

**Impianto fotovoltaico  
"Corigliano d'Otranto"  
Comune di Corigliano d'Otranto (LE)**

**PROPONENTE**



**SORGENIA RENEWABLES S.r.l**  
Via Algardi, 4 – 20148 Milano  
tel. 02 67194 1 – fax. 02 67194 210  
<http://www.sorgenia.it>  
[sorgeniarenewables@sorgenia.it](mailto:sorgeniarenewables@sorgenia.it)  
PEC [sorgenia.renewables@legalmail.it](mailto:sorgenia.renewables@legalmail.it)

**RELAZIONE GEOLOGICA  
INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE**

**PROGETTISTA**



**Tiemes Srl**  
Via Sangiorgio 15- 20145 Milano  
tel. 024983104  
fax. 0249631510  
pec [info@pec.tiemes.it](mailto:info@pec.tiemes.it)  
[www.tiemes.it](http://www.tiemes.it)

**REDATTO DA**



0	30/06/2019	Prima emissione	LM	CM
Rev.	Data emissione	Descrizione	Preparato	Approvato
<b>CODICE</b>				
Commissa		Proc	Tipo doc	Num
<b>18014</b>		<b>VA</b>	<b>R</b>	<b>02</b>
<b>CDO</b>				<b>00</b>
Origine File: 18014CDO.VA.R.02.00 - Relazione geologica Proprietà e diritti del presente documento sono riservati – la riproduzione è vietata / Ownership and copyright are reserved – reproduction is strictly forbidden				

## INDICE

PREMESSA.....	2
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL' AREA .....	3
CARATTERI GEOLOGICI .....	4
CARATTERI IDROGEOLOGICI .....	9
INDAGINE GEOGNOSTICA .....	11
<i>Prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH) .....</i>	<i>11</i>
<i>Profili sismici a rifrazione .....</i>	<i>18</i>
<i>Sismica con metodologia ReMi (Refraction Microtremor) .....</i>	<i>23</i>
VERIFICA DEGLI STATI ULTIMI (SLU) .....	30
CONCLUSIONI .....	36

## **PREMESSA**

Il sottoscritto è stato incaricato dalla società di progettazione TIEMES s.r.l. per conto della proponente società Sorgenia Renewables s.r.l. nel mese di maggio 2019, per eseguire uno studio geologico-tecnico di supporto ad una progetto di “Realizzazione di un impianto fotovoltaico” in territorio comunale di Corigliano d’Otranto.

Il presente studio ha mirato ad accertare la successione stratigrafica e le proprietà fisico-meccaniche dei terreni interessati dalla fognatura secondo quanto prescritto dal D.M. 17.01.2018.

Le indagini per la caratterizzazione del terreno sono state scelte in funzione della natura geologica del terreno.

Lo studio geologico è consistito in:

- rilievo geologico di superficie;
- rilievo idrogeologico;
- esecuzione di n. 5 prove penetrometriche DPSH;
- esecuzione di n.5 profili sismici a rifrazione;
- esecuzione di un’indagine ReMi per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione.

Al termine delle indagini è stata redatta la presente relazione geologica che, avvalendosi di tutti i risultati acquisiti, ha consentito di caratterizzare il terreno fondale.



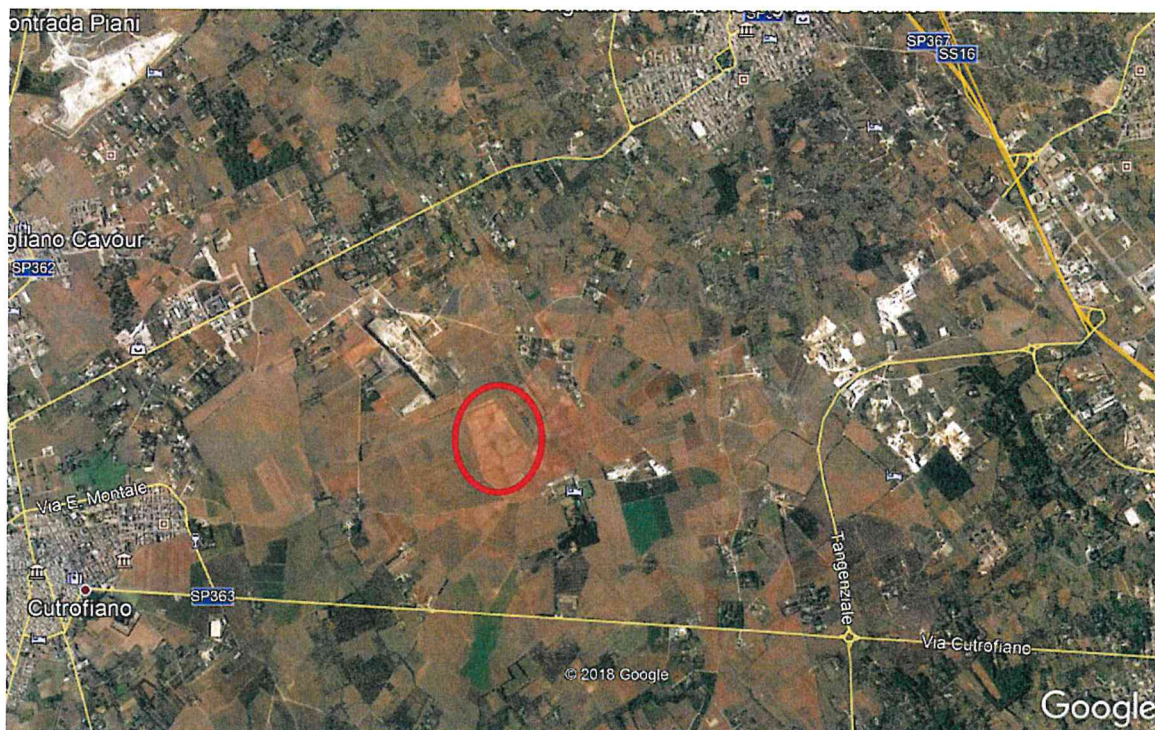
## **INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA**

L'area indagata è ubicata in località Mass.a Appidè nel territorio comunale di Corigliano d'Otranto, a 2.3 km a sudovest dell'abitato di Corigliano d'Otranto e a 2.0 km ad est dell'abitato di Cutrofiano.

La quota topografica è di 77 metri s.l.m.

L'area di indagine è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 40° 08' 02'' N
- Longitudine: 18° 14' 18'' E



***Area di indagine, immagine da Google Earth ®***



## **CARATTERI GEOLOGICI**

L'area oggetto di studio ricade nel Fg 214 tavoletta "Gallipoli" della Carta Geologica d'Italia.

L'area indagata si trova ad una quota topografica di 77 metri s.l.m.; la morfologia risulta pianeggiante e non sono state rilevate emergenze morfologiche di interesse scientifico e ingegneristico.

Strutturalmente l'area è stata interessata, a più riprese, da ripetute subsidenze, con generazioni di faglie ad andamento prevalentemente NO-SE, le quali hanno dislocato la formazione mesozoica, dando luogo a strutture tipo Horst e Graben e delineando nel contempo una serie di bacini. I litotipi affioranti appartengono a cicli sedimentari diversi, il più antico dei quali corrisponde alla successione calcareo-dolomitica mesozoica di ambiente di piattaforma carbonatica che costituisce i rilievi collinari noti localmente con la denominazione di "Serre, con caratteri di litofacies del tutto analoghi ai "Calcarei delle Murge".

Dal rilievo geologico di superficie è stata evidenziata la seguente successione stratigrafica:

- Calcare di Altamura;
- Pietra Leccese
- Calcareniti di Andrano
- Calcareniti di Gravina

### ***Calcare di Altamura***

I Calcari si rinvencono in profondità, sono costituiti da calcari bioclastici, bianchi o grigiastri di norma sub-cristallini e tenaci, a luoghi

laminari, nei quali si intercalano calcari dolomitici e dolomie grigio scure e nocciola.

In alcune località la roccia è leggermente marnosa, a frattura concoide, altrove invece appare detritica a laminazione parallela.

La stratificazione è sempre evidente con strati di spessore variabile da 20 a 50 cm, talora si rinvencono banchi fino a 1.5 metri.

Presentano in generale un'immersione verso OSO con pendenze comprese fra 6 e 13°. Alcune piccole variazioni di immersione danno luogo a deboli ondulazioni.

In base ai dati forniti dall'AGIP, in seguito alla perforazione petrolifera vicino Ugento, lo spessore massimo si aggira intorno ai 640 metri. Alla base di tale formazione si rinvencono le "Dolomie di Galatina". Il passaggio fra le due formazioni avviene con molta gradualità, infatti con l'aumentare della profondità tende ad aumentare la percentuale di dolomia, fino a diventare prevalente nelle Dolomie di Galatina.

Per quanto riguarda il loro ambiente deposizionale, esso è di mare poco profondo, di piattaforma. Inoltre, dato che presenta spessori abbastanza potenti, appare chiaro che l'ambiente di sedimentazione ha potuto mantenersi pressoché immutato per effetto di una costante subsidenza.

### ***Pietra Leccese (Burdigagliano-Langhiano)***

La Pietra Leccese non affiora nell'area indagata, la si rinviene invece ad est, a circa 1.5 km; è costituita da una calcararenite marnosa, fossilifera, prevalentemente a grana fine e di colore paglierino, a luoghi verdognola per la presenza di glauconite, di norma compatta e piuttosto tenera, a stratificazione indistinta generalmente in strati da 20-60 cm di spessore.

A diverse altezze stratigrafiche si rinvencono orizzonti a discreta permeabilità in corrispondenza di strati calcarenitici concrezionati e carsificati, di norma separati tra di loro da livelli di roccia compatta scarsamente o praticamente impermeabile.

Il passaggio di essa verso le formazioni sottostanti, avviene attraverso una trasgressione che è marcata da un livello conglomeratico di modesto spessore (in genere minore di 10 cm). Nei casi in cui manca il livello basale, tra la formazione miocenica e quelle preneogeniche sottostanti è stata osservata un'argilla residuale di colore bruno-verdastro ricca in bauxite.

Tale trasgressione si è realizzata nel Burdigagliano (verosimilmente inoltrato) e probabilmente in regime di subsidenza assai attiva, con la conseguente rapida sommersione dell'intera area. Correnti instauratesi in questa fase sono responsabili della dispersione del materiale più fine e della indiretta concentrazione di quello più grossolano. La ripresa della sedimentazione deve essersi realizzata (sempre nel Burdigagliano), allorché le profondità hanno raggiunto valori rapportabili a quelli della parte più profonda della zona neritica esterna ed essere accompagnata da un processo di fosfatizzazione (secondo Bossio et alii). Con il Langhiano la periodica attività delle correnti si è intensificata si dà smantellare pressoché totalmente il livello fosforitico del Burdigagliano (probabilmente non ancora consolidato), nelle fasi di quiete o comunque di minore dinamica delle acque, gli organismi bentonici e/o le residue e più deboli correnti rimuovevano e ridistribuivano il restante materiale fosforitico, mescolando a quello in via di deposizione.



