemi riassuntivi sottostanti e agli allegati specifici.

| ID Sondaggio a carotaggio continuo | Lunghezza carotaggio [m] | Diametro carotaggio [mm] | SPT [n°] | Campioni Indisturbati [n°] | Campioni rimaneggiati [n°] |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|----------------------------|----------------------------|
| S_201 | 40,00 | 101 | 9 | 6 | 9 |
| S_202 | 40,00 | 101 | 9 | 5 | 9 |

| ID Indagine geofisica | Lunghezza array [m] | Tempo di misura [min] |
|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| MASW_01 | M.A.S.W. | - |
| MASW_02 | M.A.S.W. | - |
| S 201_DH | Down-hole | - |
| S 202_DH | Down-hole | - |
| HVSr_1 | H/V | 20 |
| HVSr_2 | H/V | 20 |
| HVSr_3 | H/V | 20 |


Tabella 6.0: Schema riassuntivo indagini geognostiche in situ

| | | |
|--|--|-----------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 16 di 17 |
| | <i>Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53</i> | |
| <p><i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i></p> | | |

| | | | |
|---|------------|--|---|
|  | | Enel Produzione S.p.A. | Contratto n° 4500089233 del 22/04/2020 |
| Rev. | 0 | Rapporto Finale INDAGINI GEOGNOSTICHE | |
| Data: | 10/06/2020 | | |

Allegati

- A) *Stratigrafie sondaggi a carotaggio continuo*
- B) *Indagini geofisiche: MASW*
- C) *Indagini geofisiche: Down-hole*
- D) *Indagini geofisiche: HVSr*
- E) *Documentazione fotografica*

| | | |
|---|--|------------------------|
|  | INDAGINI GEOGNOSTICHE | Pagina 17 di 17 |
| | Indagini geognostiche Centrale di Termini Imerese Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53 | |
| <i>Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. di Caltanissetta mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione scritta</i> | | |



S.r.l.
Istituto di Ricerca e Sperimentazione
 P.I.V.A.: 01479620856
 C.F. – Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874
 Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.

Laboratorio: Via Libero Grassi,7
 (Area Industriale Calderaro)
 C.P. 287 - 93100 Caltanissetta
 Tel.: 0934565012
 Fax.: 0934575422
 e-mail: info@sidercem.it
 pec: sidercem@legalmail.it
 web: www.sidercem.it

Timbro a secco



Enel Produzione S.p.A.

**Centrale di Termini Imerese (PA)
 Progetto sostituzione gruppi
 Turbogas TI 42 e TI 53**

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Committente/Richiedente | Enel Produzione S.p.A. |
| Contratto | n.4500089233 del 22/04/2020 |

Centrale Termoelettrica "Ettore Majorana"



| | |
|----------|---------------------------------------|
| A | Stratigrafie sondaggi c.c. |
| B | Indagini geofisiche: MASW |
| C | Indagini geofisiche: Down-hole |
| D | Indagini geofisiche: HVSR |
| E | Documentazione fotografica |

| Prott. NN* | Rev. | Periodo di indagine | Data Emissione | Redazione (RS) | Verifica (VRSQ) | Approvazione (RSQ) |
|---------------------------|------|---------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| C-GEO-A 664 C-GFS-A 86 | 0 | Dal 06/05/2020 al 04/06/2020 | 10/06/2020 | doc. geol. Marco Pirrone | doc. geol. Salvatore Manta | doc. ing. Vincenzo Arena |

Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione.

Certificato n° C-GEO-C 1525 del 27/05/2020

Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020

Committente: Enel S.p.A.

Sondaggio: S201

Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese

Data: 07/05/2020 - 14/05/2020

Coordinate: 390117,73 m E - 4202937,23 m N 33S

Quota: 10,50 m s.l.m.

Perforazione: Carotaggio continuo

PLANIMETRIA



fs

Certificato n° C-GEO-C 1525 del 27/05/2020 Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020

Committente: Enel S.p.A. Sondaggio: S201
Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese Data: 07/05/2020 - 14/05/2020
Coordinate: 390117,73 m E - 4202937,23 m N 33S Quota: 10,50 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo

SCALA 1:100 **STRATIGRAFIA - S201** Pagina 1/2

| metri | LITOLOGIA | prof. m | DESCRIZIONE | Standard Penetration Test | | | Campioni | A | g mm | R v | Cass. |
|-------|-----------|---------|--|---------------------------|------------|-----|---|---|------|-----|-------|
| | | | | m | S.P.T. | N | | | | | |
| | | 0,2 | Conglomerato bituminoso | | | | | | | | |
| | | 0,6 | Sabbia ghiaiosa, con clasti eterometrici sub-angolari, colore marrone | | | | | | | | |
| 1 | | 0,9 | Conglomerato cementizio | | | | | | | | |
| | | | Ghiaia sabbiosa in alternanza a sabbia ghiaiosa, addensata, con clasti centimetrici ed angolari, colore marrone chiaro | 1,5 | 6-46 | 10 | SPT 1 < 1,50 1,85 | | | | |
| 2 | | 2,1 | Sabbia limosa debolmente ghiaiosa, colore verdastro | | | | | | | | |
| | | 2,4 | Ghiaia ed inclusi litici in matrice sabbiosa, estremamente addensata, con clasti eterometrici sub-arrotondati | 3,0 | 7-16-23 | 39 | SPT 2 < 3,00 3,45 | | | | 1 |
| 3 | | 3,1 | Sabbia medio-fine in alternanza a ghiaia sabbiosa, colore grigio | | | | | | | | |
| 4 | | 4,0 | Sabbia grossolana ghiaiosa, estremamente addensata, con clasti centimetrici angolari, colore grigio | 4,6 | 18-19-18 | 37 | 1) Ind < 4,00 4,55 SPT 3 < 4,65 5,00 | | | | |
| 5 | | 5,5 | Sabbia medio-fine debolmente limosa, molto addensata, colore grigio | 6,0 | 6-9-13 | 22 | 2) Ind < 5,50 6,00 SPT 4 < 6,00 6,45 | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | 9,5 | Sabbia argillosa, estremamente addensata, colore grigio. Presenza di inclusi litici centimetrici angolari | 8,9 | 17-17-28 | 45 | 3) Ind < 7,00 7,50 SPT 5 < 7,50 7,95 | | | | 2 |
| 11 | | 10,8 | Sabbia argillosa, estremamente addensata, colore grigio. Presenza di inclusi litici centimetrici angolari | 10,6 | 15-23-33 | 56 | 4) Ind < 10,00 10,55 SPT 6 < 10,55 11,00 | | | | |
| 12 | | | Limo argilloso ed argilla limosa, estremamente consistente, colore grigio con livelli colore rossastro. Presenza di inclusi siltitici e tratti di struttura laminare deformata | 12,0 | 11-23-34 | 57 | SPT 7 < 12,00 12,45 | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | |
| 19 | | 18,8 | Argilla limosa e limo argilloso, estremamente consistente, con struttura brecciata, a tratti laminare deformata, colore rosso vinaccia. Presenza di inclusi siltitici centimetrici angolari. Alternati ad argilla limosa, estremamente consistente, colore verdastro con livelli colore rosso vinaccia | 13,6 | 38-50/12cm | Rif | SPT 8 < 13,55 13,82 SPT 9 < 13,55 15,60 | | | | 3 |
| 20 | | | | | | | | | | | |

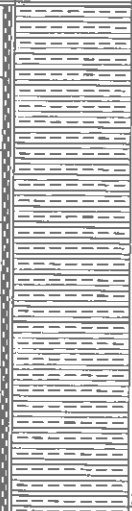



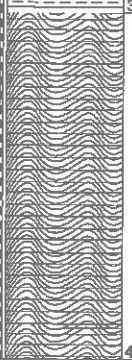



Il Responsabile di Sito
dott. geol. Marco Pirrone

Il Vice Direttore di Laboratorio
dott. geol. Salvatore Manta

Certificato n° C-GEO-C 1525 del 27/05/2020 Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020

Committente: Enel S.p.A. Sondaggio: S201
Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese Data: 07/05/2020 - 14/05/2020
Coordinate: 390117,73 m E - 4202937,23 m N 33S Quota: 10,50 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo

SCALA 1:100 **STRATIGRAFIA - S201** Pagina 2/2

| metri | LITOLOGIA | prof. m | DESCRIZIONE | Standard Penetration Test | | | Campioni | A mm | R v | Cass. |
|-------|---|---------|--|---------------------------|--------|---|---|---------|--------|-------|
| | | | | m | S.P.T. | N | | | | |
| 21 |  | | Argilla limosa e limo argilloso, estremamente consistente, con struttura brecciata, a tratti laminare deformata, colore rosso vinaccia. Presenza di inclusi siltitici centimetrici angolari. Alternati ad argilla limosa, estremamente consistente, colore verdastro con livelli colore rosso vinaccia | | | |  | | | 5 |
| 22 | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | |
| 26 |  | 26.9 | Limo argilloso ed argilla limosa, estremamente consistente, struttura brecciata, colore grigio. Presenza di inclusi siltitici e tratti di struttura laminare deformata | | | |  | | | 6 |
| 27 | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | |
| 29 |  | | Argillite, struttura sottilmente laminata deformata, colore verdastro. Presenza di inclusi litici centimetrici angolari e vene di calcite | | | |  | | | 7 |
| 30 | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | |
| 34 |  | 35.2 | | | | |  | | | 8 |
| 35 | | | | | | | | | | |
| 36 | | 40.0 | | | | | | | | |

6) Ind < 30,00
30,50

Il Responsabile di Sito
dot. Geol. Mario Pirrone

Il Vice Direttore di Laboratorio
dot. Geol. Salvatore Manta

Certificato n° C-GEO-C526 del 27/06/2020

Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020

Committente: Enel S.p.A.

Sondaggio: S202

Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese

Data: 18/05/2020 - 22/05/2020

Coordinate: 390126,97 m E - 4203124,05 m N 33S

Quota: 9,50 m s.l.m.

Perforazione: Carotaggio continuo

PLANIMETRIA



Handwritten signature

Certificato n° C-GEO-C526 del 27/05/2020 Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020

Committente: Enel S.p.A. Sondaggio: S202
Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese Data: 18/05/2020 - 22/05/2020
Coordinate: 390126,97 m E - 4203124,05 m N 33S Quota: 9,50 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo

SCALA 1:100 **STRATIGRAFIA - S202** Pagina 1/2

| metri | LITOLOGIA | prof. m | DESCRIZIONE | Standard Penetration Test | | | Campioni | A | Ø mm | R v | Cass. |
|-------|-----------|---------|--|---------------------------|--------|---|----------|---|------|--------|-------|
| | | | | m | S.P.T. | N | | | | | |
| 0.3 | | 0.3 | Conglomerato bituminoso e conglomerato cementizio con materiale di sottofondo stradale | | | | | | | | |
| 1.6 | | 1.6 | Sabbia ghiaiosa, in alternanza a livelli di sabbia ghiaiosa debolmente limosa, colore nocciola, con clasti eterometrici da sub-arrotondati ad angolari | | | | | | | | |
| 3.0 | | 3.0 | Sabbia grossolana ghiaiosa, estremamente addensata, colore marrone, con clasti eterometrici, sub-arrotondati o sub-angolari. Presenza di livelli decimetrici (oltre -4.00 m da p.c.) di ghiaia ed inclusi litici in matrice sabbiosa, con clasti poligenici, eterometrici, sub.arrotondati | 6-15-43 | 58 | SPT 1 < 3,00 3,46 | | | | 1 | |
| 4.5 | | 4.5 | | 11-31-50/12cm | Rif | SPT 2 < 4,50 4,62 | | | | | |
| 6.0 | | 6.0 | Sabbia medio-grossolana, moderatamente addensata, colore grigio. Presenza di rari inclusi litici centimetrici sub-arrotondati | 6-6-7 | 13 | SPT 3 < 6,00 6,45 | | | | | |
| 7.4 | | 7.4 | Sabbia fine, a tratti debolmente limosa, estremamente addensata, colore variabile da marrone a grigio | 9-11-13 | 24 | SPT 4 < 7,00 7,45 | | | | 2 | |
| 8.0 | | 8.0 | | | | 1) Ind < 8,00 8,50 | | | | | |
| 9.0 | | 9.0 | | 12-12-21 | 33 | SPT 5 < 9,00 9,45 | | | | | |
| 10.5 | | 10.5 | | 4-9-14 | 23 | 2) Ind < 10,00 10,50 SPT 6 < 10,50 10,95 | | | | | |
| 12.0 | | 12.0 | | 15-20-28 | 48 | SPT 7 < 12,00 12,45 | | | | 3 | |
| 13.5 | | 13.5 | | 13-16-28 | 44 | 3) Ind < 13,00 13,50 SPT 8 < 13,50 13,95 | | | | | |
| 14.9 | | 14.9 | Sabbia medio-fine limosa, molto addensata, colore grigio. Rara presenza di inclusi litici eterometrici | 5-11-19 | 30 | SPT 9 < 15,00 15,45 | | | | | |
| 17.3 | | 17.3 | Limo argilloso ed argilla limosa, estremamente consistente, colore grigio con rari livelli colore rossastro. Presenza di inclusi litici e tratti a struttura brecciata o deformata | | | 4) Ind < 19,75 20,00 | | | | 4 | |

Il Responsabile di Sito
dott. geol. Marco Pirro

Il Vice Direttore di Laboratorio
dott. geol. Salvatore Manta

Certificato n° C-GEO-C526 del 27/05/2020

Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020

Committente: Enel S.p.A.

Sondaggio: S202

Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese

Data: 18/05/2020 - 22/05/2020

Coordinate: 390126,97 m E - 4203124,05 m N 33S

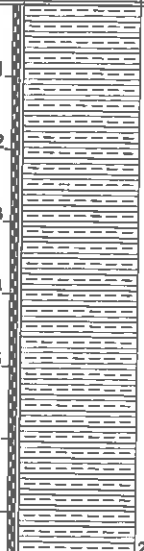
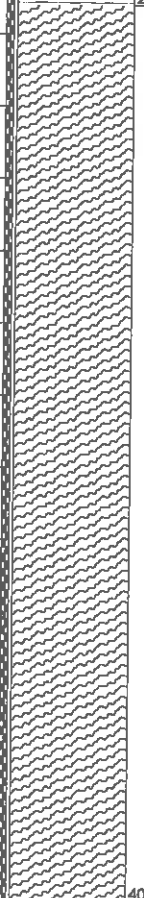

Quota: 9,50 m s.l.m.

Perforazione: Carotaggio continuo

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - S202

Pagina 2/2

| metri | LITOLOGIA | prof. m | DESCRIZIONE | Standard Penetration Test | | | Campioni | A | σ mm | R v | Cass. |
|-------|---|---------|---|---------------------------|--------|---|----------|---|------|-----|-------|
| | | | | m | S.P.T. | N | | | | | |
| 21 |  | | Limo argilloso ed argilla limosa, estremamente consistente, colore grigio con rari livelli colore rossastro. Presenza di inclusi litici e tratti a struttura brecciata o deformata | | | | | | | | 5 |
| 22 | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | |
| 26 |  | 27.6 | Limo argilloso alternato ad argillite, estremamente consistente, colore grigio. Presenza di struttura laminare deformata ed inclusi litici eterometrici ed angolari. Passante ad argillite sottilmente laminata in alternanza ad inclusi litici e breccie cementate in matrice limosa, colore grigio. | | | | | | | | 6 |
| 27 | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | |
| 34 |  | | | | | | | | | | 7 |
| 35 | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | |
| 40 | 40.0 | | | | | | | | | | 8 |

Il Responsabile di Sito
dott. geol. Marco Ruffone

Il Vice Direttore di Laboratorio
dott. geol. Salvatore Marita



Enel Produzione S.p.A.

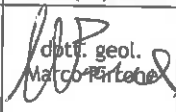
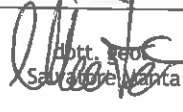

**Centrale di Termini Imerese (PA)
Progetto sostituzione gruppi
Turbogas TI 42 e TI 53**

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Committente/Richiedente | Enel Produzione S.p.A. |
| Contratto | n.4500089233 del 22/04/2020 |

Centrale Termoelettrica "Ettore Majorana"



| | |
|---|--------------------------------|
| A | Stratigrafie sondaggi c.c. |
| B | Indagini geofisiche: MASW |
| C | Indagini geofisiche: Down-hole |
| D | Indagini geofisiche: HVSR |
| E | Documentazione fotografica |

| Prott. NN* | Rev. | Periodo di indagine | Data Emissione | Redazione (RS) | Verifica (VRSQ) | Approvazione (RSQ) |
|---------------------------|------|---------------------------------|----------------|--|---|---|
| C-GEO-A 664 C-GFS-A 86 | 0 | Dal 06/05/2020 al 04/06/2020 | 10/06/2020 |  dott. geol. Marco Portone |  dott. geol. Salvatore Manta |  dott. ing. Vincenzo Arena |

| | | | |
|---|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  <small>S.p.A.</small> ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE <small>C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Catanzaro: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.921,00</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

“Relazione sull’indagine geofisica MASW”

1.0 PREMESSA

Sono state eseguite 2 n°2 misura di tipo M.A.S.W. “MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVE” a supporto del:

Progetto di sostituzione dei gruppi Turbogas TI 42 e TI 53 della Centrale di Termini Imerese

Nel particolare si hanno le seguenti caratteristiche per le indagini svolte:

| MASW | Lunghezza stendimento (m) | Step - Geofoni (m) | *Offset (m) |
|--------|---------------------------------|--------------------------|----------------|
| MASW 1 | 23,0 | 1,0 | 1,0-2,0 |
| MASW 2 | 23,0 | 1,0 | 1,0-2,0 |

Si riporta di seguito l’ubicazione dell’indagine geofisica effettuata (v. Figure 1.0.a e 1.0.b)

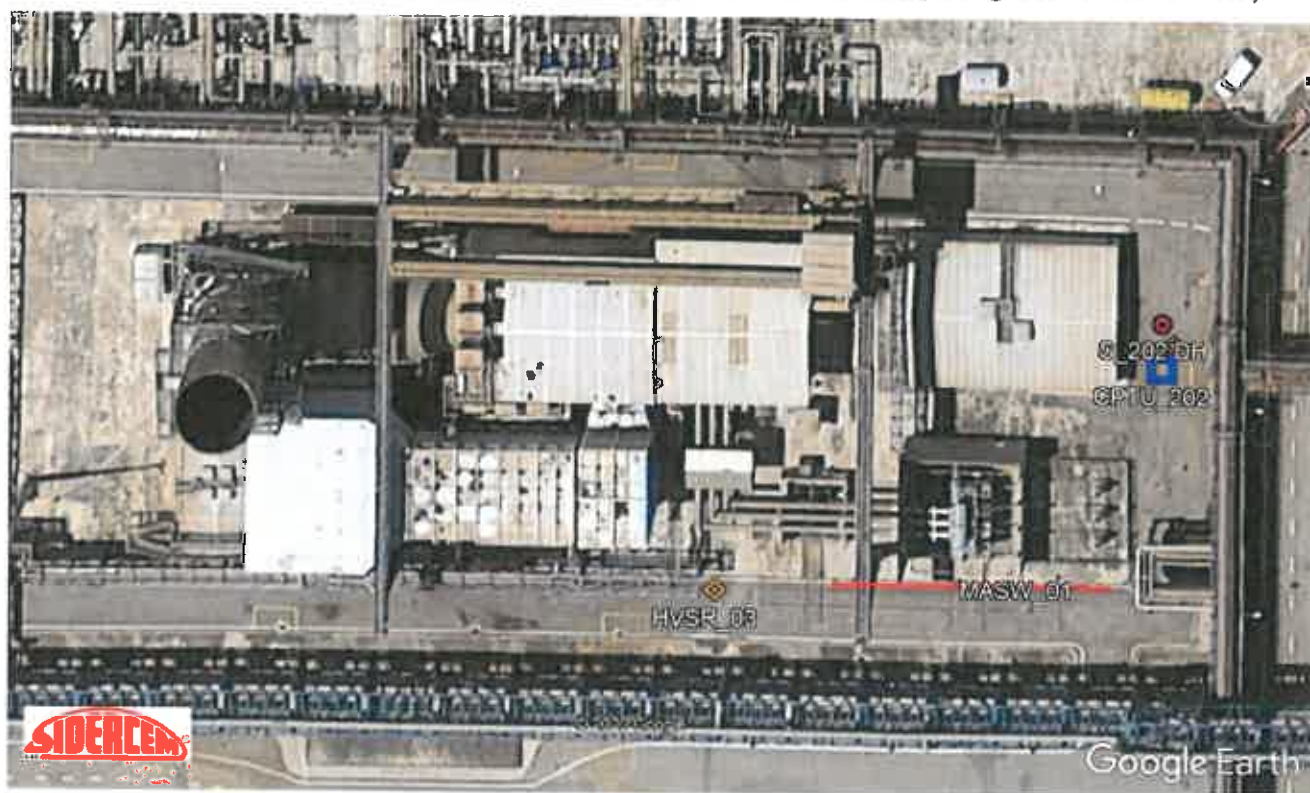


Figura 1.0.a: Ubicazione dell’indagine geofisica



| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |



Figura 1.0.b: Ubicazione dell'indagine geofisica

2.0 DESCRIZIONE E FINALITA' DELLA METODOLOGIA DI INDAGINE "MASW"

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua (al centro dello stendimento) il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase, anche se influenzate dalla V_p (Velocità delle onde P) e della densità, esse sono strettamente correlate alla V_s (parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito e negli studi di amplificazione dello scuotimento sismico).

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile dal fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

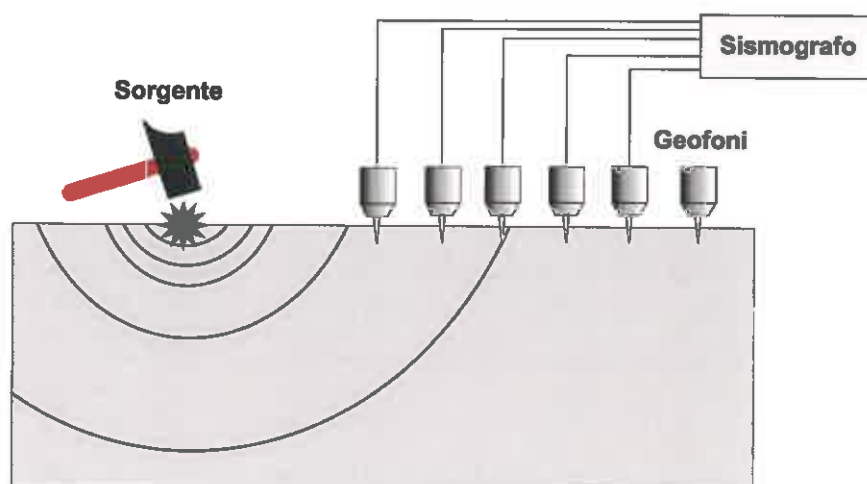
| | | | |
|--|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  <small>S.R.L.</small> <small>ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE</small> <small>CF - Iscr.C.C.I.A.A. di Colaninetta: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.92 i .</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

In questo metodo le onde superficiali generate in un punto, sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Che permettono di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, dando così, informazioni sui primi 30m-50m di profondità di indagine, in funzione della rigidità del suolo.

2.1 Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è un sismografo a 24 canali ECHO 12-24/2002 della "Ambrogeo", con n°24 geofoni verticali aventi un periodo proprio di 4,5 Hz, una mazza battente di 8 kg, a sua volta dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger del sismografo.

La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde P, e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori (geofoni) a componente verticale (Fig n.2). Per ogni prova sono stati effettuati N° 4 energizzazioni, con un offset (distanza dal geofono n° 1) di 1,5 m.



(Fig. 2.0 Sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde P e delle onde di Rayleigh)

3.0 INTERPRETAZIONE DELLA PROVA "MASW"

I dati sismici registrati in campagna sono stati elaborati utilizzando il software EasyMasw. L'operazione di processing, nella fattispecie definita come "modellazione diretta", consiste in un fitting tra la curva di dispersione e lo spettro di velocità ottenuto dai dati acquisiti, mediante la scelta di un modello del profilo verticale delle Vs, che sia il più coerente possibile con

| | | | |
|---|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  SIDERCEM <small>S.p.A.</small> ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874 P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.921,00 | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

l'andamento della curva di dispersione sperimentale misurata. I sismostrati ottenuti dal profilo Vs, dopo una opportuna verifica di riscontro con le condizioni geologiche del sito, saranno caratterizzati sismicamente dai relativi valori di Vs, Vp, Densità, Modulo di Poisson, Modulo di Taglio, Modulo di Compressione, e dal Modulo Edometrico.

Inoltre, tali sismostrati verranno utilizzati per il calcolo del Vs30 (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m) così come sancito dalle Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018. A seguire i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW.

