

REGIONE CALABRIA



Comune di Squillace (CZ)



Comune di Borgia (CZ)



Comune di Maida (CZ)



Committente:



RWE RENEWABLE ITALIA S.R.L.
via Andrea Doria 41/G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "BOLINA"

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

PEBO-P14.01

ID PROGETTO:	PEBO	DISCIPLINA:	P	TIPOLOGIA:	R	FORMATO:	A4
--------------	-------------	-------------	----------	------------	----------	----------	-----------

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

FOGLIO:

SCALA:

Nome file:

PEBO-P14.01_RELAZIONE_GEOLOGICA

Progettazione:



Dott. Geol. Pasquale Greco

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00:	21/10/2019	PRIMA EMISSIONE	PASQUALE GRECO	GEMSA	RWE

Sommario

1. PREMESSA.....	2
2 CARATTERISTICHE TECNICHE	4
2.1 Aerogeneratori	4
2.2 Adeguamento della viabilità esterna e sistemazione della viabilità interna al parco	4
2.3 Opere elettriche	6
2.4 Set.....	6
3. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA.....	7
3.1 AREA PARCO EOLICO	7
3.2 AREA SET.....	9
4. CARATTERISTICHE STRUTTURALI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE E VINCOLI PAI.....	10
4.1 Aspetto strutturale	10
.....	10
.....	10
4.2 GEOMORFOLOGIA	11
AREA PE.....	11
AREA SET	18
4.3 Idrografia	19
4.4 Idrogeologia.....	19
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	22
5.1 Indagini eseguite	22
5.2 Prove Penetrometriche dinamiche continue DPM	23
5.3 MASW	26
5.4 Parametri geotecnici	54
6. Conclusioni.....	56

1. PREMESSA

Nella presente relazione si è eseguito uno studio geologico, sismico e con caratterizzazione geotecnica relativo ad un'area sita nei Comuni di Borgia e Squillace (CZ), dove si realizzerà il Parco Eolico "BOLINA" nei comuni di Borgia e Squillace e un'area sita nel comune di Maida dove sarà ubicata la nuova sottostazione (SET) di collegamento.

Per la realizzazione del Parco Eolico saranno utilizzati aerogeneratori con torre tubolare con trasformatori e apparati strumentali posti all'interno della torre, l'ubicazione dell'impianto è prossima al punto di connessione e saranno utilizzati cavidotti interrati.

Infine nella progettazione sono state privilegiate le strade per il raggiungimento dell'area parco mentre per la viabilità interna si è progettato cercando di seguire quanto più possibile l'andamento naturale del terreno al fine di contenere i movimenti terra. Le nuove strade sono progettate con cassonetto in misto stabilizzato escludendo l'ipotesi di utilizzo di strati impermeabili.

La stessa area è inclusa nel Foglio 242 III NO – SQUILLACE (area parco) e nel Foglio 242 IV SO – Caraffa di Catanzaro (area SET) della Carta Geologica della Calabria redatta in scala 1:25.000.

Lo scopo di tale studio è stato quello di individuare le caratteristiche geologiche, tecniche, stratigrafiche e geomorfologiche della zona, inquadrata nel contesto generale del territorio; sono state inoltre osservate ed interpretate le caratteristiche di circolazione idrica superficiale e profonda del terreno che accoglierà le fondazioni degli aerogeneratori.

Per quanto riguarda la definizione della stratigrafia, della caratterizzazione dei parametri geotecnici e della capacità portante del terreno di fondazione e la caratterizzazione dei parametri sismici, è stata effettuata sul sito di interesse cinque prove penetrometriche dinamiche continue con penetrometro DPM30 e dieci stendimenti sismici di tipo MASW.

Nell'area SET invece sono state acquisite delle prove effettuate in situ nel 2008 in occasione di un altro studio consistenti in un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino a 10 ml con prelievo di campione indisturbato ed analizzato in laboratorio e una sismica di tipo MASW

Lo studio è stato realizzato in osservanza delle seguenti leggi:

- DM 17/01/2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni."
- OM 3274 del 2003;

Infine sono state consultate le tavole del P.A.I. dell'autorità di Bacino della Regione Calabria, al fine di verificare se l'area è sottoposta a vincolo di Rischio idrogeologico.

- Rilevamento Geologico del sito in oggetto e delle aree adiacenti;
- Analisi litologica del terreno di fondazione basata su indagini condotte in situ, osservazione diretta e su ricerca bibliografica;

ALLEGATI

- Cartografia Tematica
- Indagini Geognostiche

2 CARATTERISTICHE TECNICHE

2.1 Aerogeneratori

Gli aerogeneratori in progetto si compongono dei seguenti elementi: struttura di fondazione; torre di sostegno composta da trami in acciaio, mozzo, tre lame, rotore, moltiplicatore di giri, generatore, sistemi di controllo ed orientamento, navicella, trasformatore, componentistica elettrica, impianto di messa a terra.

La torre di sostegno è del tipo tubolare idoneamente ancorata alla struttura di fondazione. All'estremità superiore sarà idoneamente ancorata la navicella contenete gli elementi tecnologici necessaria alla conversione dell'energia, il rotore (collegato all'albero di trasmissione) e le lame (o pale) per la captazione del vento.

Le opere di fondazione degli aerogeneratori sono delle strutture realizzate in opera per il trasferimento delle sollecitazioni derivanti dalle strutture in elevazione al terreno. In questa fase progettuale si rappresenta l'ipotesi progettuale nella configurazione plinto su pali realizzato in cemento armato. L'esatto dimensionamento geometrico e meccanico dell'opera di fondazione sarà possibile solo in fase di progettazione esecutiva supportata da una campagna più approfondita delle caratteristiche geomeccaniche del terreno e da una esaustiva progettazione geotecnica.

In generale, la quota di imposta delle fondazioni è prevista ad una profondità non inferiore a 2 metri rispetto all'attuale piano campagna. Le operazioni di scavo saranno eseguite da idonei mezzi meccanici evitando scoscendimenti e frane dei territori limitrofi e circostanti.

Successivamente alla fase di scavo saranno realizzati i fori per la posa dei pali di fondazione, lo strato di calcestruzzo magro, la carpenteria e successivo getto del calcestruzzo a resistenza meccanica adeguatamente calcolata in fase di progettazione esecutiva.

Resta inteso che gli eventuali fronti scafo saranno opportunamente inerbiti allo scopo di ridurre l'effetto erosivo dovuto alla presenza di acque meteoriche le quali saranno idoneamente canalizzate e convogliate negli impluvi naturali esistenti.

2.2 Adeguamento della viabilità esterna e sistemazione della viabilità interna al parco

La viabilità necessaria al raggiungimento dell'area parco è stata verificata e/o progettata al fine di consentire il trasporto di tutti gli elementi costituenti gli aerogeneratori quali lame, trami,

navicella e quanto altro necessario alla realizzazione dell'opera. Detti tracciati, valutati al fine di sfruttare quanto più possibile le strade esistenti, permettono il raggiungimento delle aree da parte di mezzi pesanti e sono progettati al fine di garantire una vita utile della sede stradale per tutto il ciclo di vita dell'opera.

Il progetto prevede tratti di viabilità di nuova realizzazione.

Detti tratti, realizzati in misto stabilizzato al fine di escludere impermeabilizzazione delle aree e quindi garantire la permeabilità della sede stradale, avranno una larghezza media di circa 5-6 metri per soddisfare tutti i requisiti richiesti dalle ditte fornitrici delle turbine in termini di percorribilità e manovra. Infatti, il trasporto delle componenti degli aerogeneratori avviene con mezzi di trasporto eccezionale le cui dimensioni possono superare i cinquanta metri di lunghezza. Per tale motivo le strade sono state progettate al fine di rispettare le caratteristiche dimensionali richieste dai mezzi di trasporto quali pendenze massime, raggi di curvatura minimi e spazi di manovra.

Anche la viabilità esterna al parco ha la necessità di adeguamenti per garantire il corretto transito dei mezzi di trasporto eccezionale, pertanto, limitatamente alle zone con maggior criticità, sono state previste le opportune opere di adeguamento, generalmente riconducibili ad allargamenti della sede stradale e/o modifiche dei raggi di curvatura delle curve. Inoltre, nella fase di progettazione esecutiva, saranno eseguite le opportune verifiche sulle opere temporanee quali rimozione temporanea della segnaletica verticale a bordo carreggiata, rimozione temporanea dei guard-rail, abbassamento temporaneo di muretti laterali alla carreggiata ecc. Tali interventi temporanei saranno successivamente ripristinati sempre previo coordinamento con il competente Ente gestore della specifica strada.

Un'altra importante considerazione è legata al soddisfacimento dei requisiti di capacità meccanica e di drenaggio superficiale.

In corrispondenza di impluvi saranno realizzate idonee opere di drenaggio e convogliamento delle acque meteoriche.

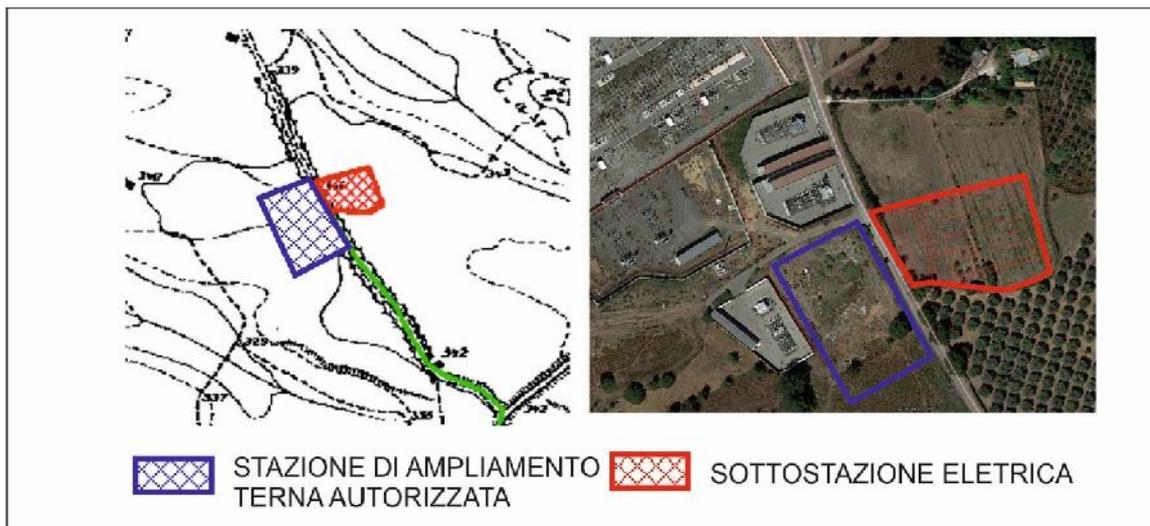
2.3 Opere elettriche

L'energia elettrica prodotta sarà convogliata nella stazione elettrica mediante cavi interrati. Detti cavidotti, interrati a basse profondità, saranno infilati all'interno di corrugati di idonea sezione. I cavidotti interrati saranno dotati di pozzetti di ispezione dislocati lungo il percorso. In prossimità degli attraversamenti stradali, i cavi saranno posati in tubo al fine di ridurre al minimo gli scavi a cielo aperto sulla carreggiata. Il diametro nominale interno del tubo è tale da garantire una sezione minima o del fascio di cavi in pieno rispetto della Normativa vigente.

Eventuali pose su carreggiate stradali esistenti, ogni lavorazione sarà eseguita nel rispetto delle prescrizioni degli Enti proprietari e gestori del tratto di strada interessato e comunque sarà disposta un'opportuna segnalazione a mezzo nastro segnalatore all'interno dello scavo ed un'idonea segnalazione superficiale con appositi cippi segna cavo.

2.4 Set

I lavori riguardano l'intera area della sottostazione (sita nel Comune di Maida) contigua ad una sottostazione più estesa presente nella stessa area (vedi immagine su foto aerea qui sopra) e consisteranno nell'eliminazione del mantello vegetale, scavo, riempimento in corrispondenza delle aree di sedime di ogni fondazione delle strutture delle apparecchiature esterne.



3. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

Dal rilevamento geologico condotto in situ e nelle aree adiacenti, dalle risultanze delle ricerche bibliografiche, dalla consultazione della carta geologica e dalle indagini condotte sul sito, risulta che le formazioni presenti sul terreno interessato sono di tipo sedimentario continentale e marino. In sintesi sono 5 le formazioni sedimentarie che caratterizzano l'area del PE che verranno elencate in ordine cronologico (dalla più recente alla più antica) qui di seguito:

3.1 AREA PARCO EOLICO

- a) **Alluvioni limoso sabbioso con ciottoli (a) – Aerogeneratori G6, G7 e G11:** questo intervallo di spessore pari mediamente a circa 9 metri è composto da un suolo caratterizzato da limi sabbiosi a granulometria medio-fine di colore bruno-nocciola, contenenti una media percentuale di ciottoli a matrice prevalentemente sabbiosa. La formazione, di origine continentale alluvionale è stata soggetta a pedogenesi ed è in deposizione sulle sottostanti argille plioceniche Calabriano inferiore e medio), nei primi tre metri sono poco addensate e migliorano la qualità geotecnica notevolmente, successivamente, fino a raggiungere una buona resistenza (buon angolo di attrito interno) ed una buona coesione.
- b) **Sabbie ed Arenarie (P₂₋₃^{s-ar}) – Aerogeneratori G1, G2, G4 e G5:** Sabbie ed arenarie bruno giallastre, generalmente grossolane, spesso a stratificazione incrociata. Localmente intercalate nella parte superiore della formazione argillosa (P₂₋₃^a), queste sabbie costituiscono in genere un complesso sabbioso ben individuabile al tetto del ciclo pliocenico-calabriano. La formazione possiede uno spessore di qualche decina di metri e buone caratteristiche geotecniche fin dai primi metri di spessore
- c) **Argille siltose grigio-azzurre (P₂₋₃^a) – Aerogeneratori G1, G2, G4 e G5:** Argille siltose grigio-azzurre, localmente con intercalazioni di sabbie e silts. Macrofossili non molto frequenti e per lo più banali. Nella formazione argillosa si trovano spesso orizzonti ed intercalazioni sabbiose di vario tipo: alternanza di sabbie, argille, silts ed arenarie tenere, talvolta un livello

caratteristico di arenaria tenera bioclastica con abbondanti macrofossili ed infine lenti ed orizzonti di sabbie e silts, spesso con macrofossili. Dal punto di vista geotecnico, scartato il primo livello di circa 4 m, si hanno buoni parametri di resistenza al taglio e di coesione. Le argille sono molto consistenti.

d) Argille siltose ed argille marnose (P₁₋₂^a) – Aerogeneratori G8 e G12:

Tale formazione è del tutto analoga alla precedente (P₂₋₃^a), ma con determinazioni paleontologiche esclusivamente plioceniche:

Questi materiali affiorano diffusamente alle quote più basse del PE ed è spesso sormontata dai sedimenti alluvionali (a). Le argille sono riconducibili ad ambienti marini profondi del ciclo trasgressivo pliocenico. Dal punto di vista geotecnico, scartato il primo livello di circa 3 m, come nel caso precedente, si hanno buoni parametri di resistenza al taglio e di coesione. Anche queste argille sono molto consistenti.

e) Sabbie e conglomerati (M₃^{s-cl}) – Aerogeneratori G9 e G10: Tale formazione è collocata al tetto del ciclo miocenico e spesso è collocata al di sopra del calcare evaporitico con la presenza di un notevole spessore di sedimenti.

