

**IMPIANTO AGROVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE
DENOMINATO "BRINDISI VALLONE" DI POTENZA NOMINALE PARI A 29,925 MVA E
POTENZA INSTALLATA PARI A 33,468 MW, DA REALIZZARSI IN AREA SIN BRINDISI**

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA di BRINDISI
COMUNE di BRINDISI
Località Masseria Baraccone (Area SIN)

PROGETTO DEFINITIVO
Id AU 1JAXB41

Tav.:

Titolo:

R19

**Relazione Geologica - Relazione
geologico-tecnica - Studio
geo-morfologico di dettaglio**

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

1JAXB41_RelazioneGeologica_19

Progettazione:

Committente:

STC S.r.l.



Via V. M. STAMPACCHIA, 48 - 73100 Lecce
Tel. +39 0832 1798355
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu

Direttore Tecnico: Dott. Ing. Fabio CALCARELLA

Stern PV 2 S.r.l.



Sede Legale Via Leonardo Da Vinci 12

39100 Bolzano - PEC sternpv2srl@pec.it

Geoprove S.r.l.

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Marcello DE DONATIS

Via Benedetto Falcone, ZI - 73049 Ruffano (LE)
Tel. 0833 692992 - 329 3599093
info@geoprove.eu



Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Luglio 2020	Prima emissione	Geoprove S.r.l.	FC	Stern PV 2 S.r.l.

LABORATORIO MATERIALI DA COSTRUZIONE
LABORATORIO TERRE E ROCCE
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

GEOPROVE S.R.L.

COMUNE DI BRINDISI

(PROVINCIA DI BR)

PROGETTISTA: ING. FABIO CALCARELLA

INDAGINI GEOGNOSTICHE, SISMICHE,
VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITA' E
RELAZIONE GEOLOGICA-TECNICA PER LA
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
"BRINDISI VALLONE"

Ruffano, luglio 2020

IL DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Marcello DE DONATIS



Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 276 del 14 giugno 2018.



ISO 14001 2015, n. SA 02014/19
DN-645 18031/2020, n. SA 02015/19



SOA 05208 II Livello



GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978

Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •

Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Call. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

INDICE

PREMESSA	2
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICI.....	6
CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IDRAULICI DEL SITO.....	11
INDAGINE GEOGNOSTICA	13
<i>Profili sismici a rifrazione</i>	<i>13</i>
<i>Sismica con metodologia Masw (multichannel analysis of surface waves)..</i>	<i>24</i>
<i>Prova penetrometrica dinamica continua</i>	<i>33</i>
CALCOLO DELLA PERMEABILITA'	36
VERIFICA DEGLI STATI ULTIMI (SLU).....	38
CONCLUSIONI	44

PREMESSA

La società Geoprove s.r.l. di Ruffano (Le) è stata incaricata dall'Ing. Fabio Calcarella nel mese di luglio 2020, per eseguire uno studio geologico-geotecnico di supporto ad un progetto di un impianto fotovoltaico "BRINDISI VALLONE" nel territorio comunale di Brindisi con Sottostazione Elettrica Utente.

Lo studio e quindi la relazione redatta, si riferiscono all'impianto fotovoltaico alla sua cabina di connessione SSE Utente ed al cavodotto (nel suo percorso).

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

Dopo aver eseguito un rilievo geologico ed idrogeologico di superficie è stata eseguita la seguente campagna di indagini geognostiche:

esecuzione di n. 8 indagini sismiche a rifrazione sull'area interessata dall'impianto fotovoltaico e lungo il tracciato del cavodotto;

esecuzione di n.2 profili sismici Masw per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione (il primo nell'area in cui sorgerà l'impianto, la seconda laddove sarà realizzata la sottostazione);

una prova penetrometrica eseguita nell'area interessata dalla Sottostazione;

una prova di permeabilità in foro di sondaggio penetrometrico al fine di valutare la capacità di assorbimento dell'area.

I'//() (,lcT N I'FN LI IO: I1//. /.../ JU \J-. D/ Y.N'1.V/U \ IO IO101'()/J VC()
" /1 /U \JJ JSJ 1 _IJJ () \f' ." \ .1(,NW D/ JIN\JJJSI

.\Judin geologico-/t'cllico ed il ldogini geog110 .oöiche eseguli! 11e//'orea interes.vo/o do//'i1111>io1110.
/1111gu il cu vit!ollo e ludi!m-c /Jl' <'!s/o fu sol/o.-1,ciu11e

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.

Lo studio e quindi la relazione redatta, si riferiscono all'impianto fotovoltaico ed alle sue opere di connessione.

I'W(,FJJ} I'cR /:;1 Nic-1/./I.-II. IO.\ Y.-"ij/ ,.: :!A!" f.JAT 0 f-")J'()/ "O/JII< o
-t/NIA !}fV I .V . /O. 'C ' !\ . /;110 IJ! /3//I.VO IS!

.'IId,n geologic o-ll'elli co ed illdogilli . ('ognoslich e eseguit e lle// 'oreo ititit'<:S11u dal / 'ititit Jitit ittu .
lungo il cuvidoll u e l" dt!o,-e 11n- 1'is111 la so 11os/rcio 11e

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

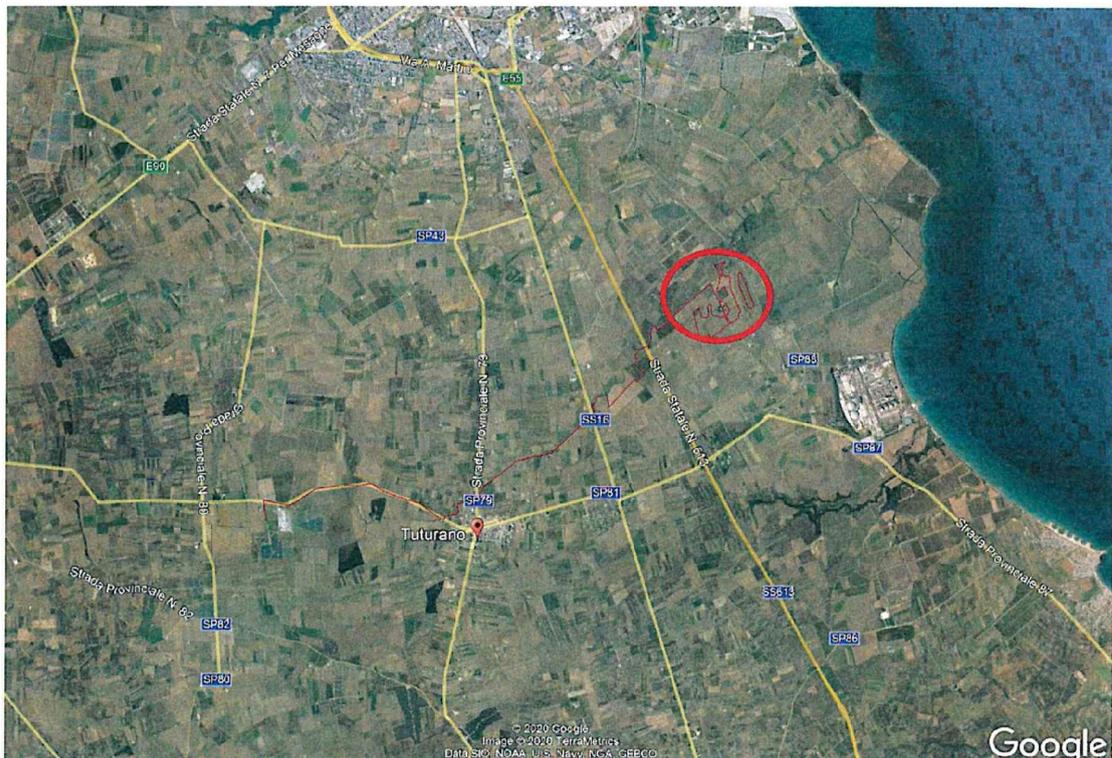
L'area indagata è ubicata a cavallo della Strada Comunale n. 29 a circa 4.0 km a sud di Brindisi e a circa 4.5 km a nord-est di Tutturano.

La quota topografica è di 20-24 metri s.l.m, degradando verso est, verso la costa.

L'area d'indagine è stata individuata dalle seguenti coordinate geografiche espresse come punto centrale:

Latitudine: 40° 34' 46" N

Longitudine: 17° 59' 55" E



Area di indagine, immagine da Google Earth®

I' IWC, L/ (J' I: H I. \ I? /.. I U I. I. I (J \ F /) / I. N' \ M' I. I \ TU J- (J O I ' (J J // (' J
„ H J ? J, \ J) / S' , I I I. I. U \ F " \ \ ' . I (, / I O) / I \ N I, \ I) / S I

)' 111 dio geologic o- tecnicu ed indagini il !! O !!, I I O S i che eseg 11 il < l 11 ell ' or eo i 11 teressula rio // ' 111 J J h 111 tu.
11111 go il C (I \ i c 0 110 , , l, I d c l, m : J I I < ' I. I I I I u s o t / o s 1 u : : i u 11 c:

L'area interessata dall'installazione della sottostazione elettrica è in prossimità della SE Terna "Brindisi sud"; essa è individuata dalle seguenti coordinate geografiche (come punto centrale):

Latitudine: 40° 32' 50.31 " N

Longitudine: 17° 54' 14.81" E



Area di indagine, immagine da Google Earth ®

CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICI

L'area ricade nel Fg 204 "Lecce" e nel Fg. 203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia 1:100.000.

La ricostruzione del quadro geologico e litologico dell'area è stata effettuata attraverso un rilievo geologico di dettaglio e lo studio delle foto aeree.

Il paesaggio fisico dell'area è costituito da una depressione alluvionale tabulare posta ad una quota topografica di 61 metri s.l.m.; tettonicamente è collocata all'interno di un esteso graben.

L'attuale configurazione geologica è frutto della tettonica distensiva che ha interessato il basamento calcareo durante il Terziario e che ha dato vita ad una serie di depressioni in cui si sono deposte in trasgressione le sequenze sedimentarie pleistoceniche.

Il rilievo geologico ha evidenziato la presenza delle seguenti formazioni dal basso verso l'alto:

- Calcari di Altamura (Cretaceo);
- Calcareni di Gravina (Pleistocene inf.);
- Formazione di Gallipoli (Pleistocene sup.)

Calcari di Altamura (Cretaceo)

I Calcari non sono affioranti nell'area indagata, ma costituiscono l'ossatura dell'intera penisola salentina. Presentano una stratificazione

variabile, con strati di circa 20-30 cm di spessore che a luoghi possono raggiungere spessori fino ad oltre un metro.

Tale formazione è interessata da una fratturazione sub-verticale, con diaclasi e leptoclasì che, avendo un andamento normale ai piani di strato talvolta rendono la roccia brecciata e scomponibile in solidi di forma geometrica che conferiscono alla formazione suddetta un generale permeabilità in grande.

Sono presenti inoltre, strutture fisico-meccaniche secondarie dovute all'azione del carsismo, con fratture e saccature riempite di materiale residuale (Terra Rossa).

Litologicamente si tratta di calcari e calcari dolomitici di colore avana, compatti e tenaci, in strati e banchi, talora riccamente fossiliferi, cm si alternano livelli dolomitici di colore grigio o nocciola.

L'origine è biochimica per i calcari e secondaria per le dolomie.

In base ai dati forniti dall'AGIP, in seguito alla perforazione petrolifera eseguita vicino Ugento, indicano uno spessore massimo di 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 aumenta la percentuale di dolomia, fino a diventare prevalente nelle Dolomie di Galatina.

Per quanto riguarda il suo ambiente deposizionale, esso è di mare poco profondo e più esattamente di piattaforma continentale. Inoltre, data la presenza di spessori abbastanza potenti, appare chiaro che l'ambiente di sedimentazione ha potuto mantenersi pressoché immutato nel tempo per effetto di una costante subsidenza.

Calcareniti di Gravina (Pleistocene inf.)

Questo litotipo si rinviene in profondità e affiora nelle immediate vicinanze dell'area di studio.

Questa formazione presenta caratteristiche litologiche, sedimentologiche e stratigrafiche simili alle Calcareniti di Gravina (Ba), alle quali è assimilabile e da cui prende il nome.

Litologicamente si tratta di una calcarenite più o meno compatta, grigio chiara, cui si associano sabbioni calcarei (bianchi e giallastri) talora parzialmente cementati.

Il contenuto di carbonato di calcio è in genere elevato ed oscilla tra il 97-98%.

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.

Formazione di Gallipoli (Pleistocene medio-sup.)