Risultati prospezione MASW 1 Stabilimento Enel Termini Imerese

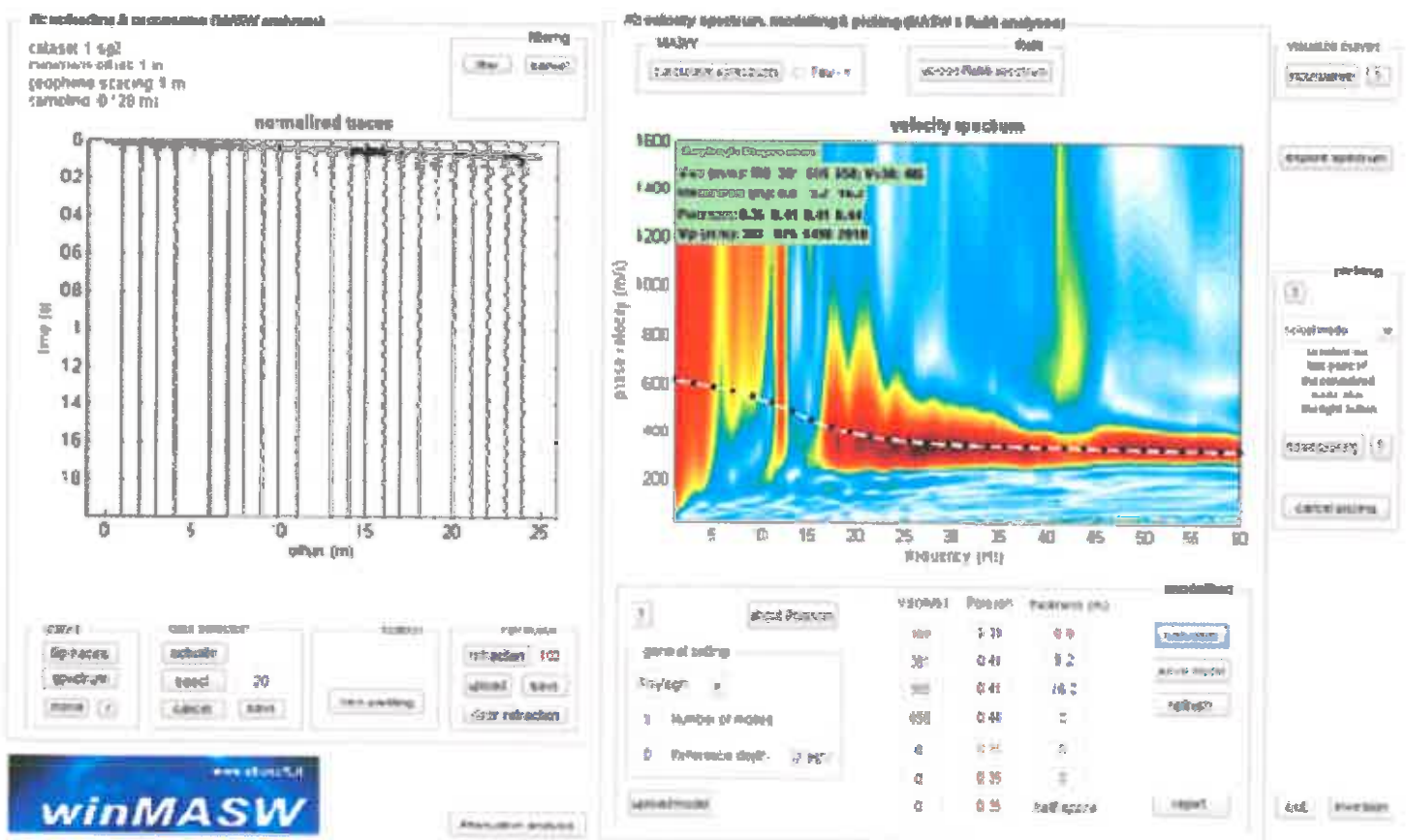


Fig. 3.0.a Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra, lo spettro di velocità calcolato



| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

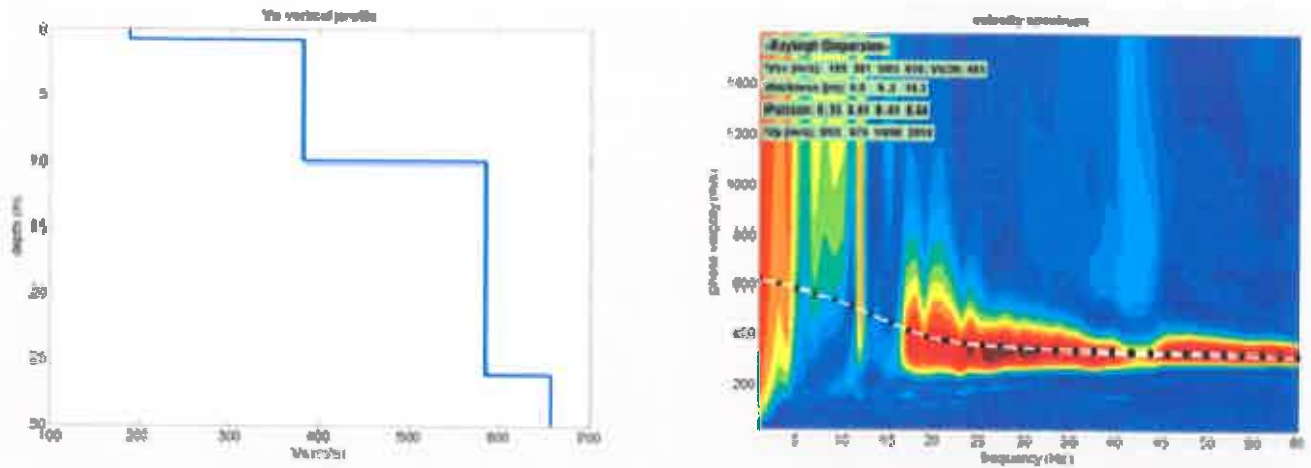


Fig. 3.0.b Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A sinistra: profilo verticale Vs e curva di dispersione del modello diretto

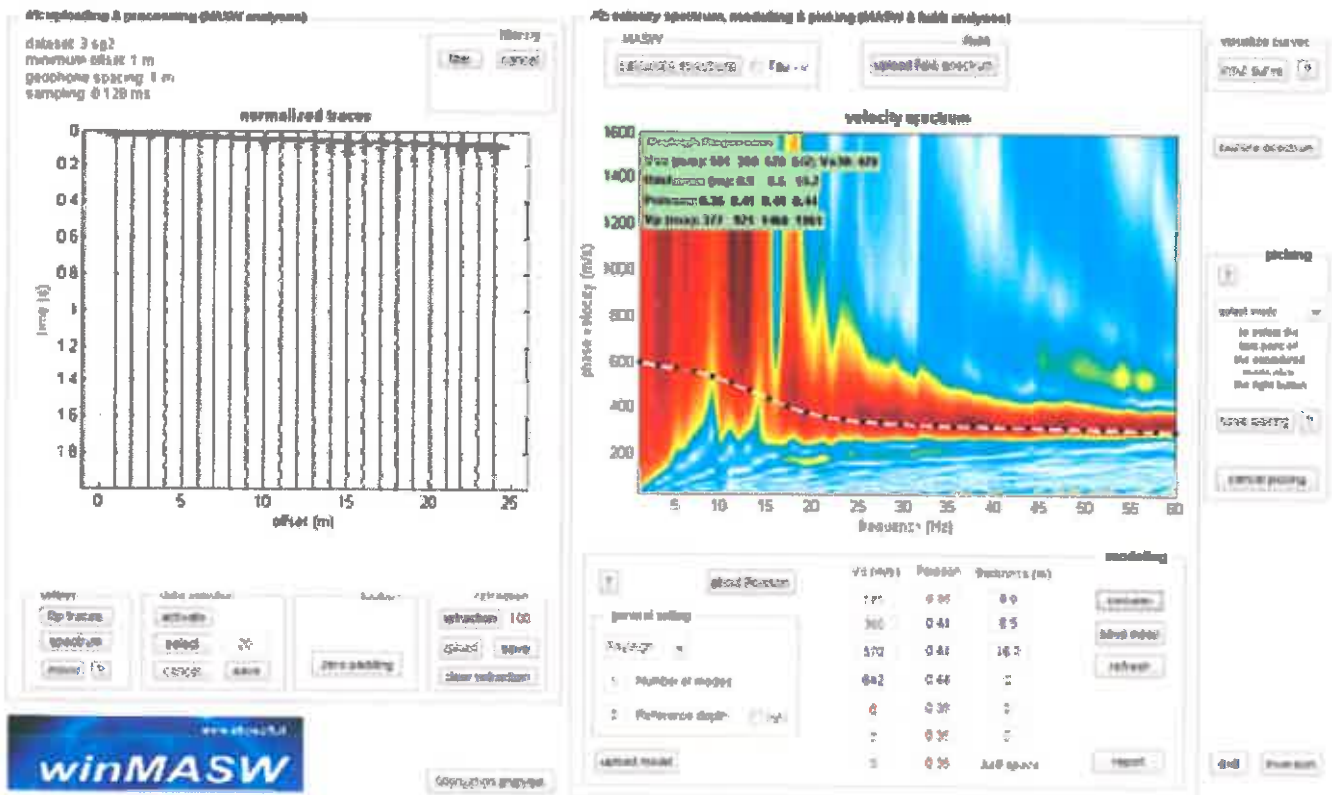


Fig. 3.0.c Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

| | | | |
|---|-----------------------|--|---|
|  SIDERCem [®] <small>s.r.l.</small> ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE <small>C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Catanzaro: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.921,00</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

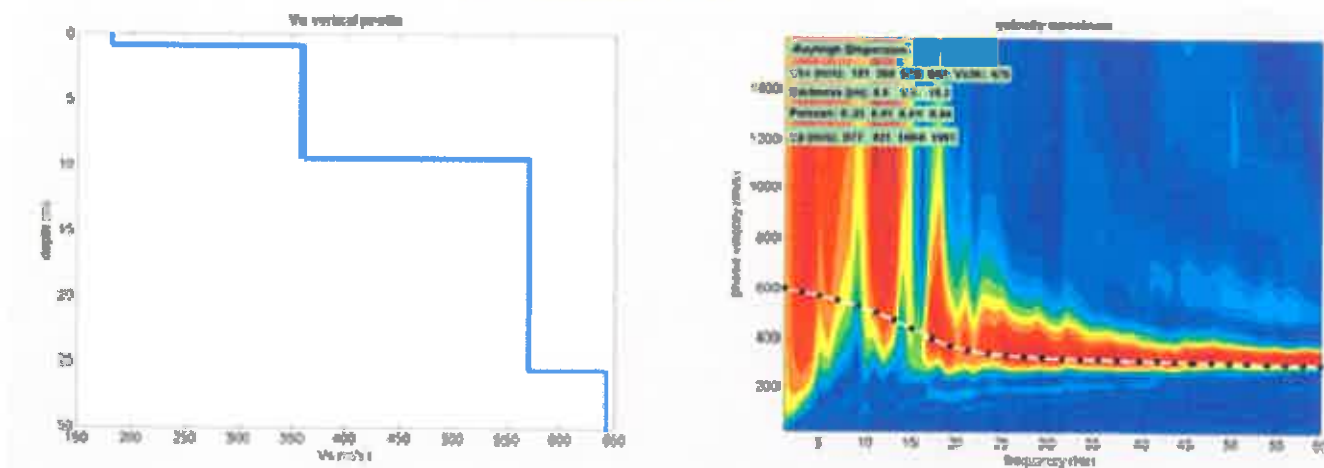


Fig. 3.0.c Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A sinistra: profilo verticale Vs e curva di dispersione del modello diretto

Analisi dei risultati della prova “MASW”, determinazione dei valori dei moduli elastici dinamici.

In ottemperanza alle “Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018” la classificazione del sito può essere ottenuta sulla base del valore “Vs,eq” (velocità media equivalente delle onde di taglio con substrato rigido presente entro i primi 30,0m), o “Vs 30” (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m con substrato rigido > di 30,0m di profondità) utilizzando la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

hi= spessore dell’i-esimo strato

Vs,i= velocità delle onde di taglio dell’i-esimo strato

N= numero di strati

H= profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Da quanto sopra esposto, ai fini della definizione della azione sismica di progetto, si è calcolato un valore di velocità di Vs30, di 485,00 m/s per la Masw_1 e di 470,0 m/s per la Masw_2, tenendo conto di una profondità del substrato rigido maggiore di 30,0 m. Quindi la categoria di suolo relativamente al piano di fondazione dell’opera in progetto è la “B” e cioè :

| | | | |
|---|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|
|  <small>S.p.A.</small> ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE <small>C.F. - Iscr. C.C. I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774,92 I.v.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".così come previsto dalla normativa sopra menzionata.

| Vs 30 (m/s) | | |
|-------------|---------|--------|
| MASW_1 | Al p.c. | 485,00 |
| MASW_2 | Al p.c. | 470,00 |

| |
|---|
| Nuove Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 17 Gennaio 2018 |
| Categoria Suolo di fondazione "B" |

Modello a 4 sismostrati-Masw 1;

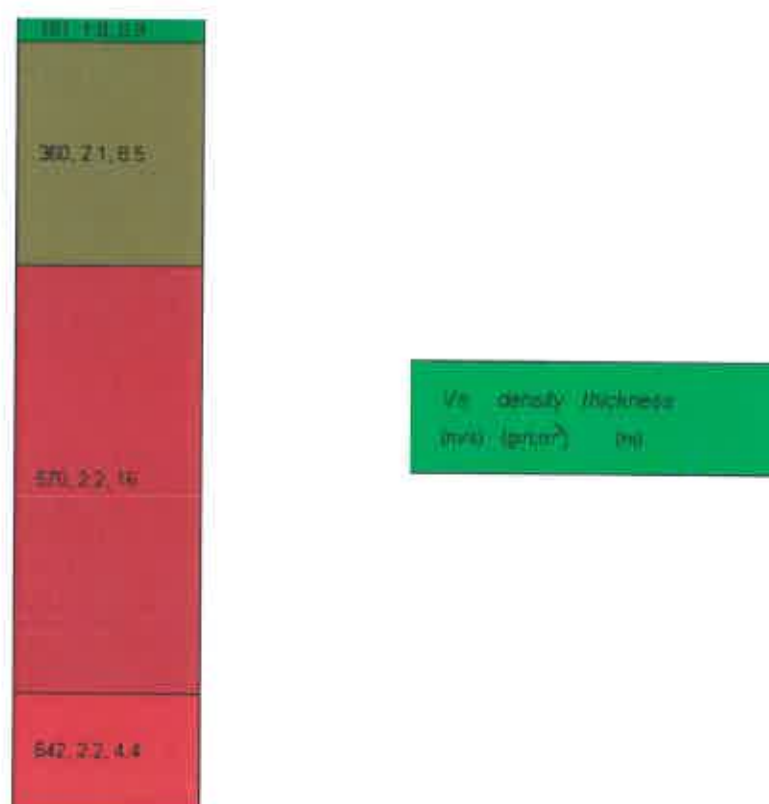


| | | | |
|--|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  <small>S.p.A.</small> <small>ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE</small> <small>C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Catanzaro: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

Il modello stratigrafico ottenuto, evidenzia n° 4 sismostrati, che vengono descritti qui di seguito:

- 0,00 m a - 0,80 m, terreni a grana medio grossolana, costituiscono la coltre pedogena, risultano poco addensati e con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Il complesso è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde sismiche: Vp 448,00 m/s e Vs 189,00 m/s;
- da -0,80 m a -10,0 m terreni a grana media addensati, con discrete caratteristiche fisico meccaniche, sono caratterizzati dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 1059,00 m/s e Vs 381,00 m/s;
- da -10,0 m a -26,20 m terreni a grana medio-fine piuttosto addensati, risultano avere ottime caratteristiche fisico meccaniche, sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 1627,00 m/s e Vs 585,00 m/s;
- da -26,20 m a -30,0 m materiale a grana medio-fine molto addensato, risulta avere ottime caratteristiche fisico-meccaniche ed è contraddistinto dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 2127,00 m/s e Vs 658,00 m/s

Modello a 4 sismostrati-Masw_02;



Il modello stratigrafico ottenuto, evidenzia n° 4 sismostrati, che vengono descritti qui di seguito:

E' vietata la riproduzione anche parziale del presente certificato, senza l'autorizzazione.

| | | | |
|---|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|
|  <small>S.R.L.</small> <small>ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE</small> <small>C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. di Catanzaro: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774 92 i.v.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

- 0,00 m a - 0,90 m, terreni a grana medio grossolana, costituiscono la coltre pedogena, risultano poco addensati e con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Il complesso è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde sismiche: V_p 430,00 m/s e V_s 181,00 m/s;
- da -0,90 m a -9,40 m terreni a grana media addensati, con discrete caratteristiche fisico meccaniche, sono caratterizzati dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche V_p 1001,00 m/s e V_s 360,00 m/s;
- da -9,40 m a -25,60 m terreni a grana medio-fine piuttosto addensati, risultano avere ottime caratteristiche fisico meccaniche, sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche V_p 1585,00 m/s e V_s 570,00 m/s;
- da -25,60 m a -30,0 m materiale a grana medio-fine molto addensato, risulta avere ottime caratteristiche fisico-meccaniche ed è contraddistinto dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche V_p 2075,00 m/s e V_s 642,00 m/s.

Qui di seguito viene esposta una tabella con la relativa caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati.

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità, la quale prevede che per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali, alle forze che le originano. Pertanto, per sollecitazioni impulsive e di bassa energia, terreni e rocce rispondono nel campo della deformazione elastica. Le velocità di propagazione delle onde sismiche variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti e quindi, consentono di ottenere informazioni sulle proprietà elastiche dei mezzi attraversati.

Tali parametri esprimono le caratteristiche elastiche di un corpo quando è sottoposto ad uno sforzo e sono:

E (modulo di elasticità o di Young) esprime la resistenza alla deformazione lineare quando lo si sottopone ad uno sforzo di dilatazione o di compressione;

ν (rapporto di Poisson) indica la misura del cambiamento geometrico in forma di un corpo elastico;

G (modulo di rigidità o di Taglio) da una misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo tangenziale ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume;



| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

K (modulo di compressione) misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una pressione idrostatica ed indica la resistenza di un corpo alle variazioni di volume.

Ed (modulo edometrico) il modulo edometrico rappresenta, il rapporto tra variazione di pressione applicata e deformazione.

Caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati

MASW 1

| Sismostrato | Spessore (m) | Vp (m/s) | Vs (m/s) | Densità (gr/cm ³) | Mod. di Poisson | Mod. di Taglio (MPa) | Mod. di Compressione (MPa) | Mod. di Young (MPa) | Mod di Lamè (MPa) |
|-------------|--------------|----------|----------|-------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|
| I | 0,80 | 448,00 | 189,00 | 1,86 | 0,39 | 66,00 | 285,00 | 185,00 | 240,00 |
| II | 9,20 | 1059,00 | 381,00 | 2,07 | 0,39 | 300,00 | 1919,00 | 856,00 | 1719,00 |
| III | 16,20 | 1627,00 | 585,00 | 2,17 | 0,39 | 743,00 | 4759,00 | 2120,00 | 4263,00 |
| IV | 3,80 | 2127,00 | 658,00 | 2,24 | 0,39 | 969,00 | 8831,00 | 2804,00 | 8185,00 |


MASW 2

| Sismostrato | Spessore (m) | Vp (m/s) | Vs (m/s) | Densità (gr/cm ³) | Mod. di Poisson | Mod. di Taglio (MPa) | Mod. di Compressione (MPa) | Mod. di Young (MPa) | Mod di Lamè (MPa) |
|-------------|--------------|----------|----------|-------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|
| I | 0,90 | 430,00 | 181,00 | 1,85 | 0,39 | 61,00 | 261,00 | 169,00 | 221,00 |
| II | 8,50 | 1001,00 | 360,00 | 2,05 | 0,39 | 266,00 | 1703,00 | 759,00 | 1526,00 |
| III | 16,20 | 1585,00 | 570,00 | 2,17 | 0,39 | 704,00 | 4503,00 | 2007,00 | 4034,00 |
| IV | 4,40 | 2075,00 | 642,00 | 2,23 | 0,39 | 920,00 | 8382,00 | 2662,00 | 7769,00 |

| | | | |
|--|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  <small>S.I.L.</small> <small>ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE</small> <small>CF - Iscr.C.C.I.A.A. di Callianisetta: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774,92 i v</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La risultanza della prospezione MASW, ha consentito di qualificare e quantificare le caratteristiche sismiche dei terreni interessati dallo studio geologico. Il modello di riferimento simo-stratigrafico, restituito dalla prospezione ha mostrato una apprezzabile correlatività con l'assetto geologico della area in studio. Dall'analisi delle indagini sismiche si è definito un modello sismostratigrafico di dettaglio, dove attraverso la discretizzazione dei sismostrati individuati è stato possibile definire l'assetto litotecnico e sismico dei terreni indagati. In osservanza alle NTC di cui al D.M. del 17 Gennaio 2018 ai fini dell'azione sismica di progetto la stima del valore del Vs30 (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri), relativamente alla prospezioni Masw_1 e Masw_2, risulta essere rispettivamente di 485,00 m/s e 470,00 m/s misurato al piano di campagna (p.c.), quindi ai sensi del D.M. 17/01/18 la categoria del suolo di fondazione dell'opera in progetto è la "B" e cioè : Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s ,così come previsto dalla normativa sopra menzionata.

| | | | |
|--|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  <small>S.p.A.</small> ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE <small>C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 116 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

Documentazione Fotografica



Foto n.4.0- Prova M.A.S.W. 1 Stabilimento Termini Imerese



S.r.l.
Istituto di Ricerca e Sperimentazione
 P.I.V.A.: 01479620856
 C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874
 Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.



Timbro a secco

Laboratorio: Via Libero Grassi,7
 (Area Industriale Calderaro)
 C.P. 287 - 93100 Caltanissetta
 Tel.: 0934565012
 Fax.: 0934575422
 e-mail: info@sidercem.it
 pec: sidercem@legalmail.it
 web: www.sidercem.it



Enel Produzione S.p.A.

**Centrale di Termini Imerese (PA)
 Progetto sostituzione gruppi
 Turbogas TI 42 e TI 53**

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Committente/Richiedente | Enel Produzione S.p.A. |
| Contratto | n.4500089233 del 22/04/2020 |

Centrale Termoelettrica "Ettore Majorana"



| | |
|---|--------------------------------|
| A | Stratigrafie sondaggi c.c. |
| B | Indagini geofisiche: MASW |
| C | Indagini geofisiche: Down-hole |
| D | Indagini geofisiche: HVSR |
| E | Documentazione fotografica |

| Prott. NN° | Rev. | Periodo di indagine | Data Emissione | Redazione (RS) | Verifica (VRSQ) | Approvazione (RSQ) |
|---------------------------|------|---------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| C-GEO-A 664 C-GFS-A 86 | 0 | Dal 06/05/2020 al 04/06/2020 | 10/06/2020 | dot. geol. Marco Pizzarello | dot. geol. Salvatore Merita | dot. ing. Vincenzo Arena |

Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione.

“Relazione sull’indagine geofisica Down holw 201”

1.0 PREMESSA

E’ stata eseguita n.1 misura di tipo Down-Hole di a supporto del:

Progetto di sostituzione dei gruppi Turbogas TI 42 e TI 53 della Centrale di Termini Imerese

Si riporta di seguito l’ubicazione dell’indagine geofisica effettuata (Fig.1.a e 1.b)



Fig.1.a - Ubicazione dell’indagine geofisica effettuata

1.0 DESCRIZIONE E FINALITA’ DELL’INDAGINE DOWN-HOLE

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

Questa metodologia, come le altre tecniche di sismica in foro, ha il vantaggio di non avere come condizione che la velocità aumenti con la profondità (es. sismica di rifrazione superficiale), giacché si misurano i tempi d’arrivo delle onde elastiche lungo la profondità del foro è sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nell’ambito della successione dei litotipi incontrati nella perforazione.

| | | | |
|---|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  <small>S.R.L.</small> <small>ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE</small> <small>CF - Iscr.C.C.I.A.A. di Callianisetta: 01754820874</small> <small>P.I.V.A. 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774,92 i. r.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

2.1 Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione

La strumentazione utilizzata consiste in un geofono da pozzo 3D Twin Borehole Geophone della 'Ambrogeo', composto da tre sensori disposti ortogonalmente tra loro per registrare le 3 componenti (una verticale e due orizzontali) e dotato di un sistema d'ancoraggio pneumatico, e un sismografo digitale della "Ambrogeo" con memoria incrementale a 24 bit.