***Calcareniti di Andrano (Miocene)***

Tale formazione la si rinviene in profondità. Le Calcareniti di Andrano sono costituite da un conglomerato basale di poche decine di centimetri, con prevalenti clasti bruni di Pietra Leccese o del suo livello di base, che evidenzia la ripresa della sedimentazione; oltre a piccoli noduli fosfatici, esso contiene anche quantità variabili di elementi calcarei preneogenici e spesso una eccezionale concentrazione di fossili più o meno fosfatizzati e con riempimento della Pietra Leccese.

La stratificazione è ben evidente, specialmente quando a marcarla sono strati a diversa compattezza o addirittura marnosi, presenti però solo nella sua porzione inferiore. Il colore è grigio-chiaro, ma non mancano tendenze verso tonalità più o meno giallastre.

***Calcareniti di Gravina o Calcareniti del Salento (Pleistocene inf.)***

Le calcareniti si rinvencono in affioramento in tutta l'area di indagine, si presentano compatte di colore grigio chiara, cui si associano sabbioni calcarei (bianchi e giallastri) talora parzialmente cementati. Verso la base dell'unità si rinvencono alle volte delle brecce e conglomerati con estensione e potenza variabile.

Per quanto riguarda la stratificazione è spesso indistinta e quando essa appare si hanno strati poco potenti, da qualche centimetro ad oltre un metro.

Il passaggio di essa verso le formazioni sottostanti avviene per trasgressione, lo testimoniano le brecce e i conglomerati che troviamo alla base di essa.

Le microfaune rinvenute nella formazione sono abbastanza indicative, alla presenza di individui planctonici si aggiunge quella dei bentonici, che

indicano un ambiente neritico, passante localmente e soprattutto verso l'alto al litorale.

Nella parte alta, le calcareniti sono costituite da sabbie poco cementate, con intercalati orizzonti centimetrici di calcareniti ben diagenizzate.

I depositi colluviali ricoprono le calcareniti e mascherano la primitiva morfologia.



# CARTA GEOLOGICA



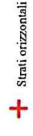
## LEGENDA



**CALCARENITI DEL SALENTO**  
Roccia semicompatta (calcareni) costituita da sabbioni calcarei (poco digenizzati) con intercalazioni di roccia coerente (calcarei grossolani tipo "panchina"). L'unità non supera lo spessore di 15 m. (Plio-Pleistocene inf.).



**PIETRA LECCESE**  
Sedimenti carbonatici fini, bioturbati, con abbondante matrice in banchi con gradazione e clinostratificazione a basso angolo, probabilmente accumulati in ambienti compresi fra spiaggia sommersa e la piattaforma aperta. (Burdigaliano-Messiniano).



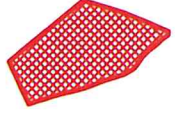
Strati orizzontali



Strati con pendenza inferiore a 10°



Strati con pendenza compresa tra 10 e 20°



AREA INDAGATA



**CARATTERI IDROGEOLOGICI**

In base ai caratteri litologici delle formazioni, alle loro caratteristiche giaciture e ai rapporti di posizione, la circolazione idrica si esplica attraverso due livelli di cui localizzato nei calcari cretacei denominato “acquifero di base” in quanto la falda in esso contenuta è sostenuta dall’acqua marina di invasione continentale.

Il gradiente idraulico, come emerge dai numerosi rilievi effettuati sui pozzi esistenti, è di 3.0 metri e tende progressivamente a ridursi verso E con una cadente piezometrica dell’ordine dello 0.02 %, fino ad annullarsi del tutto sulla costa dove dà vita ad una serie di sorgenti sottomarine.

In condizioni di equilibrio lo spessore della falda d’acqua dolce è legato dalla legge di Ghyben-Hensberg con la sottostante acqua salata di intrusione continentale, ponendo:

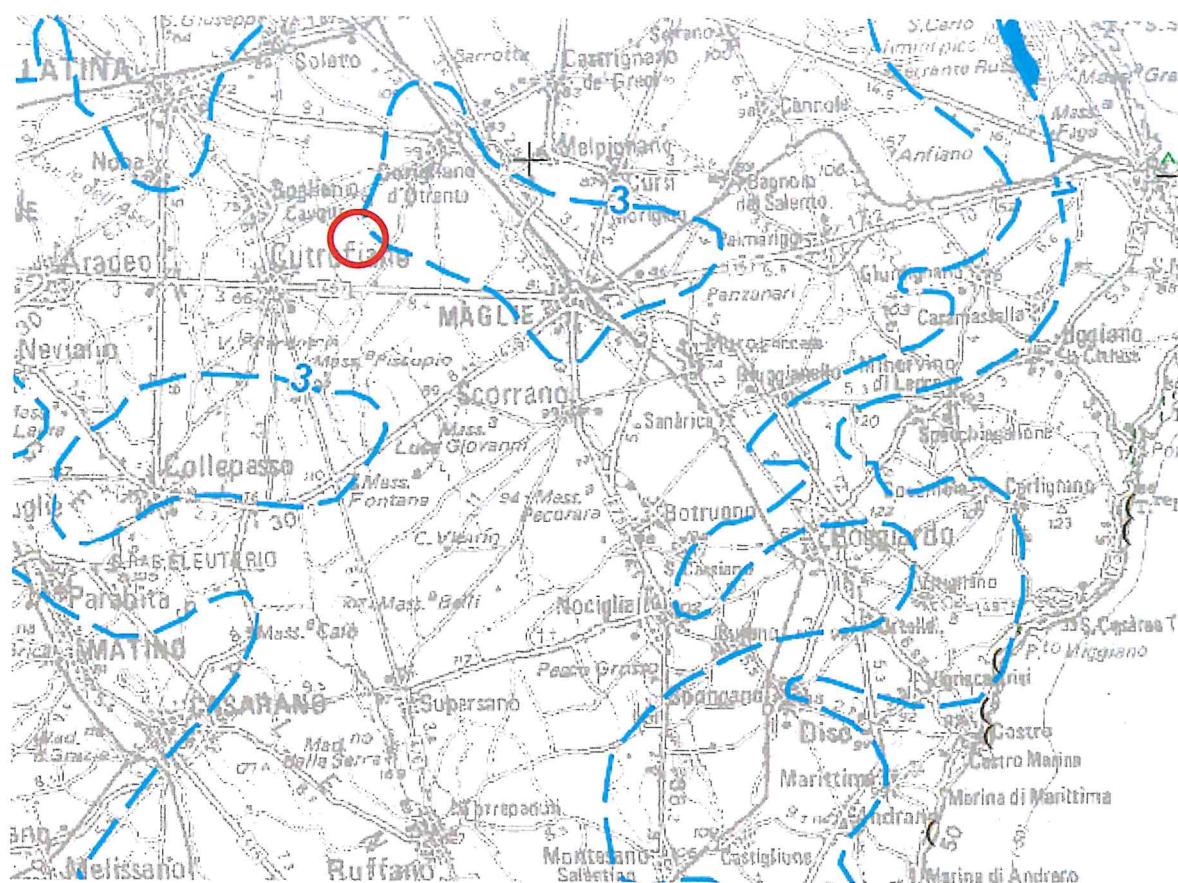
H = spessore della falda

h = gradiente idraulico

abbiamo:

$$H = 37 * h$$

La profondità di rinvenimento della falda è superiore a 70 metri, pertanto non interagisce con le opere fondali della struttura realizzanda.



Piano di tutela delle acque – Regione Puglia  
Tav.6.2 “Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento

## INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine è stata effettuata in conformità al D.M. 17.01.2018 ed è stata finalizzata alla raccolta di dati qualitativi e quantitativi occorrenti per la previsione del comportamento dell'opera in rapporto alle caratteristiche del terreno.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di:

- n. 5 prove penetrometriche DPSH;
- n.5 profili sismici a rifrazione;
- n. 1 indagine ReMi per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione.

### ***Prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH)***

Nell'area in esame sono state eseguite n.5 prove penetrometriche dinamiche continue.

La prova penetrometrica dinamica DPSH consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.



L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura)
- avanzamento (penetrazione) d

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente
Leggero	DPL (Light)	$M > 10$	8m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$	25 m

Nella presente indagine è stato utilizzato un penetrometro DPSH mod. TG 63-200 PAGANI

I dati penetrometrici sono stati successivamente elaborati secondo le più assodate metodologie in uso, arrivando ad associare a ciascuna prova una colonna geotecnica interpretativa (vedi grafico allegato).

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru software s.a.s.* Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

La successione litostratigrafica ricostruita con le prove è la seguente:

Prova penetrometrica n. 1:

- da 0.00 m a 0.40 m      terreno vegetale
- da 0.40 m a 2.00 m      calcarenite

Prova penetrometrica n. 2:

- da 0.00 m a 0.20 m      terreno vegetale
- da 0.20 m a 2.00 m      calcarenite

Prova penetrometrica n. 3:

- da 0.00 m a 0.60 m      terreno vegetale
- da 0.60 m a 2.00 m      calcarenite

Prova penetrometrica n. 4:

- da 0.00 m a 0.60 m      terreno vegetale
- da 0.60 m a 2.00 m      calcarenite

Prova penetrometrica n. 5:

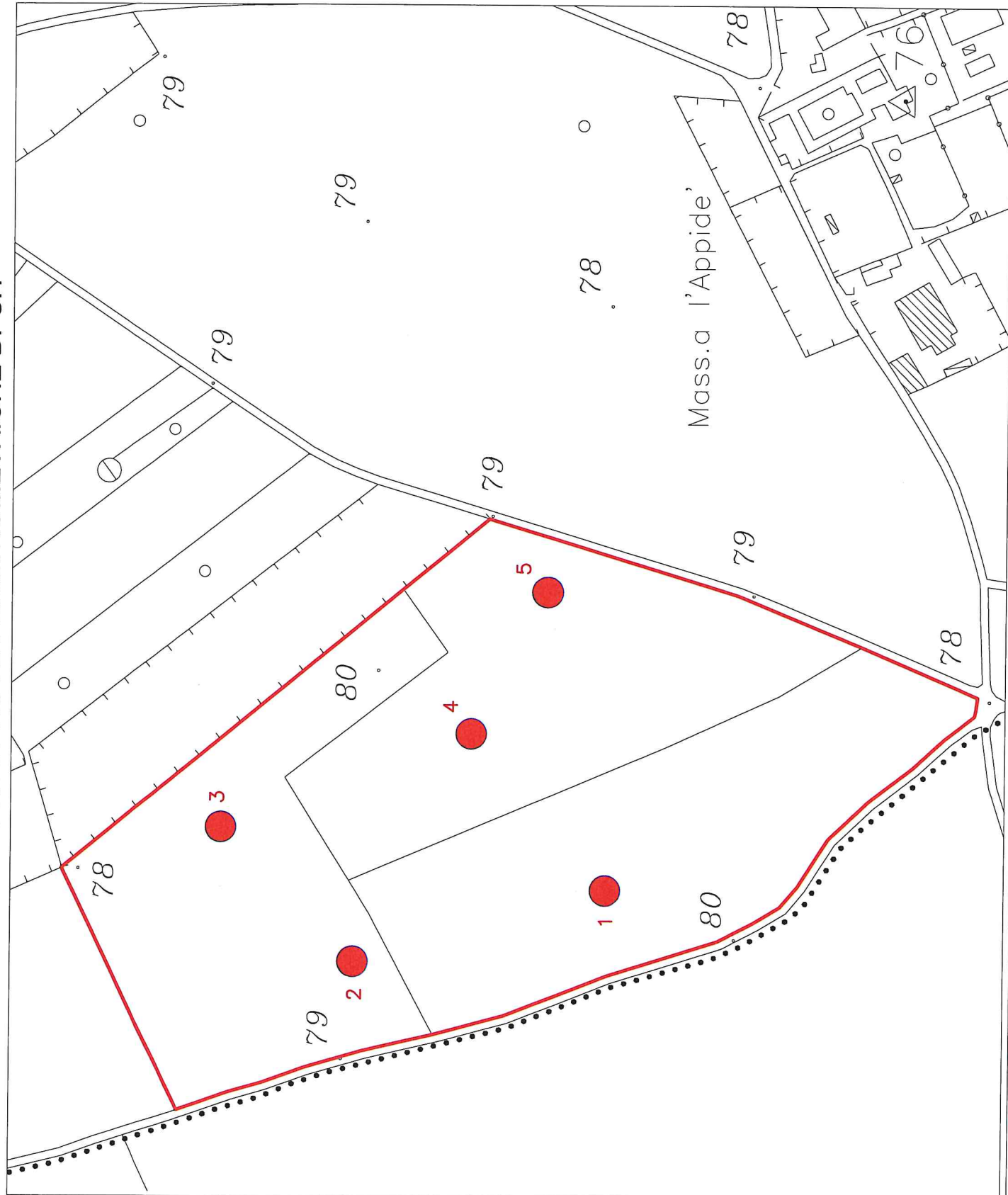
- da 0.00 m a 0.20 m      terreno vegetale
- da 0.20 m a 2.00 m      calcarenite

# UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DPSH

Legenda

● Prove DPSH

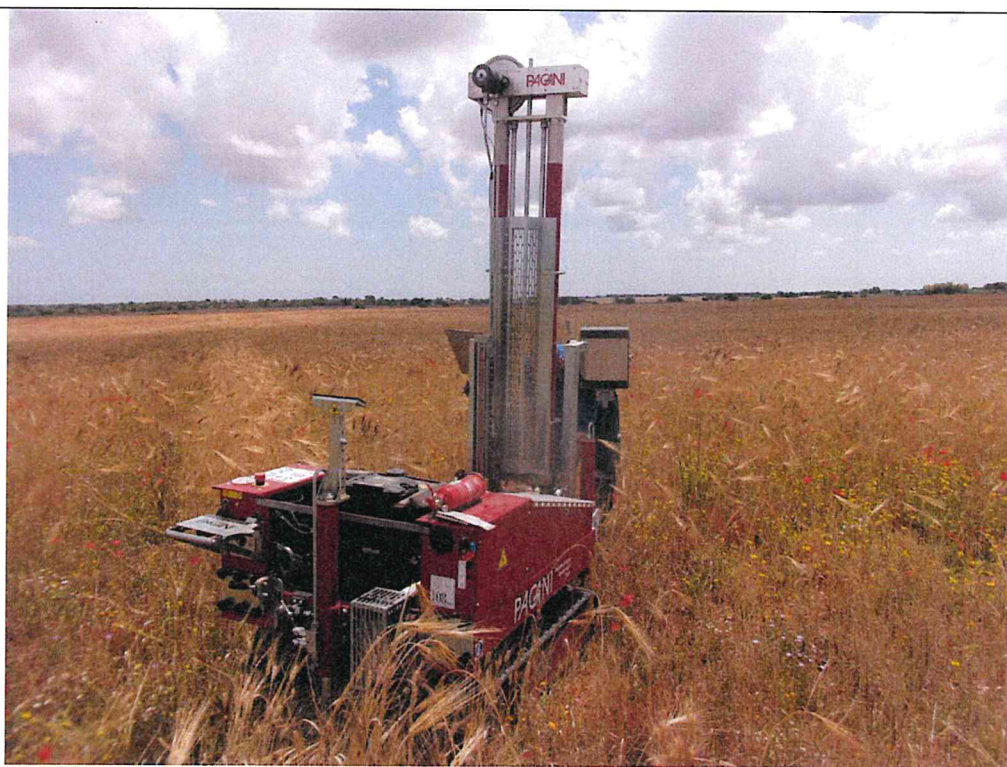
Scala 1:4000







Esecuzione prova DPSH 1

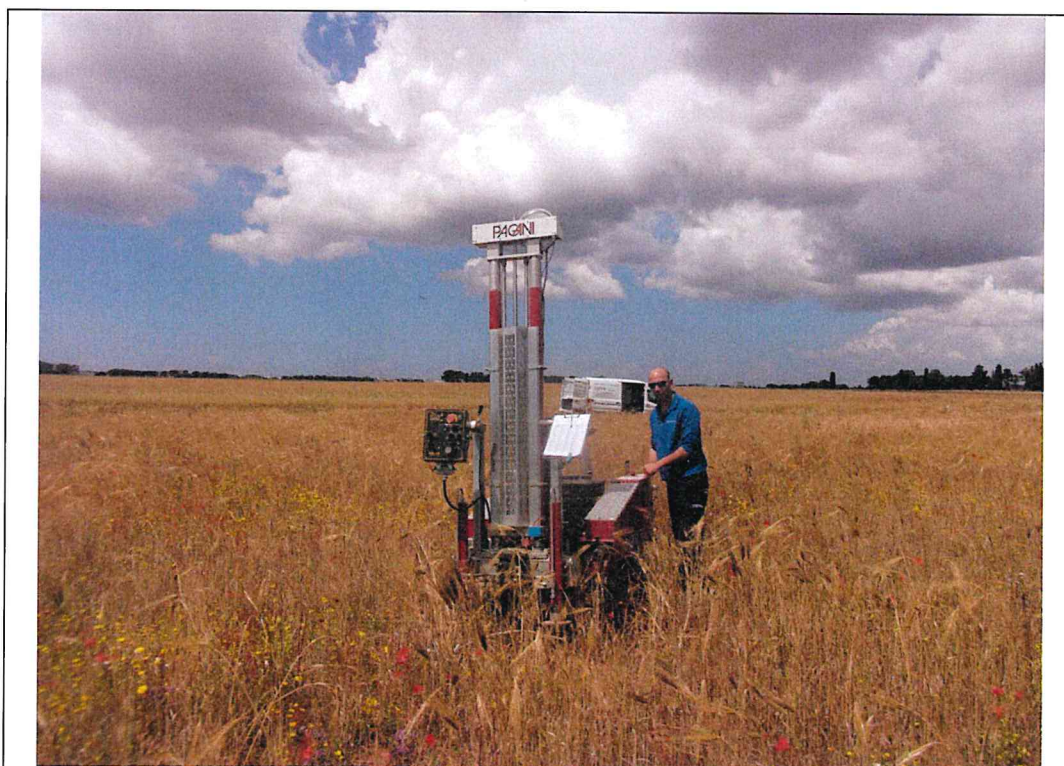


Esecuzione prova DPSH 2





Esecuzione prova DPSH 3



Esecuzione prova DPSH 4



Le prove DPSH hanno permesso di caratterizzare il litotipo che rappresenta il terreno fondale: le calcareniti (che nell'area in esame risultano mascherate da una copertura di terreno vegetale dello spessore di 0.20-0.60 m).



**Calcareniti**

<b>N° PROVA</b>	<b>densità relativa (%)</b>	<b>Angolo di attrito (°)</b>	<b>Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Modulo edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Modulo Young (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Classificaz AGI</b>	<b>ko</b>	<b>Peso di volume (t/m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	78.55	41.81	-	257.97	582.68	addensato	8.08	2.24
<b>2</b>	76.74	41.29	-	249.76	560.96	addensato	7.83	2.23
<b>3</b>	78.89	41.64	-	255.25	575.48	addensato	8.00	2.23
<b>4</b>	77.79	41.16	-	247.66	555.42	addensato	7.77	2.23
<b>5</b>	76.20	41.06	-	246.06	551.17	addensato	7.72	2.23
<b>VALORE MEDIO</b>	<b>77.63</b>	<b>41.39</b>	<b>-</b>	<b>251.34</b>	<b>565.14</b>	<b>addensato</b>	<b>7.88</b>	<b>2.23</b>

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Sorgenia Renewables  
Cantiere: impianto fotovoltaico  
Località: Corigliano d'Otranto (Le);

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.489
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

**OPERATORE**  
Dott. Marcello De Donatis

**RESPONSABILE**



**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI  
 02/06/2019  
 2.00 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	3	0.851	26.82	31.52	1.34	1.58
0.60	19	0.797	146.03	183.23	7.30	9.16
0.80	24	0.743	172.04	231.44	8.60	11.57
1.00	32	0.690	212.85	308.59	10.64	15.43
1.20	29	0.736	205.90	279.66	10.30	13.98
1.40	35	0.683	230.48	337.52	11.52	16.88
1.60	39	0.630	218.78	347.52	10.94	17.38
1.80	43	0.626	239.99	383.17	12.00	19.16
2.00	44	0.623	244.34	392.08	12.22	19.60

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	49.32	2.00	49.32	Gibbs & Holtz 1957	78.55

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	49.32	2.00	49.32	Sowers (1961)	41.81

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	49.32	2.00	49.32	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	582.68

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	49.32	2.00	49.32	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	257.97

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	49.32	2.00	49.32	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	49.32	2.00	49.32	Meyerhof ed altri	2.24

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	49.32	2.00	49.32	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	49.32	2.00	49.32	(A.G.I.)	0.26

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	49.32	2.00	49.32	Ohsaki (Sabbie pulite)	2537.20

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 2	49.32	2.00	49.32	Ohta & Goto (1978) Limi	139.09

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 2	49.32	2.00	49.32	Navfac 1971-1982	8.08

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	49.32	2.00	49.32	Robertson 1983	98.64