L'unità è costituita dal complesso sabbioso-conglomeratico con granulometria sabbiosa in prevalenza e mostra una buona percentuale di elementi calcarei, con tipi litologici vari e spesso sconosciuti fra le rocce attualmente in affioramento nelle zone circostanti. Questi conglomerati ad elementi calcarei si trovano generalmente nella parte bassa di questa unità la cui potenza è valutabile attorno ai 250-500 metri. Data la mancanza di fossili, non si può escludere che, questa unità sia pliocenica nella sua parte superiore. Il complesso mostra delle proprietà geotecniche soddisfacenti

3.2 AREA SET

Sedimenti quaternari marini

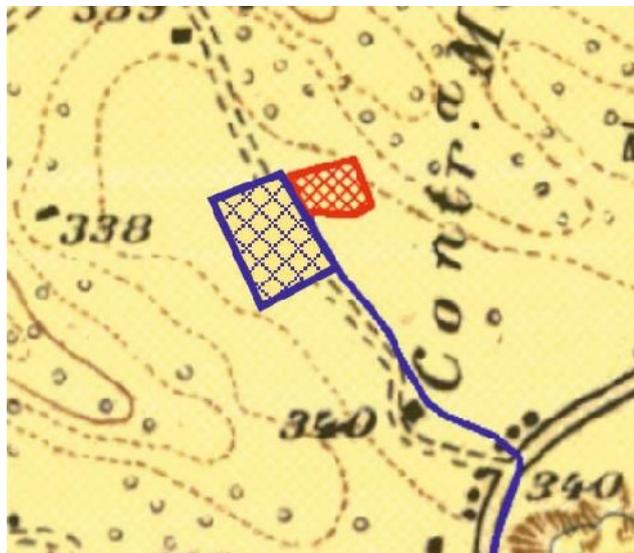
Unità A: Conglomerato: (Q^{cl-s})

La litologia tipica della formazione è rappresentata dai conglomerati bruno rossastri e sabbie a grana media e grossolana di facies marina poco profonda (ambiente fluvio-marino deltizio). Questi depositi sono poco addensati e facilmente disgregabili. Possiedono un'alta permeabilità.

Successione marina pliocenica

Unità B: Sabbie ed arenarie (P₂₋₃^{s-ar})

Questa unità rappresenta un orizzonte ben individuato di età calabriana. Si tratta di un complesso di sabbie a grana da media a grossolana, localmente associate ad arenarie tenere e localmente con bande di arenarie dure a cemento calcareo e di calcareniti, specialmente nell'area del sito A20. La resistenza all'erosione aumenta con il grado di coesione delle arenarie.



4. CARATTERISTICHE STRUTTURALI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE E VINCOLI PAI

4.1 Aspetto strutturale

Le unità di tipo marino sia di età Miocenica che Pliocenica – Medio Calabriano, presenti nell'area del PE non hanno, nel corso dei periodi geologici subito particolari stress tettonici dal momento della loro deposizione.

Dal punto di vista strutturale l'intera area in studio è soggetta a sforzi di tensione principalmente in direzione nord-sud con generazione di lineamenti tettonici coniugati con direzione prevalente est-ovest.

Dalla consultazione del database del catalogo delle faglie capaci del sistema ITHACA (ved. Figura sottostante) risulta evidente che l'area del parco è priva di lineazioni tettoniche attive e che la più vicina al parco è posta a circa 6 km a ovest (Vallefiorita).

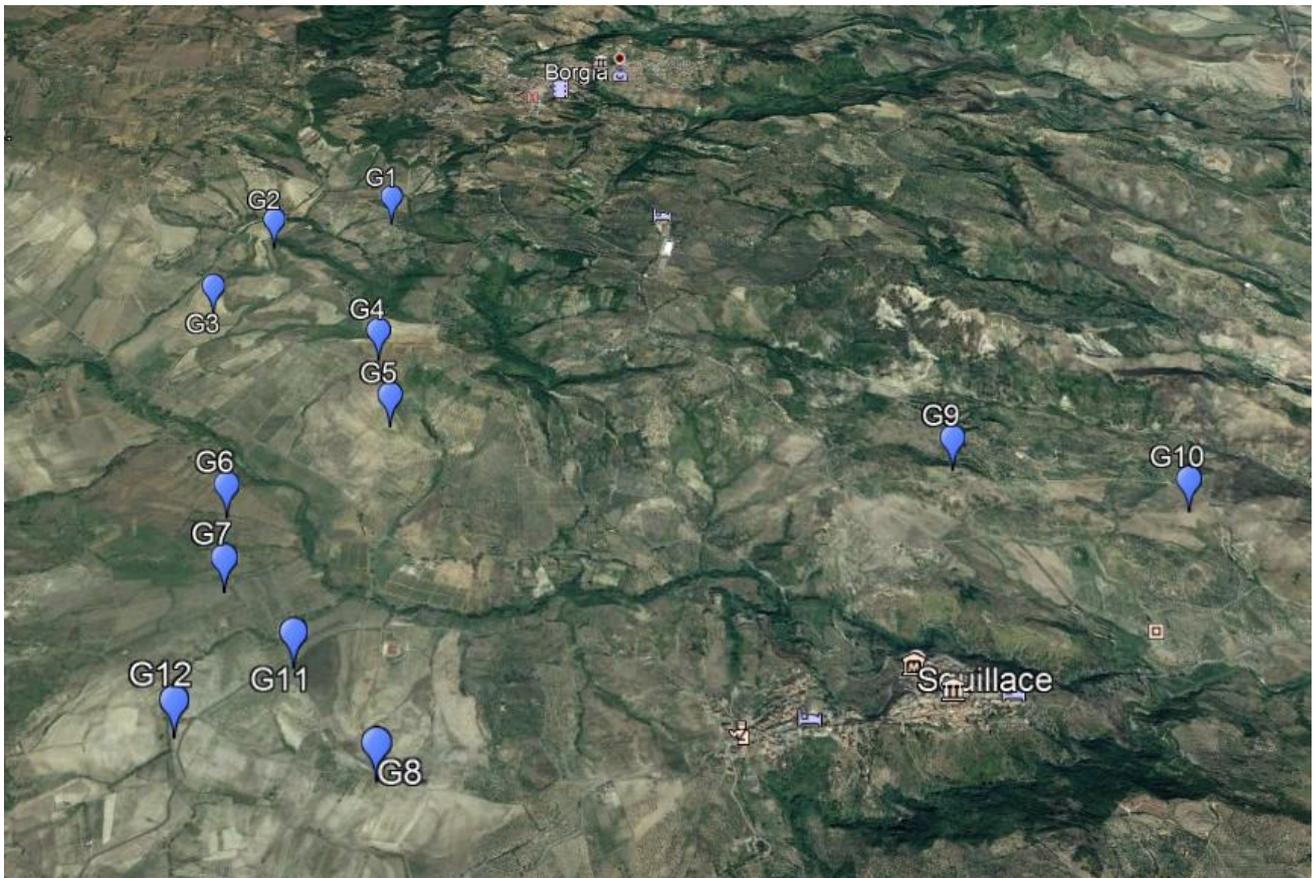


Estratto database ITHACA

4.2 GEOMORFOLOGIA

AREA PE

L'area su cui sarà realizzato il parco eolico appartiene ad una serie di rilievi collinari posti tra i centri abitati di Borgia (a nord dell'area) e di Squillace (a sud-est dell'area). Le quote sono comprese tra i 170 m s.l.m. del sito G10, in località Gironda e i 315 m s.l.m. in corrispondenza dell'aerogeneratore G1 in corrispondenza del vertice nordovest dell'area del PE.



Dall'immagine qui sopra risulta evidente che, a vasta scala, l'area del Parco Eolico è completamente distribuita in un'area collinare che mostra delle forme dei rilievi abbastanza dolci e disposti con assi degli spartiacque locali secondo una direzione prevalente nordovest-sudest.

Sempre a vasta scala non si notano particolari forme di dissesto estesi e nemmeno particolari aree ristrette importanti prossime ai siti degli aerogeneratori, ad eccezione di alcune aree a sud

dell'asse G9-G10 dove sono state cartografate delle aree in dissesto che si distribuiscono fino alla prossimità del centro abitato di Squillace.

Nella PEBO-14.07.a (carta geomorfologica) è possibile notare un'area in frana (per scorrimento) cartografata anche dal PAI posta ad un'equidistanza di circa 500 metri dai due aerogeneratori G9 e G10 sul versante esposto a sud.

Tale area comunque non coinvolge l'area ristretta dei due aerogeneratori summenzionati.

il dissesto geomorfologico, quindi, è sostanzialmente assente nell'area del parco e non sono stati riscontrati fenomeni cartografabili anche di tipo superficiale.

Dalla consultazione del sito dell'Autorità di Bacino della Calabria si evince che l'area del PE è priva di corpi frana classificati come pericolosi o rischiosi ad eccezione di quello menzionato a sud degli aerogeneratori G9 e G10. Gli altri corpi frana cartografati dal PAI (tutti individuati nei pressi del centro abitato di Squillace) sono ad adeguata distanza dalle aree degli aerogeneratori (circa 1 km). Qui di seguito si descrive nel dettaglio ogni area dove verrà ubicato ogni aerogeneratore:

Area G1



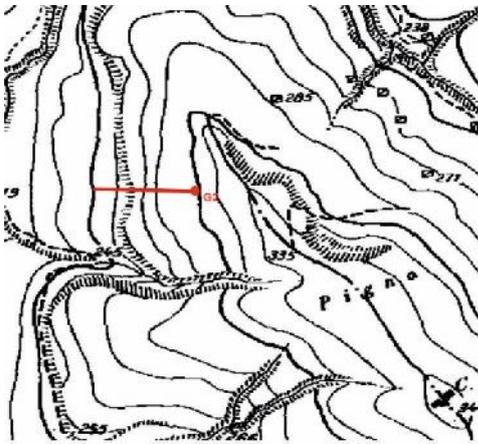
Come evidente in figura l'area dell'aerogeneratore C1 è posta sull'asse di un crinale a quota di circa 315 m s.l.m., in località Cannone.

La linea rossa in figura corrisponde alla direzione di massima pendenza del versante che raggiunge un'inclinazione di 18° circa, 32%.

Non sono presenti in prossimità del sito G1 areali in frana.

La massima pendenza misurata in sito e la collocazione su un crinale corrisponde alla categoria topografica **T3**.

Area G2

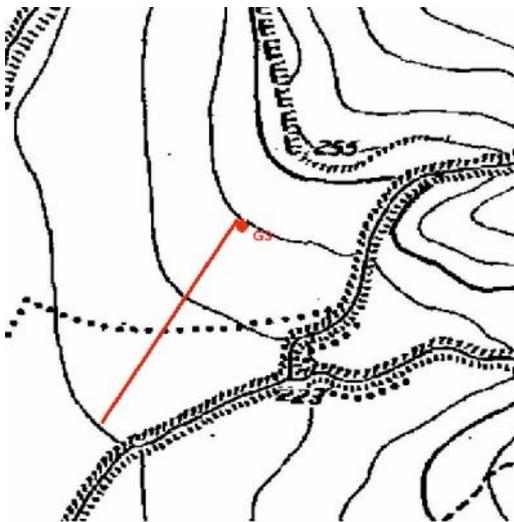


Da quanto rappresentato in figura l'area dell'aerogeneratore G2 è posta ad una quota di circa 300 m s.l.m., in prossimità dello spartiacque che delimita il fianco nord-est dal fianco sud-ovest ad ovest della locale cima di località Pigna. L'inclinazione del versante è pari a circa 16° in direzione ovest, 29%.

Non sono presenti in prossimità del sito G2 areali in frana. La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T2**.

— PENDENZA VERSANTE = 29% = 16°

Area G3



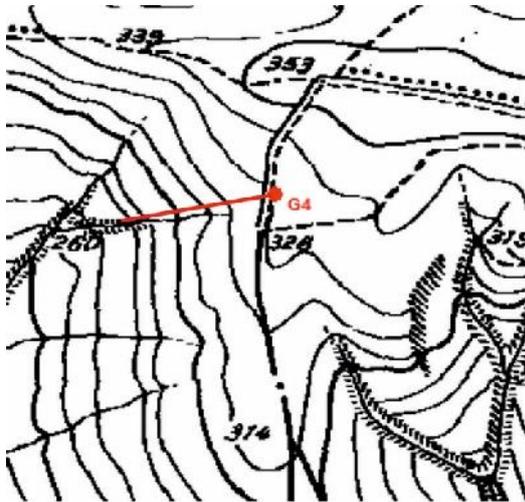
L'area dell'aerogeneratore G3 è posta ad una quota di circa 240 m s.l.m., su un debole versante con pendenza del 7% (4°) verso sud-ovest in località Cafio.

Non sono presenti in prossimità del sito G3 areali in frana e nemmeno forme erosive di alcun tipo.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T1**.