Questa formazione risulta costituita da due unità: Sabbie e Argille.

Le argille si rinvencono in profondità e si correlano, sia dal punto di vista litologico che stratigrafico, alle argille subappennine plio-pleistoceniche o alle argille grigio-azzurre Calabriane, rinvenibili in diverse zone della Puglia, dal Tavoliere alla fascia premurgiana, alle Murge e al Salento.

Sostanzialmente i caratteri di tali argille sono largamente confrontabili lungo tutte le aree di affioramento.

Stratigraficamente si pongono nella parte mediana del Ciclo sedimentario plio-pleistocenico.

Esse poggiano in continuità di sedimentazione sulle calcareniti plio-pleistoceniche (Calcareniti di Gravina).

Superiormente passano gradualmente, in linea generale, a depositi sabbiosi o calcarenitici calabrianici, costituenti i termini di chiusura di detto Ciclo.

In passaggio alle successive formazioni risulta generalmente di carattere trasgressivo rispetto ai depositi post-calabrianici calcarenitici.

Le sabbie si rinvengono, con probabile passaggio graduale, dei depositi sabbiosi di natura calcareo-micacea. Esse sono affioranti estesamente su tutta l'area indagata.

Il deposito sabbioso in questione si correla abbastanza bene dal punto di vista stratigrafico e litologico con le formazioni sabbiose del Ciclo plio-pleistocenico su menzionato.

Così come le argille grigio-azzurre calabrianiche, anche tale deposito sabbioso risulta variamente costituito e di potenza variabile da luogo a luogo lungo le zone di affioramento.

Nell'area salentina l'articolazione e la frammentazione dei bacini di sedimentazione ha prodotto la differente costituzione litologica: sono presenti livelli arenacei, limosi e/o argillosi e calcarenitici nell'ambito dei depositi sabbiosi.

Per quanto riguarda specificatamente l'area rilevata, tale deposito è costituito da sabbie sciolte solo localmente contenenti livelli cementati.

Il colore è giallo-paglierino, la grana prevalentemente fine ed uniforme.

I'WC:U IU I'EH...?!! //V L-1/!U \!c M i I y A II'1.1\T I) /-O /O I D I.J.:M(')
 -- n lm n 1s 1 .1..11.1 u, , - .- .1 c dw 1>1 111m D 1s 1

Studio geol. "icu-ll'cllico ed ittdo #,il i genguosliche eseguite ite //o reu iu teresw11r1 do //iWU >io n to
 lungo il co'ido !I u e lodd o'e ;w e Pi sto lo .• o tl ostrc i o ll e

STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA N. 204 "LECCE" e N. 203 "BRINDISI"



SCALA 1: 100.000

Sabbie giallostre, loro debolmenrc cem entilic in slr oli d i qun lc he cm di sp esso re ,
 cht: possono inrci or menle o sabbie arg illo se e org il le grigi o'ozzur raslre { 01 I;
 l'Unil ò sp esso ho inlrcaloti b anch i orenocci e calc or enilic ben cemental l
 (QU. Nelle sei bbie più elevale si not ein o lolo ra Ca, Sidulina lacvi gaia 0-01 I.,
 caril luta SILV., Bu.limiuu marsina.tu DOU .] Ammonia bccari (LH.), Ammoni a
 perlucida (Hil. Ali. IAILJ (' LEISTO CE, E). Nelle sobbie argillose ed org ille
 .so tho sion il , occ.,nlo o Cyprina idanctica Lili ., Cistumy s Je plem radiat tu MOLL.
 ed altri Mo luschci, sono lre Queni, llyalineu ballhica (SCHLL, Ca. iduli I tu la e ,
 vigata !>Oli . carinuta SILV., Duliminu murginuh, DOli ., Dolivina cat, a u, u is
 ne . (CALABRIANO).



FORMAZIONE DI GALLIPOLI.

CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IDRAULICI DEL SITO

In base ai caratteri litologici delle formazioni, alle loro caratteristiche giaciture e ai rapporti di posizione, la circolazione idrica si esplica attraverso due livelli, il più consistente dei quali è localizzato in corrispondenza dei calcarei cretacei ed è denominato "acquifero di base", in quanto la falda in esso contenuta è sostenuta dall'acqua marina di intrusione continentale. Lo studio di quest'ultima non è stato approfondito, in quanto è presente ad una profondità che non interagisce con le opere fondali della struttura in esame.

La falda superficiale, presente a 4.0-5.0 metri dal p.c., risente del regime pluviometrico dell'area, per cui non si esclude che nei periodi di abbondanti precipitazioni possa risalire raggiungere il p.c.; è contenuta nei depositi sabbiosi cementati e concrezionati di età pleistocenica. Il livello di base è costituito dalle sottostanti argille grigio-azzurre che ne condizionano l'estensione areale, l'andamento della superficie piezometrica è all'incirca parallelo alla superficie topografica; la direzione di deflusso delle acque è verso mare.

Per quanto riguarda il livello localizzato nei calcari cretacei, denominato "acquifero di base" in quanto la falda in esso contenuta è sostenuta dall'acqua marina di invasione continentale, esso è caratterizzato da un gradiente idraulico, come emerge dai numerosi rilievi effettuati sui pozzi esistenti, di 3.0 metri e tende progressivamente a ridursi verso E-O con una cadente

I'WCIUTU' I.H.L. I<Ic'. II.f.I.I. II. IU\FJIV. .\ \A' U V' () f-'J'01 -Ot/. -1/ U J
" /JIU:\J/SI 1. .11.U JV F "I\ _/;/J/II N:\ "h/SI

...:11Idio geologico-tecl lico eri intlogi Ii !!!<o ,J,11u sli che eseguite 11el/ '(In'o i11te1-essa10 do// -1meio1110.
/1111gu i cm -i ,/0 110 e loddu, -e f' I"<Vi slu lu su/os10::io11e

piezometrica dell'ordine dello 0.012 %, fino ad annullarsi del tutto sulla costa dove dà vita ad una serie di sorgenti sottomarine.

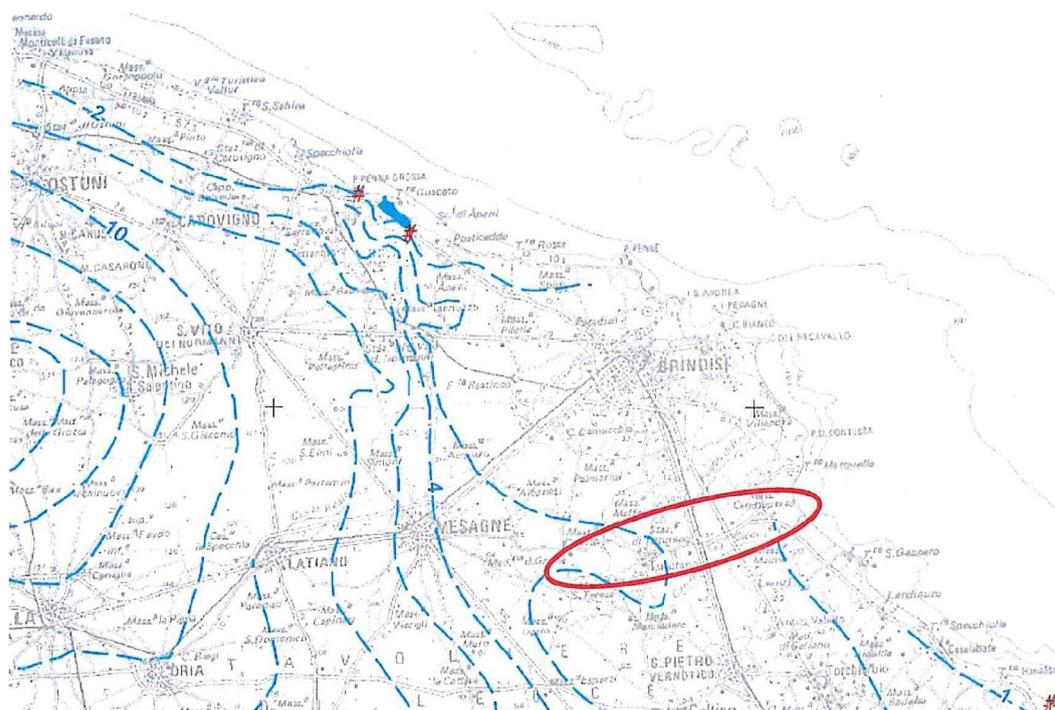
In condizioni di equilibrio lo spessore della falda d'acqua dolce è legato dalla legge di Ghyben-Hensberg con la sottostante acqua salata di intrusione continentale, ponendo:

H = spessore della falda

h = gradiente idraulico

abbiamo:

$$H = 37 * h$$



Piano di tutela delle acque - Regione Puglia
"Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murge 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:

8 profili sismici a rifrazione, realizzati con un'interdistanza di 3 metri;

n.2 indagini sismiche con metodologia Masw, per individuare la categoria sismica di suolo di fondazione.

una prova penetrometrica eseguita nell'area interessata dalla Sottostazione;

una prova di permeabilità in foro di sondaggio penetrometrico al fine di valutare la capacità di assorbimento dell'area.

Profili sismici a rifrazione

Per individuare la successione stratigrafica e le caratteristiche geotecniche del terreno fondale, si è proceduto con l'esecuzione di 8 profili sismici a rifrazione, distribuiti sull'area interessata dal progetto e lungo il cavidotto.

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.

Sono stati eseguiti quattro profili sismici coniugati, 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 12 canali della GEOMETRICS mod. Geode, 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 interce tte.

Analisi dei risultati

Le indagini sono state eseguite laddove è prevista l'installazione dell'impianto fotovoltaico le prime 5, tre sono state poi eseguite lungo il cavidotto di connessione alla sottostazione elettrica da realizzare vicino alla Stazione Elettrica Terna "Brindisi sud".

Tutte le indagini hanno permesso di ricostruire una successione sismo stratigrafica data da tre sismostrati: in affioramento si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità tra 250 e 300 m/sec può essere assimilato a terreno vegetale; segue fino ad una profondità variabile da 5.0 a 6.5 m il secondo sismostrato che caratterizzato da una velocità delle onde p tra 700 e 850 m/sec è da ricondurre a delle sabbie concrezionate; il terzo sismostrato è caratterizzato invece da una velocità di 600-700 m/sec da ricondurre a dei limi sabbiosi.

Ciò che emerge dalle indagini è la presenza di una sola formazione, quella ascrivibile alla Formazione di Gallipoli, caratterizzata da un deposito sabbioso, a luoghi concrezionato, passante in profondità a limi e ad argille.

Le indagini sismiche hanno permesso di caratterizzare le sabbie da poco a mediamente cementate (700-850 m/sec) attraverso delle correlazioni semiempiriche tra velocità di propagazione delle onde ed i parametri geotecnici più importanti.