**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

02/06/2019

Profondità prova

2.00 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	3	0.855	26.94	31.52	1.35	1.58
0.40	19	0.801	159.86	199.64	7.99	9.98
0.60	26	0.747	187.30	250.73	9.36	12.54
0.80	32	0.693	213.96	308.59	10.70	15.43
1.00	33	0.690	219.50	318.23	10.98	15.91
1.20	29	0.736	205.90	279.66	10.30	13.98
1.40	35	0.683	230.48	337.52	11.52	16.88
1.60	32	0.680	193.77	285.15	9.69	14.26
1.80	38	0.676	229.01	338.61	11.45	16.93
2.00	43	0.623	238.78	383.17	11.94	19.16

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	47.48	2.00	47.48	Gibbs & Holtz 1957	76.74

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	47.48	2.00	47.48	Sowers (1961)	41.29

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	47.48	2.00	47.48	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	560.96

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	47.48	2.00	47.48	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	249.76

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	47.48	2.00	47.48	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	47.48	2.00	47.48	Meyerhof ed altri	2.23

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	47.48	2.00	47.48	(A.G.I.)	0.26

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	47.48	2.00	47.48	Ohsaki (Sabbie pulite)	2448.12

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 2	47.48	2.00	47.48	Ohta & Goto (1978) Limi	135.877

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 2	47.48	2.00	47.48	Navfac 1971-1982	7.83

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	47.48	2.00	47.48	Robertson 1983	94.96



**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

02/06/2019

Profondità prova

2.00 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	3	0.855	26.94	31.52	1.35	1.58
0.40	2	0.851	17.88	21.01	0.89	1.05
0.60	3	0.847	24.50	28.93	1.23	1.45
0.80	35	0.693	234.01	337.52	11.70	16.88
1.00	32	0.690	212.85	308.59	10.64	15.43
1.20	33	0.686	218.39	318.23	10.92	15.91
1.40	29	0.733	204.95	279.66	10.25	13.98
1.60	35	0.680	211.94	311.88	10.60	15.59
1.80	32	0.676	192.85	285.15	9.64	14.26
2.00	33	0.673	197.95	294.06	9.90	14.70

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	48.71	2.00	48.71	Gibbs & Holtz 1957	78.89

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	48.71	2.00	48.71	Sowers (1961)	41.64

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	48.71	2.00	48.71	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	575.48

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	48.71	2.00	48.71	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	255.25

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	48.71	2.00	48.71	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	48.71	2.00	48.71	Meyerhof ed altri	2.23

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	48.71	2.00	48.71	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	48.71	2.00	48.71	(A.G.I.)	0.26

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	48.71	2.00	48.71	Ohsaki (Sabbie pulite)	2507.69

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 2	48.71	2.00	48.71	Ohta & Goto (1978) Limi	140.952

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 2	48.71	2.00	48.71	Navfac 1971-1982	8.00

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	48.71	2.00	48.71	Robertson 1983	97.42

**PROVA ... Nr.4**

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

02/06/2019

Profondità prova

2.00 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	2	0.847	16.34	19.29	0.82	0.96
0.80	19	0.793	145.36	183.23	7.27	9.16
1.00	34	0.690	226.15	327.88	11.31	16.39
1.20	29	0.736	205.90	279.66	10.30	13.98
1.40	32	0.683	210.73	308.59	10.54	15.43
1.60	33	0.680	199.83	294.06	9.99	14.70
1.80	35	0.676	210.93	311.88	10.55	15.59
2.00	39	0.623	216.57	347.52	10.83	17.38

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	47.01	2.00	47.01	Gibbs & Holtz 1957	77.79

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	47.01	2.00	47.01	Sowers (1961)	41.16

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	47.01	2.00	47.01	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	555.42

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	47.01	2.00	47.01	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	247.66

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	47.01	2.00	47.01	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO



**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	47.01	2.00	47.01	Meyerhof ed altri	2.23

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	47.01	2.00	47.01	(A.G.I.)	0.26

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	47.01	2.00	47.01	Ohsaki (Sabbie pulite)	2425.34

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 2	47.01	2.00	47.01	Ohta & Goto (1978) Limi	140.088

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 2	47.01	2.00	47.01	Navfac 1971-1982	7.77

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	47.01	2.00	47.01	Robertson 1983	94.02

**PROVA ... Nr.5**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI  
 02/06/2019  
 2.00 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	19	0.801	159.86	199.64	7.99	9.98
0.60	35	0.697	235.25	337.52	11.76	16.88
0.80	32	0.693	213.96	308.59	10.70	15.43
1.00	29	0.740	206.88	279.66	10.34	13.98
1.20	35	0.686	231.63	337.52	11.58	16.88
1.40	32	0.683	210.73	308.59	10.54	15.43
1.60	29	0.730	188.53	258.41	9.43	12.92
1.80	35	0.676	210.93	311.88	10.55	15.59
2.00	36	0.673	215.95	320.79	10.80	16.04

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	46.65	2.00	46.65	Gibbs & Holtz 1957	76.2

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	46.65	2.00	46.65	Sowers (1961)	41.06

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	46.65	2.00	46.65	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	551.17

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	46.65	2.00	46.65	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	246.06

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	46.65	2.00	46.65	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	46.65	2.00	46.65	Meyerhof ed altri	2.23

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	46.65	2.00	46.65	(A.G.I.)	0.26

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	46.65	2.00	46.65	Ohsaki (Sabbie pulite)	2407.88

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 2	46.65	2.00	46.65	Ohta & Goto (1978) Limi	135.463

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 2	46.65	2.00	46.65	Navfac 1971-1982	7.72

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	46.65	2.00	46.65	Robertson 1983	93.30



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Sorgenia Renewables  
Cantiere : impianto fotovoltaico  
Località : Corigliano d'Otranto (Le);

Data :02/06/2019

Scala 1:10



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Sorgenia Renewables  
Cantiere : impianto fotovoltaico  
Località : Corigliano d'Otranto (Le);

Data :02/06/2019

Scala 1:10



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Sorgenia Renewables  
Cantiere : impianto fotovoltaico  
Località : Corigliano d'Otranto (Le);

Data :02/06/2019

Scala 1:10





**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Sorgenia Renewables  
Cantiere : impianto fotovoltaico  
Località : Corigliano d'Otranto (Le);

Data :02/06/2019

Scala 1:10



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Sorgenia Renewables  
Cantiere : impianto fotovoltaico  
Località : Corigliano d'Otranto (Le);

Data :02/06/2019

Scala 1:10





### ***Profili sismici a rifrazione***

Per la ricostruzione stratigrafica del terreno fondale e per la caratterizzazione meccanica si è proceduto con l'esecuzione di 5 profili sismici a rifrazione della lunghezza di 33 mt.

La sismica a rifrazione consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni con velocità che dipendono dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo la linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità ( $V_p$ ) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati, così ottenuti, si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

I profili sismici sono stati eseguiti adottando una distanza tra i geofoni di 3 metri.

L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una mazza battente del peso di 5 kg che batte su una piastra rettangolare.

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 24 canali della SEISMIC SOURCE CO. mod DAQ Link III, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

L'interpretazione dei dati di campagna è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.

Le indagini sismiche hanno permesso di ricostruire la successione sismostratigrafica rilevata nell'area; è stato possibile quindi individuare due sismostrati: il più superficiale presenta uno spessore di 0.2-1.0 metri ed una velocità di 300 m/s da ricondurre a terreno vegetale; segue il secondo sismostrato che caratterizzato da velocità di 1200-1400 m/sec è da ricondurre ad una calcarenite mediamente cementata.

Per ciascuna indagine eseguita si allega la restituzione grafica (sezione sismica con ricostruzione tomografica).

Dalla misurazione delle velocità  $V_p$  e  $V_s$ , si è risaliti ai moduli elastici e meccanici del terreno fondale.

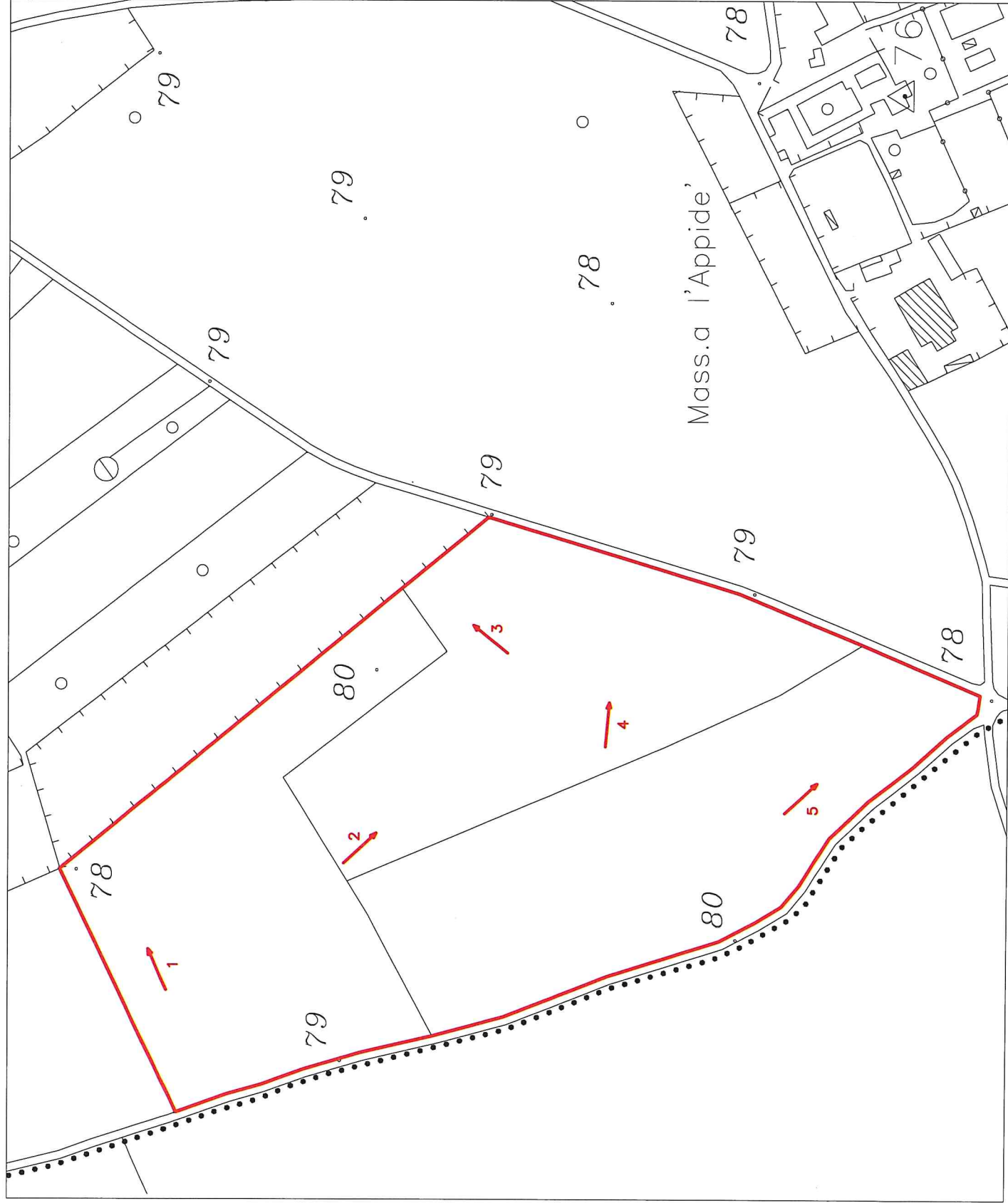
<b>Strato</b>	<b><math>V_p</math></b> (m/sec)	<b><math>V_s</math></b> (m/sec)	<b>E</b> (Kg/cmq)	<b>P</b>	<b><math>\gamma</math></b> (gr/cmc)	<b><math>\phi</math></b> (°)	<b>K</b> (kg/cmc)
<b>1</b>	300						
<b>2</b>	1200-1400	420-480	10600	0.40	2.02	40	7.8