— PENDENZA VERSANTE = 7% = 4°

Area G4



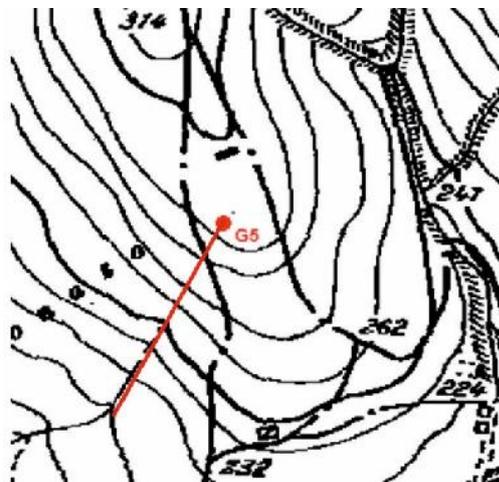
— PENDENZA VERSANTE = 31% = 17°

L'area dell'aerogeneratore G4 è posta ad una quota di circa 320 m s.l.m., ad ovest della località Case Mandrella a media quota della cresta in direzione est ovest che costituisce lo spartiacque di due locali versanti con inclinazione di circa 17° (31%) con pendenze verso nord e ovest.

Non sono presenti in prossimità del sito G4 areali in frana.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T2**.

Area G5



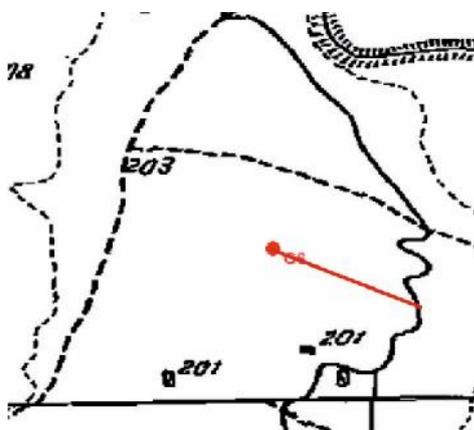
— PENDENZA VERSANTE = 32% = 18°

Come evidente in figura l'area dell'aerogeneratore G5 è posta su un locale versante a media pendenza (18°, 32%) ad una quota di circa 292 m s.l.m., in località S. Donato.

La linea rossa in figura corrisponde alla direzione di massima pendenza del versante che raggiunge un'inclinazione di 18° circa in direzione sudovest.

Non sono presenti in prossimità del sito G5 areali in frana. La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T2**.

Area G6 – G7



— Pendenza Versante = 0% = 0°

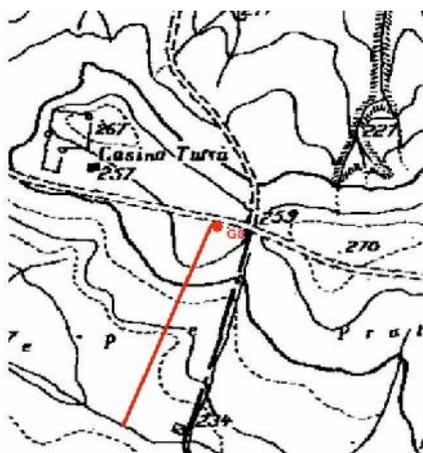


— Pendenza Versante = 0% = 0°

Le aree dei due aerogeneratori G6 e G7 sono poste in località Tumare, ad una quota di circa 200 m slm, in corrispondenza di un vasto pianoro posto alla base del sistema collinare, a pendenza 0° (0%).

L'area ristretta all'aerogeneratore è priva di segni di dissesti attivi o potenziali. La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T1**.

Area G8



— Pendenza Versante = 11% = 6°

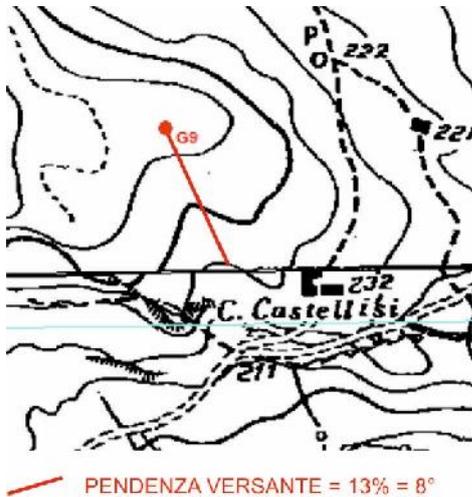
Come evidente in figura l'area dell'aerogeneratore G8 è posta su un locale versante a bassa inclinazione (6° - 11%) ad una quota di circa 262 m slm.

La linea rossa in figura corrisponde alla direzione di massima pendenza del versante in direzione sudovest.

Non sono presenti in prossimità del sito G8 areali in frana.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T1**.

Area G9



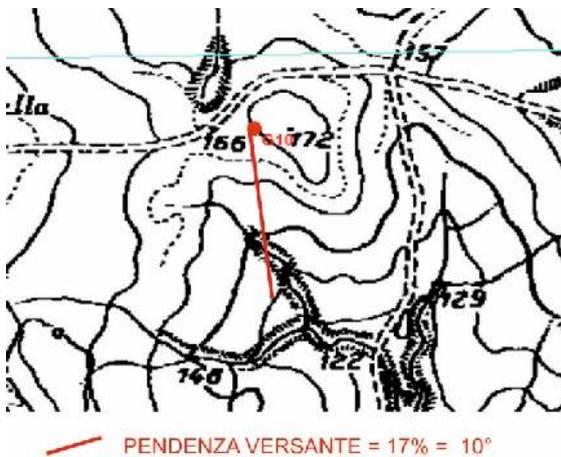
Come evidente in figura l'area dell'aerogeneratore G9 è posta su un locale versante a bassa inclinazione (8° - 13%) ad una quota di circa 262 m slm.

La linea rossa in figura corrisponde alla direzione di massima pendenza del versante in direzione sudest.

Non sono presenti in prossimità del sito G9 areali in frana.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T1**.

Area G10



Dalla figura l'area dell'aerogeneratore G10 risulta posta su un locale versante a bassa inclinazione (10° - 17%) ad una quota di circa 170 m slm.

La linea rossa in figura corrisponde alla direzione di massima pendenza del versante in direzione sud.

Non sono presenti in prossimità del sito G10 areali in frana. La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T1**.

Area G11



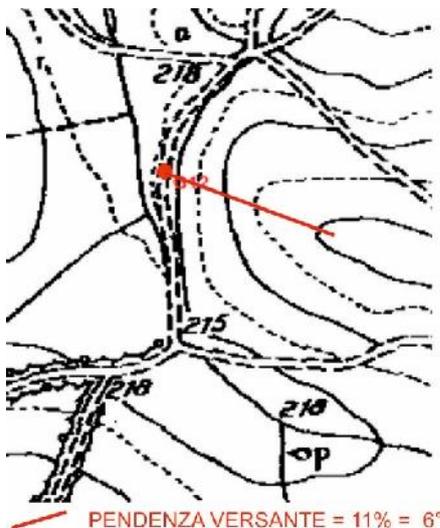
Dalla figura l'area dell'aerogeneratore G11 è posta su una zona a bassa pendenza ($5^\circ - 7\%$) ad una quota di circa 200 m slm.

La linea rossa in figura corrisponde alla direzione di massima pendenza dell'area versante in direzione sudest.

Non sono presenti in prossimità del sito G11 areali in frana.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T1**.

Area G12



Come evidente in figura l'area dell'aerogeneratore G12 è posta su un locale versante a bassa inclinazione ($6^\circ - 11\%$) ad una quota di circa 210 m slm.

La linea rossa in figura corrisponde alla direzione di massima pendenza del versante in direzione est.

Non sono presenti in prossimità del sito G12 areali in frana.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T1**.

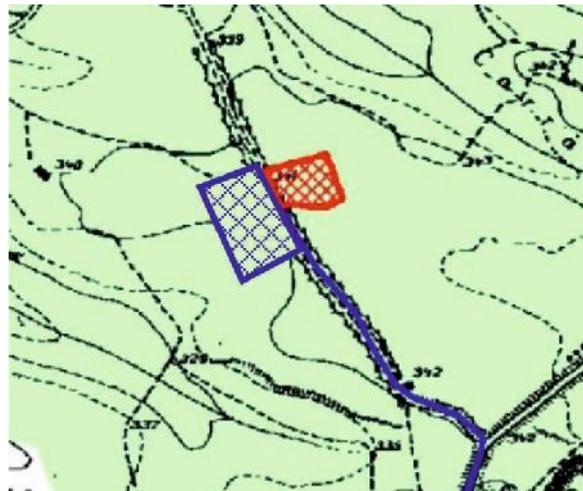
AREA SET

L'area in studio è ubicata al centro della grande spianata dei Piani di Carrà ad una quota di circa 340 m. I Piani di Carrà, più in generale, possiedono un'altitudine compresa tra le quote di 250 e 350 m. s.l.m., con una leggera pendenza verso ovest. La stabilità geomorfologica dell'area, priva di pendenza, è molto soddisfacente e attualmente non si riscontrano particolarità morfologiche o condizioni di dissesto in atto. Il sito di interesse è generalmente caratterizzato da terreni sedimentari conglomeratici, sabbiosi e arenacei e danno quindi luogo a una morfologia tipicamente piatta, con ampie spianate, che spesso sono incise da profondi canali di erosione dove scorrono corsi d'acqua di bassa portata verso i margini della pianura.

La stabilità geomorfologica, come del resto si può evincere dallo studio eseguito dall'Autorità di Bacino della Calabria, è generalmente positiva e non si individuano corpi frana censiti dallo stesso Ente Regionale.

La situazione idrografica superficiale è limitata alle acque di genesi meteorica che cadono in seno al terreno studiato; esse per lo più, seguendo la naturale acclività verso ovest, si dirigono verso le zone topograficamente ribassate andando ad alimentare il reticolo fluviale che inizia dal Vallone Conicello andando ad alimentare l'omonimo Torrente.

Soltanto una limitata porzione delle acque di origine meteorica viene naturalmente assorbita in funzione del grado di permeabilità caratterizzante la superficiale coltre di copertura.



Area geomorfologicamente stabile

4.3 Idrografia

L'area a grande scala sulla quale sarà realizzato il Parco Eolico è posto nel contesto dei versanti collinari ubicati a sud del centro abitato di Borgia (a circa 2 km dall'aerogeneratore G1 più vicino) ed a circa 1,3 km a nord (generatore G9) dal centro abitato di Squillace.

In tale area, nei dintorni delle locali cime più alte si sviluppa un blando reticolo idrografico con direzione prevalente est-ovest dei fiumi a maggiore ordine di Horton.

Spesso i corsi d'acqua nel tratto iniziale, con rami classificati nel primo e nel secondo grado di Horton, possiedono un andamento nord-sud prima di confluire nei rami gerarchicamente più elevati (ved Carta Corografia dei Bacini Imbriferi PEBO-P14.10).

Il bacino locale nel quale ricade per intero l'area del PE, denominato Bacino del Torrente Ficarella (appartenente ad uno dei bacini compresi tra il fiume Corace e l'Ancinale) possiede un'area di circa 448 kmq.

Il sito del PE in oggetto, si ribadisce, essendo sulle maggiori quote locali, è prossimo, quindi a tratti di torrenti molto giovanili (allo stadio iniziale) e con un ordine di Horton compreso tra 1 e 2.

Il tipo di deflusso superficiale è molto rapido, in quanto la litologia che caratterizza l'area in esame è relativamente impermeabile.

Le linee di deflusso sono concentrate nelle direzioni di massima pendenza locale dell'area esaminata.

4.4 Idrogeologia

La distinzione e il raggruppamento dei terreni affioranti sono dettati dal fatto che la litologia, unitamente a fattori morfologici, climatici ed antropici concorre a determinare l'andamento dei deflussi e conseguentemente tutto il complesso di azioni chimico-fisico-meccaniche di alterazione dei sedimenti. La determinazione delle caratteristiche idrogeologiche scaturisce da una serie di osservazioni volte alla stima di alcuni fattori idraulici ed idrogeologici caratterizzanti le proprietà delle rocce. I parametri che condizionano e regolano la circolazione delle acque nel sottosuolo sono: la permeabilità, la porosità, il grado di fratturazione, le discontinuità strutturali e l'alterazione. Il parametro più rappresentativo è senza dubbio la permeabilità, cioè la proprietà di un mezzo a lasciarsi attraversare dall'acqua. Le rocce permeabili vanno divise in due grandi categorie: rocce permeabili per porosità e rocce permeabili per fessurazione. La permeabilità per porosità è anche

detta permeabilità "primaria" ed è singenetica, si genera cioè al momento della deposizione dei sedimenti. Essa interessa le rocce sedimentarie ed è dovuta alla presenza nella roccia di pori o di spazi vuoti di dimensioni idonei, che formano una rete continua, per cui l'acqua può filtrare da un meato all'altro. Viceversa, la permeabilità per fessurazione detta anche "secondaria" è post-genetica, si realizza dopo la formazione delle rocce; essa è dovuta alla fratturazione dei litotipi a causa di stress tettonici prevalentemente compressivi ed interessa sia le rocce di origine sedimentaria che quelle di origine diversa. La circolazione delle acque, così come la costituzione di falde acquifere, è condizionata dalla distribuzione areale dei sedimenti e dalla sovrapposizione stratigrafica dei terreni a diversa permeabilità. Si rende, pertanto, necessaria, la valutazione del grado e del tipo di permeabilità dei diversi litotipi che affiorano all'interno del territorio comunale. Questa proprietà idrologica viene espressa attraverso l'analisi delle caratteristiche fisiche delle formazioni affioranti e mediante l'individuazione degli elementi che ne interrompono la continuità stratigrafica e strutturale, al fine di giungere ad una suddivisione idrogeologica dei litotipi (ved Carta Idrogeologica PEBO-14.08.a).