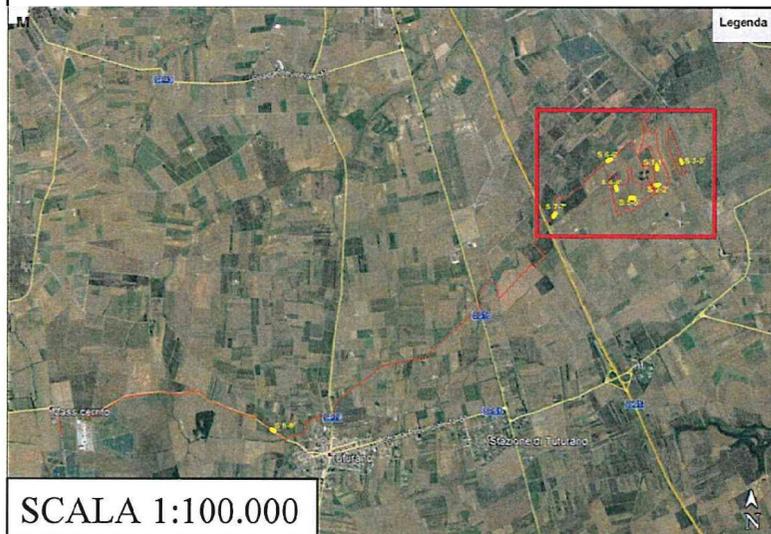
Le caratteristiche geotecniche delle sabbie sono:

Densità relativa	(%)	35
Angolo di attrito	(o)	31
Modulo edometrico	(kg/cm ²)	90
Coesione	(kg/cm ²)	0.0
Peso di volume	(gr/cm ³)	1.70
Classificazione AGI		Moderat. Addensato
Modulo di Poisson		0.40
Modulo di reazione (Kg/eme)		3.0

Le caratteristiche geotecniche dei limi sabbiosi che si rinvencono inoltre i 6.0 metri sono:

Densità relativa	(%)	43
Angolo di attrito	(o)	26
Modulo edometrico	(kg/cm ²)	97
Coesione	(kg/cm ²)	0.02
Peso di volume	(gr/cm ³)	1.65
Classificazione AGI		Moderat. Addensato
Modulo di Poisson		0.43
Modulo di reazione (Kg/eme)		3.5

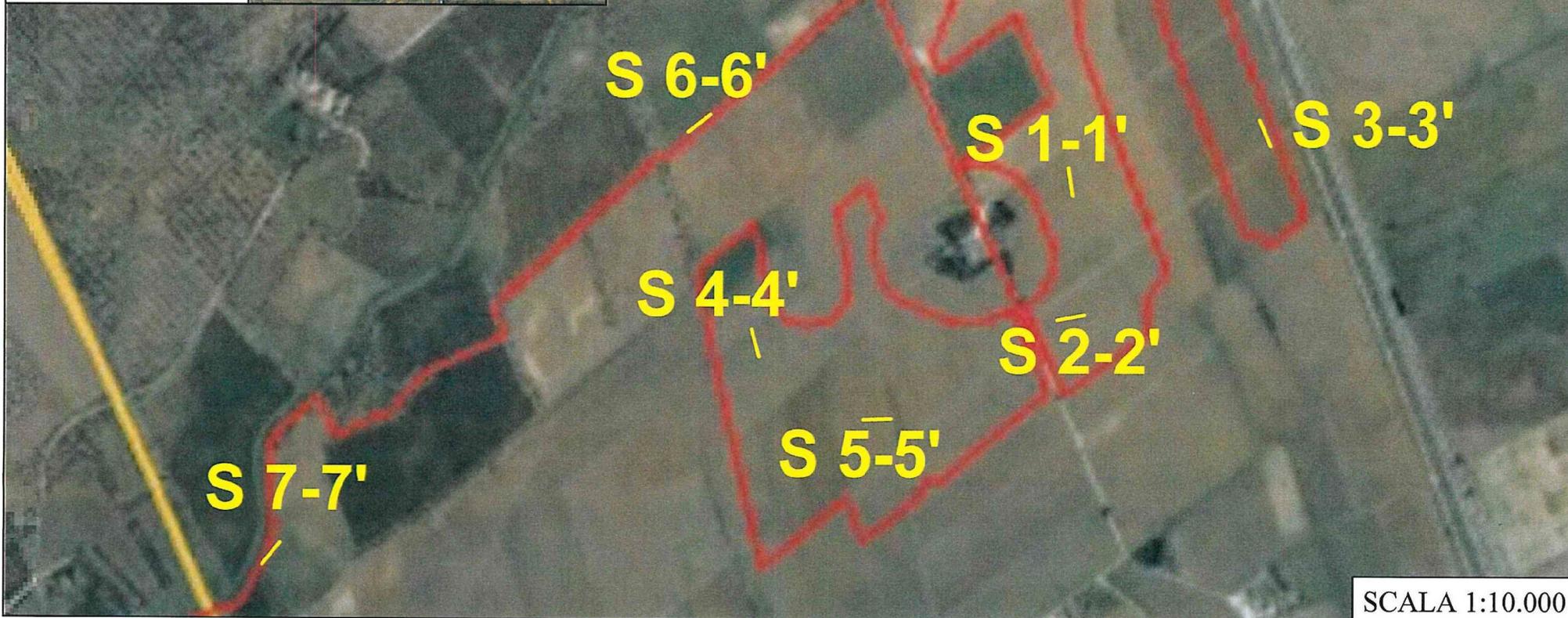
UBICAZIONE INDAGINE SISMICA



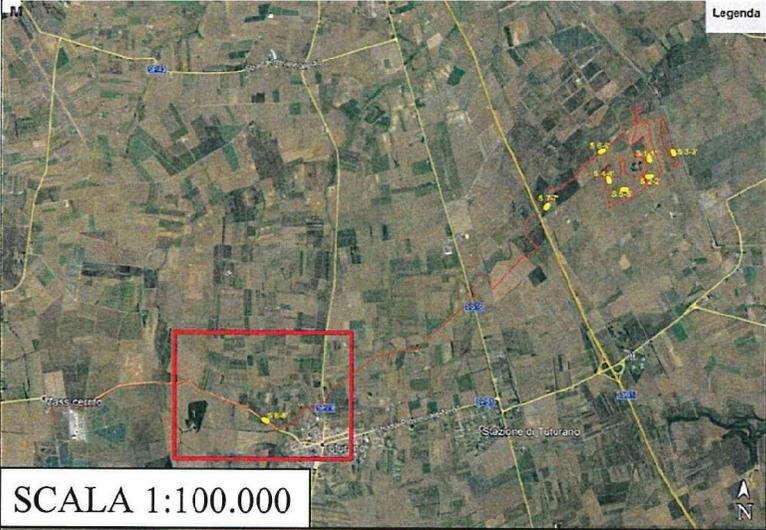
Legenda

LEGENDA:

— Profilo sismico a rifrazione



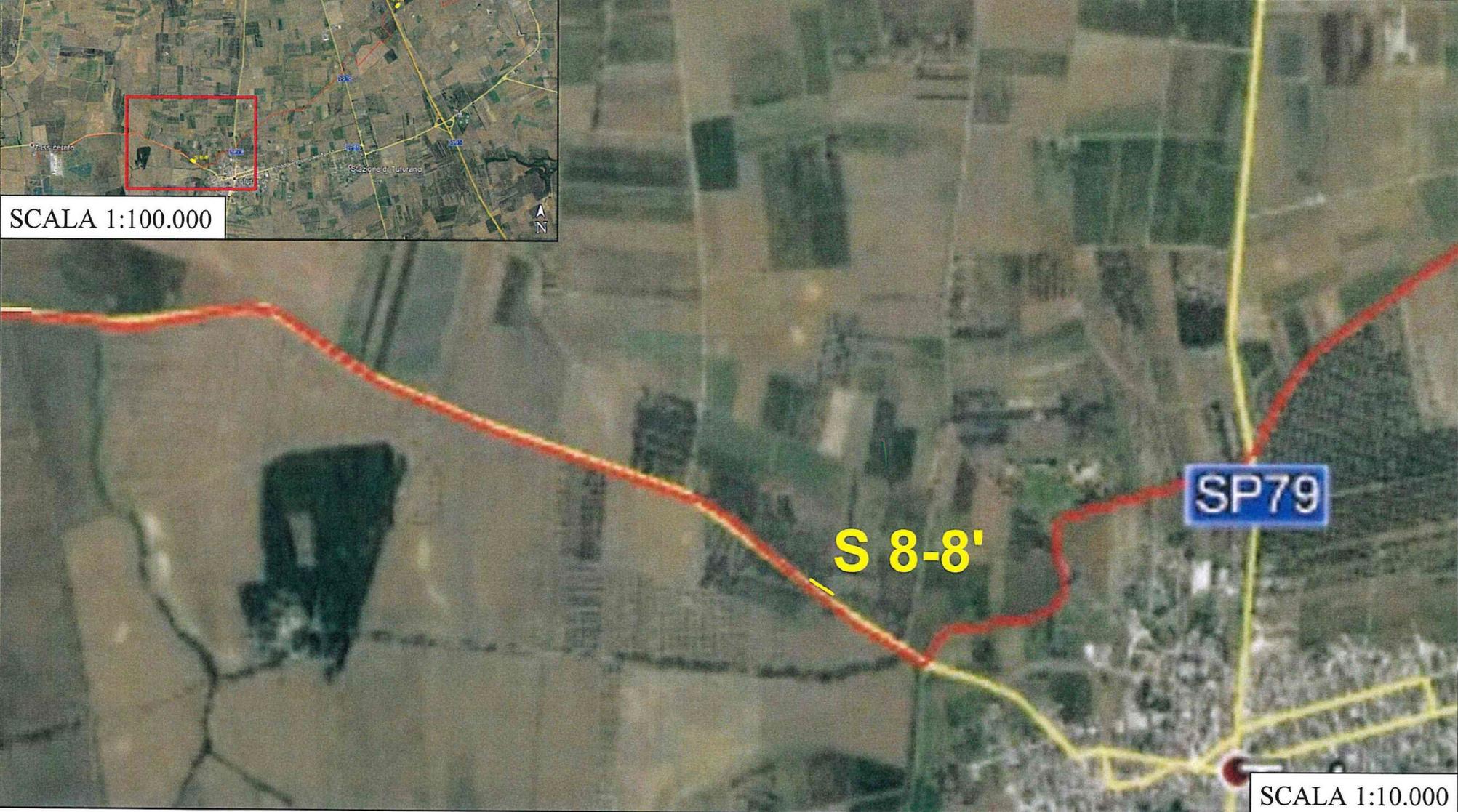
UBICAZIONE INDAGINE SISMICA



SCALA 1:100.000

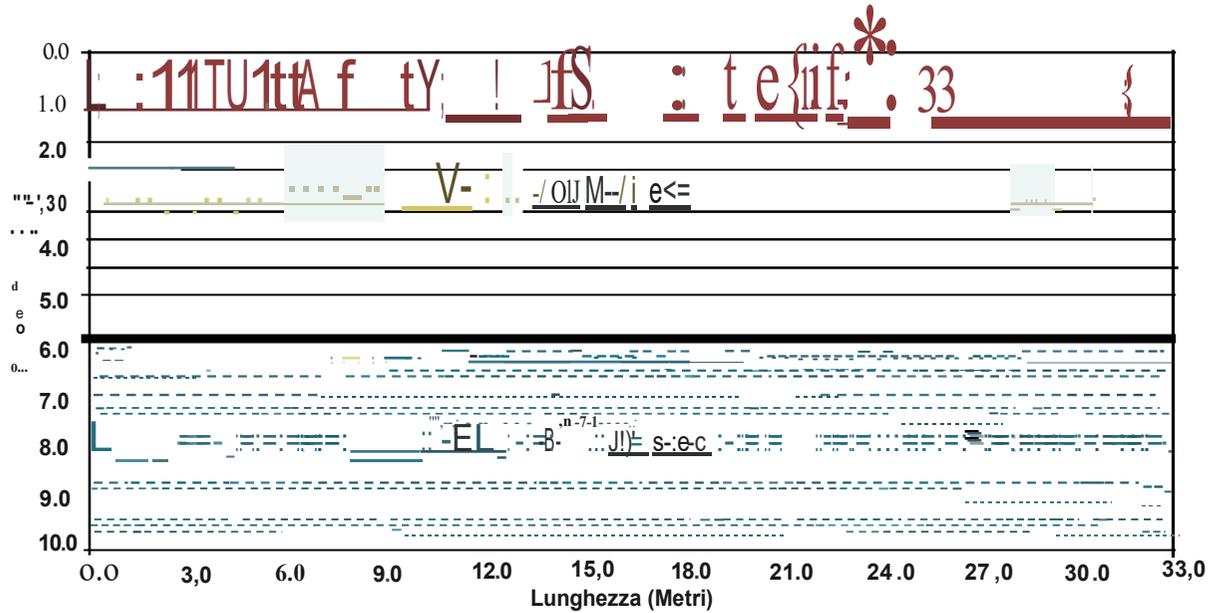
LEGENDA:

— Profilo sismico a rifrazione



SCALA 1:10.000

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 1-1'
 RIFERIMENTO: FOTOVOLTAIC "BRINDISI VALLONE"



terreno vegeto.le § S:o.bble concrezono.te LIMi so.blolosi

/I/OCi/-"00 P'I.HI.. \ 1/1-.. \ I.I i.i. A/ IU \ \ ' F')/I' \ \ \ I' L.I \ \ ' 0 /' 0) \ ' O / . ' f. 1 / C ' 0
N / 0 \ ' 0) / S I . \ 1 1 . U) \ ' / \ \ ' I (i / W /) / \ I < A I J / S I