Le caratteristiche tecniche del sistema sono:

- capacità di campionamento dei segnali da 0.032 msec a 0.956 msec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" tramite starter collegato al circuito trigger del sismografo;
- Filtri High Pass e Band Reject;
- Automatic Gain Control;
- Acquisizione dati ad incremento di segnale;
- Convertitore A/D a 24 bit;

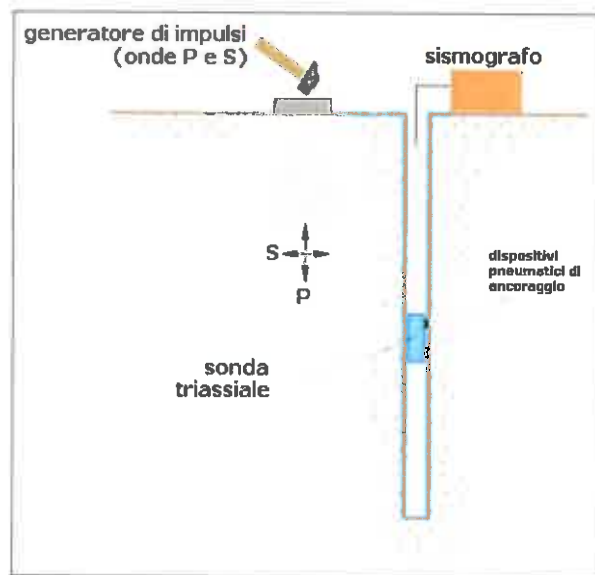


Fig.2 Schema di acquisizione indagine Down-Hole

L'energizzazione del terreno è stata effettuata mediante massa battente, così come rappresentato in figura 2. Al fine di facilitare la generazione delle onde trasversali per la valutazione della velocità di propagazione delle onde di taglio, il terreno è stato sollecitato tangenzialmente tramite una trave massiccia, posizionata ad una distanza di 2,3 metri dall'asse del foro, in modo da ridurre la dissipazione in fase d'energizzazione. Le misure sono state eseguite inserendo il geofono tridimensionale all'interno del foro del sondaggio geognostico a c.c. opportunamente attrezzato, rivestito adeguatamente con un tubo PVC, mentre è stato cementato lo spazio esistente tra le pareti e il tubo di rivestimento, in modo da garantire la continuità di contatto terreno-tubazione.

Il passo di lettura è stato di 1,0 metri e ad ogni acquisizione il geofono è stato reso solidale alle pareti del foro, mediante dei pistoni ad estrazione pneumatica.

| | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|
|  <small>S.I.R.I. ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE CF - Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874 P.I.V.A. 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.921,00</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

I dati sono stati acquisiti dal piano campagna fino ad una profondità di 30 metri, con intervalli di un metro, utilizzando la seguente procedura:

- Ancoraggio della sonda triassiale, energizzazione verticale ed acquisizione della traccia sismica relativa alle onde P.
- Energizzazione orizzontale ed acquisizione delle tracce sismiche relative alle onde S.
- Memorizzazione dei dati, sblocco dell'ancoraggio della sonda triassiale e passaggio all'acquisizione successiva.

I dati acquisiti sono stati visualizzati in tempo reale per un controllo preventivo della bontà dell'acquisizione.

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro, r la distanza fra la sorgente e il sensore, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$t_{corr} = \frac{z}{r} t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico t_{corr} - z in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali.

Con il metodo intervallo i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori consecutivi posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (velocità d'intervallo).

Quando si dispone di un solo ricevitore, cioè nell'ipotesi in cui le coppie non corrispondano ad un unico impulso, i valori di velocità determinati vengono definiti di pseudo-intervallo, consentendo solo un'apparente migliore definizione del profilo di velocità. Ottenute le misure è possibile calcolare i tempi corretti e la velocità intervallo delle onde P e S con la formula seguente:

$$v_{p,s} = \frac{z_2 - z_1}{t_{2corr} - t_{1corr}}$$

Ottenute le velocità intervallo si calcolano la densità, il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young, il modulo di compressibilità volumetrica per ogni intervallo con le formule riportate sopra.

Il metodo intervallo presenta però dei limiti:

- a) non tiene conto della velocità degli strati sovrastanti;
- b) non è applicabile nel caso in cui $t_{2corr} < t_{1corr}$.

| | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|
|  <p>SIDERCEM S.p.A. ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874 P.I.V.A. - 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.92 i.l.</p> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità, la quale prevede che per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali alle forze che le originano. In tali condizioni ai terreni ed alle rocce si possono attribuire le proprietà dei corpi elastici e vale a dire: omogeneità, isotropia e continuità.

Pertanto, per sollecitazioni impulsive e di bassa energia, terreni e rocce rispondono nel campo della legge di Hooke:

$$\sigma = \varepsilon K$$

nella quale:

σ = sforzo applicata;

ε = deformazione prodotta;

K = coefficiente di proporzionalità

K , è un generico coefficiente di proporzionalità che assume significato fisico diverso in relazione al tipo di forze applicate e deformazioni conseguenti (costanti elastiche dei mezzi).

Le deformazioni e le tensioni generate da un impulso sismico rispondono ai requisiti visti prima: sollecitazioni impulsive di bassa energia. Quindi, come già detto, i terreni e le rocce attraversate da onde sismiche subiscono deformazioni di tipo elastico.

Tali deformazioni trovano un'intrinseca corrispondenza biunivoca con le fasi P e S dell'input sismico. Infatti, le velocità di propagazione delle onde sismiche variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti e, pertanto, consentono di ottenere informazioni sulle proprietà elastiche dei mezzi attraversati. Tali parametri esprimono le caratteristiche elastiche di un corpo quando sottoposto ad uno sforzo e sono:

E (modulo di Young) esprime la resistenza alla deformazione lineare quando lo si sottopone ad uno sforzo di dilatazione o di compressione;

ν (Coefficiente di Poisson) indica la misura del cambiamento geometrico in forma di un corpo elastico;

G (modulo di taglio) dà una misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo tangenziale ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume;

K (modulo di compressibilità volumetrica) misura il rapporto sforzo-deformazione ed indica la resistenza di un corpo alle variazioni di volume.



| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

3.1 RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA DOWN-HOLE

Le tracce acquisite sono state elaborate con il software Downhole della Geostru (picking primo arrivo onde P ed S, calcolo dromocrone, interpretazione e modello di velocità) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s). Si riportano di seguito le tracce registrate durante l'esecuzione della prova con il relativo picking delle onde P (fig.2) ed S (fig.3).

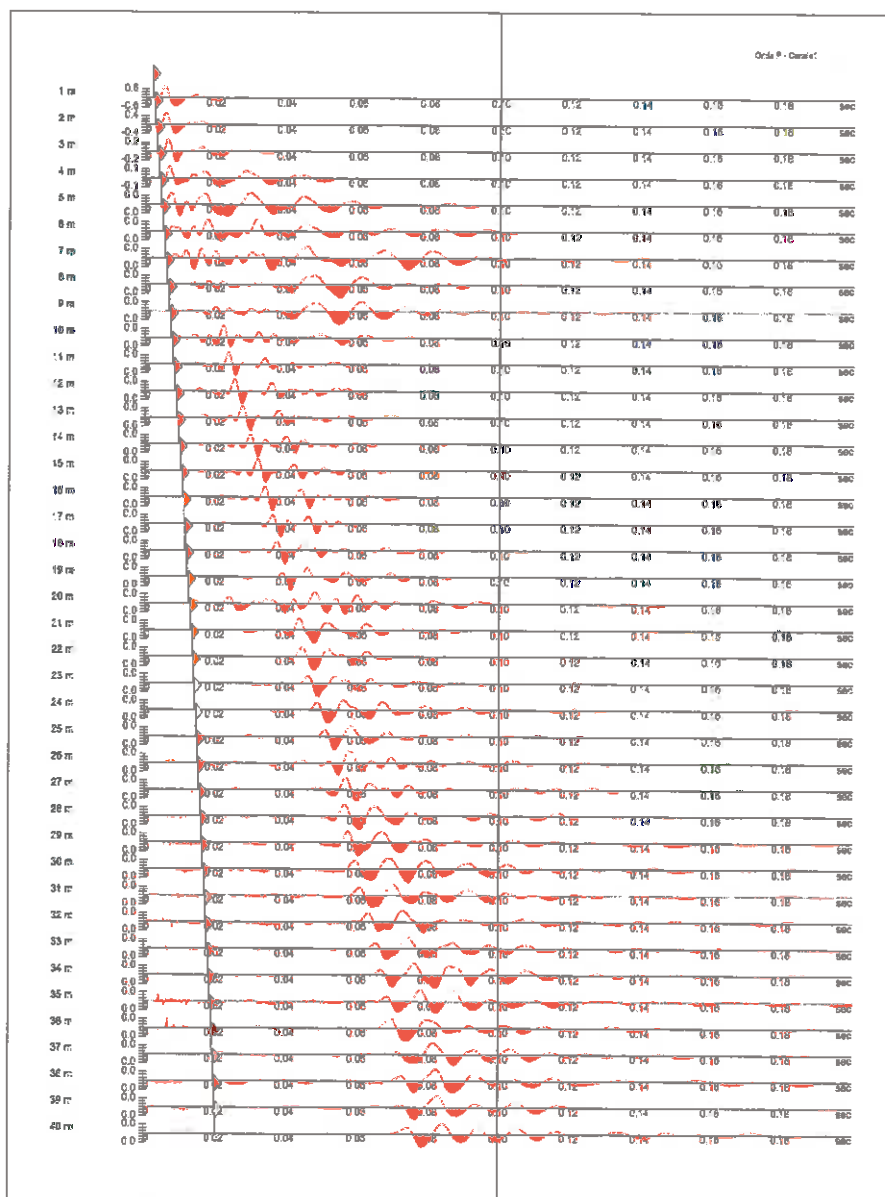


Fig.3 Tracce sismiche relative alla registrazione delle onde P



| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

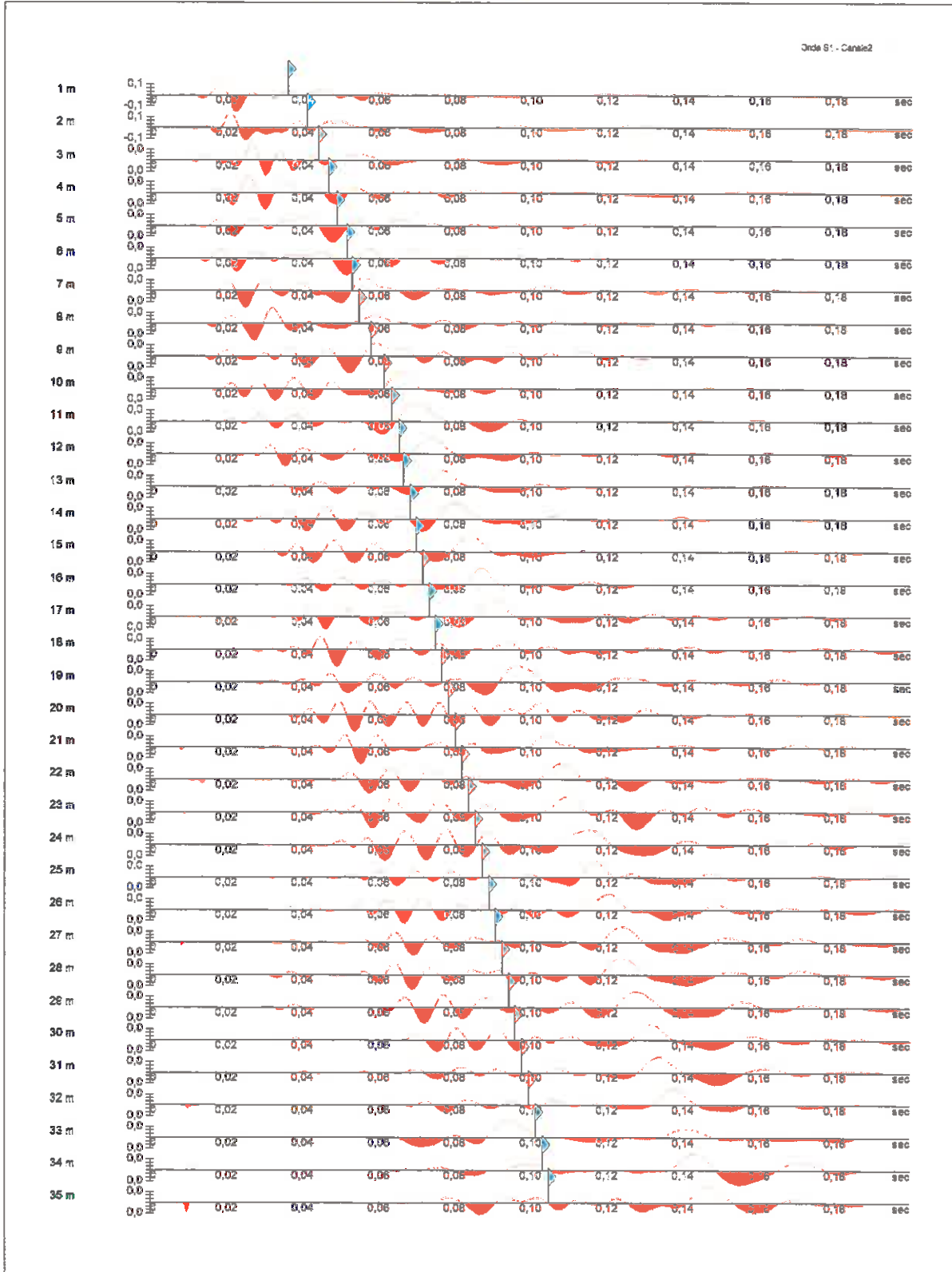


Fig.4 Tracce sismiche relative alla registrazione delle onde S

Dai tempi di arrivo sperimentali ottenuti dal picking dei primi arrivi, sono stati calcolati i tempi corretti (tab.2).

| Registrazioni Nr. | Z [m] | Tp [msec] | Ts [msec] |
|----------------------|----------|--------------|--------------|
| 1 | 1.00 | 2.1 | 4.8 |
| 2 | 2.00 | 2.7 | 7.1 |
| 3 | 3.00 | 3.3 | 9.6 |
| 4 | 4.00 | 3.8 | 11.4 |
| 5 | 5.00 | 4.3 | 12.8 |
| 6 | 6.00 | 4.9 | 14.5 |
| 7 | 7.00 | 5.5 | 16.2 |
| 8 | 8.00 | 6.1 | 17.6 |
| 9 | 9.00 | 6.8 | 19.2 |
| 10 | 10.00 | 7.3 | 20.8 |
| 11 | 11.00 | 7.9 | 22.5 |
| 12 | 12.00 | 8.4 | 24.5 |
| 13 | 13.00 | 9 | 26.8 |
| 14 | 14.00 | 9.5 | 29.1 |
| 15 | 15.00 | 10 | 31.7 |
| 16 | 16.00 | 10.5 | 33.7 |
| 17 | 17.00 | 11.03 | 35.9 |
| 18 | 18.00 | 11.5 | 37.7 |
| 19 | 19.00 | 12 | 39.7 |
| 20 | 20.00 | 12.505 | 42.3 |
| 21 | 21.00 | 13 | 43.9 |
| 22 | 22.00 | 13.4 | 45.8 |
| 23 | 23.00 | 13.808 | 48 |
| 24 | 24.00 | 14.2 | 50.6 |
| 25 | 25.00 | 14.61 | 52.6 |
| 26 | 26.00 | 15 | 54.8 |
| 27 | 27.00 | 15.41 | 57.2 |
| 28 | 28.00 | 15.8 | 59.3 |
| 29 | 29.00 | 16.208 | 61.6 |
| 30 | 30.00 | 16.6 | 63.1 |
| 31 | 31.00 | 17 | 64.9 |
| 32 | 32.00 | 17.4 | 66.6 |
| 33 | 33.00 | 17.81 | 68.1 |
| 34 | 34.00 | 18.2 | 69.5 |
| 35 | 35.00 | 18.56 | 70.9 |
| 36 | 36.00 | 18.909 | 72.1 |
| 37 | 37.00 | 19.25 | 73.3 |
| 38 | 38.00 | 19.6 | 74.6 |
| 39 | 39.00 | 19.95 | 75.8 |
| 40 | 40.00 | 20.305 | 77.1 |

Tabella 1: tempi di arrivo

Risultati

| SR [m] | Tpcorr [msec] | Tscorr [msec] |
|-----------|------------------|------------------|
| 1.8028 | 1.1649 | 2.6626 |
| 2.5000 | 2.1600 | 5.6800 |
| 3.3541 | 2.9516 | 8.5865 |
| 4.2720 | 3.5581 | 10.6742 |
| 5.2202 | 4.1187 | 12.2602 |
| 6.1847 | 4.7537 | 14.0671 |
| 7.1589 | 5.3779 | 15.8404 |
| 8.1394 | 5.9955 | 17.2986 |
| 9.1241 | 6.7075 | 18.9388 |
| 10.1119 | 7.2192 | 20.5699 |
| 11.1018 | 7.8276 | 22.2937 |
| 12.0934 | 8.3351 | 24.3108 |
| 13.0863 | 8.9407 | 26.6234 |
| 14.0801 | 9.4459 | 28.9344 |
| 15.0748 | 9.9504 | 31.5427 |
| 16.0702 | 10.4542 | 33.5529 |
| 17.0661 | 10.9873 | 35.7611 |
| 18.0624 | 11.4603 | 37.5698 |
| 19.0591 | 11.9628 | 39.5769 |
| 20.0562 | 12.4700 | 42.1815 |
| 21.0535 | 12.9670 | 43.7884 |
| 22.0511 | 13.3690 | 45.6939 |
| 23.0489 | 13.7787 | 47.8983 |
| 24.0468 | 14.1724 | 50.5015 |
| 25.0450 | 14.5838 | 52.5056 |
| 26.0432 | 14.9751 | 54.7090 |
| 27.0416 | 15.3863 | 57.1119 |
| 28.0402 | 15.7774 | 59.2151 |
| 29.0388 | 16.1864 | 61.5178 |
| 30.0375 | 16.5793 | 63.0213 |
| 31.0363 | 16.9801 | 64.8242 |
| 32.0351 | 17.3809 | 66.5270 |
| 33.0341 | 17.7916 | 68.0298 |
| 34.0331 | 18.1823 | 69.4325 |
| 35.0321 | 18.5430 | 70.8350 |
| 36.0312 | 18.8926 | 72.0375 |
| 37.0304 | 19.2342 | 73.2399 |
| 38.0296 | 19.5848 | 74.5420 |
| 39.0288 | 19.9353 | 75.7440 |
| 40.0281 | 20.2907 | 77.0459 |

Tabella 2: Tempi di arrivo corretti

| Vp [m/s] | Vs [m/s] | g [kN/mc] | ni | G [MPa] | Ed [MPa] | E [MPa] | Ev [MPa] |
|-------------|-------------|--------------|--------|------------|-------------|------------|-------------|
| 858.44 | 375.57 | 23.09 | 0.3816 | 332.11 | 1735.10 | 917.69 | 1292.28 |
| 1004.92 | 331.41 | 21.49 | 0.439 | 240.68 | 2212.99 | 692.68 | 1892.07 |
| 1263.26 | 344.06 | 21.10 | 0.4599 | 254.70 | 3433.58 | 743.67 | 3093.98 |
| 1648.81 | 479.00 | 21.84 | 0.4539 | 510.98 | 6054.43 | 1485.83 | 5373.13 |
| 1783.80 | 630.52 | 22.43 | 0.4286 | 909.30 | 7277.81 | 2598.05 | 6065.42 |
| 1574.80 | 553.43 | 21.93 | 0.4295 | 684.93 | 5545.86 | 1958.22 | 4632.63 |
| 1602.05 | 563.92 | 21.87 | 0.4293 | 709.19 | 5723.75 | 2027.29 | 4778.16 |
| 1619.17 | 685.78 | 22.34 | 0.3907 | 1071.35 | 5972.38 | 2979.85 | 4543.91 |
| 1404.50 | 609.68 | 21.93 | 0.3839 | 831.23 | 4411.25 | 2300.68 | 3302.94 |
| 1954.27 | 613.08 | 21.88 | 0.4454 | 838.61 | 8521.10 | 2424.25 | 7402.95 |
| 1643.66 | 580.11 | 21.65 | 0.4289 | 742.95 | 5964.32 | 2123.20 | 4973.73 |
| 1970.44 | 495.76 | 21.09 | 0.4662 | 528.57 | 8349.92 | 1549.98 | 7645.17 |
| 1651.26 | 432.41 | 20.56 | 0.4632 | 392.01 | 5716.54 | 1147.18 | 5193.87 |
| 1979.41 | 432.71 | 20.51 | 0.4749 | 391.60 | 8194.39 | 1155.14 | 7672.26 |
| 1982.16 | 383.39 | 20.03 | 0.4806 | 300.22 | 8024.87 | 889.01 | 7624.57 |
| 1984.92 | 497.46 | 20.90 | 0.4665 | 527.40 | 8396.76 | 1546.86 | 7693.56 |
| 1875.82 | 452.86 | 20.54 | 0.4691 | 429.54 | 7369.91 | 1262.07 | 6797.18 |
| 2114.16 | 552.88 | 21.18 | 0.4633 | 660.19 | 9653.42 | 1932.11 | 8773.17 |
| 1990.05 | 498.23 | 20.80 | 0.4666 | 526.50 | 8399.83 | 1544.33 | 7697.83 |
| 1971.61 | 383.94 | 19.83 | 0.4803 | 298.08 | 7860.39 | 882.50 | 7462.95 |
| 2012.07 | 622.32 | 21.47 | 0.4471 | 847.89 | 8863.34 | 2453.96 | 7732.82 |
| 2487.56 | 524.80 | 20.88 | 0.4767 | 586.40 | 13175.19 | 1731.87 | 12393.32 |
| 2440.81 | 453.64 | 20.34 | 0.4821 | 426.83 | 12356.58 | 1265.21 | 11787.48 |
| 2540.00 | 384.14 | 19.70 | 0.4883 | 296.43 | 12960.24 | 882.35 | 12565.00 |
| 2430.73 | 498.98 | 20.63 | 0.478 | 523.78 | 12429.45 | 1548.29 | 11731.08 |
| 2555.59 | 453.84 | 20.27 | 0.4837 | 425.73 | 13499.43 | 1263.31 | 12931.79 |
| 2431.90 | 416.16 | 19.92 | 0.4849 | 351.79 | 12013.24 | 1044.75 | 11544.18 |
| 2556.89 | 475.47 | 20.39 | 0.4821 | 470.05 | 13593.17 | 1393.32 | 12966.43 |
| 2444.99 | 434.27 | 20.04 | 0.4837 | 385.39 | 12216.06 | 1143.61 | 11702.21 |
| 2545.17 | 665.11 | 21.48 | 0.4634 | 968.95 | 14188.85 | 2835.92 | 12896.92 |
| 2495.01 | 554.66 | 20.86 | 0.474 | 654.41 | 13241.53 | 1929.20 | 12368.99 |
| 2495.02 | 587.27 | 21.04 | 0.4707 | 739.95 | 13355.90 | 2176.49 | 12369.30 |
| 2434.87 | 665.42 | 21.43 | 0.4596 | 967.59 | 12955.47 | 2824.59 | 11665.34 |
| 2559.50 | 712.91 | 21.63 | 0.4579 | 1121.00 | 14449.28 | 3268.61 | 12954.61 |
| 2772.40 | 713.01 | 21.61 | 0.4646 | 1120.28 | 16937.37 | 3281.52 | 15443.66 |
| 2860.41 | 831.60 | 22.91 | 0.4538 | 1615.60 | 19114.41 | 4697.52 | 16960.28 |
| 2927.40 | 831.67 | 22.91 | 0.4561 | 1615.87 | 20020.20 | 4705.74 | 17865.71 |
| 2852.24 | 767.99 | 21.80 | 0.4609 | 1311.13 | 18084.56 | 3830.86 | 16336.38 |
| 2853.07 | 831.94 | 22.91 | 0.4535 | 1616.92 | 19016.44 | 4700.39 | 16860.55 |
| 2813.73 | 768.11 | 21.77 | 0.4597 | 1309.74 | 17575.29 | 3823.66 | 15828.98 |

Tabella 3: Valori dei moduli elastici



| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

Metodo diretto

Profondità di riferimento: 30 m
 VS,30: 475.33 m/s

| Profondità [m] | Vp medio [m/s] | Vs medio [m/s] | g medio [kN/mc] | ni medio | G medio [MPa] | Ed medio [MPa] | E medio [MPa] | Ev medio [MPa] |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| 2.08 | 936.94 | 351.95 | 21.35 | 0.42 | 269.65 | 1911 | 764.64 | 1551.48 |
| 2.97 | 1253.52 | 343.63 | 22.18 | 0.46 | 267.1 | 3554.28 | 779.59 | 3198.15 |
| 4.55 | 1680.85 | 518.03 | 22.7 | 0.45 | 621.19 | 6539.83 | 1798.37 | 5711.58 |
| 10 | 1626.87 | 604.21 | 22.19 | 0.42 | 826.07 | 5988.8 | 2346.03 | 4887.38 |
| 12 | 1785.71 | 534.76 | 22.59 | 0.45 | 658.69 | 7344.93 | 1911.18 | 6466.68 |
| 17 | 1886.79 | 436.68 | 21.27 | 0.47 | 413.68 | 7722.98 | 1217.63 | 7171.4 |
| 24 | 2201.26 | 474.9 | 21.29 | 0.48 | 489.67 | 10520.75 | 1445.11 | 9867.85 |
| 28.81 | 2479.38 | 454.63 | 21.43 | 0.48 | 451.74 | 13435.59 | 1339.5 | 12833.27 |
| 31.18 | 2521.28 | 585.19 | 22.69 | 0.47 | 792.18 | 14705.38 | 2331.42 | 13649.14 |
| 37 | 2669.72 | 717.63 | 22.61 | 0.46 | 1187.2 | 16430.52 | 3469.13 | 14847.59 |
| 40.00 | 2858.49 | 795.28 | 23.23 | 0.46 | 1498.43 | 19358.58 | 4369.56 | 17360.68 |

Tabella 4: Sismostrati e relativi valori dei moduli dinamici

Per l'interpretazione della prova è stato applicato il metodo diretto, ricavando dai dati in tabella 2 il grafico tcorr - z (fig.5) in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali.