A seguito di quanto detto, per meglio comprendere le caratteristiche idrogeologiche delle formazioni in studio, distinguiamo le seguenti classi di permeabilità:

- litotipi a permeabilità bassa o impermeabili;
- litotipi a permeabilità medio-alta;

Nel nostro caso la presenza prevalente di formazioni argillose e di unità sabbiose a valle, queste ultime a permeabilità di tipo primaria (porosità) inquadra i due litotipi tra:

LITOTIPI A PERMEABILITÀ BASSA O IMPERMEABILI ($P^{a_{2-3}}$) - ($P^{a_{1-2}}$)

La litologia madre soggetta a debole metamorfismo è composta prevalentemente da argilla ($10^{-7} < K < 10^{-9}$ m/sec), queste sono rocce dotate di alta porosità, ma praticamente impermeabili a causa della ridottissima dimensione dei pori, nei quali l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione. Ne risulta, quindi, una circolazione idrica nulla o trascurabile e coefficienti di deflusso superficiale molto elevati. Se ne deduce che le acque di precipitazione, dopo un ruscellamento più o meno diffuso, vengono convogliate attraverso il reticolo idrografico e condotte verso valle.

Dal punto di vista della pericolosità vi è da dire che considerando l'assenza di vere e proprie falde freatiche all'interno di questa unità, se non locali accumuli superficiali nei primi tre metri di spessore in caso di eventi piovosi persistenti, si può ipotizzare, dove le aree sono favorite dalla pendenza, qualche limitato fenomeno gravitativo (molto superficiale, 2-3 metri di spessore al massimo) dovuti alla permeabilità più elevata del primo livello alterato di spessore delle formazioni che può dar luogo a locali accumuli di acqua nel sottosuolo.

LITOTIPI A PERMEABILITÀ MEDIO-ALTA (M^{s-cl_3}) - (P^{s-ar}_{2-3}) e (a)

A questa classe appartengono le sabbie ed arenarie Calabriane P^{s-ar}_{2-3} interdigitate tra le argille coeve P^{a}_{2-3} e la formazione alluvionale recente posta a valle (a) ed i conglomerati e le sabbie mioceniche M^{s-cl_3}

Queste formazioni, essendo costituite da sedimenti principalmente sabbiosi, risultano caratterizzate da una permeabilità primaria per porosità ($10^{-3} < K < 10^{-5}$ m/sec), con buone caratteristiche di trasmissività. Tale formazione si riscontra spesso in spessori di molte decine di metri sovrastanti alle argille. Nell'ambito di questi depositi si distinguono orizzonti molto permeabili, dati dai livelli ghiaia e sabbia grossolana ed orizzonti meno permeabili dati dai livelli a granulometria più fine. L'idrologia si sviluppa attraverso una circolazione idrica per falde sospese con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alta permeabilità. Vista l'estensione delle litologie permeabili, le falde sono spesso estese nei versanti dell'area del PE e riconducibili ad una circolazione sotterranea equamente estesa.

Localmente questa unità idrogeologica può ospitare falde freatiche con spessore molto sostenuto anche alle quote superiori dei rilievi.

AREA SET

LITOTIPI A PERMEABILITÀ MEDIO-ALTA (Q^{cl-s} e P_{2-3}^{s-ar})

Tali litologie a prevalenza conglomeratica e arenaceo sabbiosa come nel paragrafo precedente è caratterizzata da una permeabilità primaria per porosità ($10^{-3} < K < 10^{-5}$ m/sec), con buone caratteristiche di trasmissività.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

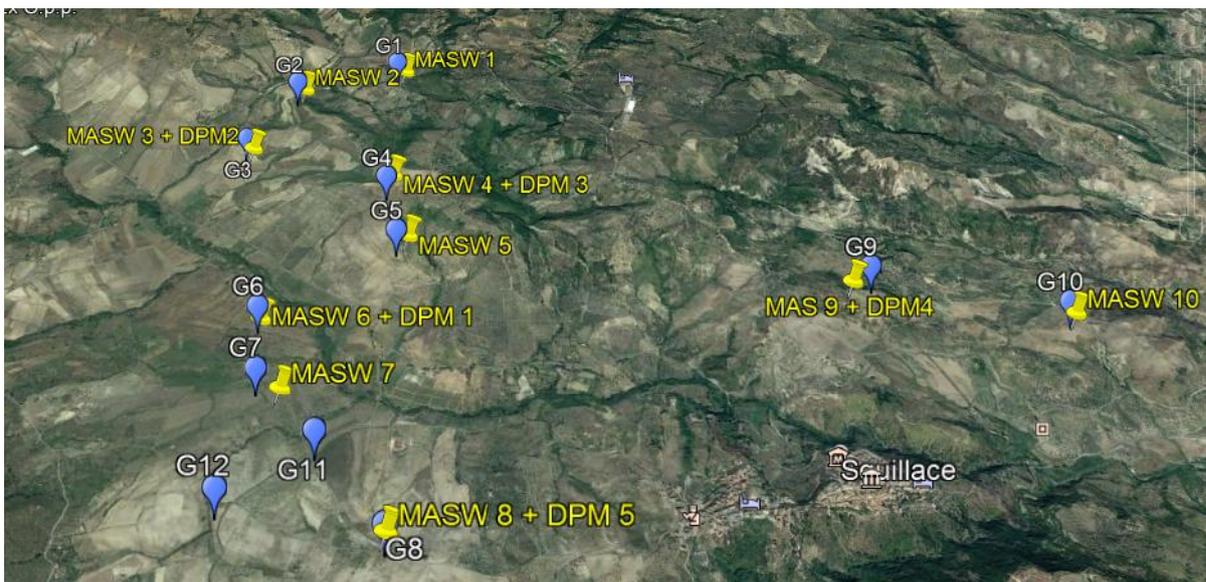
5.1 Indagini eseguite

AREA PE

Nell'area in esame sono state eseguite le seguenti indagini (indicate con segnaposto in giallo nella sottostante figura e nella Carta georeferenziazione punti di indagine (PEBO-P14.11)):

- Cinque prove penetrometriche dinamiche continue con penetrometro DPM,
- Dieci stendimenti sismici a rifrazione tipo MASW

PE BORGIA-SQUILLACE	COORDINATE INDAGINI WGS84
MASW 1	38.8128517, 16.4940195
MASW 2	38.811387, 16.486322
MASW 3 + DPM 2	38.807010, 16.482555
MASW 4 + DPM 3	38.802890, 16.492901
MASW 5	38.798384, 16.493782
MASW 6 + DPM 1	38.793663, 16.484015
MASW 7	38.788967,16.4855342
MASW 8 + DPM 5	38.779963, 16.492020
MASW 9 + DPM 4	38.793291, 16.523175
MASW 10	38.790993, 16.537678



5.2 Prove Penetrometriche dinamiche continue DPM

Sull'area di interesse sono state eseguite cinque prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPM30.

Le prove sono state ubicate in corrispondenza di cinque zone interne al parco dove affiorano altrettante litologie diverse tra loro.

Le prove penetrometriche, delle quali si allegano a parte il risultato, hanno fornito i diversi valori di resistenza dinamica del terreno all'attraversamento delle aste. Tale dato è di fondamentale importanza, non solo perché fornisce al progettista la portanza del terreno di fondazione alle varie profondità attraversate, ma anche perché i valori di resistenza sono utilizzabili in alcune relazioni analitiche che, attraverso una prima correlazione con lo standard delle prova SPT, ci permette di risalire a diversi valori significativi del terreno di fondazione quali:

- il modulo di Poisson,
- i parametri geotecnici principali (Angolo di attrito, Coesione e Peso di Volume),
- i moduli (Young, Edometrico, deformazione di taglio).

Da un'analisi generale delle prove, (per il dettaglio dei parametri si rimanda alla consultazione delle prove penetrometriche in allegato) risultano i seguenti dati:

Prova penetrometrica DPM1 (Aerogeneratori G6 – G7 e G11)

Il terreno di fondazione per tutta l'area in studio è caratterizzato da una formazione alluvionale a prevalenza limosa ed argillosa con sabbie per tutto lo spessore indagato di circa 5,1 metri, profondità oltre la quale si è avuto rifiuto delle aste alla penetrazione.

Dal punto di vista della resistenza le formazioni sono state suddivise in 2 livelli a resistenza crescente con la profondità (ved. la stima dei parametri geotecnici delle prova) ma tutti litologicamente simili. Complessivamente si hanno soddisfacenti valori di buona resistenza in entrambi i livelli fino al rifiuto alla penetrazione delle aste a circa 5.10 m di profondità.

Vista la tipologia della struttura da realizzare ed i carichi indotti, si ritiene che la resistenza offerta dal secondo spessore di terreno (oltre i 3,1 m) possa suggerire la migliore ipotesi di fondazione al progettista.

La falda non è stata individuata.

Prova penetrometrica DPM2 (Aerogeneratori G2 e G3)

Il terreno di fondazione per tutta l'area in studio è caratterizzato sempre da una formazione argillosa per tutto lo spessore indagato di circa 5,5 metri, profondità oltre la quale si è avuto rifiuto delle aste alla penetrazione.

Dal punto di vista della resistenza la formazione si presenta in due spessori a resistenza crescente con la profondità (ved. la stima dei parametri geotecnici delle prova). Complessivamente si hanno valori medi di resistenza considerati fino al rifiuto alla penetrazione delle aste a circa 5.50 m di profondità.

Anche in questo caso, vista la tipologia delle strutture da realizzare ed i carichi indotti, si ritiene che la resistenza offerta dal terreno possa suggerire la migliore ipotesi di fondazione al progettista.

La falda non è stata individuata.

Prova penetrometrica DPM3 (Aerogeneratori G1, G4 e G5)

Da un'analisi generale delle risulta che il terreno di fondazione per tutta l'area in studio è caratterizzato da una formazione sabbiosa per tutto lo spessore indagato di circa 6,4 metri, profondità oltre la quale si è avuto rifiuto delle aste alla penetrazione.

Dal punto di vista della resistenza la formazione è stata considerata unica per tutto lo spessore indagato con valori di resistenza crescenti con la profondità (ved. la stima dei parametri geotecnici delle prova). Complessivamente si hanno soddisfacenti valori di buona resistenza dello spessore indagato fino al rifiuto alla penetrazione delle aste a circa 6,40 m di profondità.

Vista la tipologia della struttura da realizzare ed i carichi indotti, si ritiene che la resistenza offerta dal terreno possa suggerire la migliore ipotesi di fondazione al progettista.

La falda non è stata individuata.

Prova penetrometrica DPM4 (Aerogeneratori G9 e G10)

Da un'analisi generale delle risulta che il terreno di fondazione per tutta l'area in studio è caratterizzato da una formazione sabbiosa e/o conglomeratica per tutto lo spessore indagato di circa 6,9 metri, profondità oltre la quale si è avuto rifiuto delle aste alla penetrazione.

Dal punto di vista della resistenza la formazione è stata considerata unica per tutto lo spessore indagato con valori di resistenza crescenti con la profondità (ved. la stima dei parametri geotecnici delle prova). Complessivamente si hanno soddisfacenti valori di buona resistenza dello spessore indagato fino al rifiuto alla penetrazione delle aste a circa 6,90 m di profondità.

Vista la tipologia della struttura da realizzare ed i carichi indotti, si ritiene che la resistenza offerta dal terreno possa suggerire la migliore ipotesi di fondazione al progettista.

La falda non è stata individuata.

Prova penetrometrica DPM5 (Aerogeneratori G8 e G11)

Il terreno di fondazione per tutta l'area in studio è caratterizzato sempre da una formazione argillosa per tutto lo spessore indagato di circa 4,7 metri, profondità oltre la quale si è avuto rifiuto delle aste alla penetrazione.

Dal punto di vista della resistenza la formazione si presenta in due spessori a resistenza crescente con la profondità (ved. la stima dei parametri geotecnici delle prova). Complessivamente si hanno valori medi di resistenza considerati fino al rifiuto alla penetrazione delle aste a circa 4.70 m di profondità.

Anche in questo caso, vista la tipologia delle strutture da realizzare ed i carichi indotti, si ritiene che la resistenza offerta dal terreno possa suggerire la migliore ipotesi di fondazione al progettista.

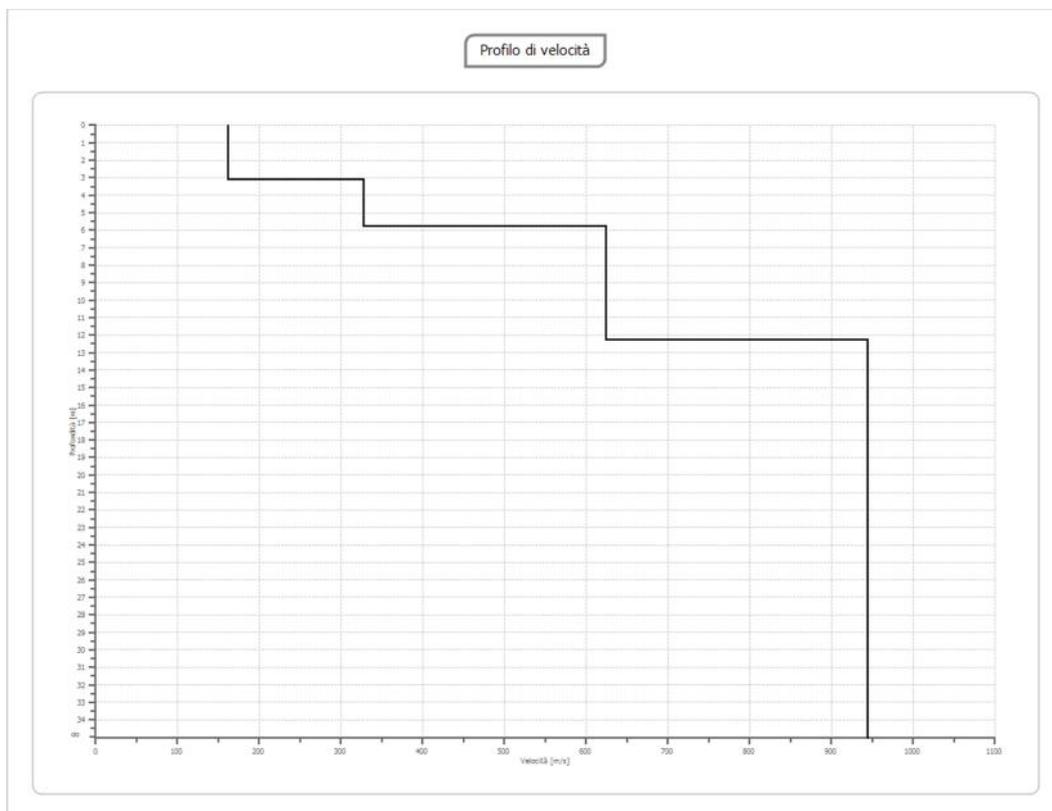
La falda non è stata individuata.