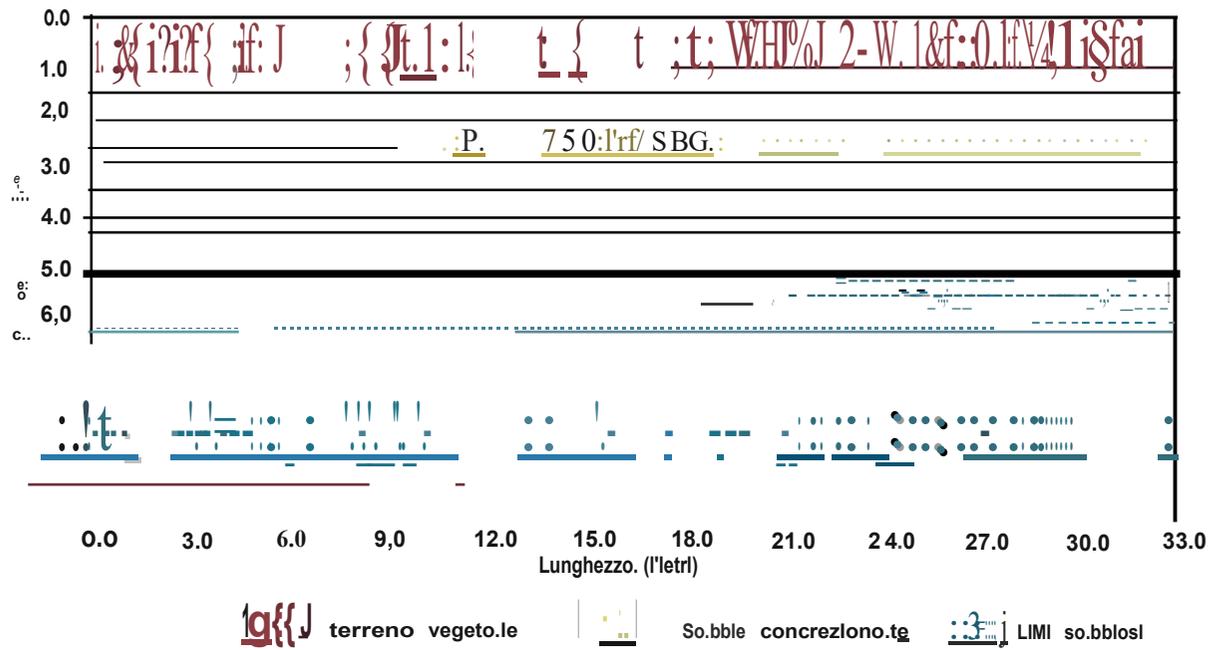
. 0 1 1 d i o g e o l o g i c u - h ' C l i c u e d i l l o g i l i _ l l ' o g t 1 0 , 4 i c l w e s , g l l i t e n e l l ' o r o i t t e r e s l 0 1 0 d o / ' i l l i l) ; 0 1 1 t u .
1 1 1 1 p , n i l c u t i t 0 1 1 0 r / d o v e j w l i n e . m i l l i f u , . o t / u s t n : i u n e



Esecuzione profilo sismico n. 2



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 2-2'
 RIFERIMENTO: FOTVOLTAICO "BRINDISI VALLONE"

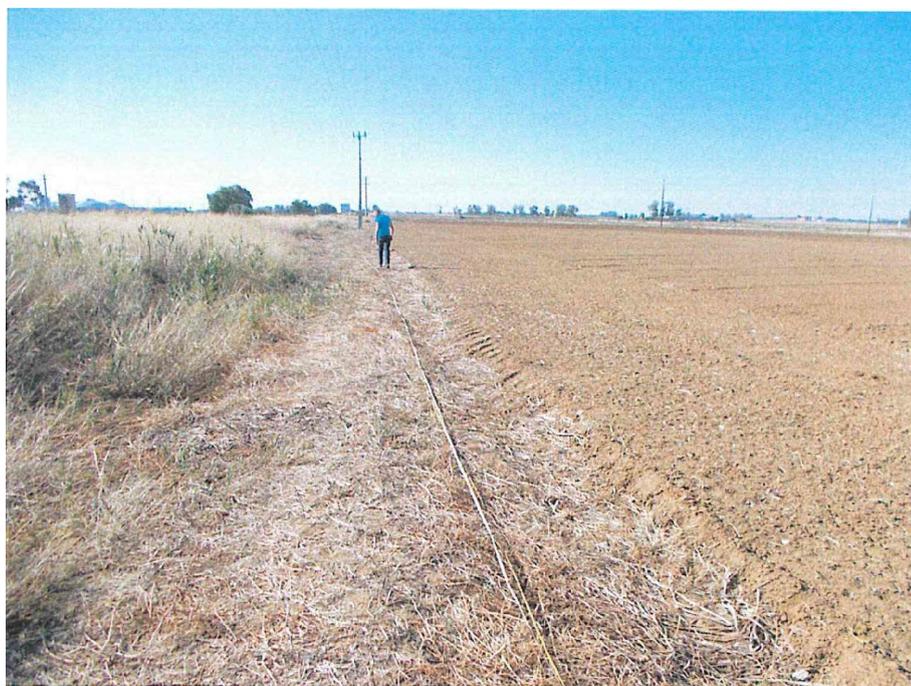


Il profilo sismico n. 3 è stato eseguito nel sito di riferimento, in un'area di campagna, in un'area di campagna, in un'area di campagna.

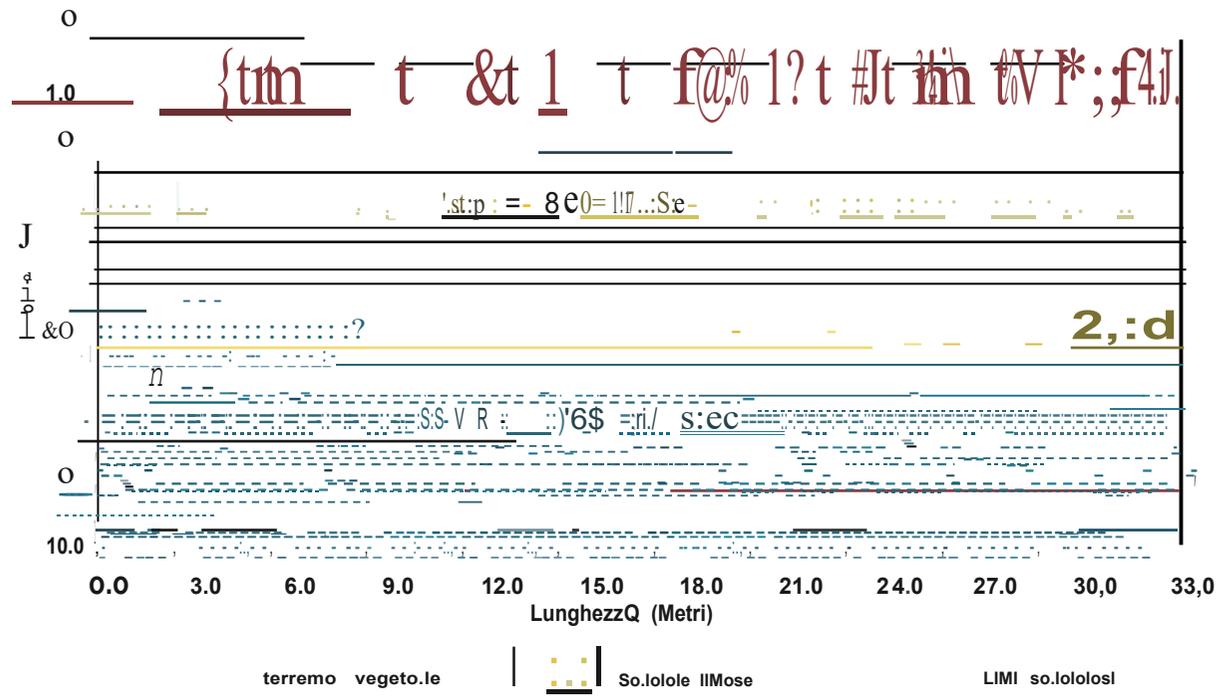
Il profilo sismico n. 3 è stato eseguito nel sito di riferimento, in un'area di campagna, in un'area di campagna, in un'area di campagna.



Esecuzione profilo sismico n. 3



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 3-3'
 RIFERIMENTO: FOTOVOLTAICO "BRINDISI VALLONE"



Il profilo sismico n. 4 e .MA.SW sullo stesso stendimento

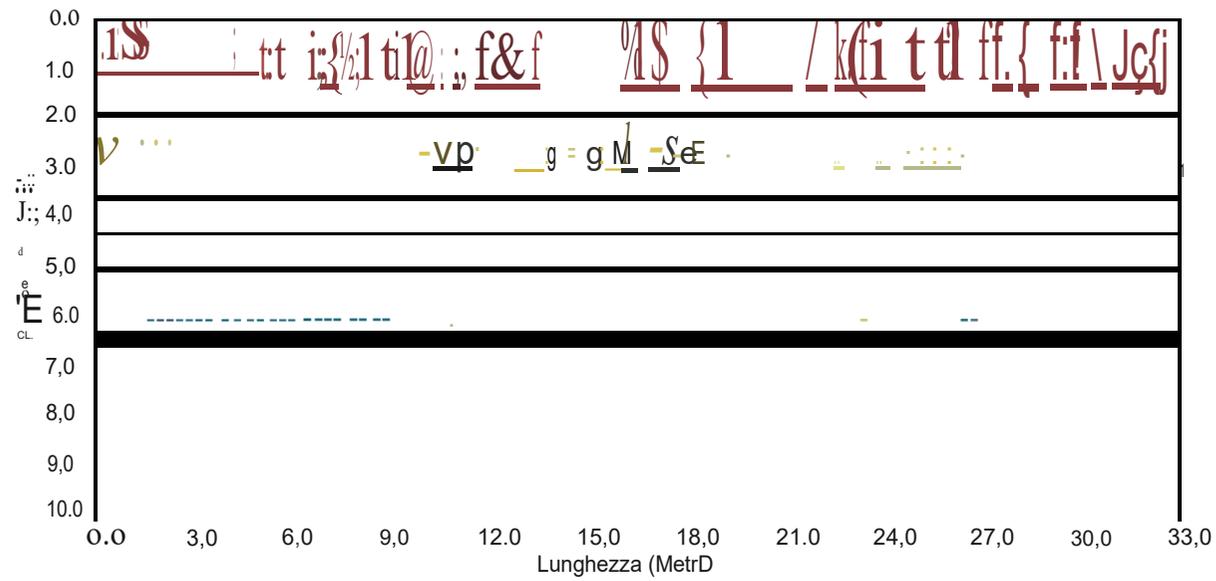
Il profilo geologico-tecnicistico ed il loggillo geognostico eseguito nelle ore interessate, da cui risulta, è il seguente.



Esecuzione profilo sismico n. 4 e .MA.SW sullo stesso stendimento



PROFILOSISMICO A RIFRAZIONE 4-4'
 RIFERIMENTO: F□T□VOLTAICO "BRINDISI VALLONE"



terreno vegeto.le § So.lolole concrezione.te (.....) LII"II so.lololosl

I'WGC,Fno l':N J... 1:1111... I/O. \ F fJf I, \ ' \ \ II' L.L.A°10 UNO, DJJ .lf(')
" /JR / \ J) JS! 1. 11.1. U F " ! \ . / (; 110 J) J // NI. \ / J! S!

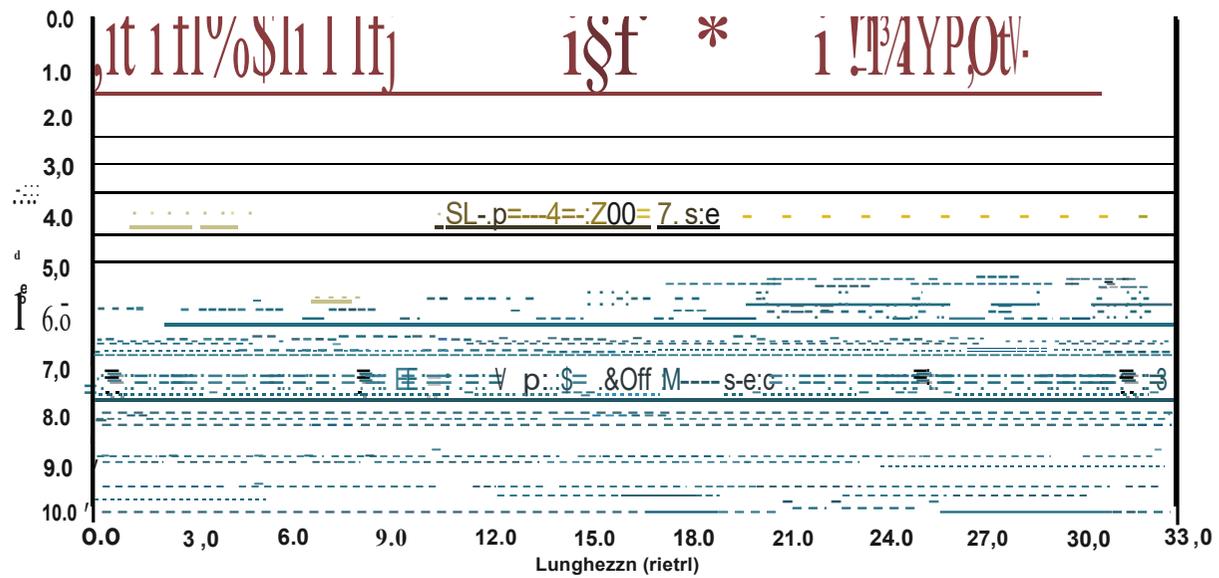
S111dio // 'nlo...ic u-t'cnico ed it1dc1 #; i11i geo...11u slic In- e.,cgllile lle// 'or eo int! res.w, to llu l/ 'i III; im to.
ll11g11ilcm-idollu<ludd,11-; 111-el-islu lu so /lu.110::io11e



Esecuzione profilo sismico n. 5



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 5-5'
 RIFERIMENTO: FOTOVOLTAICO "BRINDISI VALLONE"



terreno vegeto.le

Sabbie concrezlonote

 LII"II so.bblosl

I' W C; /; / J J ' I . H I . I N I 11 / I F . I I U \ F } f I ' A / V I ' L I V J O I O { } U J J J - 11 < · O
" IN ? A D J S ! i 11 } J \ / ; / \ ' . / c ; / 1 0 ! > ! / I U \ ' f ! S !