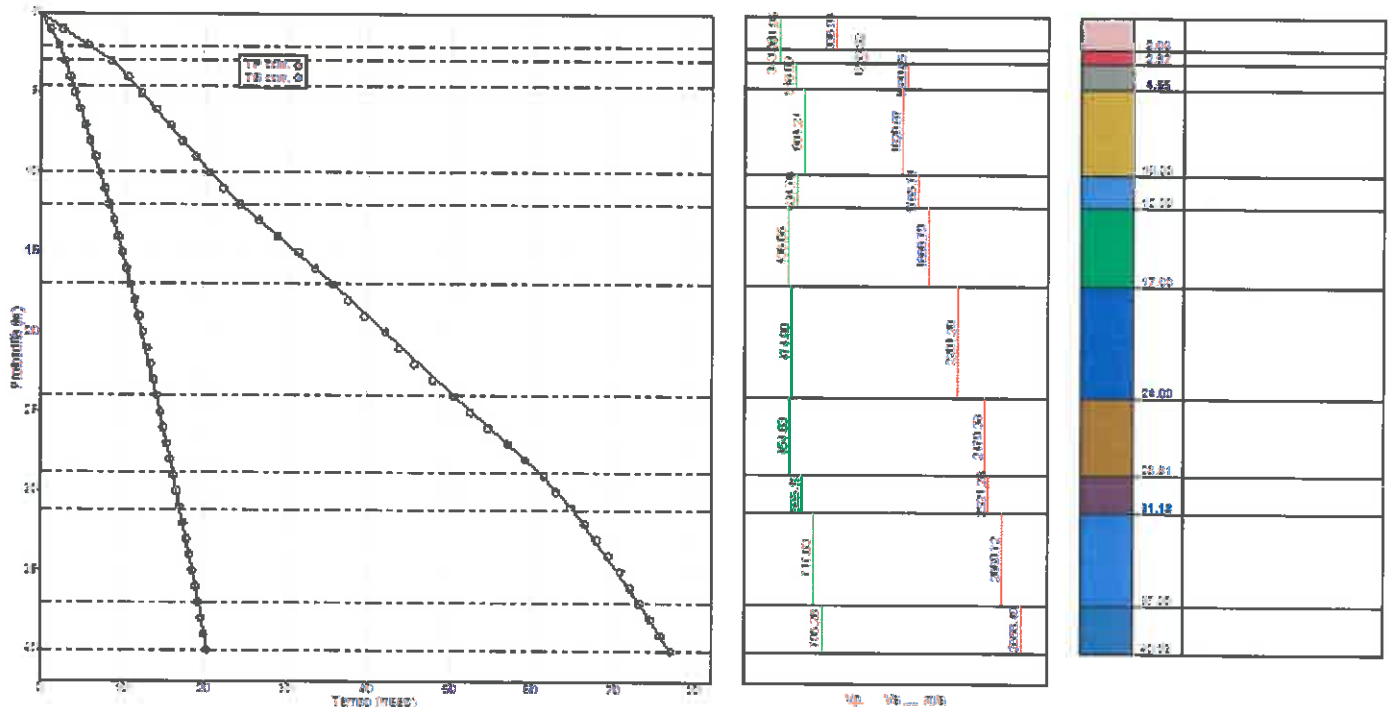


Fig.5 Dromocrone tempi corretti-profondità, profilo di velocità e colonna sismostratigrafica ricavate con metodo diretto

| | | | |
|--|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  <small>S.R.L.</small> ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE <small>C.F. - Incc C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874</small> <small>P.I.V.A. 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.92 i.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

Il risultato dell'interpretazione ha restituito un modello a 11 sismostrati avente le seguenti caratteristiche in termini di velocità media delle onde P ed S e di stima dei parametri geotecnici medi (Tab.2):

Dove:

g = peso di volume;

ni= Coefficiente di Poisson;

G = modulo di deformazione di taglio;

Ed = modulo di compressibilità edometrica;

E = modulo di Young;

Ev = modulo di compressibilità volumetrica.

In ottemperanza alle "Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018" la classificazione del sito può essere ottenuta sulla base del valore "Vs, eq" (velocità media equivalente delle onde di taglio con substrato rigido presente entro i primi 30,0m), o "Vs 30" (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m con substrato rigido > di 30,0m di profondità) utilizzando la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

hi=spessore dell'i-esimo strato;

Vs,i=velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N=numero strati;

H=profondità del substrato rigido (Bed Rock) < d 30,0 m caratterizzato da velocità non inferiore a 800,00 m/s; o H =30,0 m nel caso in cui il substrato rigido sia a profondità maggiori di 30,0 m.

Da quanto sopra esposto, si è calcolato a partire da - 0,0 m dal piano di campagna, un valore di velocità di Vs eq = 475,33 m/s tenendo conto di una profondità del substrato rigido H > 30 m, per un totale di 11 strati presenti nel "modello sismostratigrafico" ottenuti mediante il "Metodo diretto". Tale modello sismostratigrafico, è stato discretizzato mediante il fitting tra la curva di calcolo e quella sperimentale di campagna, ovvero le "Dromocrone". Ogni variazione di pendenza di tale curva, indica un cambiamento di propagazione di velocità delle onde di volume, che può essere attribuito ad una variazione dello stato di addensamento dei materiali e/o ad un cambio litologico. Quindi ai fini della definizione della azione sismica di progetto, la categoria di suolo relativamente al piano di fondazione dell'opera in progetto è la "B" e cioè: *"rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"* così come previsto dalla normativa sopra menzionata.



| | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

Si riporta infine una stima dell'andamento in profondità dei parametri geotecnici ottenuti applicando il metodo intervallo.

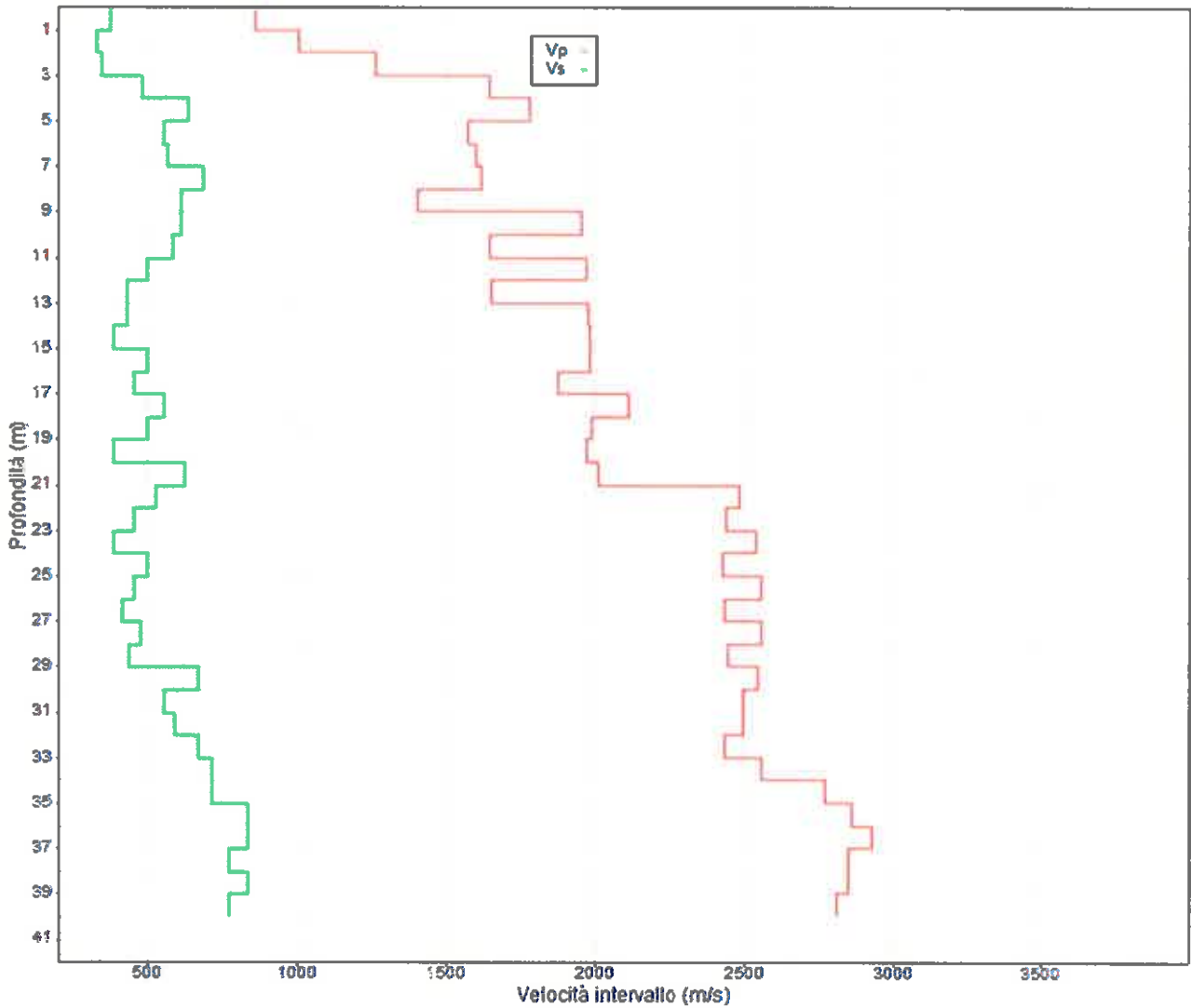


Fig 6: Profilo velocità di intervallo



| | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

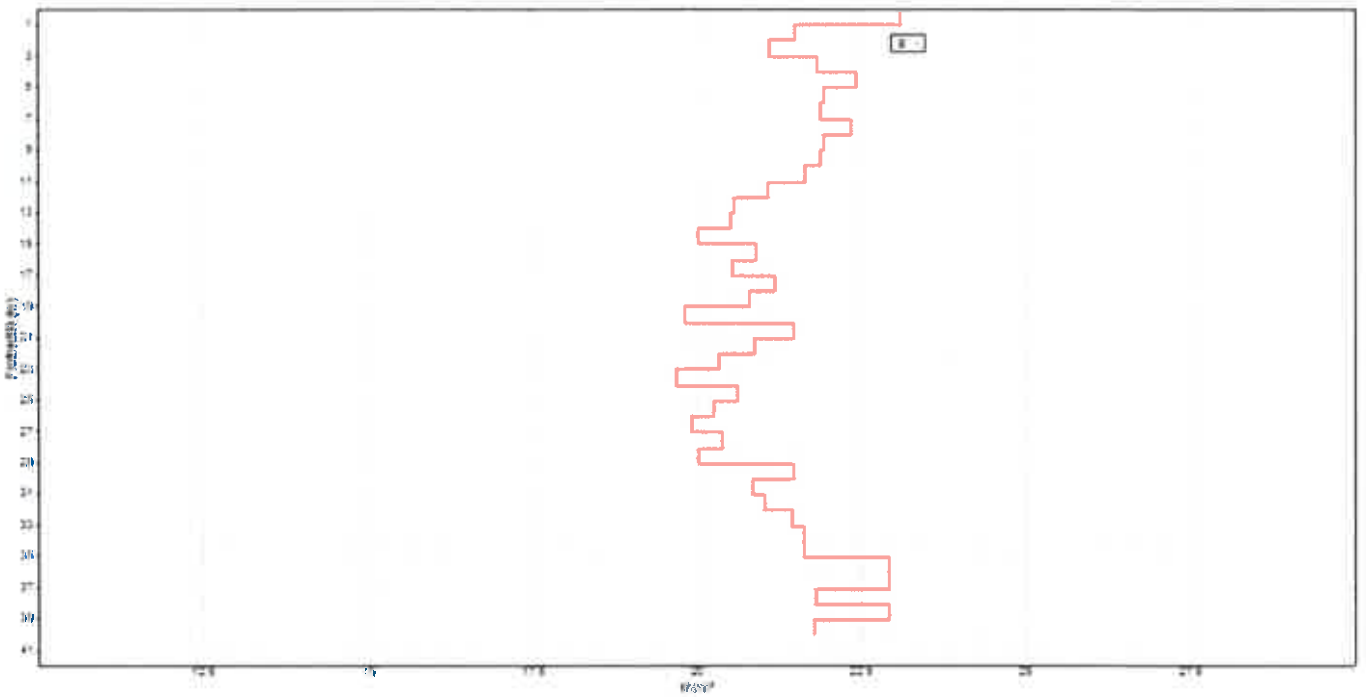


Fig.7 Andamento in profondità del peso di volume

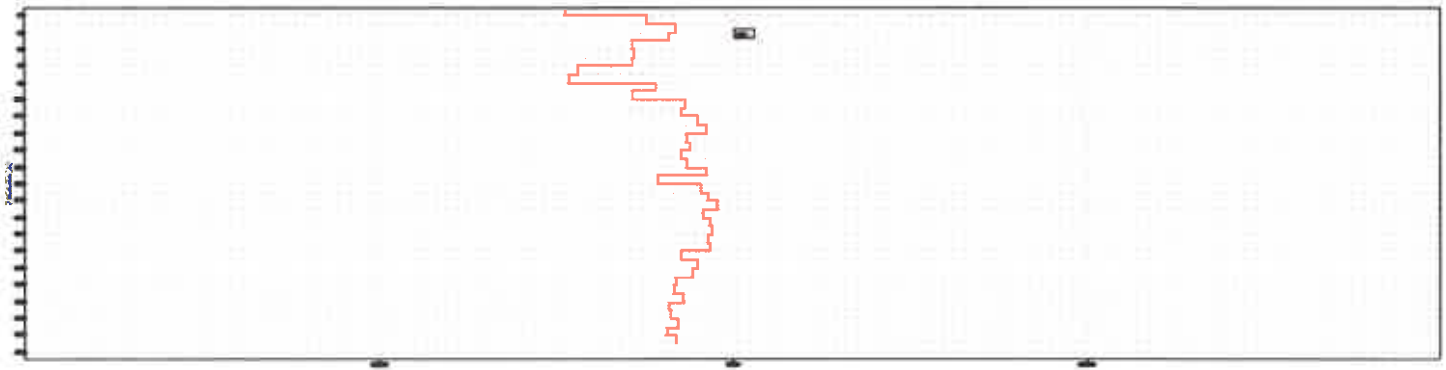


Fig.8 Andamento in profondità del Coefficiente di Poisson



| | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

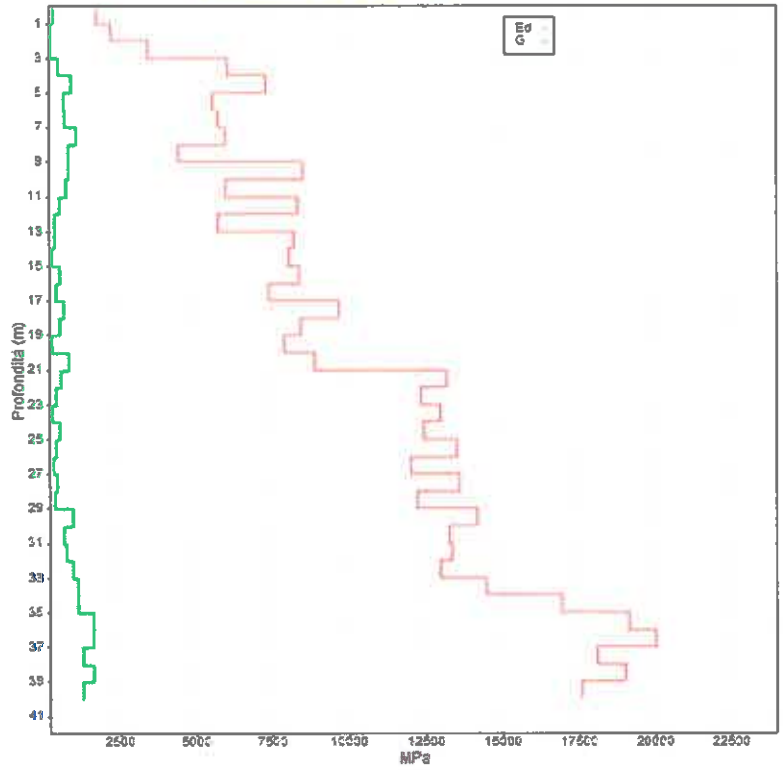


Fig.9 Andamento in profondità del modulo di taglio G e del modulo edometrico Ed

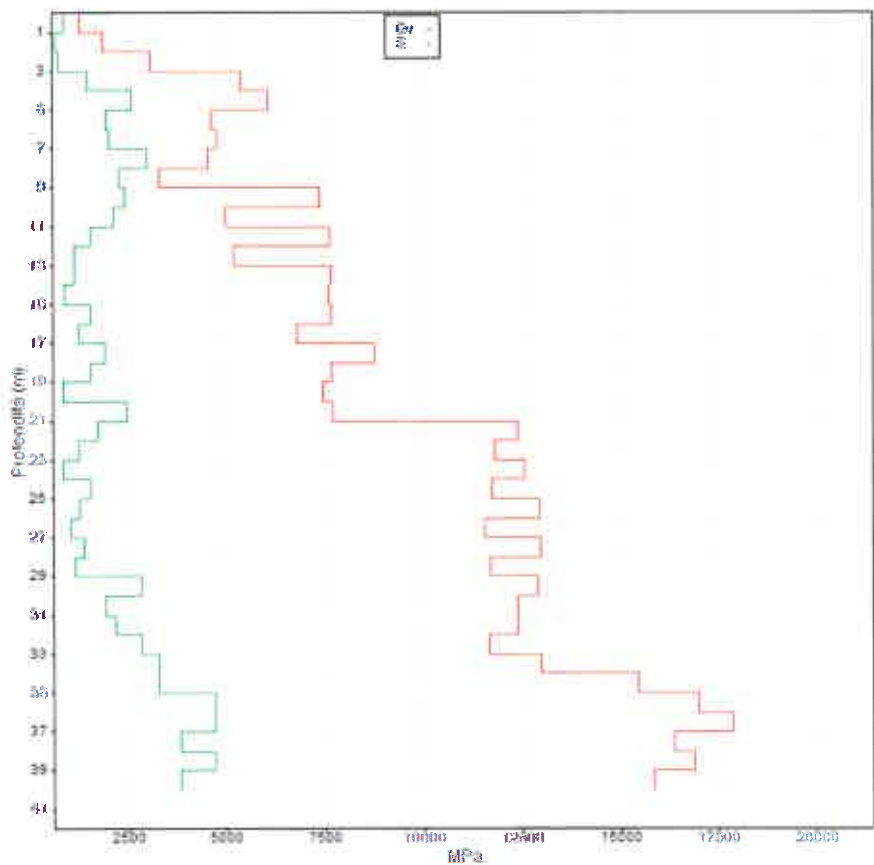


Fig.9 Andamento in profondità del modulo di Young E e del modulo di compressibilità Ev

| | | | |
|--|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  <small>S.p.A.</small> ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE <small>C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01734820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

4. CONCLUSIONI

La risultanza della prova Down-Hole, mediante il calcolo dei valori di velocità delle onde longitudinali (V_p) e trasversali (V_s) e dei relativi parametri geotecnici, ha permesso di caratterizzare e quantificare l'aspetto sismico dei terreni oggetto di studio. Dalla interpretazione della prova sismica in foro con metodo diretto è emerso un modello a n°4 sismostrati, dove è stata eseguita una caratterizzazione geofisica delle principali caratteristiche fisiche, quali la velocità di attraversamento delle onde P ed S con i relativi valori dei moduli elastici dinamici riferiti a terreni soggetti a sollecitazioni di tipo sismico. Inoltre, sono stati stimati i parametri geotecnici medi applicando il metodo pseudo-intervallo, e cioè per orizzonti aventi spessore di 1,0 m a partire dal piano di campagna, fino alla profondità di fine sondaggio.

In osservanza al Nuovo NTC di cui al D.M. del 17 Gennaio 2018, ai fini dell'azione sismica di progetto, la stima del valore del V_s eq. ($H > 30$ m), relativamente all'area in studio, risulta essere di 475,33 m/s, calcolato dal piano di campagna, ne consegue che la categoria di suolo attribuibile al settore in studio risulta essere la "B" e cioè *"rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"* così come previsto dalla normativa sopra menzionata.



| | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 118 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 - Esecuzione della prova geofisica Down-Hole



| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

“Relazione sull’indagine geofisica Down hole 202”

1.0 PREMESSA

E’ stata eseguita n.1 misura di tipo Down-Hole di a supporto del:

Progetto di sostituzione dei gruppi Turbogas TI 42 e TI 53 della Centrale di Termini Imerese

Si riporta di seguito l’ubicazione dell’indagine geofisica effettuata (Fig.1.a)

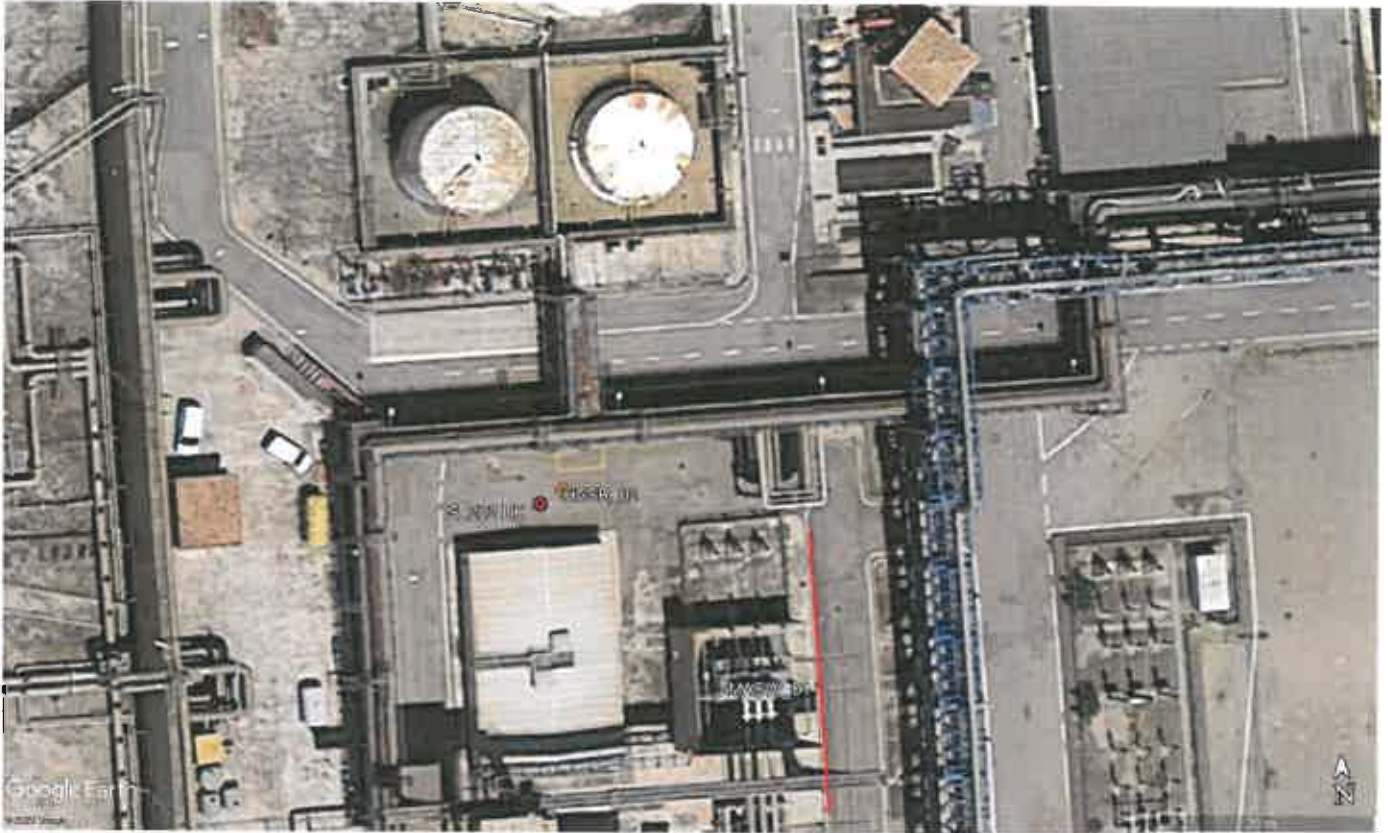


Fig.1.a - Ubicazione dell’indagine geofisica effettuata

1.0 DESCRIZIONE E FINALITA’ DELL’INDAGINE DOWN-HOLE

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

Questa metodologia, come le altre tecniche di sismica in foro, ha il vantaggio di non avere come condizione che la velocità aumenti con la profondità (es. sismica di rifrazione superficiale), giacché si misurano i tempi d’arrivo delle onde elastiche lungo la profondità del foro è sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nell’ambito della successione dei litotipi incontrati nella perforazione.