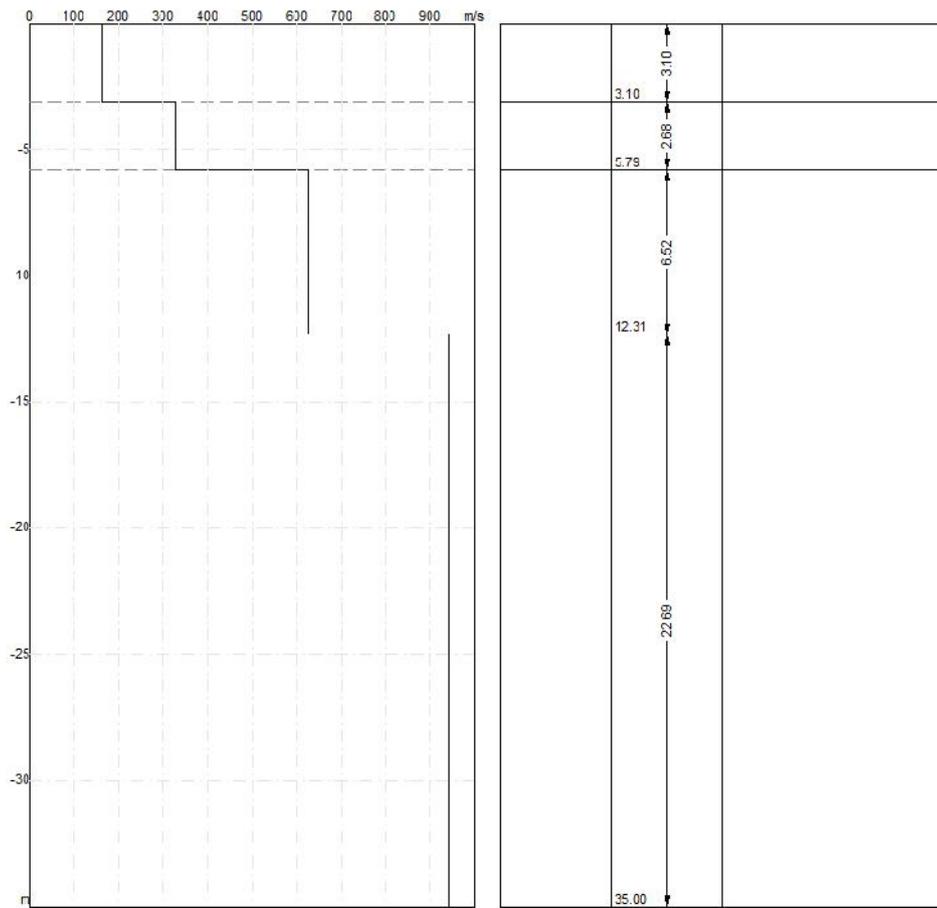
5.3 MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Qui di seguito si sintetizzano gli esiti delle indagini compiute sui due siti di interesse, la relazioni complete sono allegate in fondo alla relazione.

MASW 1





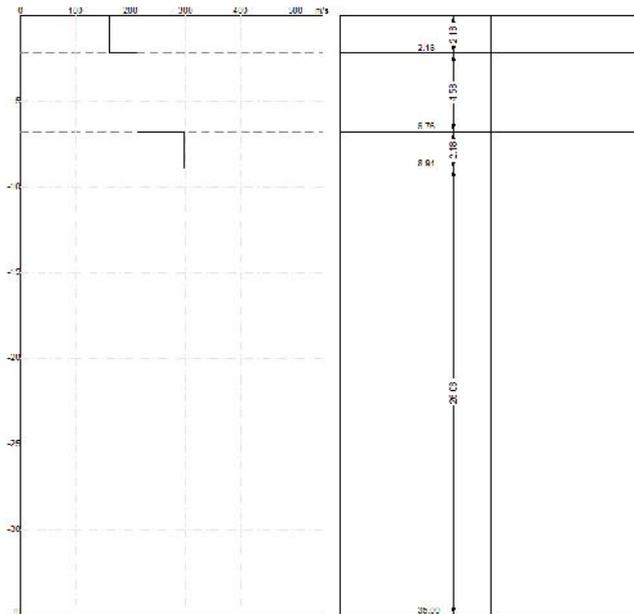
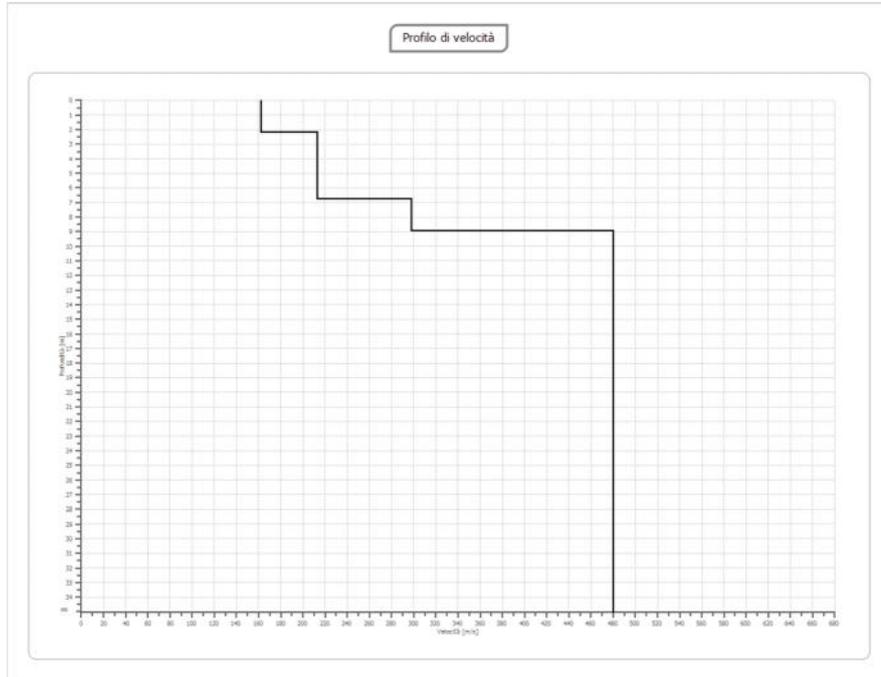
Risultati

Profondità piano di posa [m]	3.00
Vs,eq [m/sec] (H=9.31 m)	482.87
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	4.00
Vs,eq [m/sec] (H=8.31 m)	522.50
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	5.00

Vs,eq [m/sec] (H=7.31 m)	568.73
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

MASW 2

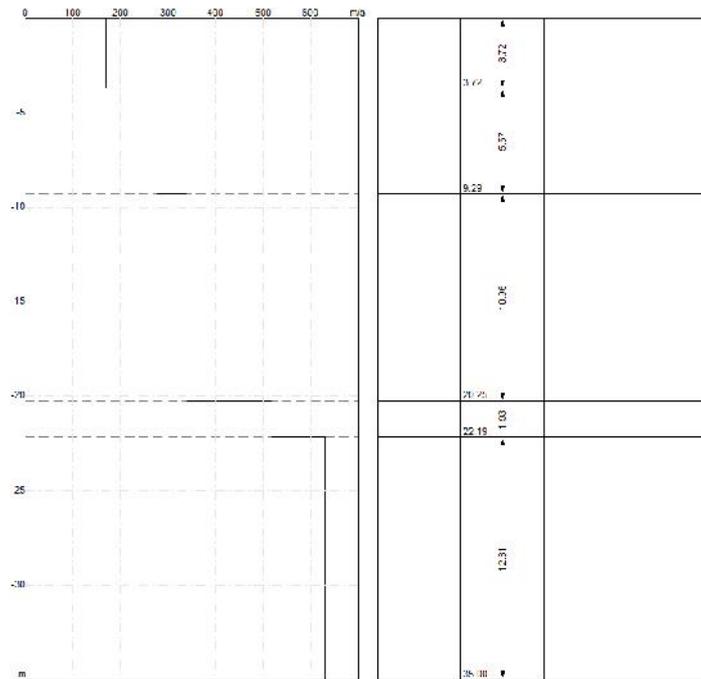
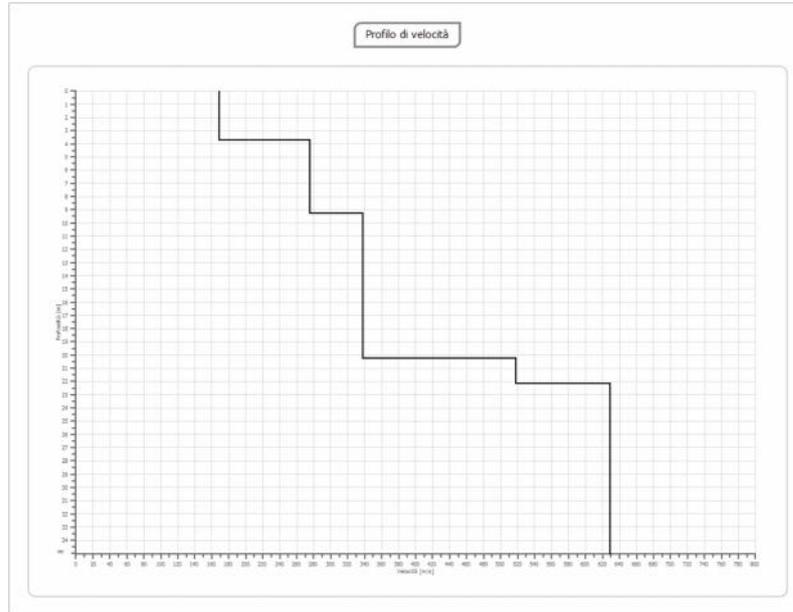


Risultati

Profondità piano di posa [m]	3.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	399.40
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	4.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	413.77
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	5.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	429.21
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

MASW 3

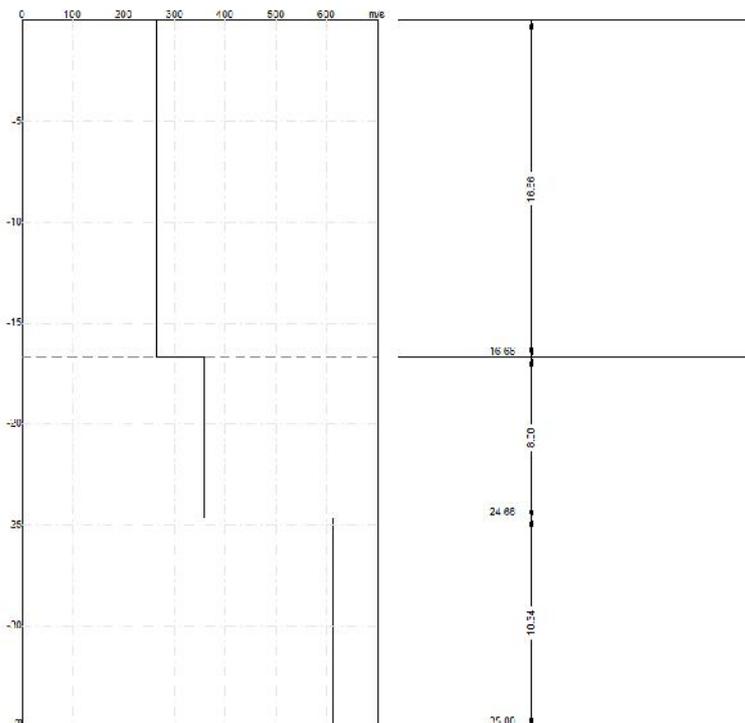
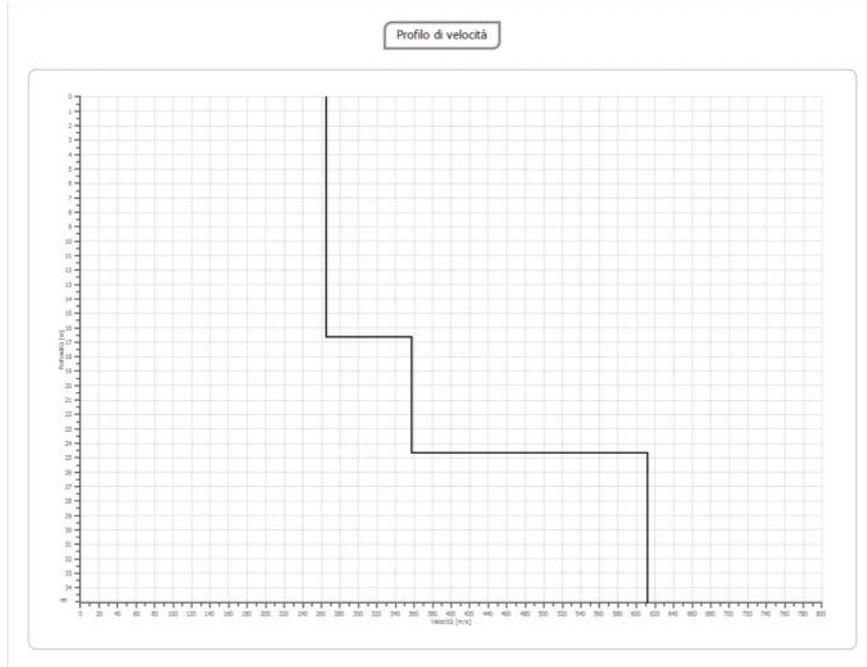


Risultati

Profondità piano di posa [m]	3.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	385.44
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	4.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	404.62
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	5.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	416.07
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