! . : I t u l i n g e n l o g i c o - / (' l ' r J i c o e d i 11 d o g i 11 i g ' o g n u , \ f i c l n • t * S (' _ t : 1 t i l e n e / / o r ' o i 11 c r e . s o 1 u d a / / J i 11 J i < 111 l u .
! 1111 g o i l n \ " i d o t t o . , l o d d u v e i l l " C i l ' i s f u / { s u / / u s 10 : : i o 11 t •

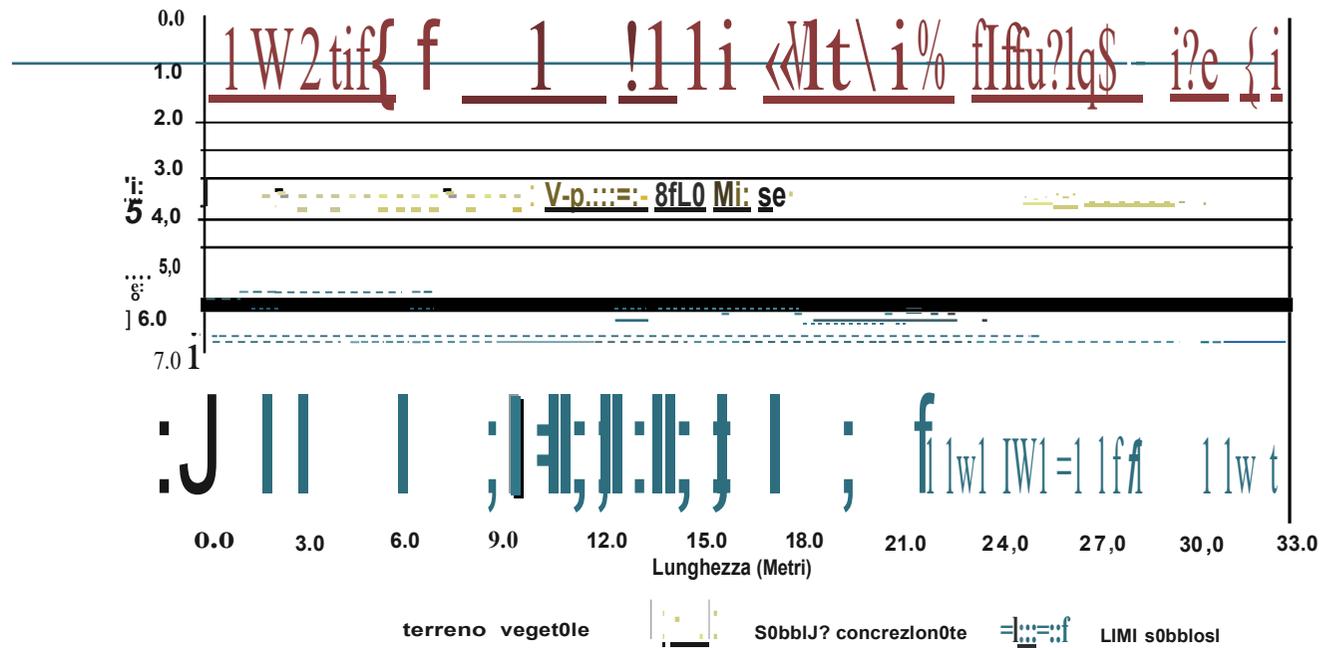


Esecuzione profilo sismico n. 6

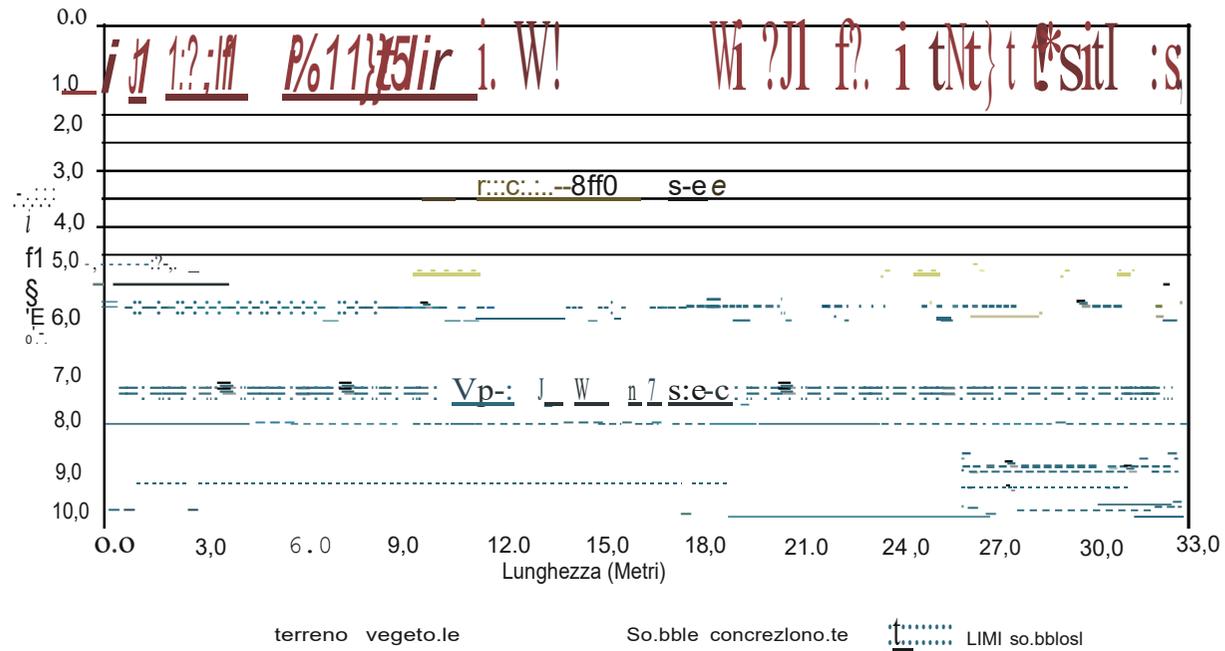


Esecuzione profilo sismico n. 7

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 6-6'
RIFERIMENTO: FOTOVOLTAICO "BRINDISI VALLONE"



PROFILOSISMICO A RIFRAZIONE 7-7'
 RIFERIMENTO: FOTOVOLTAICO "BRINDISI VALLONE"



I' //0 (, J: n o I' I: J / I . \ M1- II . II . / . J I I U \ F /) / (, \ \ \ / I . I \ N) J: () J O / () J . J f () J
" / I N I \ \) / \ \ / \ . 11. J D \ \ J: " I \ \ / (; / I O) I > / I I U \ \ J) J S /

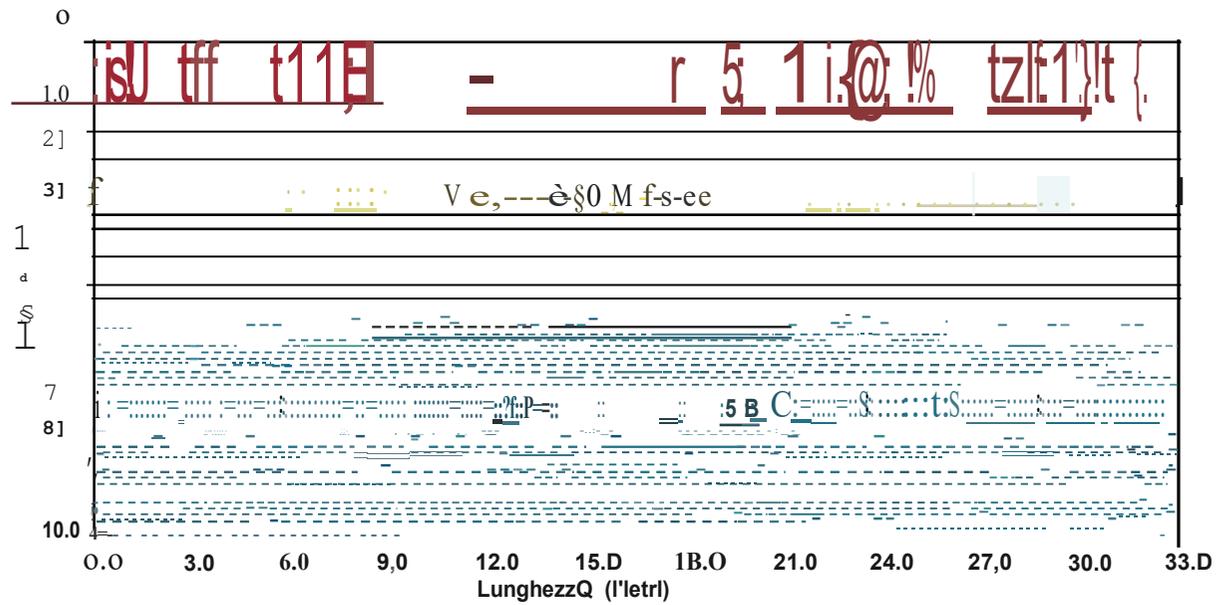
X' 11al io g l'olo g ico- lcc1tù: u ed i11dagi11i gco g nosti: 1N: eseguite lle // 'oret1 ; 11/eressala do// 'i111Jr111fu.
I1111g o il cm- idollr> , lodrlove Wt: 1- is 1u fu su l/ os ro :: i1 J11<



Esecuzione profilo sismico n. 8



PROFILOSISMICO A RIFRAZIONE 8-8'
 RIFERIMENTO: FOTOVOLTAICO "BRINDISI VALLONE"



terreno vegetole § Sobbie concrezonote LIMI soloblosi

Sismica con metodologia Masw (multichannel analysis o/ surface waves)

Per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione è stata eseguita un'indagine di sismica con metodologia MASW nell'area indagata.

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

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni (da 4.5 Hz) e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede almeno i seguenti passi:

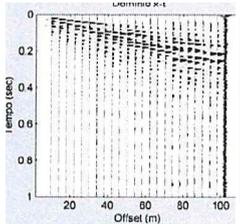
- Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni
- Estrazione dei modi dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle VS.

S/Julio . eolo; di co -le t-lli c o et! i11du y, f11i geog11us f11te esegui te nel /-oreo inl 1ress ota do// 'i mh >itn lu ,
 /111go il cm-ii0 10 < ladd 111' 1wul isla lo so/o.1-1rci1111.