2.1 Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione

La strumentazione utilizzata consiste in un geofono da pozzo 3D Twin Borehole Geophone della 'Ambrogeo', composto da tre sensori disposti ortogonalmente tra loro per registrare le 3 componenti (una verticale e due orizzontali) e dotato di un sistema d'ancoraggio pneumatico, e un sismografo digitale della "Ambrogeo" con memoria incrementale a 24 bit.

Le caratteristiche tecniche del sistema sono:

- capacità di campionamento dei segnali da 0.032 msec a 0.956 msec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" tramite starter collegato al circuito trigger del sismografo;
- Filtri High Pass e Band Reject;
- Automatic Gain Control;
- Acquisizione dati ad incremento di segnale;
- Convertitore A/D a 24 bit;

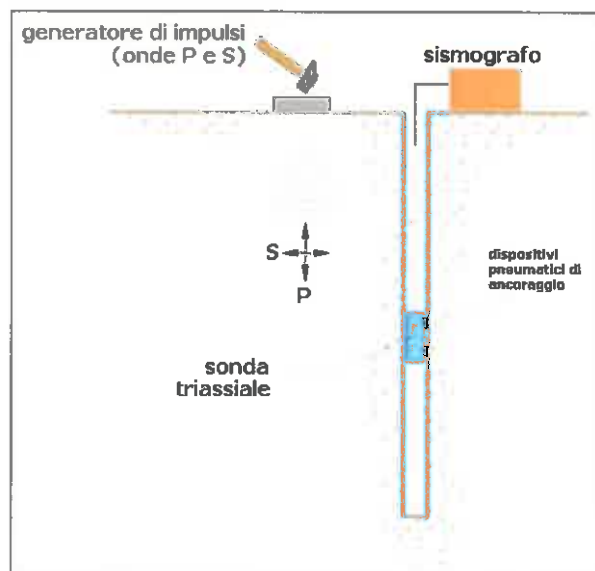


Fig.2 Schema di acquisizione indagine Down-Hole

L'energizzazione del terreno è stata effettuata mediante massa battente, così come rappresentato in figura 2. Al fine di facilitare la generazione delle onde trasversali per la valutazione della velocità di propagazione delle onde di taglio, il terreno è stato sollecitato tangenzialmente tramite una trave massiccia, posizionata ad una distanza di 2,3 metri dall'asse del foro, in modo da ridurre la dissipazione in fase d'energizzazione. Le misure sono state eseguite inserendo il geofono tridimensionale all'interno del foro del sondaggio geognostico a c.c. opportunamente attrezzato, rivestito adeguatamente con un tubo PVC, mentre è stato cementato lo spazio esistente tra le pareti e il tubo di rivestimento, in modo da garantire la continuità di contatto terreno-tubazione.

Il passo di lettura è stato di 1,0 metri e ad ogni acquisizione il geofono è stato reso solidale alle pareti del foro, mediante dei pistoni ad estrazione pneumatica.

| | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|
|  <small>S.R.L.</small> <small>ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE</small> <small>CF - Iscr C.C.I.A.A. di Catanzaro: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale € 102.774,92 i.v.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

I dati sono stati acquisiti dal piano campagna fino ad una profondità di 30 metri, con intervalli di un metro, utilizzando la seguente procedura:

- Ancoraggio della sonda triassiale, energizzazione verticale ed acquisizione della traccia sismica relativa alle onde P.
- Energizzazione orizzontale ed acquisizione delle tracce sismiche relative alle onde S.
- Memorizzazione dei dati, sblocco dell'ancoraggio della sonda triassiale e passaggio all'acquisizione successiva.

I dati acquisiti sono stati visualizzati in tempo reale per un controllo preventivo della bontà dell'acquisizione.

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto (t) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se d è la distanza della sorgente dall'asse del foro, r la distanza fra la sorgente e il sensore, z la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$t_{corr} = \frac{z}{r} t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico t_{corr} - z in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali.

Con il metodo intervallo i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori consecutivi posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (velocità d'intervallo).

Quando si dispone di un solo ricevitore, cioè nell'ipotesi in cui le coppie non corrispondano ad un unico impulso, i valori di velocità determinati vengono definiti di pseudo-intervallo, consentendo solo un'apparente migliore definizione del profilo di velocità. Ottenute le misure è possibile calcolare i tempi corretti e la velocità intervallo delle onde P e S con la formula seguente:

$$v_{P,S} = \frac{z_2 - z_1}{t_{2corr} - t_{1corr}}$$

Ottenute le velocità intervallo si calcolano la densità, il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young, il modulo di compressibilità volumetrica per ogni intervallo con le formule riportate sopra.

Il metodo intervallo presenta però dei limiti:

- a) non tiene conto della velocità degli strati sovrastanti;
- b) non è applicabile nel caso in cui $t_{2corr} < t_{1corr}$.

| | | | |
|---|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  <small>S.I.L. ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE</small> <small>C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874</small> <small>P.I.V.A. 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.921</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità, la quale prevede che per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali alle forze che le originano. In tali condizioni ai terreni ed alle rocce si possono attribuire le proprietà dei corpi elastici e vale a dire: omogeneità, isotropia e continuità.

Pertanto, per sollecitazioni impulsive e di bassa energia, terreni e rocce rispondono nel campo della legge di Hooke:

$$\sigma = \varepsilon K$$

nella quale:

σ = sforzo applicata;

ε = deformazione prodotta;

K = coefficiente di proporzionalità

K, è un generico coefficiente di proporzionalità che assume significato fisico diverso in relazione al tipo di forze applicate e deformazioni conseguenti (costanti elastiche dei mezzi).

Le deformazioni e le tensioni generate da un impulso sismico rispondono ai requisiti visti prima: sollecitazioni impulsive di bassa energia. Quindi, come già detto, i terreni e le rocce attraversate da onde sismiche subiscono deformazioni di tipo elastico.

Tali deformazioni trovano un'intrinseca corrispondenza biunivoca con le fasi P e S dell'input sismico. Infatti, le velocità di propagazione delle onde sismiche variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti e, pertanto, consentono di ottenere informazioni sulle proprietà elastiche dei mezzi attraversati. Tali parametri esprimono le caratteristiche elastiche di un corpo quando sottoposto ad uno sforzo e sono:

E (modulo di Young) esprime la resistenza alla deformazione lineare quando lo si sottopone ad uno sforzo di dilatazione o di compressione;

v (Coefficiente di Poisson) indica la misura del cambiamento geometrico in forma di un corpo elastico;

G (modulo di taglio) dà una misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo tangenziale ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume;

K (modulo di compressibilità volumetrica) misura il rapporto sforzo-deformazione ed indica la resistenza di un corpo alle variazioni di volume.



| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

3.1 RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA DOWN-HOLE

Le tracce acquisite sono state elaborate con il software Downhole della Geostru (picking primo arrivo onde P ed S, calcolo dromocrone, interpretazione e modello di velocità) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s). Si riportano di seguito le tracce registrate durante l'esecuzione della prova con il relativo picking delle onde P (fig.2) ed S (fig.3).

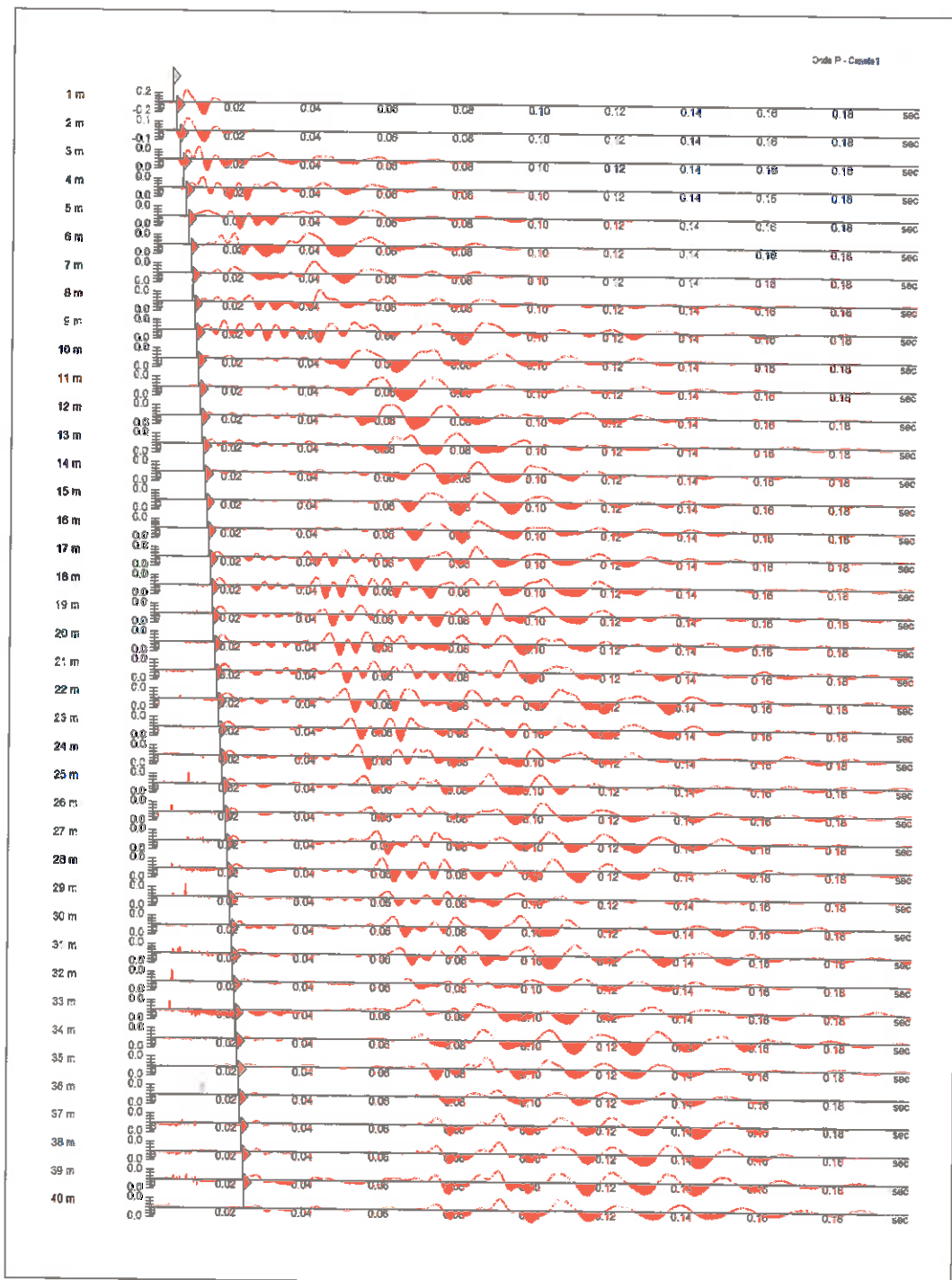


Fig.3 Tracce sismiche relative alla registrazione delle onde P

E' vietata la riproduzione anche parziale del presente certificato, senza l'autorizzazione.



| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

| |
|-------------------------------|
| C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| 04/06/2020 |

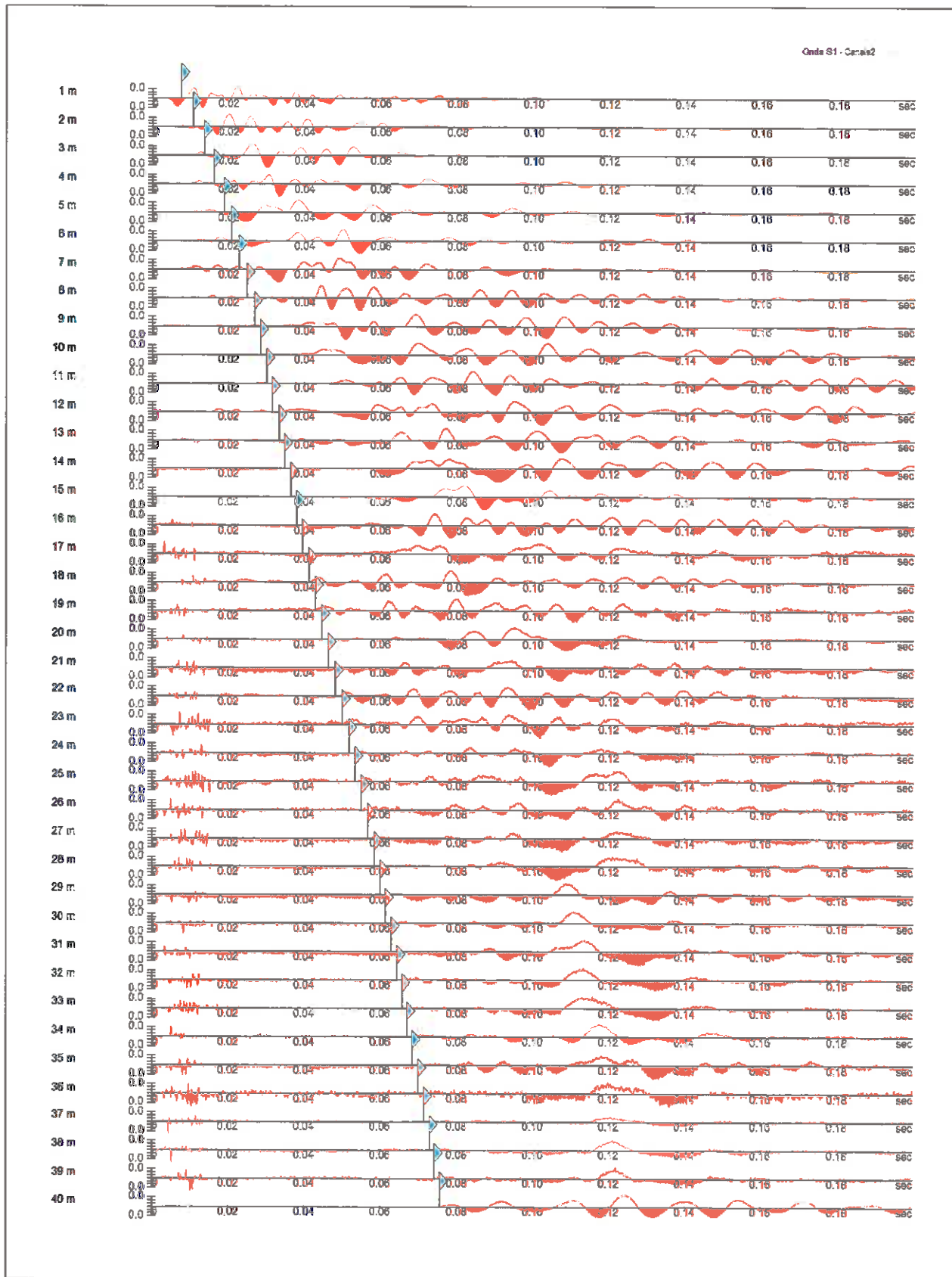


Fig.4 Tracce sismiche relative alla registrazione delle onde S



| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

Dai tempi di arrivo sperimentali ottenuti dal picking dei primi arrivi, sono stati calcolati i tempi corretti (tab.2).

| Registrazioni Nr. | Z [m] | Tp [msec] | Ts [msec] |
|----------------------|----------|--------------|--------------|
| 1 | 1.00 | 3.7 | 7.5 |
| 2 | 2.00 | 4.8 | 10.6 |
| 3 | 3.00 | 5.8 | 13.5 |
| 4 | 4.00 | 6.7 | 16 |
| 5 | 5.00 | 7.5 | 18.8 |
| 6 | 6.00 | 8.2 | 20.7 |
| 7 | 7.00 | 8.8 | 22.7 |
| 8 | 8.00 | 9.4 | 24.8 |
| 9 | 9.00 | 10 | 26.7 |
| 10 | 10.00 | 10.6 | 28.4 |
| 11 | 11.00 | 11.12 | 30 |
| 12 | 12.00 | 11.6 | 31.4 |
| 13 | 13.00 | 12.1 | 33.2 |
| 14 | 14.00 | 12.6 | 34.7 |
| 15 | 15.00 | 13.12 | 36.3 |
| 16 | 16.00 | 13.6 | 37.9 |
| 17 | 17.00 | 14.109 | 39.5 |
| 18 | 18.00 | 14.6 | 41.1 |
| 19 | 19.00 | 15.1 | 42.8 |
| 20 | 20.00 | 15.6 | 44.6 |
| 21 | 21.00 | 16.11 | 46.3 |
| 22 | 22.00 | 16.6 | 48.1 |
| 23 | 23.00 | 17.1 | 50 |
| 24 | 24.00 | 17.6 | 51.8 |
| 25 | 25.00 | 18.1 | 53.5 |
| 26 | 26.00 | 18.6 | 55.2 |
| 27 | 27.00 | 19.1 | 56.9 |
| 28 | 28.00 | 19.55 | 58.6 |
| 29 | 29.00 | 20.03 | 60.1 |
| 30 | 30.00 | 20.5 | 61.5 |
| 31 | 31.00 | 20.9 | 63 |
| 32 | 32.00 | 21.3 | 64.5 |
| 33 | 33.00 | 21.708 | 65.8 |
| 34 | 34.00 | 22.15 | 67.1 |
| 35 | 35.00 | 22.6 | 68.5 |
| 36 | 36.00 | 23 | 70 |
| 37 | 37.00 | 23.408 | 71.5 |
| 38 | 38.00 | 23.8 | 73 |
| 39 | 39.00 | 24.2 | 74.3 |
| 40 | 40.00 | 24.6 | 75.6 |

Tabella 1: tempi di arrivo

Risultati

| SR [m] | Tpcorr [msec] | Tscorr [msec] |
|-----------|------------------|------------------|
| 1.8028 | 2.0524 | 4.1603 |
| 2.5000 | 3.8400 | 8.4800 |
| 3.3541 | 5.1877 | 12.0748 |
| 4.2720 | 6.2734 | 14.9813 |
| 5.2202 | 7.1837 | 18.0071 |
| 6.1847 | 7.9552 | 20.0820 |
| 7.1589 | 8.6047 | 22.1961 |
| 8.1394 | 9.2390 | 24.3752 |
| 9.1241 | 9.8639 | 26.3367 |
| 10.1119 | 10.4827 | 28.0858 |
| 11.1018 | 11.0180 | 29.7249 |
| 12.0934 | 11.5104 | 31.1575 |
| 13.0863 | 12.0203 | 32.9812 |
| 14.0801 | 12.5283 | 34.5025 |
| 15.0748 | 13.0549 | 36.1199 |
| 16.0702 | 13.5406 | 37.7345 |
| 17.0661 | 14.0544 | 39.3471 |
| 18.0624 | 14.5496 | 40.9580 |
| 19.0591 | 15.0532 | 42.6672 |
| 20.0562 | 15.5563 | 44.4751 |
| 21.0535 | 16.0691 | 46.1823 |
| 22.0511 | 16.5616 | 47.9886 |
| 23.0489 | 17.0638 | 49.8940 |
| 24.0468 | 17.5657 | 51.6991 |
| 25.0450 | 18.0675 | 53.4040 |
| 26.0432 | 18.5691 | 55.1084 |
| 27.0416 | 19.0706 | 56.8124 |
| 28.0402 | 19.5220 | 58.5161 |
| 29.0388 | 20.0033 | 60.0198 |
| 30.0375 | 20.4744 | 61.4233 |
| 31.0363 | 20.8756 | 62.9264 |
| 32.0351 | 21.2766 | 64.4293 |
| 33.0341 | 21.6856 | 65.7321 |
| 34.0331 | 22.1285 | 67.0348 |
| 35.0321 | 22.5793 | 68.4372 |
| 36.0312 | 22.9801 | 69.9393 |
| 37.0304 | 23.3888 | 71.4413 |
| 38.0296 | 23.7815 | 72.9432 |
| 39.0288 | 24.1821 | 74.2451 |
| 40.0281 | 24.5827 | 75.5469 |

Tabella 2: Tempi di arrivo corretti

| Vp [m/s] | Vs [m/s] | g [kN/mc] | ni | G [MPa] | Ed [MPa] | E [MPa] | Ev [MPa] |
|-------------|-------------|--------------|--------|------------|-------------|------------|-------------|
| 487.23 | 240.37 | 21.95 | 0.3392 | 129.32 | 531.35 | 346.37 | 358.92 |
| 559.41 | 231.50 | 20.28 | 0.3967 | 110.83 | 647.15 | 309.59 | 499.38 |
| 742.00 | 278.18 | 20.36 | 0.4182 | 160.66 | 1143.05 | 455.70 | 928.84 |
| 921.06 | 344.06 | 20.78 | 0.4189 | 250.84 | 1797.63 | 711.83 | 1463.18 |
| 1098.54 | 330.49 | 20.41 | 0.4502 | 227.32 | 2511.62 | 659.32 | 2208.53 |
| 1296.18 | 481.95 | 21.52 | 0.4198 | 509.71 | 3686.82 | 1447.37 | 3007.21 |
| 1539.65 | 473.01 | 21.33 | 0.4479 | 486.64 | 5156.02 | 1409.21 | 4507.16 |
| 1576.54 | 458.91 | 21.13 | 0.4537 | 453.77 | 5355.36 | 1319.29 | 4750.34 |
| 1600.26 | 509.81 | 21.38 | 0.4435 | 566.64 | 5583.01 | 1635.89 | 4827.49 |
| 1616.03 | 571.72 | 21.67 | 0.4285 | 722.28 | 5770.81 | 2063.55 | 4807.78 |
| 1868.11 | 610.09 | 21.80 | 0.4403 | 827.42 | 7757.84 | 2383.47 | 6654.62 |
| 2030.87 | 698.03 | 22.14 | 0.433 | 1100.03 | 9311.53 | 3152.69 | 7844.82 |
| 1961.17 | 548.34 | 21.36 | 0.4576 | 654.91 | 8377.44 | 1909.19 | 7504.23 |
| 1968.50 | 657.33 | 21.87 | 0.4373 | 963.60 | 8641.70 | 2769.97 | 7356.90 |
| 1898.98 | 618.28 | 21.65 | 0.4407 | 843.93 | 7961.19 | 2431.70 | 6835.95 |
| 2058.89 | 619.35 | 21.61 | 0.4503 | 845.29 | 9341.15 | 2451.85 | 8214.10 |
| 1946.28 | 620.12 | 21.58 | 0.4435 | 846.22 | 8335.69 | 2443.04 | 7207.40 |
| 2019.39 | 620.77 | 21.55 | 0.4478 | 846.81 | 8961.22 | 2452.02 | 7832.13 |
| 1985.70 | 585.07 | 21.33 | 0.4525 | 744.54 | 8576.25 | 2162.89 | 7583.54 |
| 1987.68 | 553.13 | 21.12 | 0.458 | 658.91 | 8508.76 | 1921.38 | 7630.21 |
| 1950.08 | 585.75 | 21.27 | 0.4504 | 744.17 | 8248.06 | 2158.69 | 7255.83 |
| 2030.46 | 553.62 | 21.06 | 0.4598 | 658.21 | 8853.74 | 1921.71 | 7976.13 |
| 1991.23 | 524.82 | 20.85 | 0.4627 | 585.61 | 8430.01 | 1713.14 | 7649.20 |
| 1992.43 | 553.99 | 21.01 | 0.4581 | 657.52 | 8504.95 | 1917.46 | 7628.25 |
| 1992.83 | 586.55 | 21.18 | 0.4526 | 743.05 | 8577.21 | 2158.71 | 7586.48 |
| 1993.62 | 586.72 | 21.15 | 0.4526 | 742.42 | 8571.85 | 2156.88 | 7581.95 |
| 1994.01 | 586.85 | 21.13 | 0.4526 | 742.05 | 8567.09 | 2155.80 | 7577.69 |
| 2215.34 | 586.96 | 21.11 | 0.4623 | 741.63 | 10564.49 | 2168.97 | 9575.65 |
| 2077.71 | 665.03 | 21.49 | 0.4429 | 969.17 | 9459.88 | 2796.83 | 8167.66 |
| 2122.69 | 712.50 | 21.69 | 0.4365 | 1122.82 | 9965.80 | 3225.86 | 8468.71 |
| 2492.52 | 665.29 | 21.46 | 0.4616 | 968.57 | 13595.22 | 2831.32 | 12303.80 |
| 2493.77 | 665.38 | 21.44 | 0.4617 | 967.93 | 13596.18 | 2829.65 | 12305.61 |
| 2444.99 | 767.58 | 21.86 | 0.4453 | 1313.34 | 13325.50 | 3796.34 | 11574.39 |
| 2257.85 | 767.64 | 21.85 | 0.4347 | 1312.94 | 11358.50 | 3767.35 | 9607.91 |
| 2218.28 | 713.06 | 21.61 | 0.4424 | 1120.43 | 10843.43 | 3232.22 | 9349.52 |
| 2495.01 | 665.74 | 21.38 | 0.4617 | 966.27 | 13571.62 | 2824.79 | 12283.26 |
| 2446.79 | 665.78 | 21.37 | 0.46 | 965.93 | 13046.00 | 2820.52 | 11758.09 |
| 2546.47 | 665.82 | 21.35 | 0.4633 | 965.14 | 14117.39 | 2824.58 | 12830.53 |
| 2496.25 | 768.11 | 21.78 | 0.4477 | 1310.34 | 13839.28 | 3793.96 | 12092.16 |
| 2496.25 | 768.17 | 21.77 | 0.4477 | 1309.94 | 13832.92 | 3792.80 | 12086.33 |

Tabella 3: Valori dei moduli elastici

Metodo diretto

Profondità di riferimento: 30 m
VS,30: 488,45 m/s

| Profondità [m] | Vp medio [m/s] | Vs medio [m/s] | g medio [kN/mc] | ni medio | G medio [MPa] | Ed medio [MPa] | E medio [MPa] | Ev medio [MPa] |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| 3 | 578.03 | 248.55 | 19.76 | 0.39 | 124.48 | 673.24 | 345.2 | 507.27 |
| 4.92 | 1000 | 336.84 | 21.29 | 0.44 | 246.29 | 2170.7 | 707.36 | 1842.31 |
| 6.62 | 1360 | 469.61 | 22.38 | 0.43 | 503.39 | 4221.87 | 1442.03 | 3550.68 |
| 10.12 | 1598.17 | 507.98 | 22.01 | 0.44 | 579.24 | 5733.34 | 1672.62 | 4961.02 |
| 19.8 | 1971.49 | 611.5 | 21.86 | 0.45 | 833.44 | 8663.11 | 2411.61 | 7551.85 |
| 26.89 | 1991.57 | 566.75 | 21.83 | 0.46 | 715.06 | 8829.98 | 2082.18 | 7876.56 |
| 30.15 | 2158.94 | 648.11 | 22.72 | 0.45 | 972.99 | 10796.71 | 2822.61 | 9499.39 |
| 36.52 | 2394.74 | 702.32 | 22.5 | 0.45 | 1131.56 | 13156.18 | 3288.2 | 11647.43 |
| 40.00 | 2525.18 | 726.71 | 22.94 | 0.45 | 1235.55 | 14918.48 | 3595.08 | 13271.08 |

Tabella 4: Sismostrati e relativi valori dei moduli dinamici

Per l'interpretazione della prova è stato applicato il metodo diretto, ricavando dai dati in tabella 2 il grafico tcorr - z (fig.5) in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali.