$V_p$  = vel. longit.;  $V_s$  = vel trasv.; R.Q.D. = qualità della roccia; E = modulo di elasticità; P = modulo di Poisson;  $\gamma$  = peso per unità di volume; C = coesione efficace;  $\phi$  = angolo di attrito

# UBICAZIONE PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE

## Legenda

→  
Profilo sismico a rifrazione



Scala 1:4000





Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 1



Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 2 e sismica passiva (ReMi) sullo stesso stendimento





Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 3



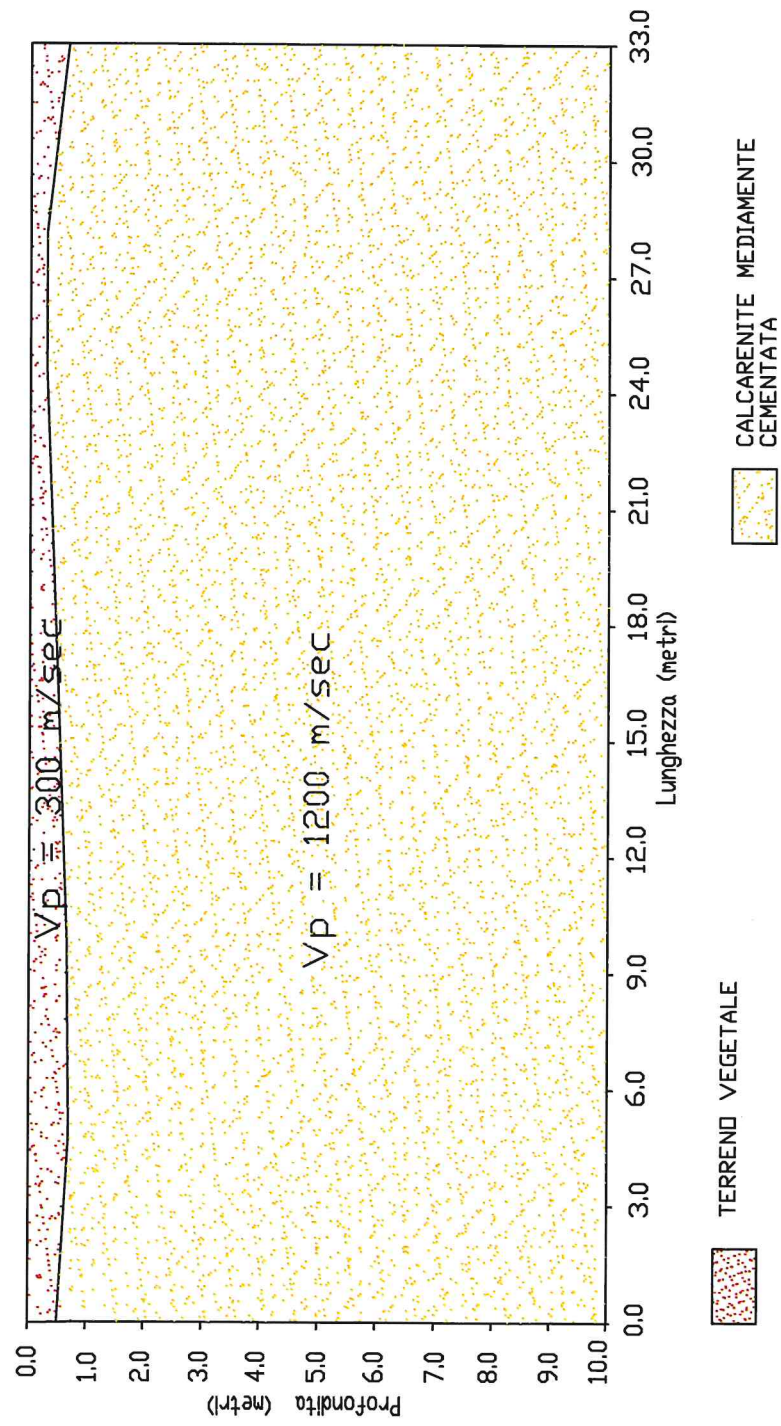
Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 4



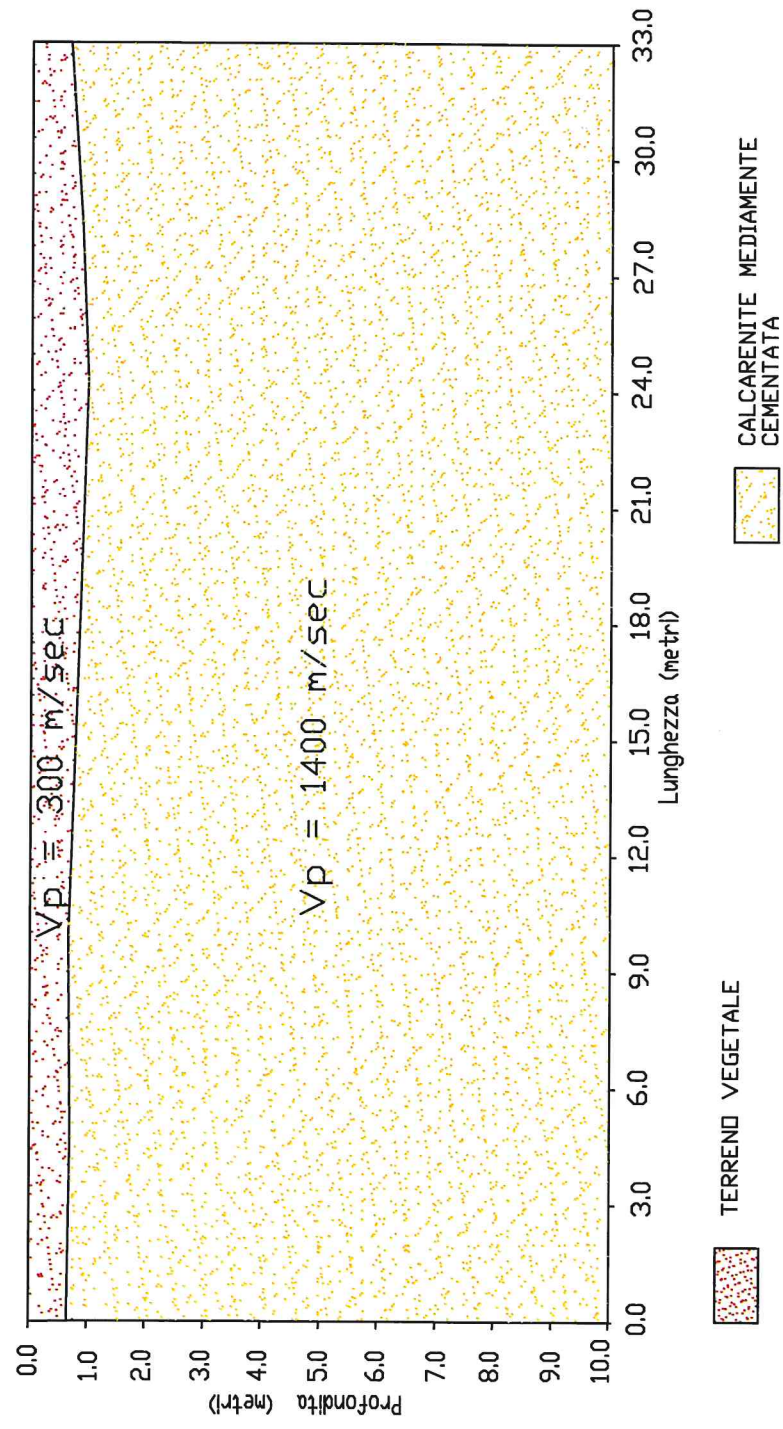
Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 5



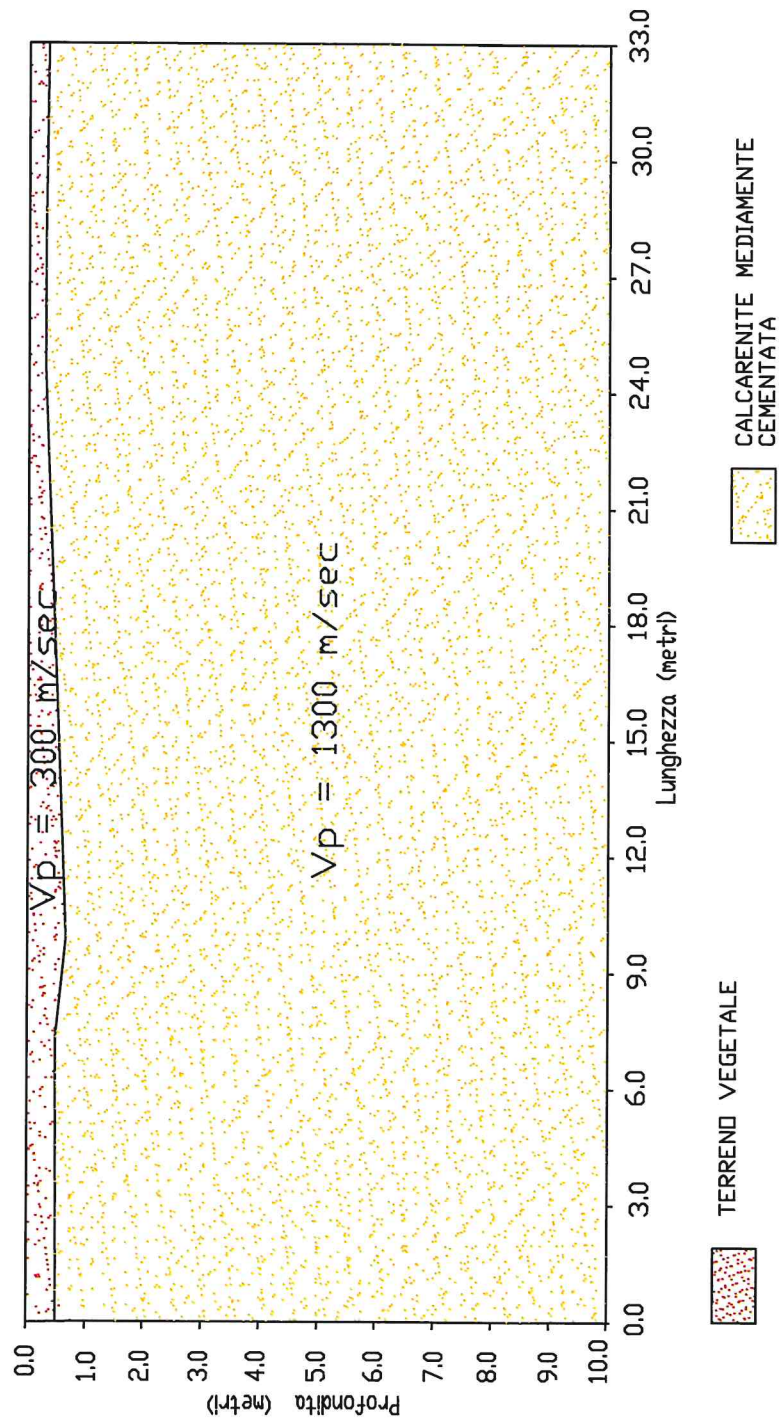
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 1-1'  
LOCALITA': MASSA APPIDE' - COMUNE DI CORIGLIANO (LE)