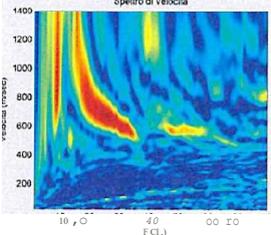
Prima parte: determinazione curva di dispersione

Determinazione Spettro di Velocità

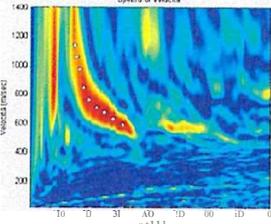
A) Caricamento dati



B) Calcolo spettro di velocità



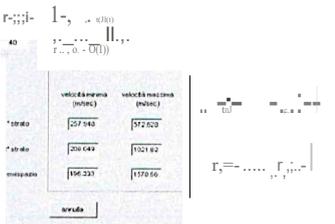
C) Picking della curva di dispersione



Seconda parte: inversione della curva di dispersione

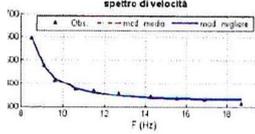
Inversione delle Curve di Dispersione

A) Fissare parametri di inversione

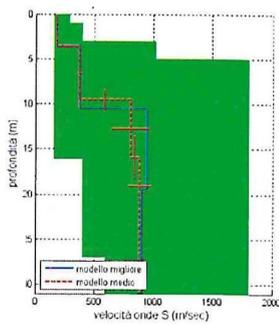


	velocità minima (m/sec)	velocità massima (m/sec)
profondo	257.543	572.623
profondo	200.648	521.92
superficie	196.233	5179.56

B) Lanciare l'inversione ed attendere il risultato



mod-ll mt1 filor, VSJO: 116 min
 mod-ll mdl lo V: 6111111/c



Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di

dispersione), la grande quantità di minimi locali porta infatti ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

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_{seq} (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Con:

h_i spessore de ll' 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 VS 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.

Il risultato del calcolo della velocità di propagazione delle onde sismiche (V_{seq}) è stato determinato in base ai dati ottenuti dalle indagini geofisiche e geologiche, tenendo conto della natura dei terreni e della profondità delle fondazioni.

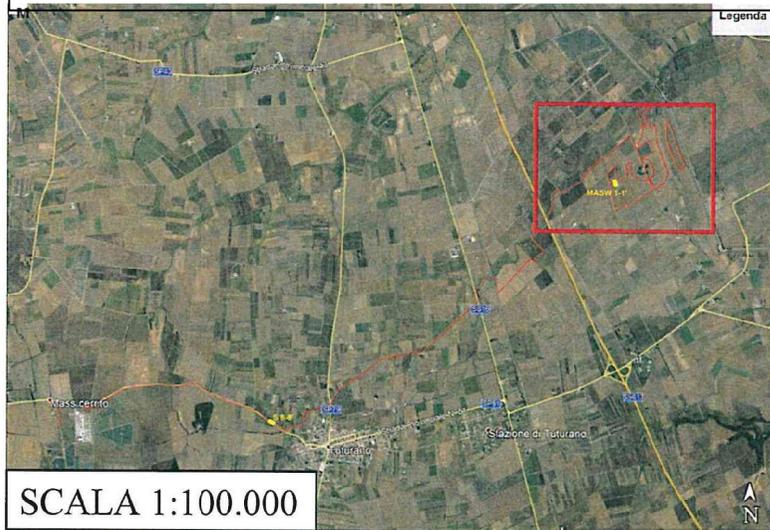
Il risultato del calcolo della velocità di propagazione delle onde sismiche (V_{seq}) è stato determinato in base ai dati ottenuti dalle indagini geofisiche e geologiche, tenendo conto della natura dei terreni e della profondità delle fondazioni.

Dal calcolo delle V_{seq} si è ottenuto un valore di 304 m/sec in corrispondenza del fotovoltaico ed un valore di 339 m/sec laddove sorgerà la sottostazione; i valori ottenuti in entrambi i casi fanno rientrare il suolo di fondazione nella **categoria C** di **Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con valori di V_{seq} compresi tra 180 e 360 m/sec.

Delle indagini si allegano:

- planimetria con l'ubicazione
- elaborazione

UBICAZIONE INDAGINE SISMICA MASW



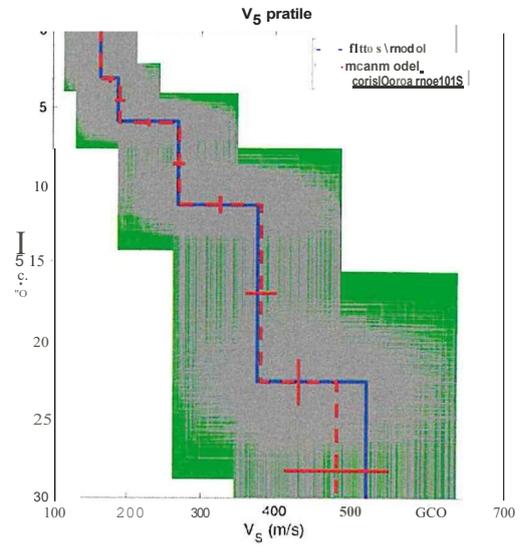
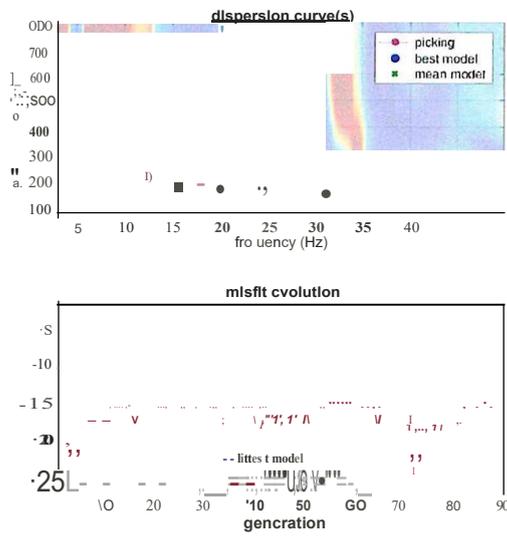
LEGENDA:

Profilo sismico Masw



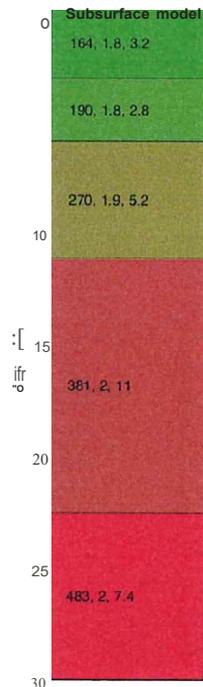
**Situa geologica- K<ellùo ed illdogillì ll, e ogfio stic Ìe eseg uile ne//o reu ìi11eressu/a dal/ 'JH1JÙf1In .
lungo il ca,,iù/11110, , ladd m e 11r c-1-isa la SO V (s/a :i: 11111'**

MASWI



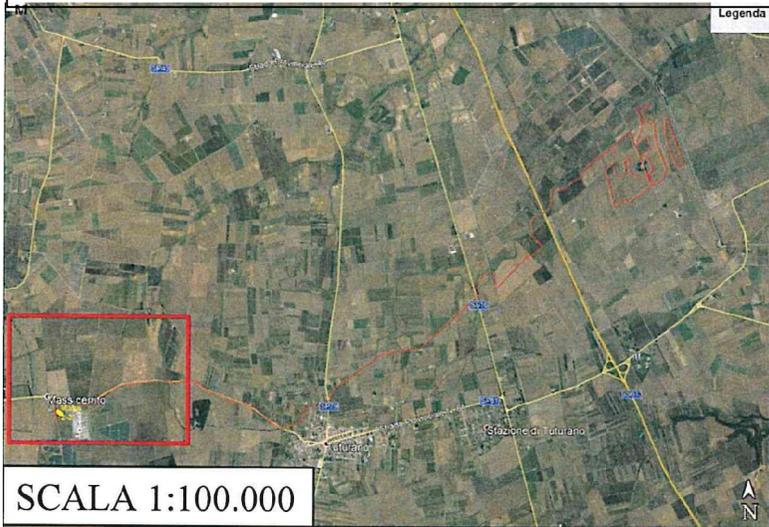
www.windsw.com

data set: 191.dat
 Va30 & VsE (bcGI model): 306 306 m/s
 Vs30 A VeE (mean mod): 304 304 m/s



V_s density thickness
 (m/s) (g/cm³) (m)

UBICAZIONE INDAGINE SISMICA



LEGENDA:

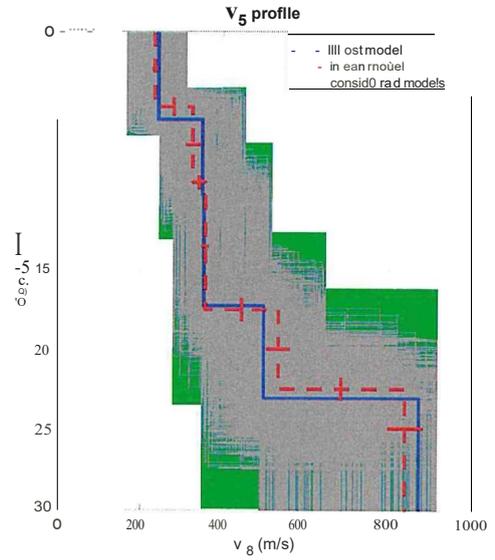
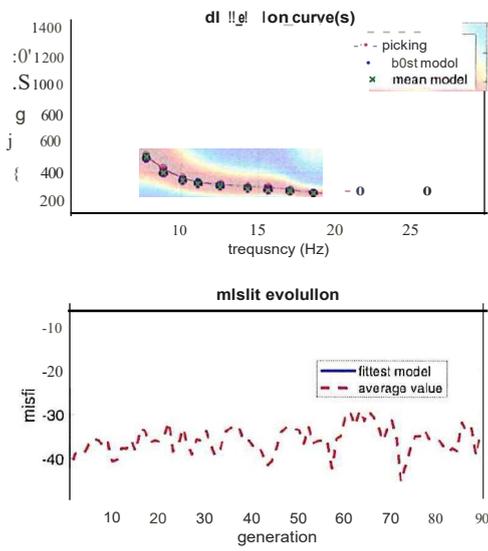
— Profilo sismico Masw



Il sito (j/nolo/U<L..1/N.. /U17, /U\ F/) /G, V / \ / L: L: AT () j: qf J I D I. f. / (')
 /J!<f. A' f) f\ / P: f. f() A F. , f\ / (i/ O I J I / U / / , \ d) / S /

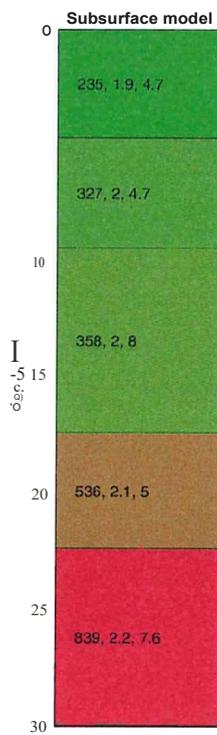
.111din geul og ico-ic {ll ic u ed i11du g i11i geog llusli c:lie eseguite neil -on'u i11h't. lSsuto ilull'i llul' (In lu
 /111go il corido'fo v' lu dilve p'te'ix10 lu ., -011u ., t(c in11e

MASW2



www.wlnmasw.com

data: 684.dat
 dispersion curve: masw.cdp
 V130 & VsE (best model): 396 341 mlii
 Vs30 & VsE (mean model): 400 339 m/o



Vs density thickness
 (m/s) (g/cm³) (m)