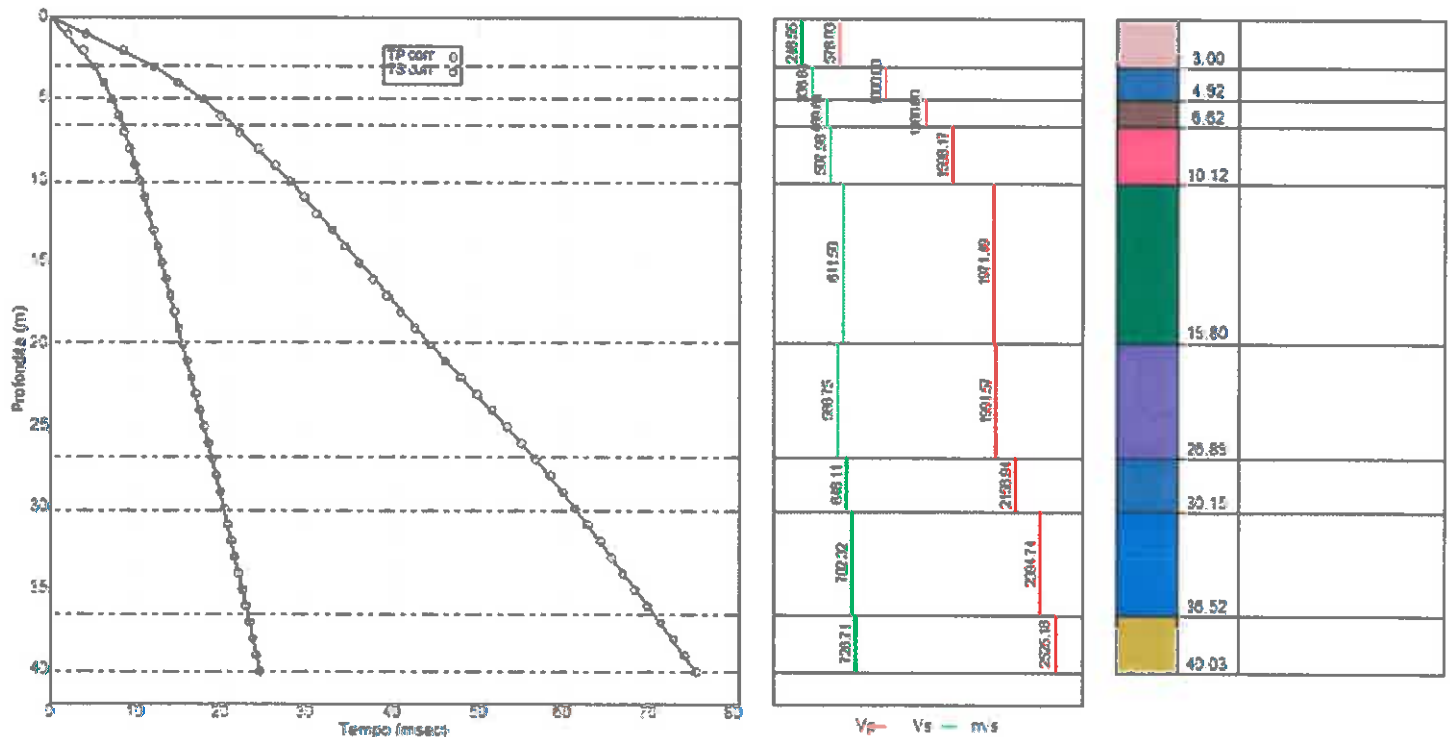


Fig.5 Dromocrone tempi corretti-profondità, profilo di velocità e colonna sismostratigrafica ricavate con metodo diretto

| | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|
|  <small>S.p.A.</small> <small>ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE</small> <small>CF - Icr C.C.I.A.A. di Callianisetta: 01754820874</small> <small>P.L.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

Il risultato dell'interpretazione ha restituito un modello a 11 sismostrati avente le seguenti caratteristiche in termini di velocità media delle onde P ed S e di stima dei parametri geotecnici medi (Tab.2):

Dove:

g = peso di volume;

ni= Coefficiente di Poisson;

G = modulo di deformazione di taglio;

Ed = modulo di compressibilità edometrica;

E = modulo di Young;

Ev = modulo di compressibilità volumetrica.

In ottemperanza alle "Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018" la classificazione del sito può essere ottenuta sulla base del valore "Vs, eq" (velocità media equivalente delle onde di taglio con substrato rigido presente entro i primi 30,0m), o "Vs 30" (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m con substrato rigido > di 30,0m di profondità) utilizzando la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

hi=spessore dell'i-esimo strato;

Vs,i=velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N=numero strati;

H=profondità del substrato rigido (Bed Rock) < d 30,0 m caratterizzato da velocità non inferiore a 800,00 m/s; o H =30,0 m nel caso in cui il substrato rigido sia a profondità maggiori di 30,0 m.

Da quanto sopra esposto, si è calcolato a partire da - 0,0 m dal piano di campagna, un valore di velocità di Vs eq = 488,45 m/s tenendo conto di una profondità del substrato rigido H > 30 m, per un totale di 9 strati presenti nel "modello sismostratigrafico" ottenuti mediante il "Metodo diretto". Tale modello sismostratigrafico, è stato discretizzato mediante il fitting tra la curva di calcolo e quella sperimentale di campagna, ovvero le "Dromocrone". Ogni variazione di pendenza di tale curva, indica un cambiamento di propagazione di velocità delle onde di volume, che può essere attribuito ad una variazione dello stato di addensamento dei materiali e/o ad un cambio litologico. Quindi ai fini della definizione della azione sismica di progetto, la categoria di suolo relativamente al piano di fondazione dell'opera in progetto è la "B" e cioè: *"rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"* così come previsto dalla normativa sopra menzionata.



| | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

Si riporta infine una stima dell'andamento in profondità dei parametri geotecnici ottenuti applicando il metodo intervallo.

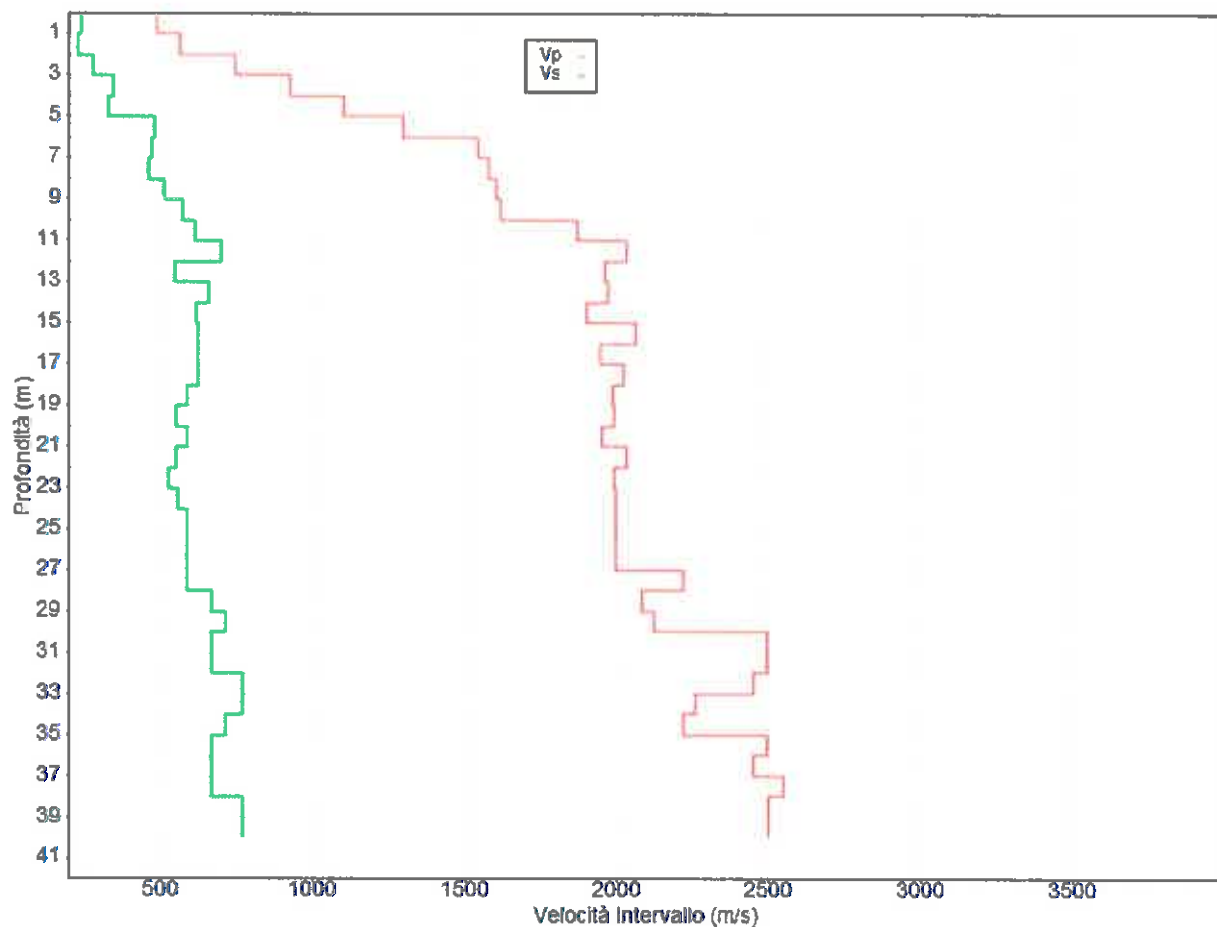


Fig 6: Profilo velocità di intervallo

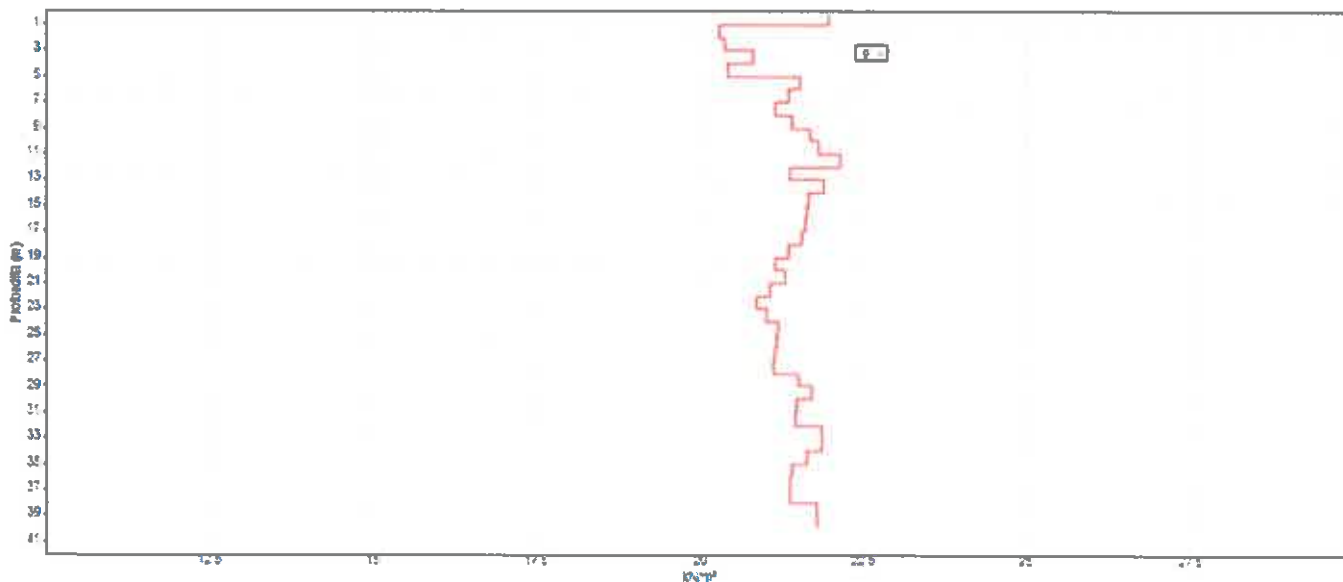


Fig.7 Andamento in profondità del peso di volume



| | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

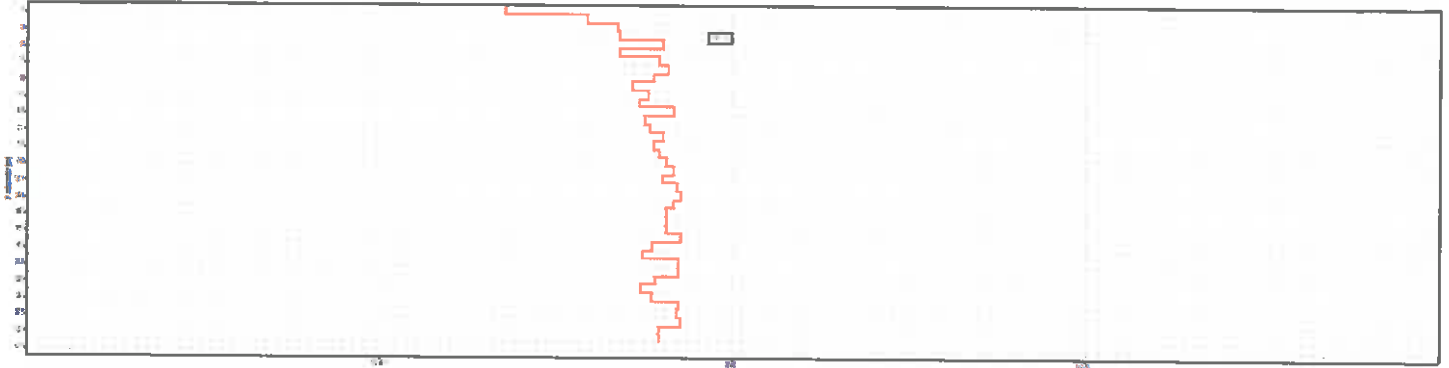


Fig.8 Andamento in profondità del Coefficiente di Poisson

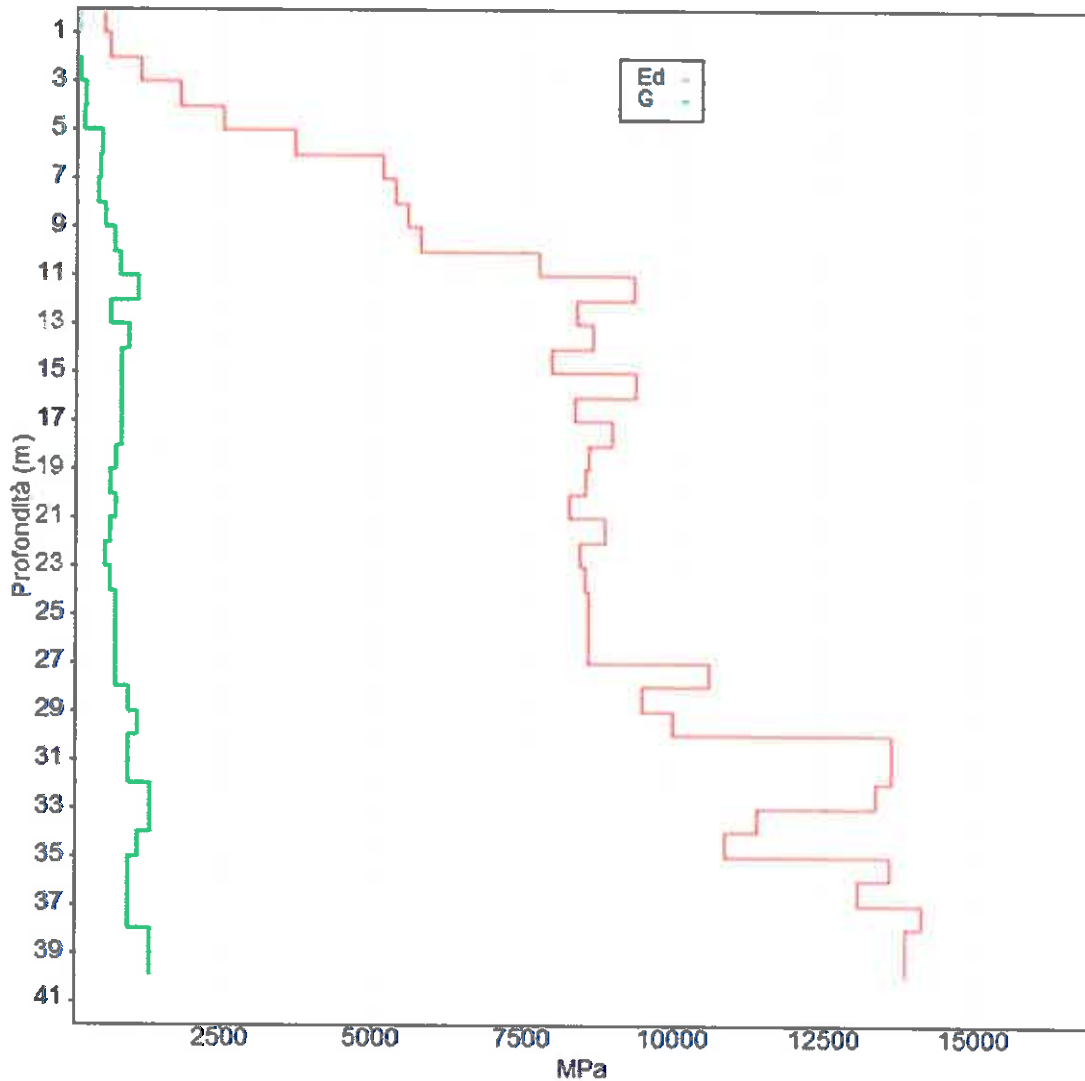


Fig.9 Andamento in profondità del modulo di taglio G e del modulo edometrico Ed



| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| Data prova | 04/06/2020 |

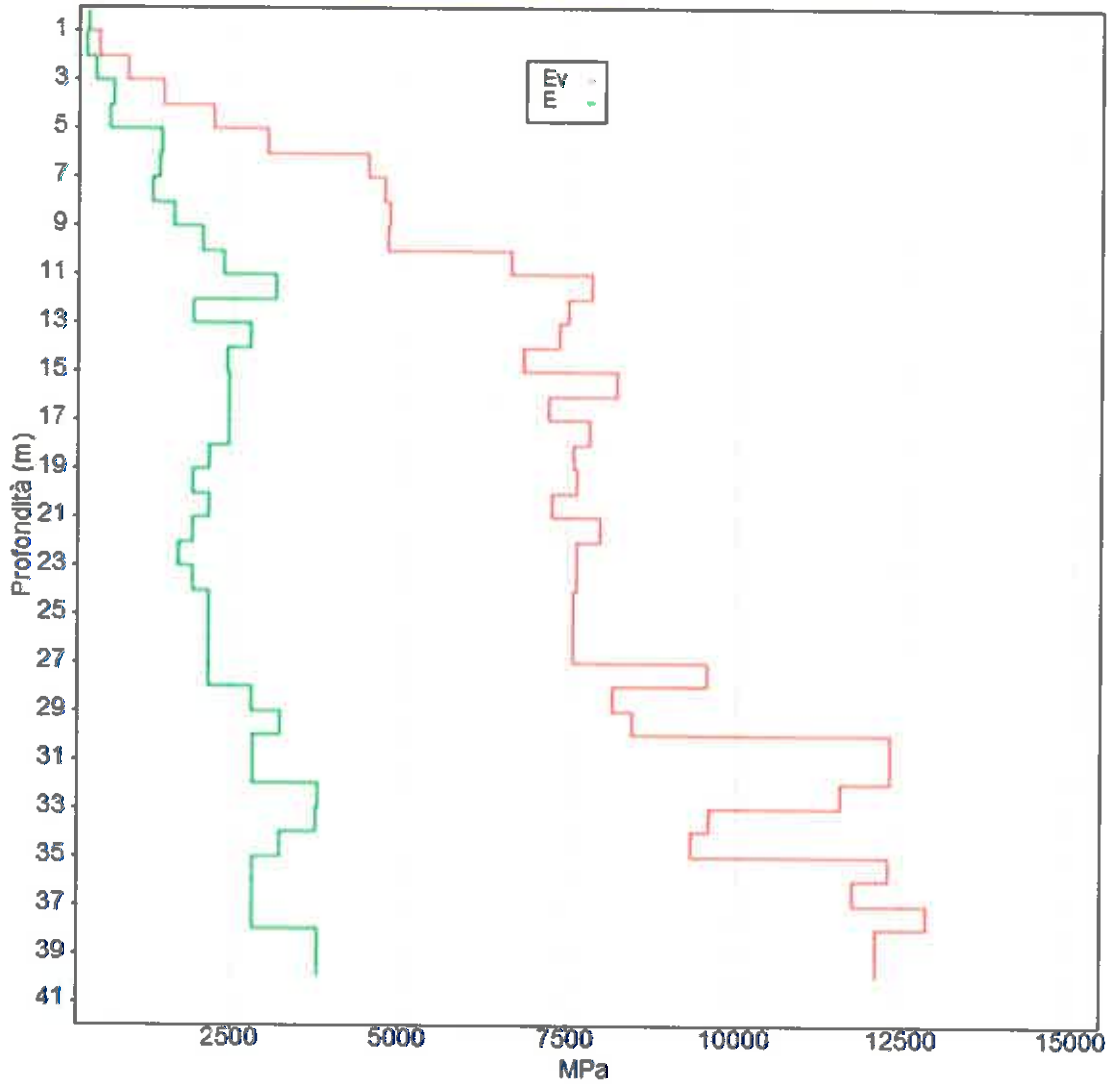


Fig.9 Andamento in profondità del modulo di Young E e del modulo di compressibilità Ev

| | | | |
|--|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|  <small>S.P.A.</small> <small>ISTITUTO DI RICERCA • SPERIMENTAZIONE</small> <small>CF - Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 119 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | 04/06/2020 |

4. CONCLUSIONI

La risultanza della prova Down-Hole, mediante il calcolo dei valori di velocità delle onde longitudinali (V_p) e trasversali (V_s) e dei relativi parametri geotecnici, ha permesso di caratterizzare e quantificare l'aspetto sismico dei terreni oggetto di studio. Dalla interpretazione della prova sismica in foro con metodo diretto è emerso un modello a n°9 sismostrati, dove è stata eseguita una caratterizzazione geofisica delle principali caratteristiche fisiche, quali la velocità di attraversamento delle onde P ed S con i relativi valori dei moduli elastici dinamici riferiti a terreni soggetti a sollecitazioni di tipo sismico. Inoltre, sono stati stimati i parametri geotecnici medi applicando il metodo pseudo-intervallo, e cioè per orizzonti aventi spessore di 1,0 m a partire dal piano di campagna, fino alla profondità di fine sondaggio.