MASW 4



Risultati

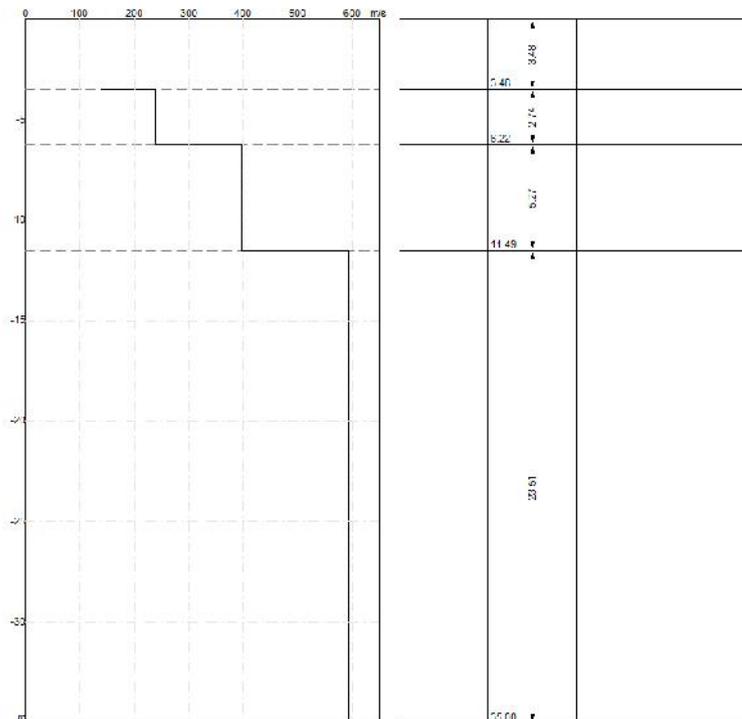
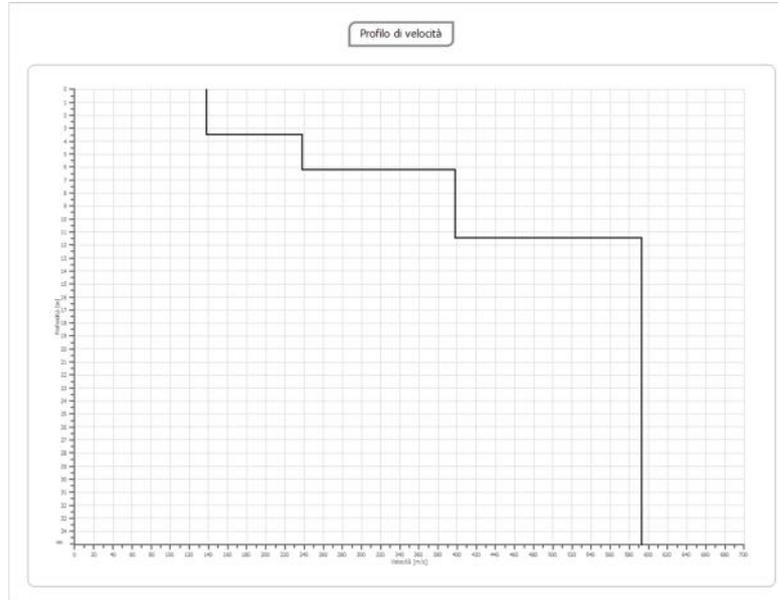
Profondità piano di posa [m]	3.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	342.77
Categoria del suolo	C
Profondità piano di posa [m]	4.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	351.34
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo 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.

Profondità piano di posa [m]	5.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	360.35
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

MASW 5

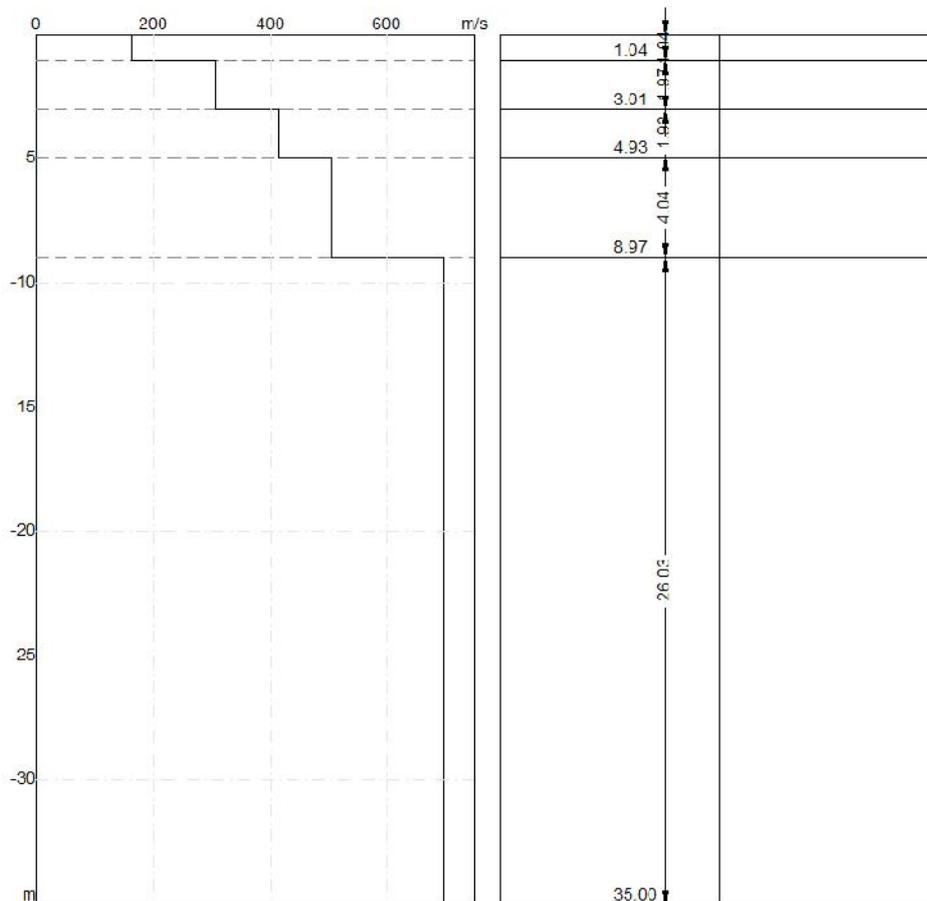
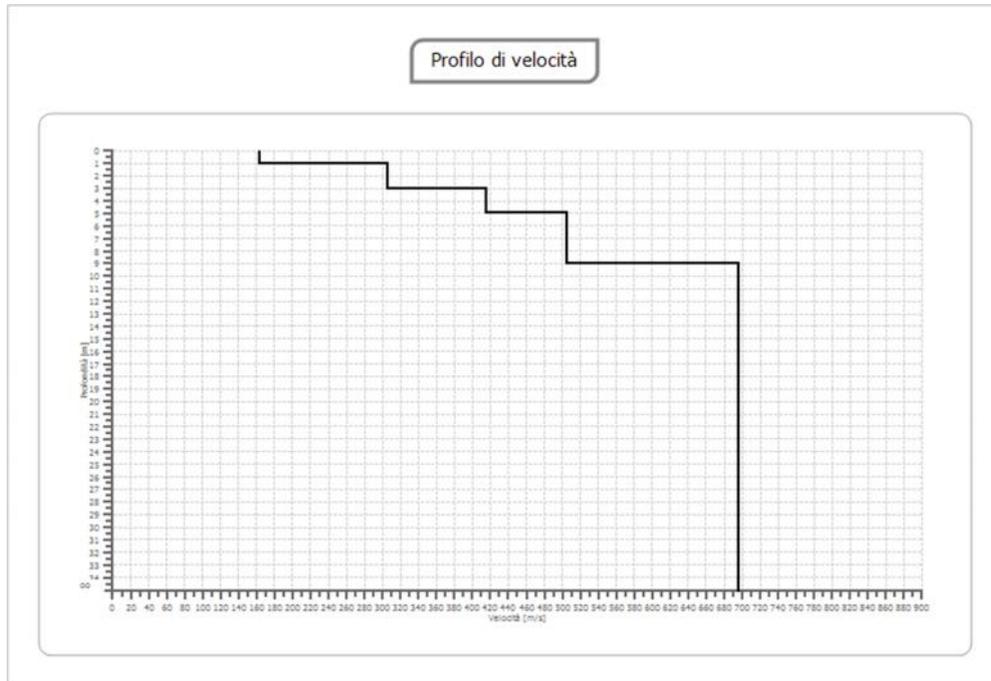


Risultati

Profondità piano di posa [m]	3.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	465.08
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	4.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	495.65
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	5.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	517.12
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

MASW 6

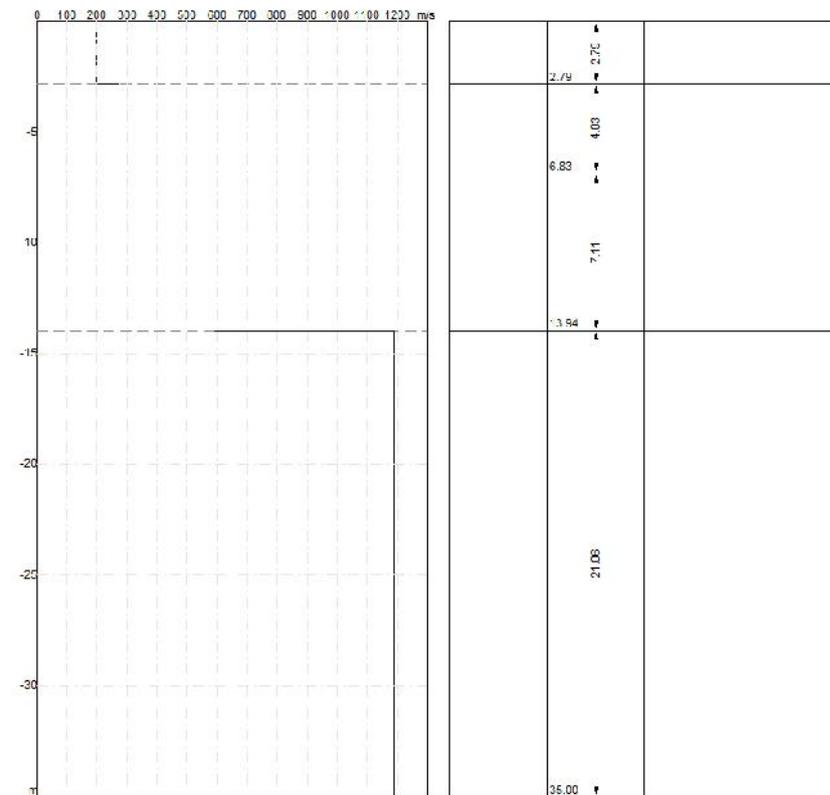
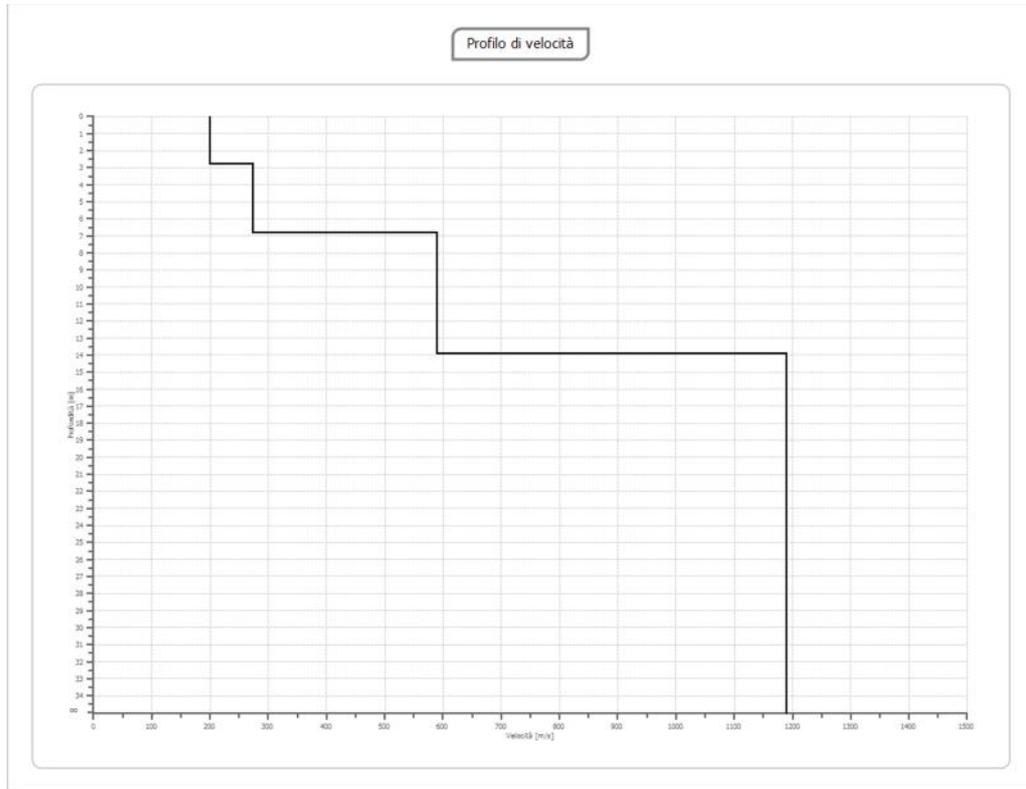


Risultati

Profondità piano di posa [m]	3.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	635.65
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	4.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	635.65
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	5.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	635.65
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