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 2-2'  
LOCALITA': MASSA APPIDE' - COMUNE DI CORIGLIANO (LE)

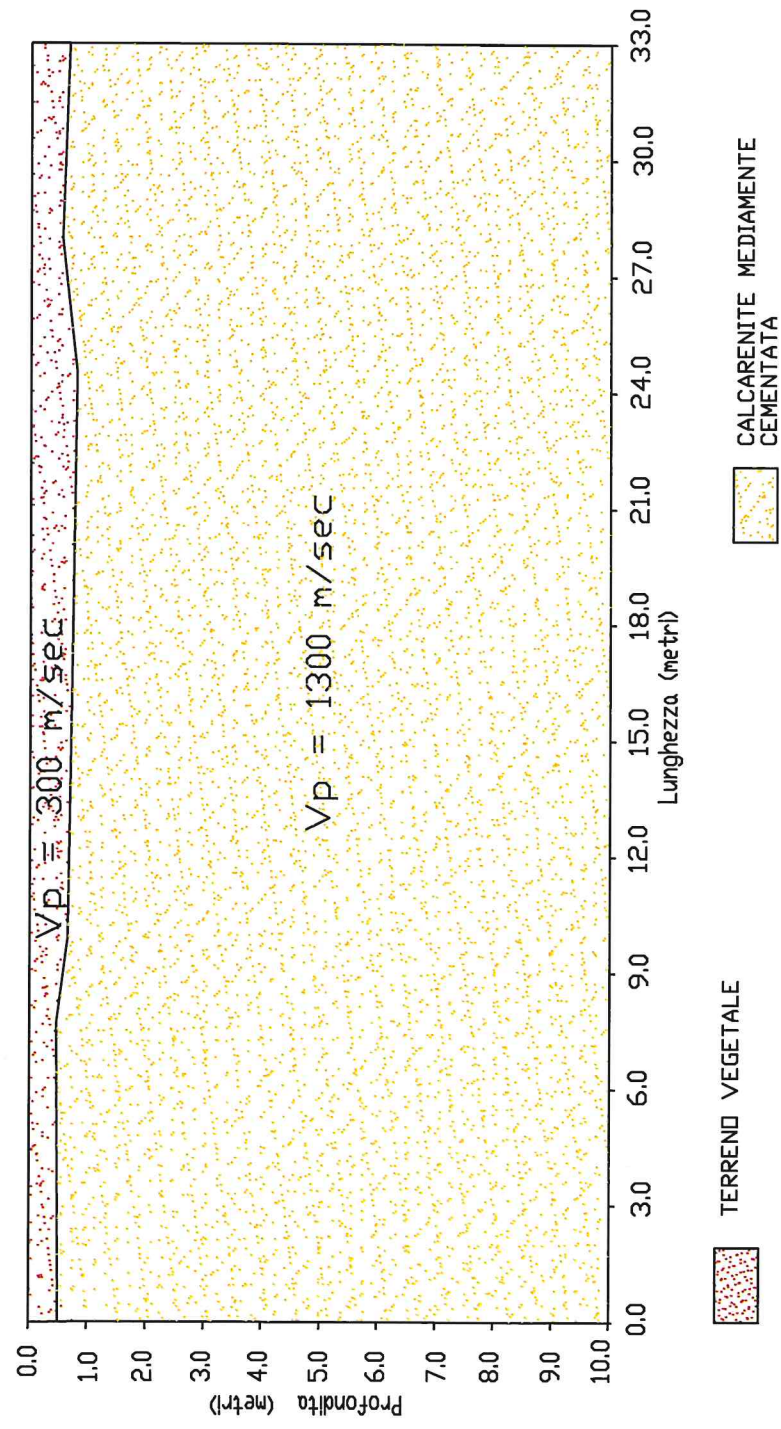


PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 3-3'  
LOCALITA': MASS.A APPIDE' - COMUNE DI CORIGLIANO <LE>

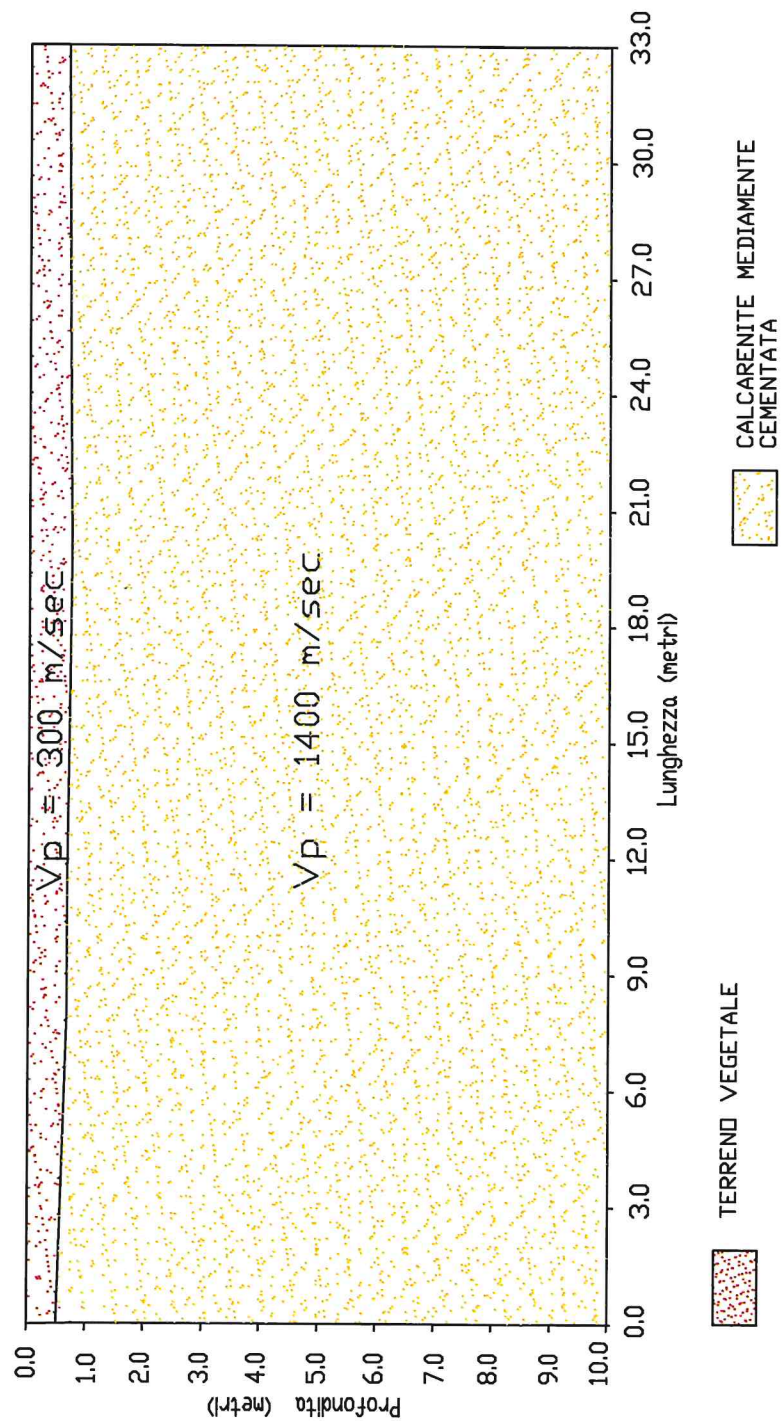




PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 4-4'  
LOCALITA': MASSA APPIDE' - COMUNE DI CORIGLIANO <LE>



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 5-5'  
LOCALITA': MASSA APPIDE' - COMUNE DI CORIGLIANO (LE)



***Sismica con metodologia ReMi (Refraction Microtremor)***

Per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione si è proceduti con l'esecuzione di un profilo sismico passivo.

La caratterizzazione sismica del terreno fondale è stata eseguita mediante l'analisi dei microtremori; essa viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare, a 12 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termine di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15-30s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale.

Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30 Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità.

Si tratta di una modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh.

Per rilevare onde sismiche trasversali, anche la sorgente energizzante deve generare onde a prevalente componente di taglio.

Per tale motivo è stato utilizzato un sismografo della Geometrics "modello GEODE" con geofoni da 4.5 Hz.

Recenti studi hanno consentito di creare un modello matematico anche per trattare le onde S, cercando di godere del vantaggio della elevata energia associata a questo tipo di propagazione.

L'analisi delle onde S mediante tecnica **ReMi** viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto



dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria, ecc.

L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

L'elaborazione del segnale consiste, nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico p-f (fig.1).

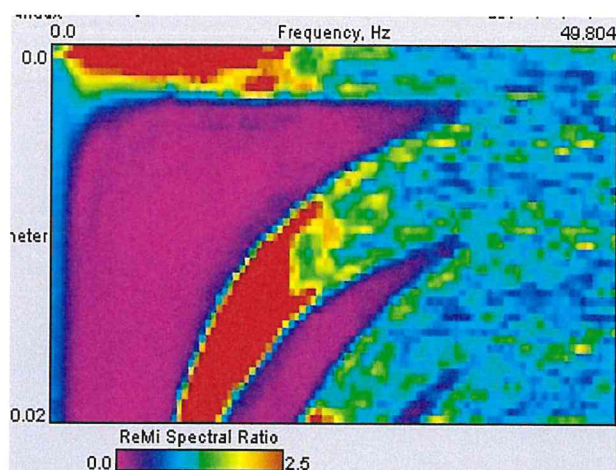


Fig. 1 Esempio di spettro di potenza p-f.