In osservanza al Nuovo NTC di cui al D.M. del 17 Gennaio 2018, ai fini dell'azione sismica di progetto, la stima del valore del V_s eq. ($H > 30$ m), relativamente all'area in studio, risulta essere di **488,33 m/s**, calcolato dal piano di campagna, ne consegue che la categoria di suolo attribuibile al settore in studio risulta essere la "B" e cioè *"rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"* così come previsto dalla normativa sopra menzionata.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 - Esecuzione della prova geofisica Down-Hole



S.r.l.
Istituto di Ricerca e Sperimentazione

P.I.V.A.: 01479620856
C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874
Capitale Sociale: € 102.774,92 i.v.



Timbro a secco

Laboratorio: Via Libero Grassi,7
(Area Industriale Calderaro)
C.P. 287 - 93100 Caltanissetta
Tel.: 0934565012
Fax.: 0934575422
e-mail: info@sidercem.it
pec: sidercem@legalmail.it
web: www.sidercem.it



Enel Produzione S.p.A.

**Centrale di Termini Imerese (PA)
Progetto sostituzione gruppi
Turbogas TI 42 e TI 53**

Committente/Richiedente

Enel Produzione S.p.A.

Contratto

n.4500089233 del 22/04/2020

Centrale Termoelettrica "Ettore Majorana"



A Stratigrafie sondaggi c.c.

B Indagini geofisiche: MASW

C Indagini geofisiche: Down-hole

D Indagini geofisiche: HVSR

E Documentazione fotografica

| Prott. NN° | Rev. | Periodo di indagine | Data Emissione | Redazione (RS) | Verifica (VRSQ) | Approvazione (RSQ) |
|---------------------------|------|---------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| C-GEO-A 664 C-GFS-A 86 | 0 | Dal 06/05/2020 al 04/06/2020 | 10/06/2020 | dot. geol. Marco Pirrone | dot. geol. Salvatore Ranta | dot. ing. Vincenzo Arena |

Il presente documento è autenticato dalla Sidercem s.r.l. mediante l'apposizione del timbro a secco visibile in alto. In assenza, originali e copie sono da ritenersi contraffatte. E' vietata la riproduzione anche parziale, senza l'autorizzazione.

| | | | |
|---|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
|  <small>S.p.A.</small> ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE <small>C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Catanzaro: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 014/9620856 Capitale Sociale: € 102.774.921 v.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

“Relazione sull’indagine geofisica HV/SR”

1.0 PREMESSA

Sono state eseguite n°3 misure di tipo HV/SR a supporto del:

Progetto di sostituzione dei gruppi Turbogas T1 42 e T1 53 della Centrale di Termini Imerese

Nel particolare si hanno le seguenti caratteristiche per le indagini svolte:

Misura Tromometriche di rumore sismico ambientale (Metodo Nakamura)

| Misura Tromometrica | Durata registrazione (min) | Frequenza campionamento (Hz) |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|
| T1 | 30:00 | 156,00 |
| T2 | 30:00 | 156,00 |
| T3 | 30:00 | 156,00 |

Si riporta di seguito l’ubicazione dell’indagine geofisica effettuata (v. Figure 1.0.a e 1.0.b)



Figura 1.0.a: Ubicazione dell’indagine geofisica



| | |
|------------------------------------|---|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

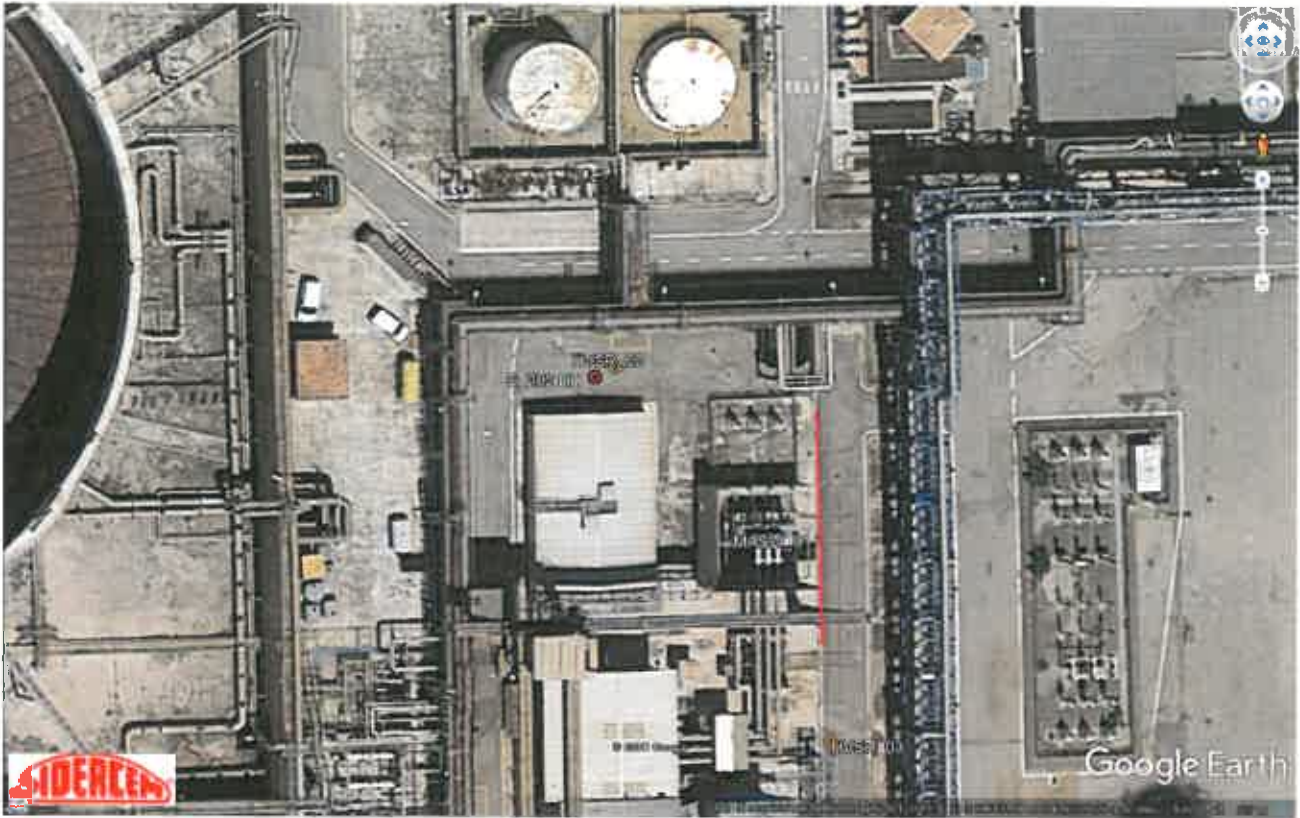



Figura 1.0.b: Ubicazione dell'indagine geofisica



Figura 1.0.c: Ubicazione dell'indagine geofisica

| | | | |
|---|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|
|  <small>S.p.A.</small> <small>ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE</small> <small>C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Colfani settore 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale € 102.774.921,00</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

2.0 DESCRIZIONE E FINALITA' DELLE MISURE DI MICROTREMORE AMBIENTALE

Le “indagini tromometriche” realizzate avvalendosi del metodo sismico che utilizza l’acquisizione del “rumore sismico” di fondo come funzione di eccitazione hanno riferimento a “Kanai” (1957). Successivamente, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l’informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell’uso è quella dei “rapporti spettrali” tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (“Horizontal to Vertical Spectral Ratio”, HVSr o H/V), proposta da “Nogoshi e Igarashi” (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della “frequenza fondamentale di risonanza” del sottosuolo (“Field e Jacob”, 1993; “Lachet e Bard”, 1994; “Lermo e Chavez-Garcia”, 1993, 1994; “Bard”, 1998; “Ibsvon Seht e Wohlenberg”, 1999; “Fah et al.”, 2001; solo per citarne alcune).

La “frequenza fondamentale di risonanza” (f_r) dello strato i -esimo relativa alle onde S è pari a: $f_r = V_{si\text{-esimo}}/4H$.

L’analisi H/V permette pertanto di identificare i “contrast di impedenza” tra strati, la successiva determinazione della velocità delle “onde S” fino a profondità notevoli (ben oltre i 100 m di profondità) e strettamente dipendenti dallo spazio temporale di acquisizione;

Le misure di “microtremore ambientale” sono state effettuate per mezzo di un sismografo ECHO 12-24/2002 della “Ambrogeo” a 24 bit dove è stato collegato un geofono a tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente ad una frequenza propria di 4,5 Hz. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 156 Hz e per una finestra temporale di 30 minuti.

3. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE DI MICROTREMORE AMBIENTALE

L’elaborazione dei dati consiste nell’ analizzare le singole tracce sismiche, al fine di poter definire la stima della frequenza fondamentale di risonanza del correlate a importanti discontinuità sismostratigrafiche. Per il processing è stato utilizzato il software Geopsy 2.9.1, dove nel calcolo della curva spettrale HVSr, mediante un foglio di calcolo dedicato vengono calcolati i criteri di “Attendibilità della curva HVSr” e di “Validità del picco”, con i relativi parametri di qualità secondo le linee guida del progetto europeo SESAME.

E’ bene precisare che il rispetto dei criteri SESAME, non implica necessariamente che il risultato sia coerente alla situazione reale, così come quando non viene rispettato non pregiudica

| | | | |
|--|-----------------------|------------------------------------|---|
|  <small>s.r.l.</small> ISTITUTO DI RICERCA & SPERIMENTAZIONE <small>C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. di Collaniseffa: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774,92 i.l.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

una errata acquisizione e interpretazione, come nel caso di un terreno compatto e omogeneo che non dà luogo a fenomeni di amplificazione, a causa di un basso contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Infatti potrebbe verificarsi, di ottenere una curva HVSR affidabile, con picchi di frequenza poco chiari.

In ogni caso, la verifica del rispetto di questi criteri, si rivela spesso utile per determinare se l'indagine risulta rilevante secondo dei criteri geofisici.

RISULTATI MISURA TROMOGRAFICA T1

| Name | Component | Time Reference | T0 (s) | End Time (s) | Samp Freq (Hz) | Delta T | N Samples |
|------|-----------|------------------|--------|--------------|----------------|-----------|-----------|
| STA | Vertical | 28/05/2020 00:00 | 3h57m | 4h17m | 156 | 0.0064103 | 187200 |
| STA | North | 28/05/2020 00:00 | 3h57m | 4h17m | 156 | 0.0064103 | 187200 |
| STA | East | 28/05/2020 00:00 | 3h57m | 4h17m | 156 | 0.0064103 | 187200 |

Tab.1 Parametri di acquisizione Stazione T1

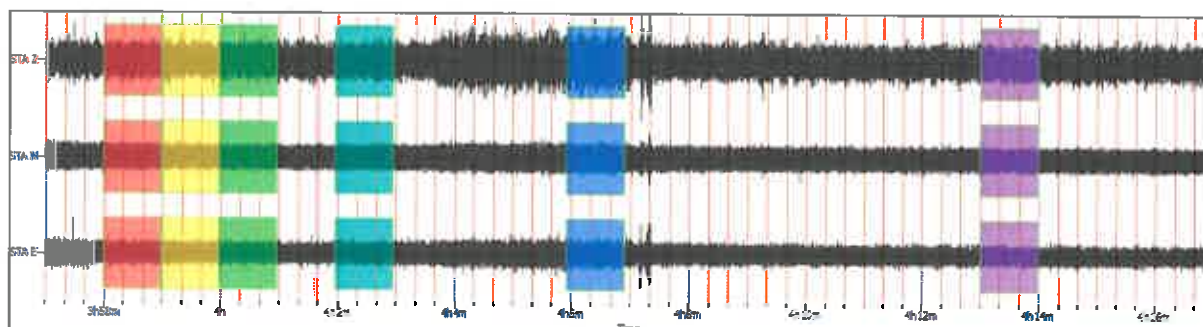


Fig.1 Sotto-finestre di rumore ambientale di 60 secondi utilizzate per il calcolo del rapporto HVSR opportunatamente filtrate e ripulite dai transienti



| | |
|------------------------------------|---|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

SONDAGGIO TROMOMETRICO T1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

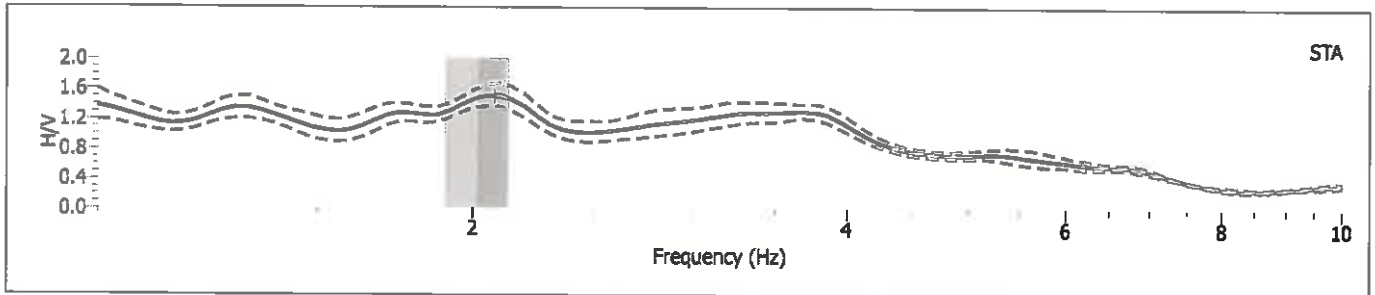


Fig.2 Spettro H/V stazione di misura T1-Frequenza di sito 2,02 Hz

| |
|---|
| Frequenza caratteristica all'interno del range 0-10 Hz di interesse ingegneristico |
| 2,02 Hz |

| Window length l_w [s] | Number of windows n_w | Number of significant cycles n_c | Frequency statistics from individual windows | | | | Grado del contrasto di impedenza sismica |
|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|--|-----------------|-------|-----------------|--|
| | | | f_0 [Hz] | σ_f [Hz] | A_0 | $\sigma_A(f_0)$ | |
| 60.00 | 6 | 727 | 2.020 | 0.12 | 1.48 | 1.09 | BASSO |

| Criteri per una curva H/V affidabile | | | | | |
|--|--|--------|-------|--------|----|
| [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti] | | | | | |
| $f_0 > 10/L_w$ | 2.020 | > | 0.167 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 727 | > | 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 61 | | | OK | |
| Criteri per un picco H/V chiaro | | | | | |
| [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | | | |
| Amplitude conditions | Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$ | | | NO | |
| | Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$ | | | OK | |
| | $A_0 > 2$ | 1.4822 | < | 2 | NO |
| Stability conditions | $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | | | OK | |
| | $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.1189 | > | 0.1010 | NO |
| | $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.0877 | < | 1.5800 | OK |

Tab.2 Tabella con i parametri di qualità secondo le linee guida del progetto SESAME

| | | | | | |
|---|---|------------|------------|------------|------------|
| <p>Criteria for a reliable H/V curve</p> <p>I) $f_0 > 10 / l_w$ and</p> <p>II) $n_c(f_0) > 200$ and</p> <p>III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ OR $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$</p> | <ul style="list-style-type: none"> l_w = window length n_w = number of windows selected for the average H/V curve $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ = number of significant cycles f = current frequency f_{sensor} = sensor cut-off frequency f_0 = H/V peak frequency σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$) $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0 $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f f = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f) < A_0/2$ f^* = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$ $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ $V_{s, \text{ave}}$ = average S-wave velocity of the total deposits $V_{s, \text{surf}}$ = S-wave velocity of the surface layer h = depth to bedrock h_{min} = lower-bound estimate of h | | | | |
| <p>Criteria for a clear H/V peak (at least 5 out of 6 criteria fulfilled)</p> <p>i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] A_{H/V}(f) < A_0/2$</p> <p>ii) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] A_{H/V}(f^*) < A_0/2$</p> <p>iii) $A_0 > 2$</p> <p>iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$</p> <p>v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$</p> <p>vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$</p> | | | | | |
| Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
| Frequency range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | 0.25 f_0 | 0.20 f_0 | 0.15 f_0 | 0.10 f_0 | 0.05 f_0 |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |



| | |
|------------------------------------|---|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

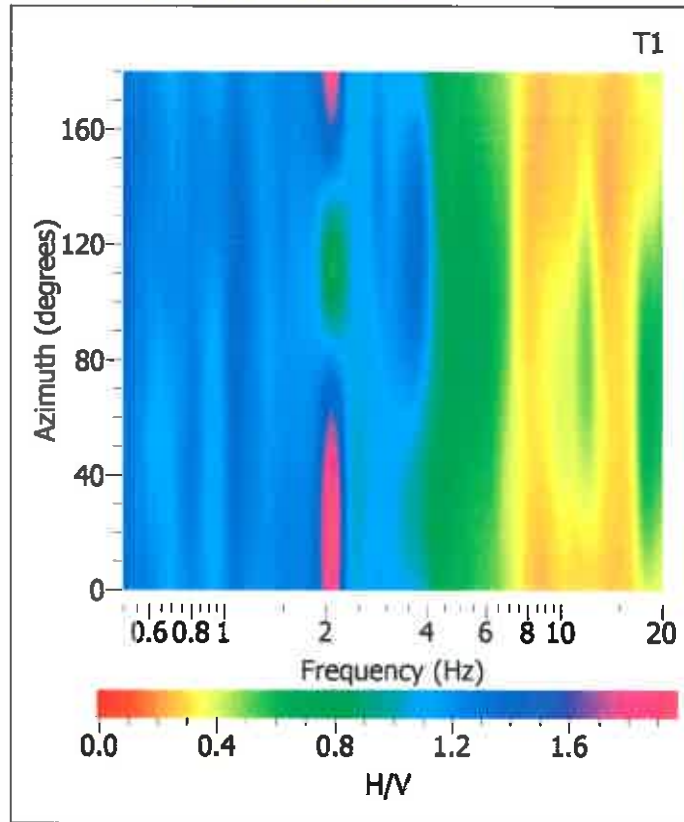


Fig.3 Grafico di direzionalità del rapporto HVSR- Stazione T1

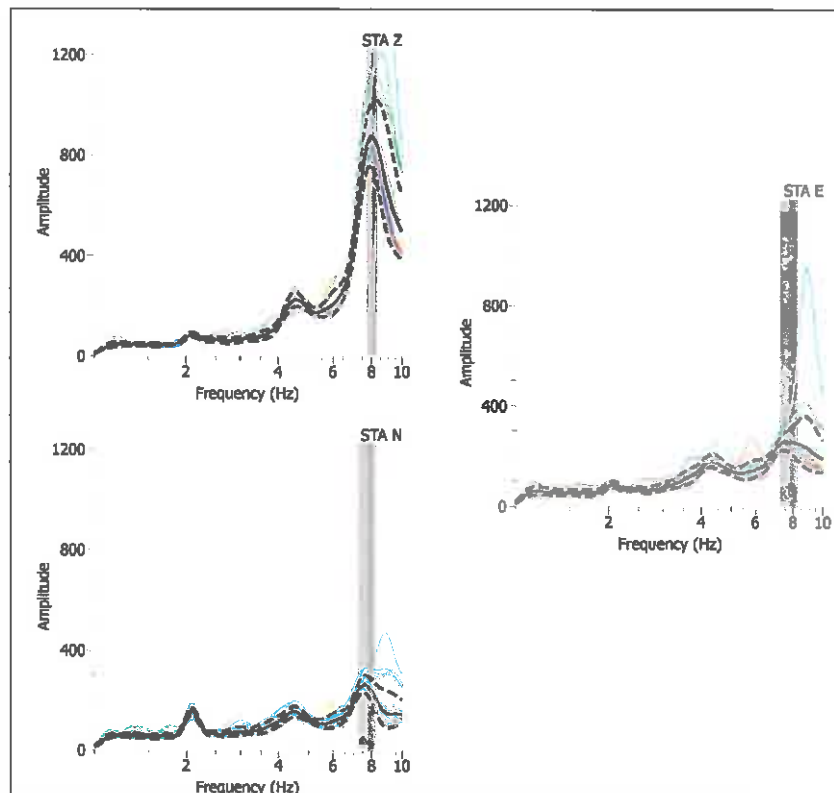


Fig.4 Curve spettrali per ogni singola direzione di misura-Stazione T1

E' vietata la riproduzione anche parziale del presente certificato, senza l'autorizzazione.

| | | | |
|---|----------------|------------------------------------|---|
|  <p>SIDERCEM S.p.A. ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE C.F. - Iscr C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874 P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.92 i.</p> | Timbro a secco | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

RISULTATI MISURA TROMOGRAFICA T2

| Name | Component | Time Reference | T0 (s) | End Time (s) | Samp Freq (Hz) | Delta T | N Samples |
|------|-----------|------------------|--------|------------------|----------------|-----------|-----------|
| STA | Vertical | 07/05/2020 00:00 | 12h6m | 12h35m34.794872s | 156 | 0.0064103 | 276868 |
| STA | North | 07/05/2020 00:00 | 12h6m | 12h35m34.794872s | 156 | 0.0064103 | 276868 |
| STA | East | 07/05/2020 00:00 | 12h6m | 12h35m34.794872s | 156 | 0.0064103 | 276868 |

Tab.3 Parametri di acquisizione Stazione T2

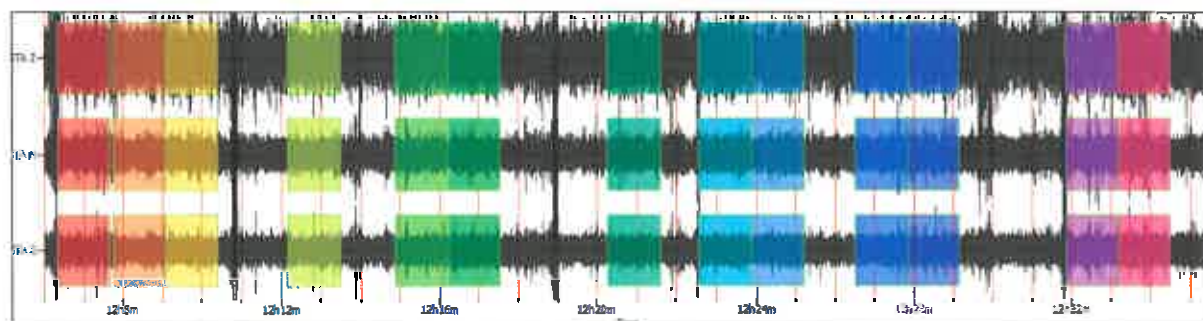


Fig.5 Sotto-finestre di rumore ambientale di 80 secondi utilizzate per il calcolo del rapporto HVSr opportunamente filtrate e ripulite dai transienti