MASW 7

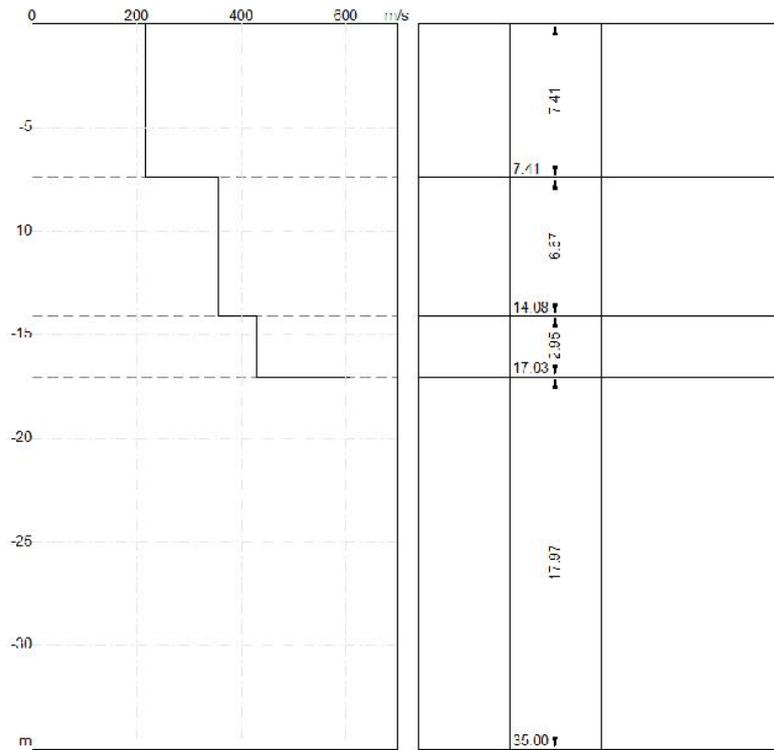
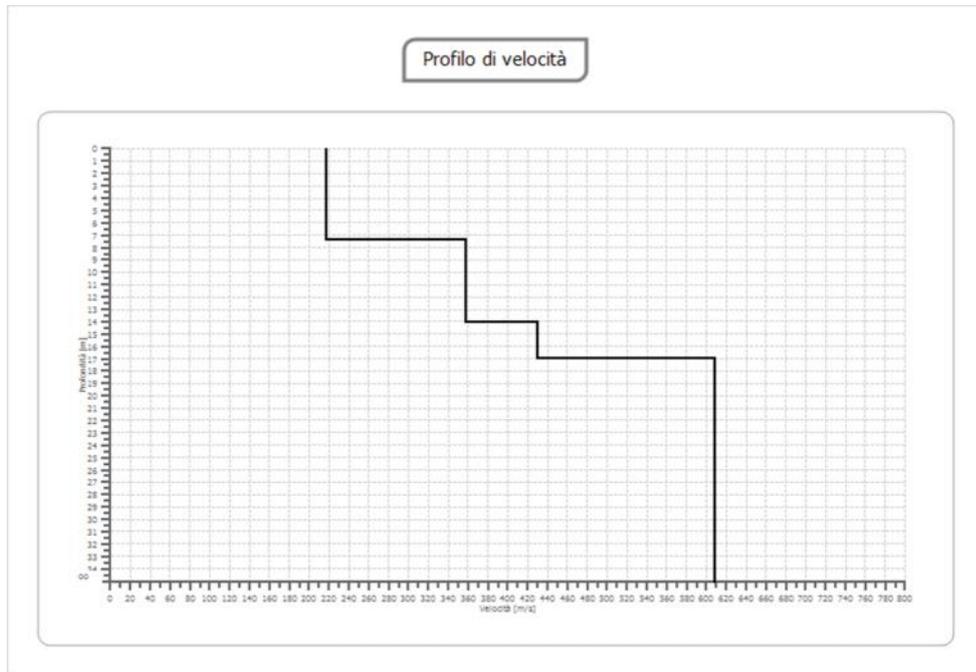


Risultati

Profondità piano di posa [m]	3.00
Vs,eq [m/sec] (H=10.94 m)	419.85
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	4.00
Vs,eq [m/sec] (H=9.94 m)	443.82
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	5.00
Vs,eq [m/sec] (H=8.94 m)	477.16
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

MASW 8

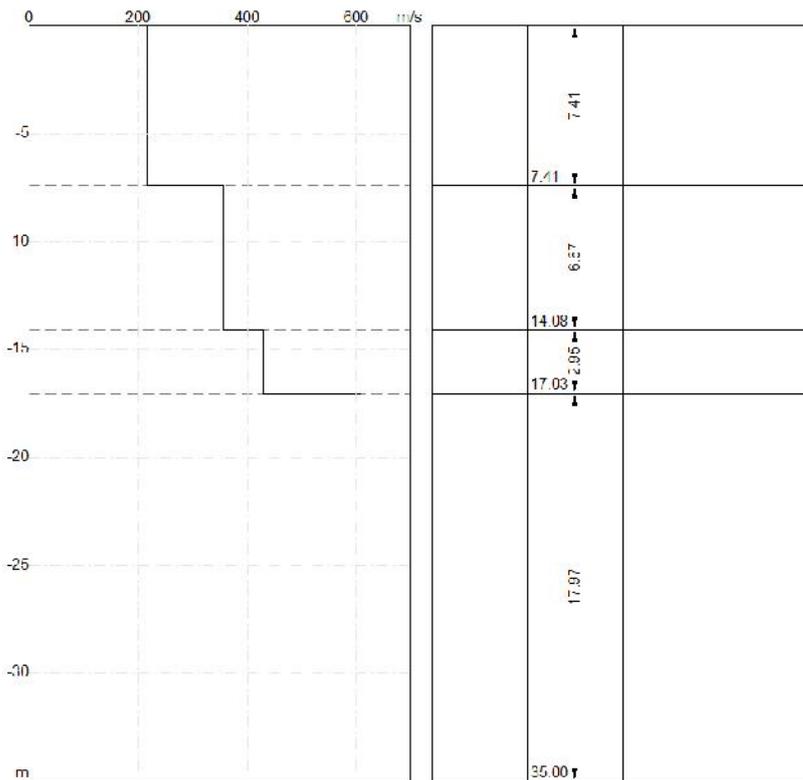
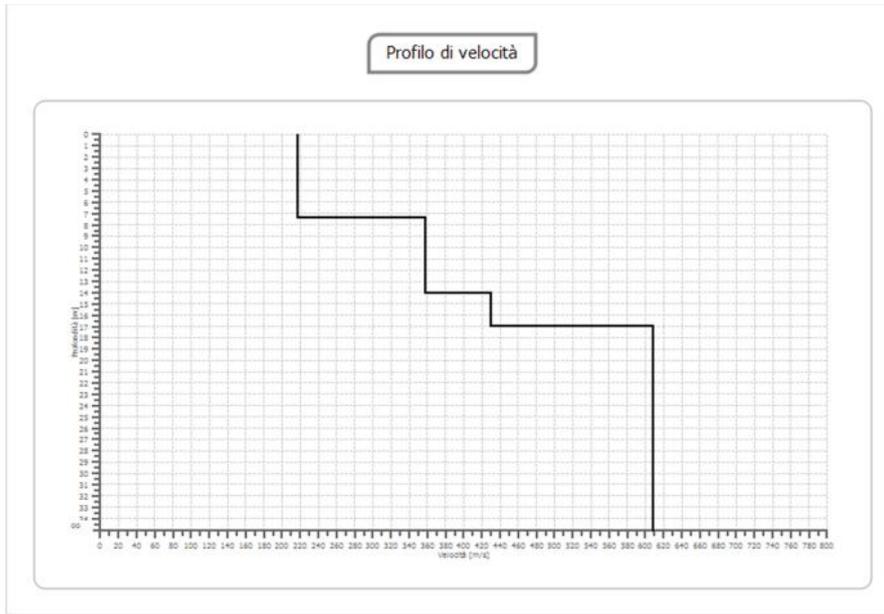


Risultati

Profondità piano di posa [m]	3.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	415.98
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	4.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	433.79
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	5.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	453.19
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

MASW 9

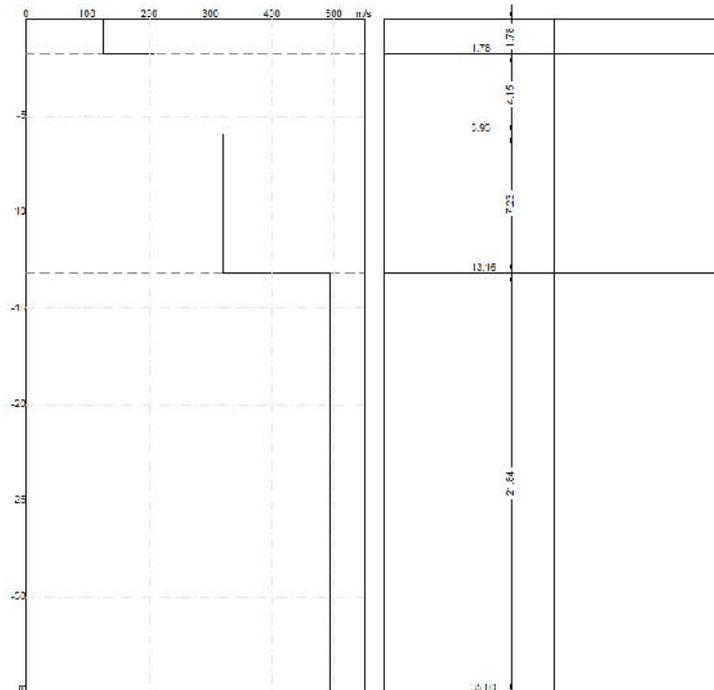
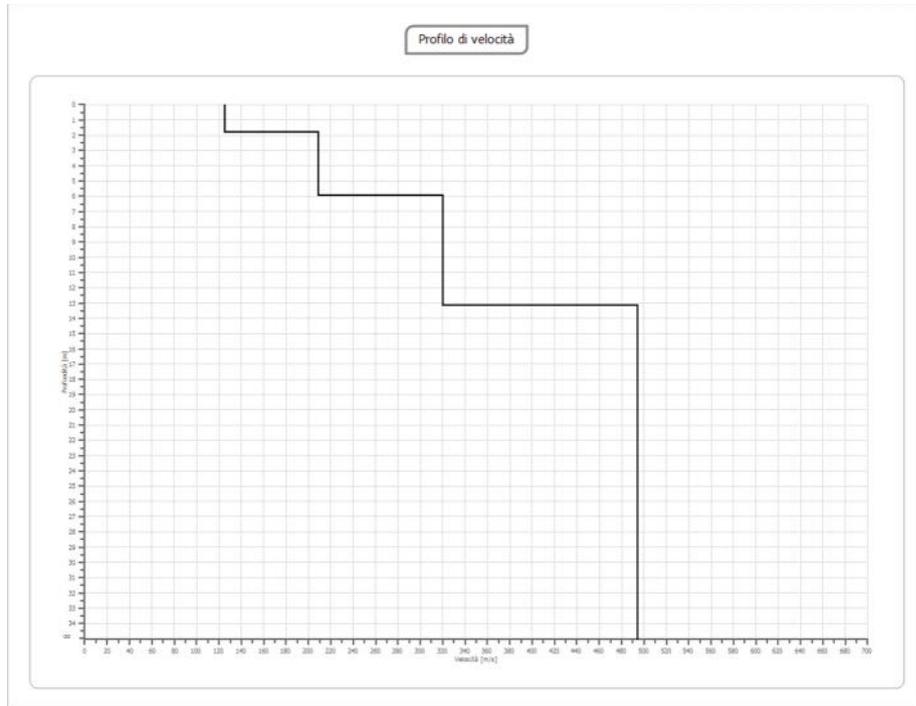


Risultati

Profondità piano di posa [m]	3.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	415.98
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	4.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	433.79
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	5.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	453.19
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

MASW 10



Risultati

Profondità piano di posa [m]	3.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	390.58
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	4.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	405.17
Categoria del suolo	B
Profondità piano di posa [m]	5.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	420.88
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo 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.

AREA SET

Nell'area in esame sono state eseguite nel 2008 ed acquisite le seguenti indagini:

- n. 1 sondaggio geognostico a rotazione, a recupero continuo di carote, per complessivi ml 10 di perforazione eseguiti dall'Impresa C.I.G.I.T. Soc. Coop. di Catanzaro. Nella tabella 1, sottostante, si riporta il dettaglio dei prelievi del campione (I = Indisturbato) e delle prove SPT (C = punta conica chiusa) con la profondità.
- prove geotecniche di laboratorio eseguite su 1 campione indisturbato prelevato nel corso delle perforazioni.
- 1 stendimento sismico superficiale tipo MASW per la modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh.

Sondaggio a carotaggio continuo

Le perforazioni, eseguite dall'impresa C.I.G.I.T. Soc. Coop. di Catanzaro, con sonda a rotazione del tipo NENZI GELMA 2 e con relativi utensili (carotieri semplici e doppi del diametro variabile di mm. 101), hanno consentito il prelievo della campionatura ordinaria in percentuale variabile ma comunque sufficientemente rappresentativa.

La profondità a cui sono state spinte le terebrazioni sono maggiori di quelle in corrispondenza delle quali si potrebbero verificare delle variazioni significative dello stato tensionale della massa terrosa in cui si opera (volume significativo d'indagine).

La consistenza del materiale attraversato dalle perforazioni è andata aumentando con la profondità.

Le cassette catalogatrici quotate, sono state conservate dalla ditta che ha eseguito i sondaggi.

La stratigrafia del sito di interesse (per i dettagli si rimanda al contenuto dell'allegato Indagini Geognostiche) è caratterizzata, dall'alto verso il basso, da una copertura di materiale

agrario di tipo detritico immersa in abbondante matrice limoso-sabbioso-argillosa di poco consistenza e con spessore di 0.80 m. Successivamente si riscontrano sabbie limose di colore rossiccio con elementi ghiaiosi. Si passa ad un terzo ed un quarto livello sempre sabbioso ma con percentuale più abbondante di ghiaie.

La presenza d'acqua non è stata riscontrata in profondità a fine sondaggio.

Prove di laboratorio

Nel corso delle perforazioni è stato prelevato 1 campione indisturbato, mediante opportune attrezzature.

Sono state, inoltre, effettuate numerose prove S.P.T. lungo tutto lo spessore di perforazione.

Dopo il prelievo, i campioni sono stati sigillati, contraddistinti, imballati e portati al laboratorio di geotecnica CIGIT di Catanzaro per le prove necessarie.