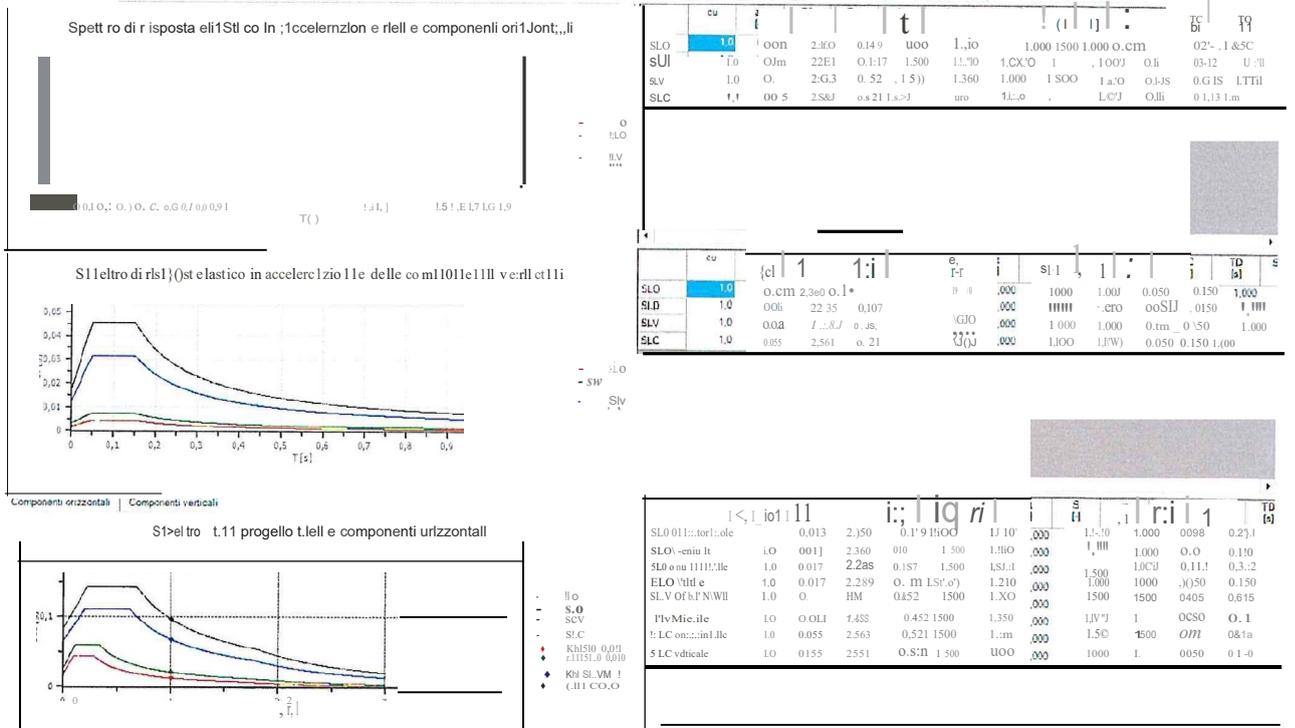
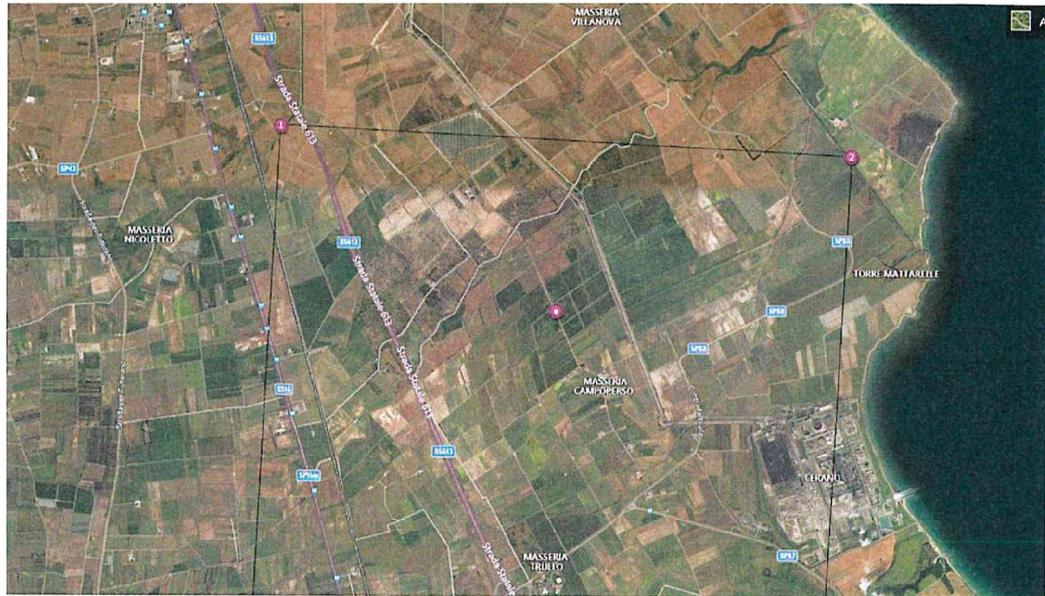
Le categorie di suolo individuate dal Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, recante aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" sono le seguenti:

- 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*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti 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 spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti 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 spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale 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 equivalenti riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,*** con profondità del substrato non superiore a 30 m.

1) // (; rno P'.N L.I IU'.II.II f. 11 /O) F) | t . I. \ \ ' L. \ T () - J m o | m f : : 111 o
 -1 JNA' / JIS / 4. 11. I. OAI : ' \ \ . t (' \ W / J / lii / \ \) / SI

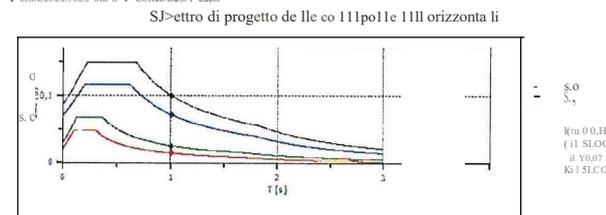
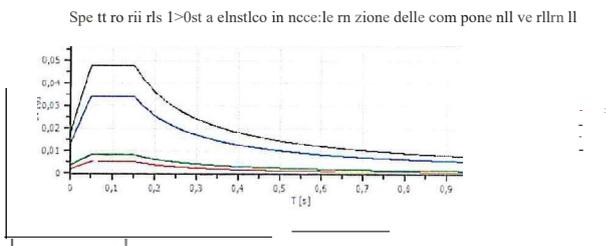
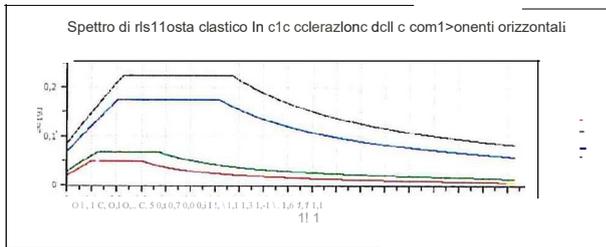
\ Vull liu gc olo, tico- fcc 11ù : u ed i 11 d og in i gc : ug 11 u stic In e Hg t il e 11 ell ' ureu i 11 teressuf < 1 da / i 111 ; 10 1111 " .
 I 11 11 g u il c q \ \ ' lci r 11 r 11 - Ir 11 11 to le \ W \ F is lu fu . 1 - 0 110. 1 - 11 ; : i u 11 e

La categoria topografica risulta la T1, s1 tratta di area sub-pianeggiante con pendenza minore del 10%.



Il/0(;1no ,m- l.,I u :li.I i.l .17./0.A})/ l.: /V'P'.I'V" IO I mo, '0) I.J: 1/(0)
 -URIA 1)/SI -1-11./U AF ...A -(i/IO >I i i<V') L'V

V'1ffilio geologico-lcc11i.,,o et/ ill dugilli g: ugifu .ti cIn- es'g il ile ,w// 'areu ill-wressr0 du// '1111/1<1 11lu.
 1111g o il coridollo e lw lco0'e M' t111S11 lu su llo sla:io 11e



Sto	col	M	(S)	1	1	S.SD	(0)	1500	1.003	M	M	M
LO	1.1	0.011	2.m	0.21	1.500	1.750	um	1.	1.000	0.100	0.375	1.676
SLV	1.0	0.017	1.500	0.24	1.500	1.360	1.011	1.500	COOXIG	0.617	1.710	
SLC	1.0	0.057	2605	0.50	1.500	1.360	1.011	1.500	COOXIG	0.617	1.710	um

Sic	col	M	(S)	1	1	S.SD	(0)	1500	1.003	M	M	M
LO	1.1	0.011	2.m	0.21	1.500	1.750	um	1.	1.000	0.100	0.375	1.676
SLV	1.0	0.017	1.500	0.24	1.500	1.360	1.011	1.500	COOXIG	0.617	1.710	
S.C	1.0	0.057	2605	0.50	1.500	1.360	1.011	1.500	COOXIG	0.617	1.710	um

Prova penetrometrica dinamica continua

Per individuare la successione stratigrafica e le caratteristiche geotecniche del terreno fondale si è proceduto con l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica continua.

Il sondaggio penetrometrico è stato eseguito per individuare la successione stratigrafica e le caratteristiche geotecniche del terreno fondale.

Consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica battendo sulle aste con un maglio a caduta libera e contando il numero di colpi necessari all'avanzamento della punta, di successive quantità costanti.

La prova è stata eseguita con un penetrometro TG 63-200 della PAGANI, le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

- Maglio a caduta libera Kg 63.5
- Aste in acciaio speciale $\langle I \rangle = 50.8$ mm; L = 100 cm; Kg= 4.6
- Punta conica della superficie 20.43 cm²;
- Altezza di caduta libera maglio 75 cm.

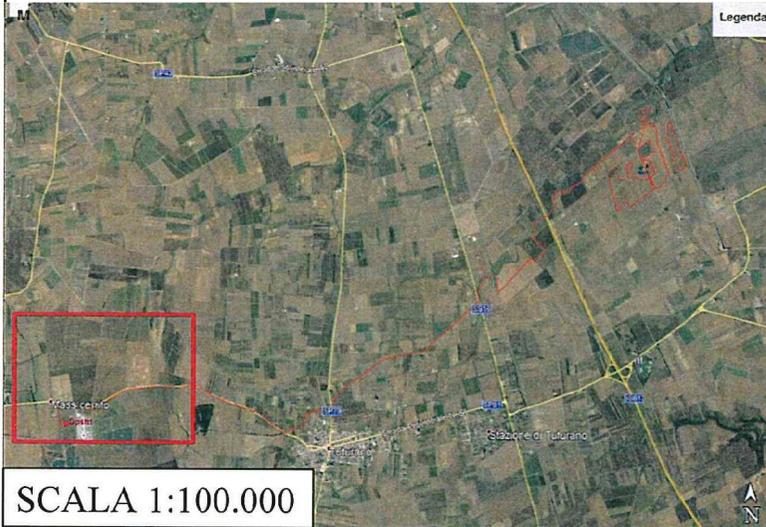
Dalla prova effettuata è stata ricostruita la seguente successione litostratigrafica:

- da 0.00 ma 1.10 m terreno vegetale
- da 1.10 ma 6.00 m sabbie

Di seguito si allegano:

- una planimetria con l'ubicazione dell'indagine;
- la documentazione fotografica;
- l'istogramma penetrometrico ottenuto con l'elaborazione mediante il software dynamic probing;
- il numero di colpi registrato in situ e l'elaborazione di tali dati.

UBICAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA (DPSH)



SCALA 1:100.000

LEGENDA:

- e Prova penetrometrica dinamica continua (Dpsh)



SCALA 1:10.000

I' /NJC ;/ :T/O I'i: H I . I /i: . li.I i i . I i /O .V- ') / I .\ I \ II ' . I . \ % O J - ' O I O I ' ') / / i i ' O
" I J ? \ ' I > I S I I . I . J . O \ F " I \ ' . I (/ / O) y / I / K \) / S I

SI l'ulio g' olo: -h' l'licu ed il l'lel'gilli geogno., 'i che r, w_ u i e llel' oreo interessato du// ' i IIII, i < III tu.
/ 1111 go il ca l' idu ll u t' / cl / (dr n - t' 1 w n i - 1 - 1 d t ! C I su 11 os 10 : : i , 11 w



Esecuzione prova penetrometrica



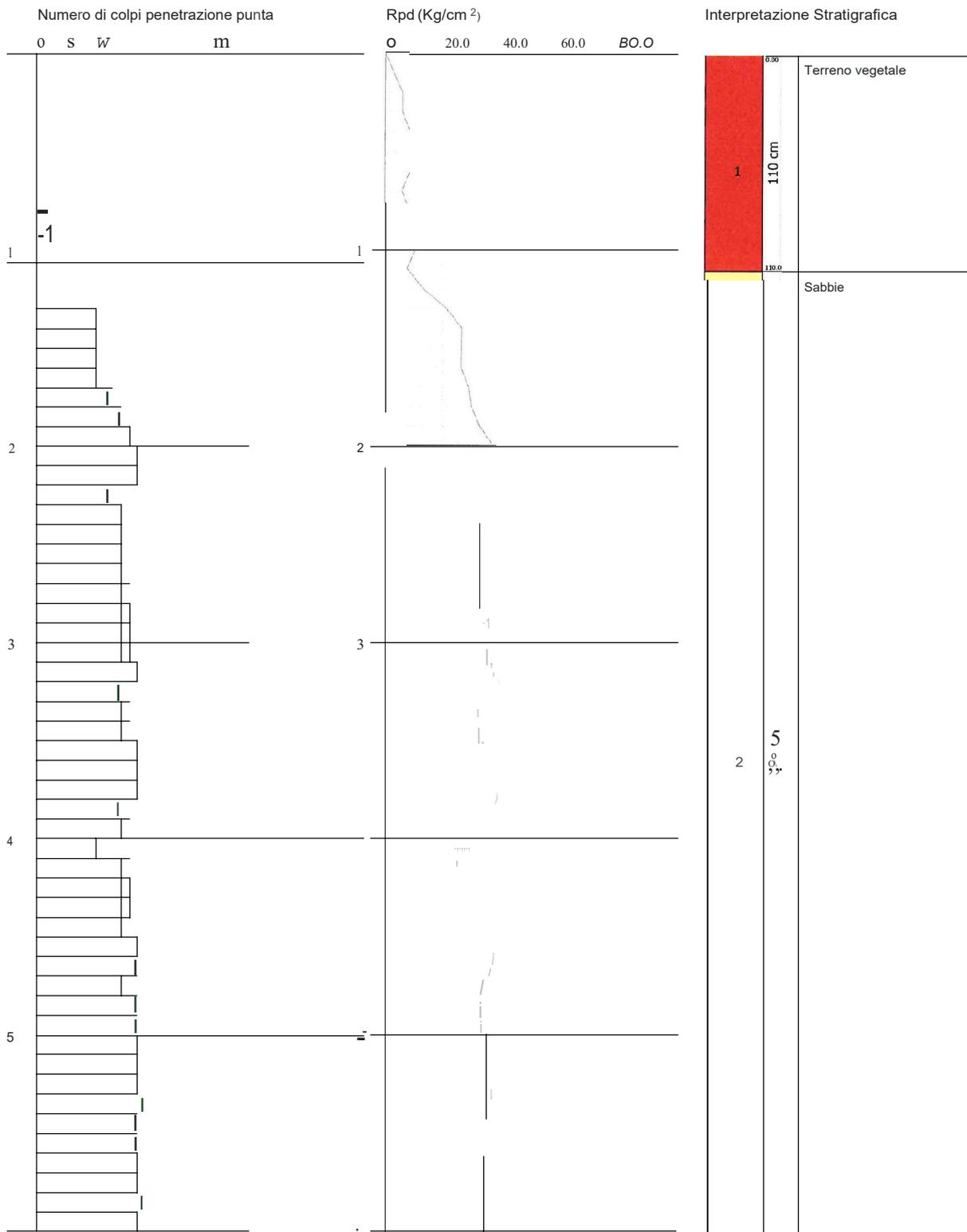
GE(f)PR(f)VE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato o... **DPM (DL030 10)** (Medi um)