SONDAGGIO TROMOMETRICO T2

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

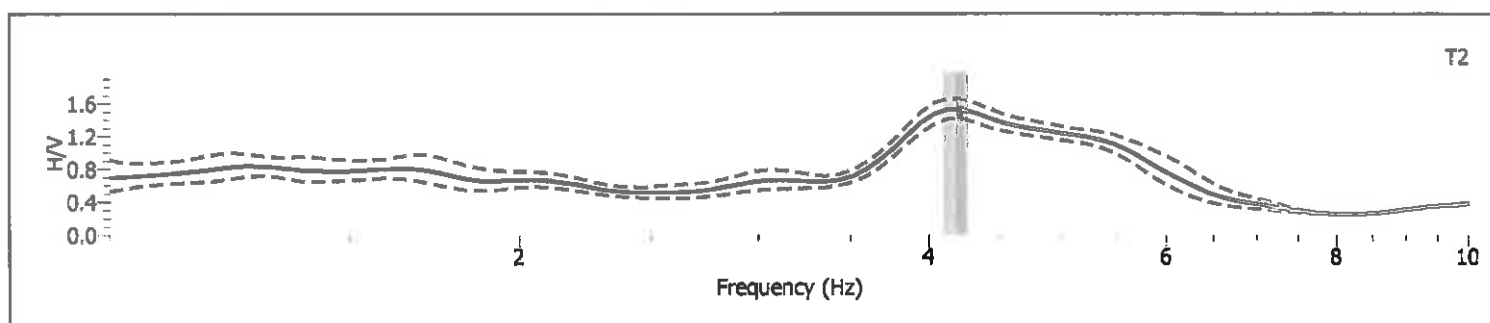


Fig.6 Spettro H/V stazione di misura T2-Frequenza di sito 4,185 Hz

Frequenza caratteristica di sito all'interno del range 0-10 Hz di interesse ingegneristico

4,185 Hz

| | | | |
|--|-----------------------|--------------------------------|---|
|  <small>S.p.A.</small> <small>ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE</small> <small>C.F. - Iscr C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.921 i.v.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

| Window length l_w [s] | Number of windows n_w | Number of significant cycles n_c | Frequency statistics from individual windows | | | | Grado del contrasto di impedenza sismica |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|--|-----------------|-------|-----------------|--|
| | | | f_0 [Hz] | σ_f [Hz] | A_0 | $\sigma_A(f_0)$ | |
| 80.00 | 13 | 4352 | 4.185 | 0.08 | 1.53 | 1.08 | BASSO |

| Criteri per una curva H/V affidabile | | | | | |
|--|--|--------|-------|--------|----|
| [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti] | | | | | |
| $f_0 > 10/L_w$ | 4.185 | > | 0.125 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 4352 | > | 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 61 | | | OK | |
| Criteri per un picco H/V chiaro | | | | | |
| [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | | | |
| Amplitude conditions | Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$ | | | OK | |
| | Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | | | OK | |
| | $A_0 > 2$ | 1.5275 | < | 2 | NO |
| Stability conditions | $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | | | OK | |
| | $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.0849 | < | 0.2092 | OK |
| | $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.0814 | < | 1.5800 | OK |

Tab.4 Tabella con i parametri di qualità secondo le linee guida del progetto SESAME



| | |
|----------------------------|---------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

Criteria for a reliable H/V curve

**I) $f_0 > 10 / l_w$
and**

**II) $n_c(f_0) > 200$
and**

**III) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz
OR $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz**

**Criteria for a clear H/V peak
(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)**

i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$

II) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$

III) $A_0 > 2$

IV) $f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] \approx f_0 \pm 5\%$

V) $\sigma_f < s(f_0)$

VI) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

- l_w = window length
- n_w = number of windows selected for the average H/V curve
- $n_c = l_w \cdot n_w$, f_0 = number of significant cycles
- f = current frequency
- f_{sensor} = sensor cut-off frequency
- f_0 = H/V peak frequency
- σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$)
- $\epsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
- A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0
- $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f
- f = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f) < A_0/2$
- f^* = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
- $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
- $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve
- $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
- $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits
- $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer
- h = depth to bedrock
- h_{min} = lower-bound estimate of h

| Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|
| Frequency range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\epsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.20 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |



| | |
|--------------------------------|---|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

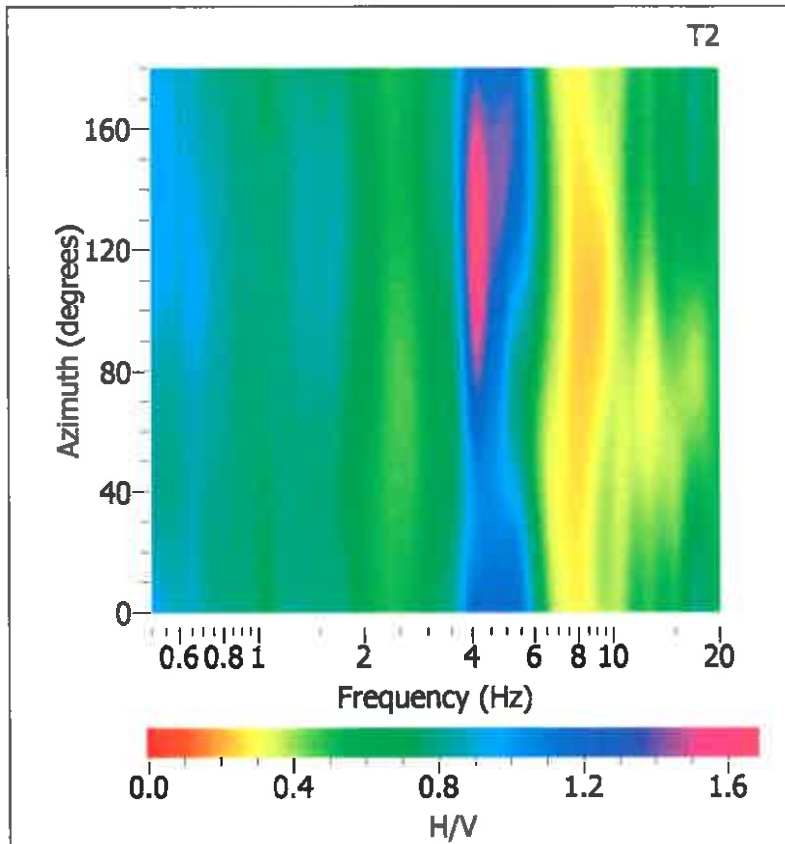


Fig.7 Grafico di direzionalità del rapporto HVSR- Stazione T2

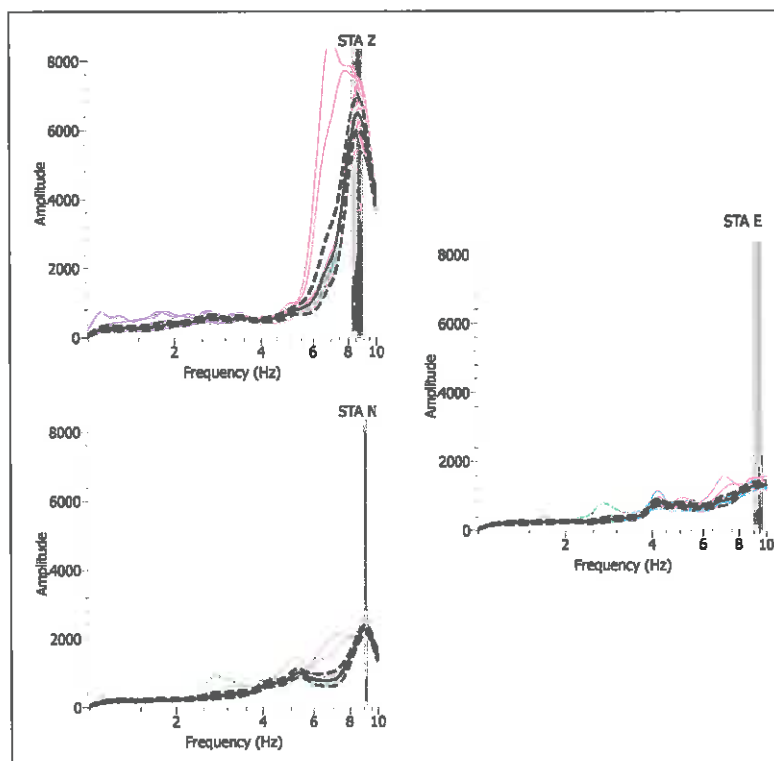


Fig.8 Curve spettrali per ogni singola direzione di misura-Stazione T2



| | |
|-------------------------|------------------------------|
| Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

RISULTATI MISURA TROMOGRAFICA T3

| Name | Component | Time Reference | T0 (s) | End Time (s) | Samp Freq (Hz) | Delta T | N Samples |
|------|-----------|------------------|--------|--------------|----------------|-----------|-----------|
| STA | Vertical | 28/05/2020 00:00 | 5h2m | 5h22m | 156 | 0.0064103 | 187200 |
| STA | North | 28/05/2020 00:00 | 5h2m | 5h22m | 156 | 0.0064103 | 187200 |
| STA | East | 28/05/2020 00:00 | 5h2m | 5h22m | 156 | 0.0064103 | 187200 |

Tab.5 Parametri di acquisizione Stazione T3

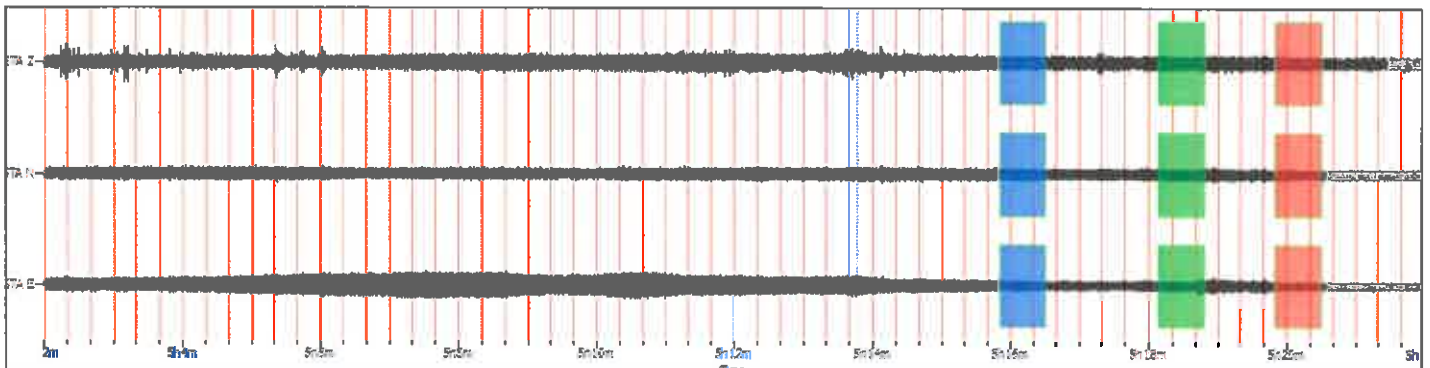


Fig.9 Sotto-finestre di rumore ambientale di 40 secondi utilizzate per il calcolo del rapporto HVSr opportunamente filtrate e ripulite dai transienti

SONDAGGIO TROMOMETRICO T1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

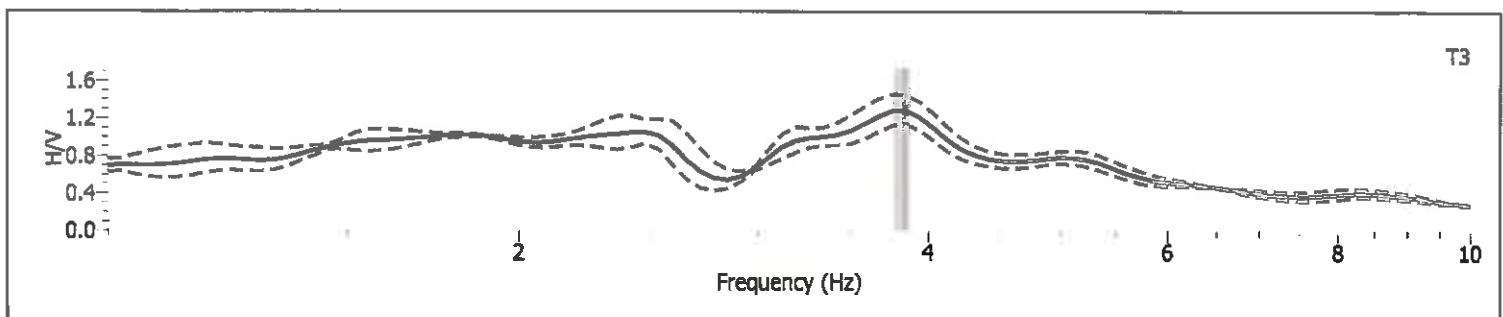


Fig.10 Spettro H/V stazione di misura T3-Frequenza di sito 3,824 Hz

Frequenza caratteristica all'interno del range 0-10 Hz di interesse ingegneristico

3,824 Hz

| | | | |
|---|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
|  <small>S.I.R.L. ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE</small> <small>C.F. - Iscr.C.C.I.A.A. di Cagliari 01754820874</small> <small>P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.92 I.</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

| Window length l_w [s] | Number of windows n_w | Number of significant cycles n_c | Frequency statistics from individual windows | | | | Grado del contrasto di impedenza sismica |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|--|-----------------|-------|-----------------|--|
| | | | f_0 [Hz] | σ_f [Hz] | A_0 | $\sigma_A(f_0)$ | |
| 40.00 | 3 | 459 | 3.824 | 0.05 | 1.28 | 1.13 | BASSO |

| Criteri per una curva H/V affidabile | | | | | |
|--|--|--------|-------|--------|----|
| [Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti] | | | | | |
| $f_0 > 10/L_w$ | 3.824 | > | 0.250 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 459 | > | 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 61 | | | OK | |
| Criteri per un picco H/V chiaro | | | | | |
| [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | | | |
| Amplitude conditions | Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$ | | | OK | |
| | Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | | | OK | |
| | $A_0 > 2$ | 1.2784 | < | 2 | NO |
| Stability conditions | $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | | | OK | |
| | $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.0512 | < | 0.1912 | OK |
| | $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 1.1327 | < | 1.5800 | OK |

Tab.6 Tabella con i parametri di qualità secondo le linee guida del progetto SESAME

Criteria for a reliable H/V curve

- i) $f_0 > 10 / l_w$
and
- ii) $n_c(f_0) > 200$
and
- iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$
OR $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$

**Criteria for a clear H/V peak
(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)**

- i) $\exists \Gamma \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(\Gamma) < A_0/2$
- ii) $\exists \Gamma' \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(\Gamma') < A_0/2$
- iii) $A_0 > 2$
- iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$
- v) $\sigma_1 < \varepsilon(f_0)$
- vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

- l_w = window length
- n_w = number of windows selected for the average H/V curve
- $n_s = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ = number of significant cycles
- f = current frequency
- f_{sensor} = sensor cut-off frequency
- f_0 = H/V peak frequency
- σ_1 = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_1$)
- $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_1 < \varepsilon(f_0)$
- A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0
- $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f
- Γ = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(\Gamma) < A_0/2$
- Γ' = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(\Gamma') < A_0/2$
- $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$. $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
- $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve. $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve
- $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
- $V_{S,AV}$ = average S-wave velocity of the total deposits
- $V_{S,SL}$ = S-wave velocity of the surface layer
- h = depth to bedrock
- h_{min} = lower-bound estimate of h

Threshold Values for σ_1 and $\sigma_A(f_0)$

| Frequency range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.20 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |



Protocollo
accettazione

C-GFS-A 96
del 27/05/2020

Certificato

C-GFS-C 113
del 27/05/2020

Data prova

dal 07/05/2020
al 25/05/2020

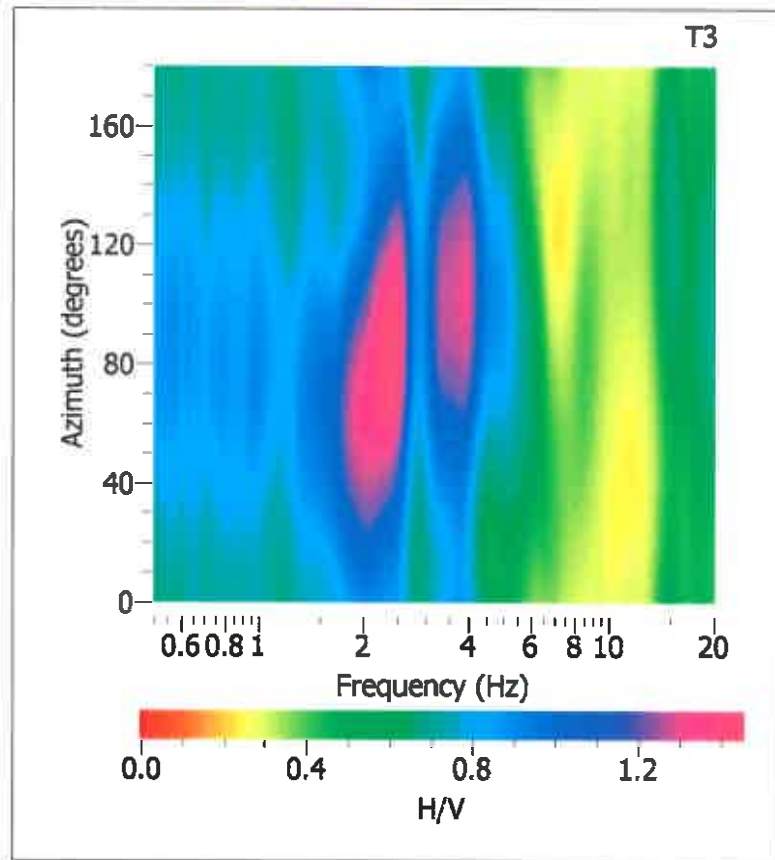


Fig.11 Grafico di direzionalità del rapporto HVSR- Stazione T3

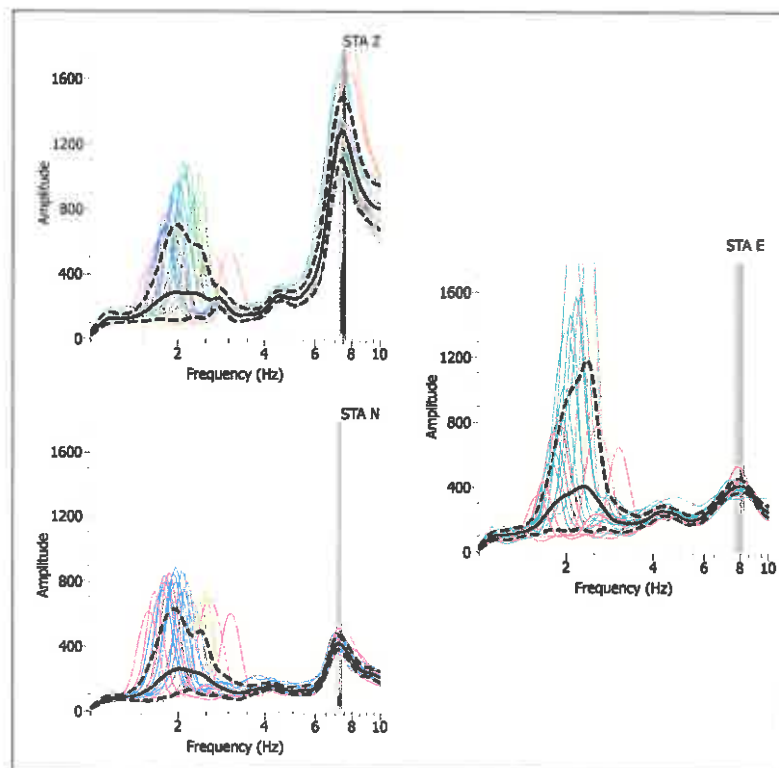


Fig.12 Curve spettrali per ogni singola direzione di misura-Stazione T3

| | | | |
|--|-----------------------|------------------------------------|---|
|  <small>S.p.A. ISTITUTO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE C.F. - Iscr. C.C.I.A.A. di Caltanissetta: 01754820874 P.I.V.A.: 01479620856 Capitale Sociale: € 102.774.921,00</small> | <i>Timbro a secco</i> | Protocollo accettazione | C-GFS-A 96 del 27/05/2020 |
| | | Certificato | C-GFS-C 113 del 27/05/2020 |
| | | Data prova | dal 07/05/2020 al 25/05/2020 |

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La risultanza della misura di rumore ambientale ha consentito di caratterizzare le frequenze fondamentali di sito all'interno di un range di frequenze di interesse ingegneristico che risultano comprese tra 0 e 10 Hz. I risultati ottenuti dalle misure del *noise* ambientale, evidenziano degli evidenti picchi nel rapporto spettrale HVSR in corrispondenza della frequenza di 2,02 Hz (misura T1), di 4,185 Hz (misura T2) e di 3,824 Hz (misura T3). Da premettere che la curva H/V nella prova T1, secondo i criteri SESAME risulta affidabile ma non rispetta i criteri per un picco chiaro. Questo da imputare verosimilmente alla presenza di bassi contrasti di impedenza sismica in profondità. Pertanto, per le misure delle stazioni T2 e T3, che risultano verificate sia come curva H/V che come chiarezza di picco, si possono stimare dei contrasti di impedenza sismica ubicati rispettivamente a circa 26,0 m e 30,0 m di profondità. Tale stima deriva dall'assunzione di un modello 1D, applicando la seguente equazione monodimensionale:

$$f_0 = V_s / 4H$$

con:

f_0 = frequenza fondamentale del sito

V_s = velocità media delle onda S a partire dal p.c. e fino al substrato rigido

H = profondità del substrato rigido rispetto al p.c.

Documentazione Fotografica



Foto n.1-Stazione di Acquisizione microtremore



Enel Produzione S.p.A.

Centrale di Termini Imerese (PA) Progetto sostituzione gruppi Turbogas TI 42 e TI 53

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Committente/Richiedente | Enel Produzione S.p.A. |
| Contratto | n.4500089233 del 22/04/2020 |

Centrale Termoelettrica "Ettore Majorana"



| | |
|---|--------------------------------|
| A | Stratigrafie sondaggi c.c. |
| B | Indagini geofisiche: MASW |
| C | Indagini geofisiche: Down-hole |
| D | Indagini geofisiche: HVSR |
| E | Documentazione fotografica |

| Prott. NN° | Rev. | Periodo di indagine | Data Emissione | Redazione (RS) | Verifica (VRSQ) | Approvazione (VRSQ) |
|---------------------------|------|---------------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| C-GEO-A 664 C-GFS-A 86 | 0 | Dal 06/05/2020 al 04/06/2020 | 10/06/2020 | dott. geol. Mauro Pirrone | dott. geol. Salvatore Manta | dott. ing. Vincenzo Arena |

Certificato n° C-GEO-C 1525 del 27/05/2020

Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020

Committente: Enel S.p.A.

Sondaggio: S201

Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese

Data: 07/05/2020 - 14/05/2020

Fotografie - Pagina 1/4

Pagina 1



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

| | |
|---|---|
| Certificato n° C-GEO-C 1525 del 27/05/2020 | Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020 |
| Committente: Enel S.p.A. | Sondaggio: S201 |
| Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese | Data: 07/05/2020 - 14/05/2020 |
| Fotografie - Pagina 2/4 | Pagina 2 |



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00

Certificato n° C-GEO-C 1525 del 27/05/2020

Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020

Committente: Enel S.p.A.

Sondaggio: S201

Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese

Data: 07/05/2020 - 14/05/2020

Fotografie - Pagina 3/4

Pagina 3



Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00



Cassetta n° 6 - profondità da m 25,00 a m 30,00

Certificato n° C-GEO-C 1525 del 27/05/2020

Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020

Committente: Enel S.p.A.

Sondaggio: S201

Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese

Data: 07/05/2020 - 14/05/2020

Fotografie - Pagina 4/4

Pagina 4



Cassetta n° 7 - profondità da m 30,00 a m 35,00



Cassetta n° 8 - profondità da m 35,00 a m 40,00

| | |
|---|---|
| Certificato n° C-GEO-C526 del 27/05/2020 | Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020 |
| Committente: Enel S.p.A. | Sondaggio: S202 |
| Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese | Data: 18/05/2020 - 22/05/2020 |
| Fotografie - Pagina 1/4 | Pagina 1 |



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

| | |
|---|---|
| Certificato n° C-GEO-C526 del 27/05/2020 | Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020 |
| Committente: Enel S.p.A. | Sondaggio: S202 |
| Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese | Data: 18/05/2020 - 22/05/2020 |
| Fotografie - Pagina 2/4 | Pagina 2 |



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00

| | |
|---|---|
| Certificato n° C-GEO-C526 del 27/05/2020 | Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020 |
| Committente: Enel S.p.A. | Sondaggio: S202 |
| Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese | Data: 18/05/2020 - 22/05/2020 |
| Fotografie - Pagina 3/4 | Pagina 3 |



Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00



Cassetta n° 6 - profondità da m 25,00 a m 30,00

Certificato n° C-GEO-C526 del 27/05/2020

Verbale di accettazione n° C-GEO-A 664 del 27/05/2020

Committente: Enel S.p.A.

Sondaggio: S202

Riferimento: Indagini Geognostiche Centrale E. Majorana - Termini Imerese

Data: 18/05/2020 - 22/05/2020

Fotografie - Pagina 4/4

Pagina 4



Cassetta n° 7 - profondità da m 30,00 a m 35,00



Cassetta n° 8 - profondità da m 35,00 a m 40,00