Nell'immagine di figura 1 è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo.

A questo punto l'operatore, in maniera arbitraria ed in base all'esperienza, esegue un "picking" (fig.2) attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness ( $p$  o  $1/\text{velocità di fase}$ ) per alcune frequenze.

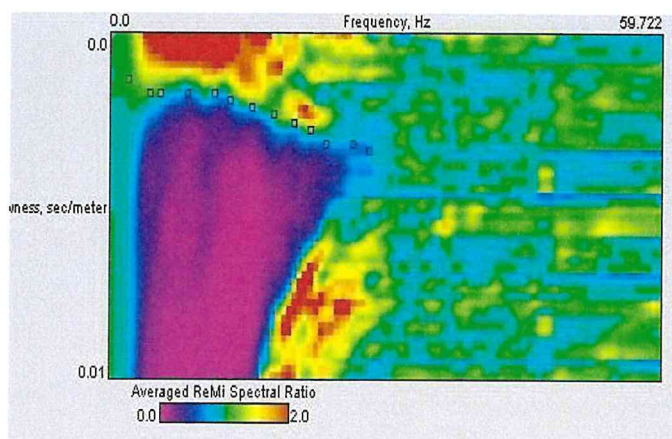


Fig. 2 Esempio di picking

Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto.

La curva di dispersione in realtà può non essere così facile da estrarre, questo perché dipende molto dalla pulizia dei dati e da quanto disturbano gli altri segnali presenti nel sismogramma. Ecco perché questa fase in realtà deve essere considerata una interpretazione, e per questo i migliori software di analisi di dati **ReMi**, consentono di modificare anche manualmente la curva di dispersione per soddisfare le esigenze dell'utente più esperto.

I dati selezionati dall'immagine  $p$ - $f$  vengono plottati su un diagramma, nel quale compare anche una curva di dispersione calcolata a partire da un modello di  $V_s$  che è modificabile dall'interprete. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità nel modello, la curva di dispersione calcolata viene adattata fino a farla aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking (fig.3).

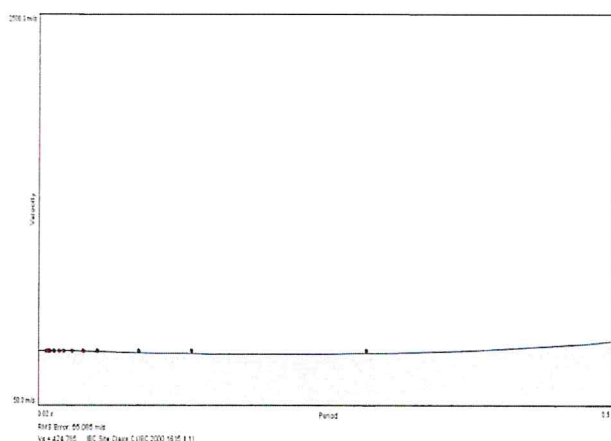


Fig. 3:

Modellizzazione diretta interattiva: curva di dispersione calcolata (grigio) e curva sperimentale con picking (puntinato rosso).

La curva di dispersione calcolata, approssimativamente coincidente con la curva sperimentale, viene associata ad un modello sintetico.

Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione, e dipendentemente dal software usato può anch'essa avvenire in maniera automatica e/o manuale.

Entrambe le due fasi di interpretazione, per quanto debbano seguire le linee guida dettate dalla teoria, devono rigorosamente essere controllate accuratamente dall'utente poiché non è possibile affidarsi completamente ad un sistema automatico che lavora alla ricerca della soluzione matematicamente migliore.

Le NTC18 effettuano la classificazione del sottosuolo in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

Con:  $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;  $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;  $N$  numero di strati;  $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.



Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel caso in esame è stato individuato un substrato sismico ad una profondità  $> 30.0$  m, pertanto la  $V_{s,eq} = V_{s30}$ .

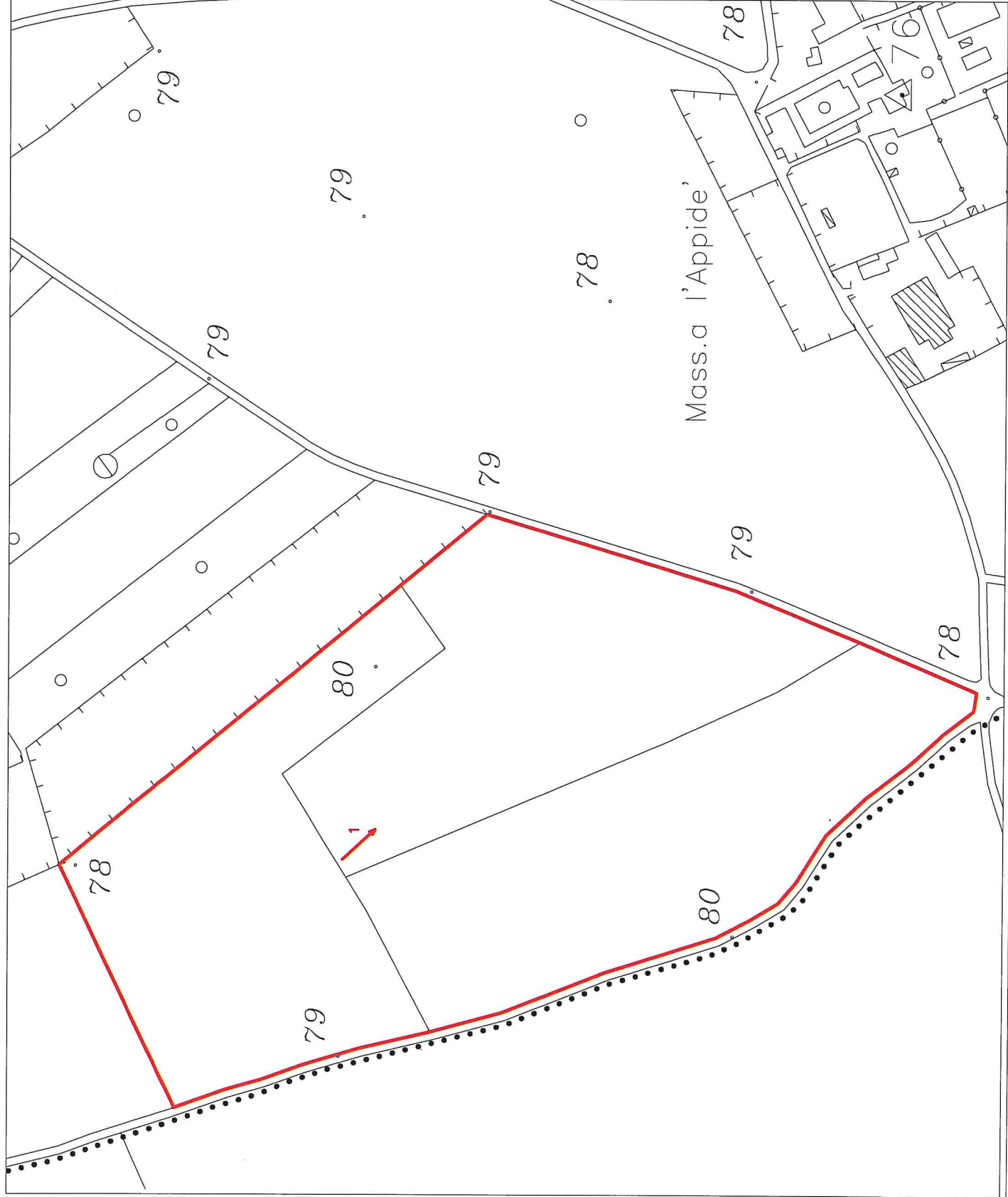
L'indagine ReMi n. 1 (eseguita sullo stendi mento 2) ha restituito un valore di  $V_{s30} = V_{s,eq} = 531$  m/sec.

Il suolo di fondazione rientra nella **categoria B**.