Committente: Calcarella
 Descrizione: Impianto fotovoltaico
 Località:

Data: 29/07/2020

Scala 1:29



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**TERRENI INCOERENTI I**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	Gibbs & Holtz 1957	9.73
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	Gibbs & Holtz 1957	32.99

Angolo di resistenza a taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito C°
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	Sowers (1961)	28.56
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	Sowers (1961)	31.25

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	---
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	137.58

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	46.96
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	89.74

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	Classificazione A.G.I.	SCIOLTO
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	Meyerhof et al.	1.40
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	Meyerhof et al.	1.78

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso U nità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.93

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	(A.G.I.)	0.35
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	Ohsaki (Sabbie pulite)	125.29
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	Ohsaki (Sabbie pulite)	650.88

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	Ohta & Goto (1978) Limi	68.78
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	Ohta & Goto (1978) Limi	133.5

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K ₀
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	Navfac 1971-1982	0.27
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	Navfac 1971-1982	2.44

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (cm ²)
Strato (1) Terreno vegetale	2.01	0.00-1.10	2.01	Robertson 1983	4.02
Strato (2) Sabbie	11.6	1.10-6.00	11.6	Robertson 1983	23.20

I parametri geotecnici delle sabbie sono risultati:

- a. densità relativa: 33%**
- b. peso di volume = 1.78 gr/cm³;**
- c. modulo edometrico = 89.74 kg/cm²**
- d. modulo di Young = 137.58 kg/cm²**
- e. Coesione= 0.00 kg/cm²**
- f. Angolo di attrito = 31.25°**
- g. Classificazione AGI: si tratta di un terreno moderat. addensato**

CALCOLO DELLA PERMEABILITA'

Al fine di valutare il grado di permeabilità delle sabbie che si rinvennero a partire dalla profondità di -1.10 metri rispetto al p.c., si è proceduto all'esecuzione, all'interno di un foro di sondaggio eseguito con il penetrometro superpesante, di una prova di permeabilità a carico variabile.

La prova è stata condotta misurando la portata di assorbimento in corrispondenza di un tratto di perforazione. Si è proceduto a riempire d'acqua il fondo del foro per un'altezza di $L_1 = H_1$ metri misurando il tempo necessario al livello per raggiungere L_2 pari ad H_2 con la corrispondente portata.

La formula utilizzata è la seguente:

$$K = (A^*/F(t_2-t_1)) \ln(H_1/H_2)$$

Dove A= area di base del tratto testato

$h-t_1$ = dt tempo di misura del livello d'acqua

H_1 =livello al tempo t_1

H_2 =livello al tempo t_2

Per $L \gg$ di D diametro foro $F = l$

Prova nel foro di sondaggio penetrometrico da- 1.0 a- 3.0 m dal p.c.

Il/() (i/r m /R L. u :11.11./11.JU.\F /J/ I.\' /M'!' /" 10 /-0)/() 1'() l.f:11(')
"IN1.\'J/SI / /1.1.O\ F " IA -(i/W)/ /N.\' /SI

udio genlogico-1-c1ico et! itdogrifi /O,;D. tiche e.H,;Hite 11e//oreu ilK n " " u do//int>ionlu.
Iligo il ,m-i<lollo < lot!0 l; llr ,bi.lll lu su //os! " :ioll:

$$Dt = 58''$$

$$H1/H2 = 3.0$$

Inserendo i dati si ha $K = (7,85 \cdot 10^{-3}/58) \cdot \ln 3.0 = 1.48 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

Il Coefficiente di Permeabilità è risultato $K = 0,000148 \text{ m/s}$

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:

$$Rd2' \geq Ed$$

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

f(γ) = γ / γ_{G1} o γ / γ_{G2} o γ / γ_{Qi}

R_i = 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_{ct}) 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	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

I' /W C; I' :n o N'f< .L. / IN, 1/ .!l. / //, /Ø \V': /JI /' \ /M 'L. /' /{ f'0' t' () I D I.i: /!('Ø
 " /11? .N /J ISI I' . /1. U' f. " I. \ ' / (;AW) / 1/ IN. \I J/ SI

S11u/o gèbl o g ic o - t: c:1fh o cd i11dc1gi1ti _!D !, !IU: 1/ t- /, c eH'g11ih: 11ell 'hwc:<1 i11/eressa/o t/{U// 'il11 it11Ju,
 !1111go il , !ll'ido!lu e luddo v; / !l-e-l-is lu Jr, su 11os /tc iu 11e

Resistenze

La resistenza R_{ct} del terreno si calcola utilizzando i valori caratteristici dei parametri geotecnici del terreno divisi per i coefficienti parziali Y_m della tabella 2:

Tabella 2: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE y_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo resistenza al taglio	Tan $c_p k$	$c_p k$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c' k$	$y_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	y_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	y_γ	1.0	1.0

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

Il valore di progetto dei parametri di resistenza (e' e c_p') devono essere impiegati sia per la determinazione dei fattori di capacità portante, N_e , N_q , N_γ , 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)

*Il WGF (J) II-1 < 1.1 /1e. JJ,JI I ,II D \F /JI I:X W I'I.I\N/O) /-U/O I '(of.J.:/I' 'O)
 'J/I.I\N') JSJ I'.ff /I.I) \F "I.V. / ('/IO !)/J/I.I\N') /S/I*

*Nu({fi tJ geulo r,icn-k c:llit o et! itll a,!!i || i g c o g tto stù-le e.H'!! i te tte // 'oreu itter e.,sr, || dal I 'itij)Ütnlu .
 lllllgo il c-mi do!lu < /11(dO%!)>n' l i s l l l lo so l l O., /<ciu l l,;*

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 YR 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 tabella 1 e nella 3 per le azioni e i parametri geotecnici e dei coefficienti parziali YR 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 $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{i}{c'} \right)$

$\tan\theta$	FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE			COEFFICIENTI RIDUTTIVI		
	NqE	NyE	NcE	eq	ey	ec
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 YR per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

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

Tah. 5: I parametri caratteristici di progetto sono risultati i seguenti:

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale i'm sabbie concrezionate	
	M1	M2
Tan ϕ'	31.0	25.67
Cu	0.0	0.0
y	1.70	1.70

Tan ϕ' = tangente dell'angolo di resistenza al taglio ($^\circ$);
 y = peso dell'unità di volume (g/cmc); c' = coesione non drenata (kg/cmq).

CONCLUSIONI

Lo scrivente, nel mese di luglio 2020, ha eseguito un'indagine geognostica e sismica a supporto di un progetto di impianto fotovoltaico "BRINDISI VALLONE" nel territorio comunale di Brindisi.

L'indagine ha mirato anche alla valutazione della capacità di assorbimento del terreno di sedime sul quale andrà realizzata la sottostazione elettrica.

Per ottemperare alle richieste della committenza sono stati pertanto eseguiti: n. 8 profili sismici a rifrazione, della lunghezza ciascuno di 33 metri, distribuiti sull'area interessata dall'impianto e lungo il cavidotto, una penetrometrica nell'area interessata dalla sottostazione e prova di permeabilità in foro; due masw per la categoria sismica del suolo di fondazione.

Dal rilievo di superficie e dalle indagini è emerso che:

l'area oggetto di studio si trova ad una quota topografica di 20-24 metri s.l.m. l'area interessata dall'impianto, la morfologia è pianeggiante, degradante dolcemente da ovest ad est; la categoria topografica è la T1. La formazione affiorante nell'area, mascherata da una copertura di terreno vegetale dello spessore di 1.0-1.5 metri è la formazione di Gallipoli costituita da due unità: Sabbie e Argille. Superiormente si rinvengono depositi sabbiosi o calcarenitici calabrianici.

La falda superficiale, presente a 4.0-5.0 metri dal p.c., risente del regime pluviometrico dell'area, per cui non si esclude che nei periodi di

*Sulle gl'ologico-leclh ed i, u/ugilli llognosticte ese, mi le nel/ oreu illleressno du// 'illip' n lo.
/111go il c-111- i<u 111J, la dt/nw:1 11-et-131,1 11.1<J/lo ,111 i,11c*

abbondanti precipitazioni possa risalire raggiungere il p.c.; è contenuta nei depositi sabbiosi cementati e concrezionati di età pleistocenica. Il livello di base è costituito dalle sottostanti argille grigio-azzurre che ne condizionano l'estensione areale; il deflusso è verso est.

Le indagini geognostiche hanno permesso di ricostruire la successione stratigrafica dell'area studiata data da: in affioramento terreno vegetale; seguono fino ad una profondità variabile da 5.0 a 6.5 m delle sabbie concrezionate, passano in profondità a limi sabbiosi.

La successione stratigrafica rilevata in corrispondenza della sottostazione è data anch'essa da un metro di terreno vegetale a cui seguono le sabbie fino a 6.0 metri (oltre il quale la prova non è stata approfondita).

Le nuove norme tecniche ordinano che, nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, per tener conto di eventuali indeterminazione, si devono dividere i valori dei parametri geotecnici, per i coefficienti parziali. Di seguito vengono riportati i coefficienti M1 ed M2 per il terreno fondale, le sabbie concrezionate.

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_m <i>sabbie concrezionate</i>	
	M1	M2
Tan ϕ	31.0	25.67
Cu	0.0	0.0
γ	1.70	1.70

Tan ϕ = tangente dell'angolo di resistenza al taglio ($^\circ$);
 γ = peso dell'unità di volume (g/cm³); c_u = coesione non drenata (kg/cmq).

I'WJC;t_7{0 }/:-:li I.i I H!:-: //./:-1/ J(J.V:-:/:!! i^\ /-\//:-/N/O /-{ JI fj I D,i i>i(C'O
-:/I \ 'J/S! t- A.i./UV/-... N' :-/ (,RO !! I /J!<f' /J/S/

S!udiu ,!<0 /opi ((J-i!!c1fic o t'd iiii:iiii:iiii .ti.'O!!!U,stiqlw cs(-:/i Ic I,):I/':In-u iiii q- .iSUI q clu I I /W/JJic.111/0.
iiii,!!_1 il c o,ù lu fl!! e lud t/JI'i p r,,:-:isfil lu SO !! o.vIn::# ,11t-

Dalle sismiche eseguite con metodologia Masw si sono ottenuti valori di $V_{s,eq}$ di 304 e 339 m/sec; i valori ottenuti in entrambi i casi fanno rientrare il suolo di fondazione nella **categoria C** di **Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con valori di V_{seq} compresi tra 180 e 360 m/sec.

La prova di permeabilità eseguita laddove sorgerà la sottostazione elettrica ha fornito un valore di $1.48 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Ruffano, luglio 2020

IL GEOLOGO

dr. Marcello DE DONATIS