# UBICAZIONE PROFILO SISMICO PASSIVO

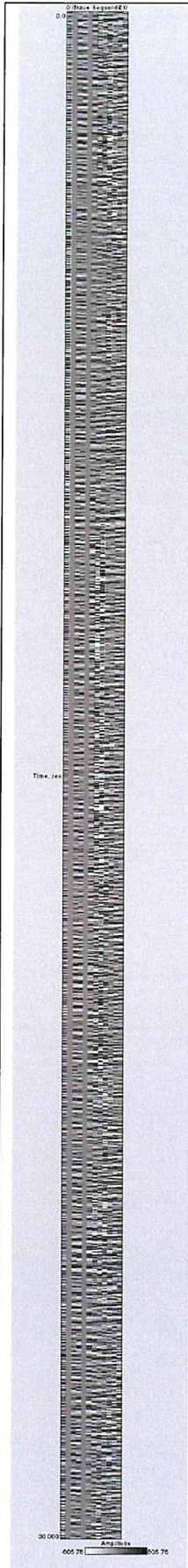
## Legenda

Profilo sismico ReMi

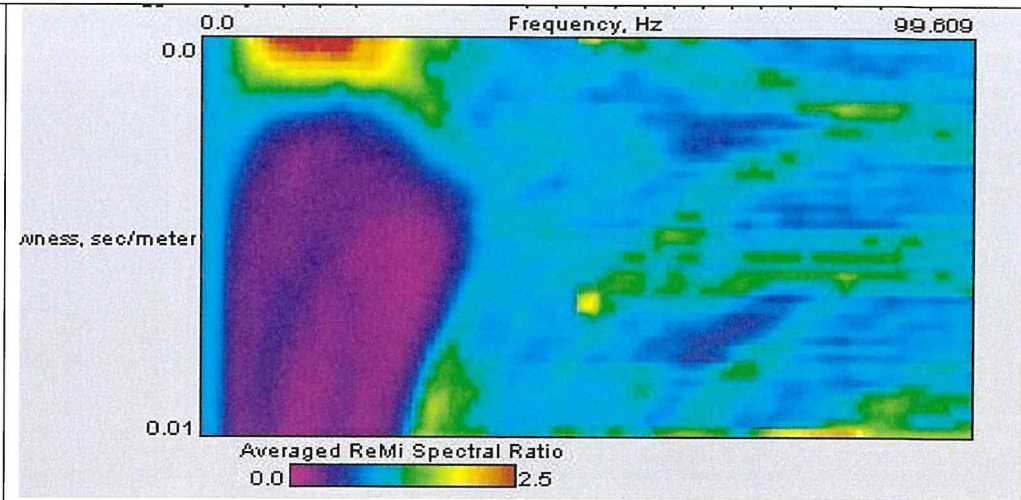


Scala 1:4000

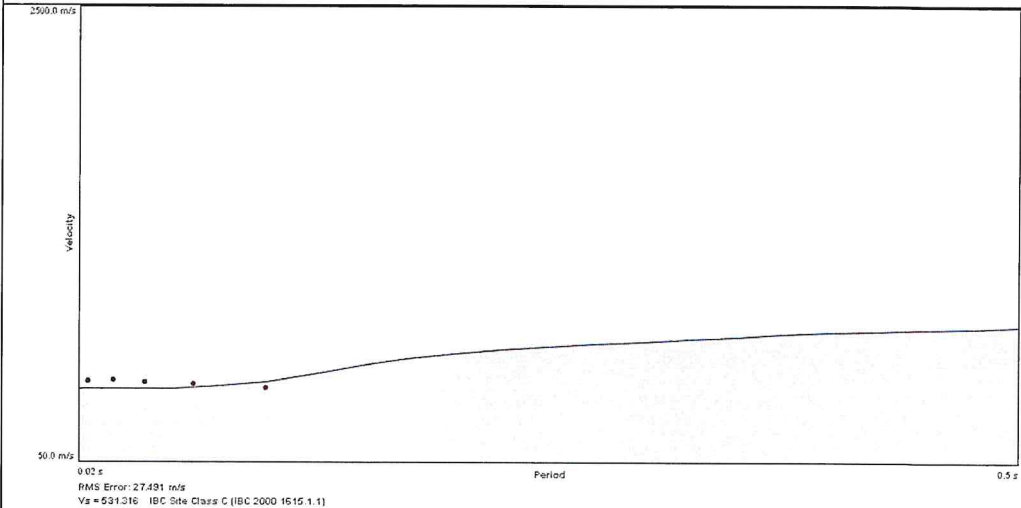
INDAGINE REMI N. 1



Pre-processing



Spettro di Potenza p-f



Curva di dispersione



Modello del profilo Vs/profondità



### CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Le categorie di sottosuolo individuate dal Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, recante “Norme Tecniche per le costruzioni” sono le seguenti:

- A) ***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
- B) ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti***, 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.
- C) ***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- D) ***Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti***, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
- E) ***Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D***, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Alla luce dei risultati ottenuti si ha che il suolo di fondazione rientra pertanto nella **categoria B** con valori di velocità delle onde di taglio compresi tra 360 e 800 m/s.

La litologia risulta perciò costituita da **Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti**.

### CATEGORIE TOPOGRAFICHE

Le categorie topografiche individuate dal Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, recante “Norme Tecniche per le costruzioni” sono le seguenti:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

NTC 2017 – Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

L'area di interesse ricade nella categoria T1 di Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

## VERIFICA DEGLI STATI ULTIMI (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismo di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alla condizione di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

### **SLU di tipo geotecnico**

- *collasso per carico limite*
- *collasso per scorrimento sul piano di posa*
- *stabilità globale*

### **SLU di tipo strutturale**

- *raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali*

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d$$

Dove  $E_d$  = valore di progetto delle azioni o effetto dell'azione

$R_d$  = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico  
(terreno)



La verifica di detta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti:

- per le azioni (A1 e A2)
- per i parametri geotecnici (M1 e M2)
- per le resistenze (R1, R2, R3)

### Azioni

Il valore di progetto ( $E_d$ ) delle azioni si calcola moltiplicando le azioni per i coefficienti della tabella 1

**Tabella 1: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni**

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE	EQU	(A1)	(A2)
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

### Resistenze

La resistenza  $R_d$  del terreno si calcola utilizzando i valori caratteristici dei parametri geotecnici del terreno divisi per i coefficienti parziali  $\gamma_m$  della tabella 2:

**Tabella 2: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo resistenza al taglio	$\tan \phi'k$	$\phi'k$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c'k$	$\gamma c'$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma c_u$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma\gamma$	1.0	1.0

Per le rocce, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale ( $q_u$ ) deve essere applicato un coefficiente parziale di 1.6.

Il valore di progetto dei parametri di resistenza ( $c'$  e  $\phi'$ ) devono essere impiegati sia per la determinazione dei fattori di capacità portante,  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ , sia per la determinazione dei coefficienti correttivi, ove tali coefficienti intervengono. I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono stati scelti nell'ambito di approcci progettuali distinti ed alternativi.

### Approccio 1

Si basa sul concetto dei coefficienti di sicurezza parziale e considera due famiglie di combinazioni (una combinazione di tipo strutturale STR "scenario A1+M1+R1" e una combinazione di tipo Geotecnico GEO, "scenario A2+M2+R2" generalmente con le seguenti modalità:

- **combinazione 1 (A1+M1+ R1) combinazione di tipo strutturale STR**
- **combinazione 2 (A2+M2+R2) combinazione di tipo geotecnico GEO**

dove

A = coefficiente di amplificazione dei carichi;

M = coefficiente di riduzione dei parametri geotecnici;

R = coefficiente di riduzione delle resistenze (portanza, scorrimento ecc..)

La prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opera a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

### **Approccio 2**

In questo tipo di approccio è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche:

#### **(A1 + M1 + R3) (STRU-GEO)**

In questo tipo di combinazione vengono incrementati le azioni permanenti e variabili (A1) con i coefficienti parziali sulle azioni, vengono lasciate inalterate le caratteristiche di resistenza del terreno (M1), mentre la resistenza (R3) assume valori ridotti o invariati in relazione al tipo di verifica (GEO-STR).

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale (STR), il coefficiente  $\gamma_R$  non deve essere portato in conto.

In definitiva, la norma dà la facoltà di scegliere in alternativa l'Approccio 1 verificando entrambe le combinazioni, oppure l'approccio 2 – combinazione unica.



La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1: combinazione 2: (A2+M2+R2) tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 1 e nella 3 per le azioni e i parametri geotecnici e dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  delle resistenze (tab. 4).

Le rimanenti verifiche (rottura per carico limite e per scorrimento) devono essere effettuate tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 1, 2 e 3 seguendo almeno uno dei due approcci:

**Tabella 3: Coefficienti e al variare di  $\tan \theta$ , dove  $\theta = \tan^{-1} \left( \frac{k_h}{1 - k_v} \right)$**

$\tan \theta$	FATTORI DI CAPACITÀ PORTANTE			COEFFICIENTI RIDUTTIVI		
	$N_{qE}$	$N_{\gamma E}$	$N_{cE}$	$e_q$	$e_\gamma$	$e_c$
0	16.51	23.76	26.86	1.00	1.00	1.00
0.807	12.86	15.34	20.55	0.78	0.65	0.77
0.176	9.84	9.45	15.31	0.60	0.40	0.57
0.268	7.30	5.36	10.90	0.44	0.23	0.41
0.364	5.12	2.61	7.14	0.31	0.11	0.27
0.466	3.21	0.88	3.83	0.19	0.04	0.14
0.577	1.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00

**Tabella 4: Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$

**Tabella 5: Parametri caratteristici di progetto dedotti dalle prove penetrometriche (valori medi)**

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_m$ <i>calcareniti cementate</i>	
	M1	M1
Tan $\phi'$	41.39	35.18
C'	0.0	0.0
$\gamma$	22.3	22.3

Tan  $\phi'$  = tangente dell'angolo di resistenza al taglio (°);  
 $\gamma$  = peso dell'unità di volume (kN/mc); c' = coesione efficace (kPa).

## **CONCLUSIONI**

Il sottoscritto è stato incaricato dalla società di progettazione TIEMES s.r.l. per conto della proponente società Sorgenia Renewables s.r.l. nel mese di maggio 2019, per eseguire uno studio geologico-tecnico di supporto ad una progetto di “Realizzazione di un impianto fotovoltaico” in territorio comunale di Corigliano d’Otranto.

L’area indagata ricade all’interno del foglio n.214 della “Carta geologica d’Italia” in scala 1:100000.

Il rilevamento geomorfologico di campagna e lo studio aerofotogrammetrico, hanno permesso di verificare che la morfologia dell’area si presenta pianeggiante, scevra da emergenze di carattere geomorfologico.

Dal punto di vista geologico la formazione affiorante nell’area è quella delle Calcareni del Salento.

Da un punto di vista idrogeologico, accertamenti eseguiti in situ portano ad escludere la presenza di fada superficiali che possano interferire con la struttura fondale dell’impianto da realizzare; l’unica falda che si rinviene nell’area è la profonda ad oltre 70 metri di profondità dal p.c.

Le indagini sono state eseguite ai sensi del D.M. 17.01.2018 e sono consistite in n. 5 prove penetrometriche dinamiche DPSH che hanno permesso di ricostruire la successione stratigrafica dell’area per i primi metri e di caratterizzare meccanicamente il titotipo investigato ed in 5 indagini sismiche di superficie con metodologia ReMi per risalire alla categoria sismica del suolo di fondazione.



metodologia ReMi per risalire alla categoria sismica del suolo di fondazione.

La successione stratigrafica dell'area è data da uno spessore di terreno vegetale che varia da 0.2 a 0.80 metri a cui seguono delle calcareniti mediamente cementate caratterizzate dai seguenti parametri geotecnici medi:

- densità relativa (%): 77.63
- Angolo di attrito ( $^{\circ}$ ): 41.39
- Coesione ( $\text{kg/cm}^2$ ): 0
- Modulo edometrico ( $\text{kg/cm}^2$ ): 251.34
- Modulo Young ( $\text{kg/cm}^2$ ): 65.14
- $k_o$ : 7.88
- Peso di volume ( $\text{t/m}^3$ ): 2.23

Le nuove norme tecniche ordinano che, nel metodo semiprobabilistico agli strati limite, per tener conto di eventuali indeterminazione, si devono dividere i valori dei parametri geotecnici, per i coefficienti parziali, ottenendo pertanto i **Parametri caratteristici di progetto** che risultano pari a:

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_m$ <b>calcareniti cementate</b>	
	M1	M1
Tan $\phi'$	41.39	35.18
C'	0.0	0.0
$\gamma$	22.3	22.3

Tan  $\phi'$  = tangente dell'angolo di resistenza al taglio ( $^{\circ}$ );  
 $\gamma$  = peso dell'unità di volume ( $\text{kN/mc}$ );  $c'$  = coesione efficace (kPa).

Dall' indagine ReMi eseguita è stato ricavato l'andamento delle Vs e da qui calcolato il valore della Vs,eq risultato di **531 m/s**.

Questi valori di Vs,eq fanno rientrare il sottosuolo nella **categoria B**.

Ruffano, giugno 2019

Dott. Geol. Marcello De Donatis