Il campione esaminato è stato utilizzato in laboratorio per le seguenti prove:

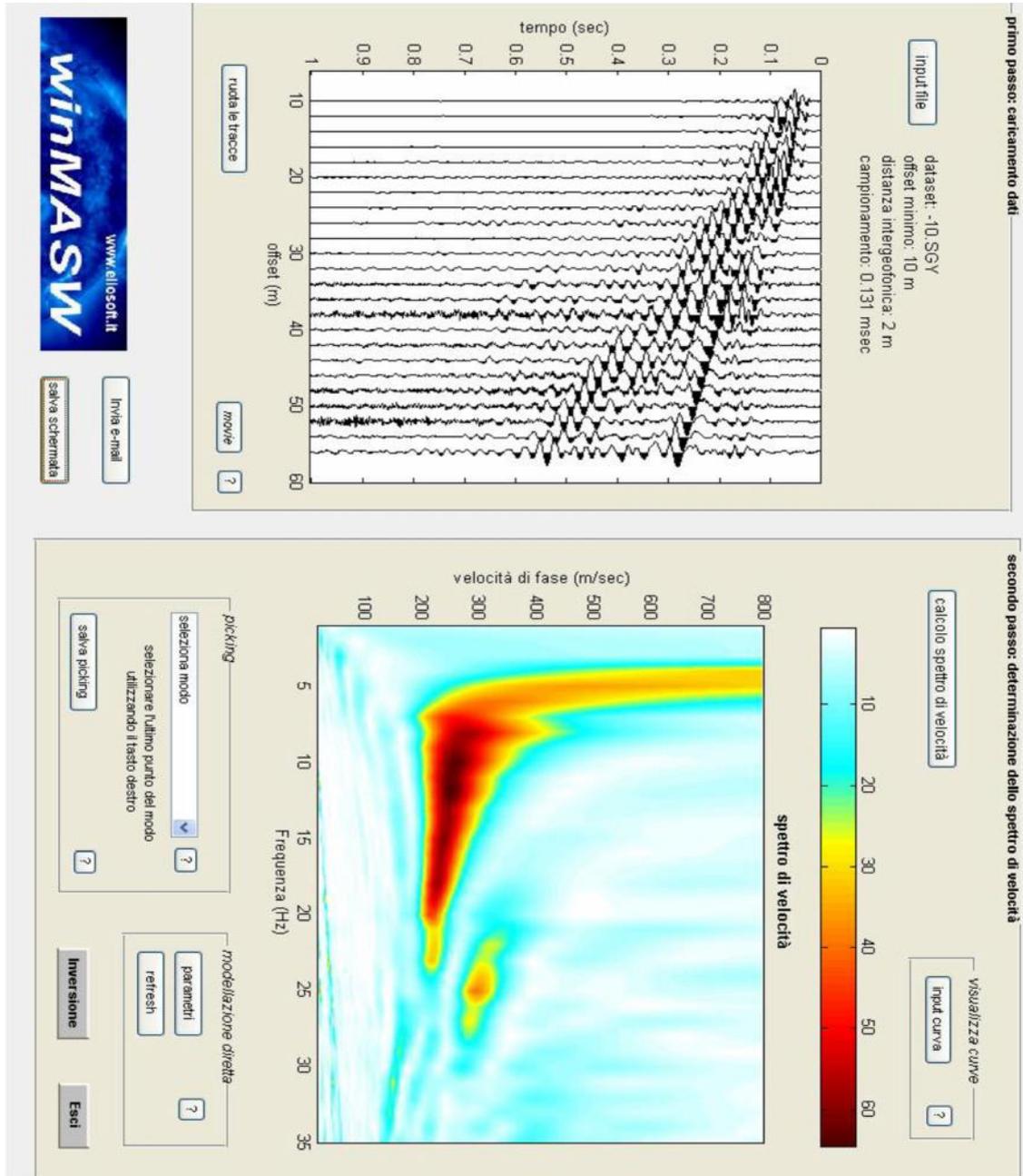
- Analisi Granulometrica e riconoscimento;
- Prova di Taglio Diretto;

Per un esame più approfondito dei parametri geotecnici si rimanda ai successivi paragrafi.

MASW

REPORT DI CAMPAGNA sito S st (Sottostazione)

Numero totale di punti (coppie frequenza-velocità) della curva di dispersione: 10



==o== SEZIONE#1

curva di dispersione: PICK.cdp Numero di individui: 10 Numero di generazioni: 21

Spazio di ricerca utilizzato (VS e spessori minimi):				167.726	0.7421943	186.8947	1.484389
186.9828	1.484389	191.8208	1.484389	193.8581	1.484389	195.9877	
1.484389	203.6069	1.484389	350				

Spazio di ricerca utilizzato (VS e spessori massimi): 249.1929 5.343799 297.1147 5.937554
302.41 5.937554 316.0175 5.937554 325.4994 5.937554 335.6629 5.937554
356.7612 5.937554 380

Poisson adottato: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.3

==o== SEZIONE#2

Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 1; misfit medio e migliore: -31.9838 -26.4063
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 2; misfit medio e migliore: -31.6083 -24.3506
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 3; misfit medio e migliore: -35.6578 -23.0431
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 4; misfit medio e migliore: -33.2775 -23.0431
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 5; misfit medio e migliore: -34.6988 -23.0431
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 6; misfit medio e migliore: -28.8398 -20.0447
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 7; misfit medio e migliore: -27.7694 -18.4045
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 8; misfit medio e migliore: -27.1286 -18.4045
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 9; misfit medio e migliore: -28.7245 -18.0782
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 10; misfit medio e migliore: -26.3163 -18.0782
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 11; misfit medio e migliore: -22.598 -16.5454
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 12; misfit medio e migliore: -29.2936 -16.5454
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 13; misfit medio e migliore: -26.3894 -16.5454
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 14; misfit medio e migliore: -28.9922 -16.5454
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 15; misfit medio e migliore: -32.3002 -16.5454
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 16; misfit medio e migliore: -30.0734 -16.5454
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 17; misfit medio e migliore: -26.7214 -16.5454
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 18; misfit medio e migliore: -29.0544 -16.5454
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 19; misfit medio e migliore: -27.0849 -16.5454
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 20; misfit medio e migliore: -26.8297 -16.5454
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 21; misfit medio e migliore: -29.6003 -16.5454
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 1; misfit medio e migliore: -16.3857 -16.0954
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 2; misfit medio e migliore: -16.2992 -16.0632
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 3; misfit medio e migliore: -16.1042 -15.602
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 4; misfit medio e migliore: -16.0799 -15.602
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 5; misfit medio e migliore: -15.9671 -15.602
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 6; misfit medio e migliore: -15.9742 -15.602
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 7; misfit medio e migliore: -15.7725 -15.5668
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 8; misfit medio e migliore: -15.9264 -15.5668

Numero di modelli utilizzati per il calcolo del modello medio: 190

#####

RISULTATI winMASW 3.0

#####

Curva analizzata: PICK.cdp ==o== SEZIONE#3

=====

MODELLO MEDIO

VS (m/sec): 198 244 244 276 281 320 318 366
 Deviazione standard (m/sec): 17 23 18 19 20 19 25 10
 Spessore (m): 2.0 2.8 2.3 4.1 2.7 3.3 2.6
 Deviazione standard (m): 0.4 0.8 0.9 0.6 1.0 0.9 0.5
 Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici
 Stima della Vp (m/sec): 395 526 507 594 564 702 657 710
 Stima della densità (gr/cm3): 1.83 1.90 1.89 1.93 1.92 1.97 1.95 1.97
 Rapposto VP/VS: 1.99 2.16 2.08 2.15 2.01 2.19 2.07 1.94
 Modulo di Poisson: 0.33 0.36 0.35 0.36 0.33 0.37 0.35 0.32
 Modulo di Young (MPa): 191 308 304 400 404 552 532 696
 Modulo di Taglio (MPa): 72 113 112 147 151 202 197 264
 Costante di Lamé (MPa): 142 299 261 387 307 567 448 465
 Modulo di compressione (MPa): 190 375 336 484 408 701 579 642
 modo: 0 (modo fondamentale)

modello medio

f(Hz)	VR(m/sec)
5.25	302.4972
6.18578	291.6979
8.05734	270.1772
10.3968	251.5345
12.6583	240.6632
15.7775	231.373
18.9748	225.1808
22.6399	220.0851

modo: 1 (primo modo superiore)

modello medio.

22.406	305.7065
27.2408	291.1653

=o== SEZIONE#4

=====

MODELLO MIGLIORE

VS (m/sec): 186.2851 238.9844 236.9973 270.421 262.769 329.3433 303.2519 373.7312
 spessore (m): 2.0392 2.4917 1.7523 4.4815 1.9912 3.7185 2.8425
 Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici
 Stima della VP (m/sec): 405 537 533 598 590 705 681 721

Stima della densità (gr/cm³): 1.84 1.90 1.90 1.93 1.93 1.97 1.96 1.97
Rapposto VP/VS: 2.18 2.25 2.25 2.21 2.24 2.14 2.25 1.93
Modulo di Poisson: 0.37 0.38 0.38 0.37 0.38 0.36 0.38 0.32
Modulo di Young (MPa): 174 299 294 386 367 580 496 727
Modulo di Taglio (MPa): 64 109 107 141 133 213 180 276
Costante di Lamé (MPa): 174 331 327 409 404 552 549 474
Modulo di compressione (MPa): 216 404 398 502 493 695 669 658

curva di dispersione (frequenza - velocità di fase onde di Rayleigh)

modo: 0 (modo fondamentale)

modello migliore

F(Hz) VR(m/sec)

5.25 307.4697

6.18578 295.4617

8.05734 271.1949

10.3968 250.4399

12.6583 238.5517

15.7775 228.3448

18.9748 221.2273

22.6399 214.9741

modo: 1 (primo modo superiore)

modello migliore

22.406 302.5339

27.2408 286.1766

VS5 del modello medio: 223 m/sec

VS5 del modello migliore: 214 m/sec

VS20 del modello medio: 269 m/sec

VS20 del modello migliore: 265 m/sec

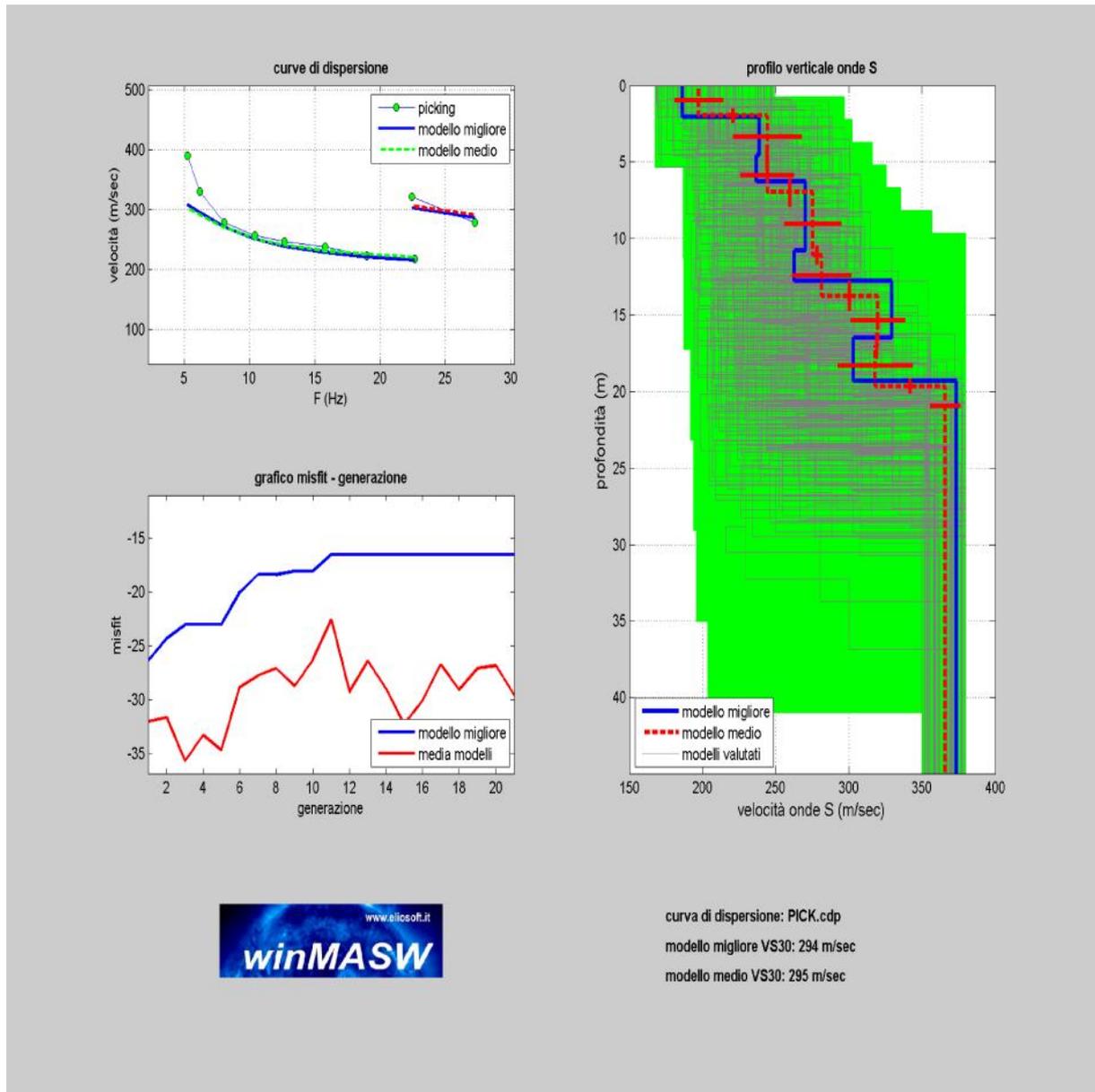
VS30 del modello medio: 295 m/sec

VS30 del modello migliore: 294 m/sec

==o== SEZIONE#6

VS30 (m/sec): 295 Possibile Tipo di Suolo: C (sulla base del modello medio)

ELABORAZIONE E RICOSTRUZIONE DEL PROFILO VERTICALE DELLE VS30 SITO SONDAGGIO S st



5.4 Parametri geotecnici

Allo scopo di individuare le caratteristiche fisico - meccaniche dei materiali di fondazione, è stato fatto riferimento ai valori geomeccanici delle cinque prove penetrometriche tipici dell'orizzonte stratigrafico caratterizzato dalla litologia argillosa che caratterizza l'area in oggetto di studio. I valori fisico-meccanici compatibili al terreno di fondazione, alle varie profondità sono i seguenti:

Siti Aerogeneratori G6 – G7 E G11

Livello argilloso	Profondità base strato	Coesione non drenata (De Beer)	Angolo di attrito (Owasaki & Iwasaki)	Peso di volume
A	3,10 m	0,33 Kg/cmq	$\phi = 22,2^\circ$	$\gamma = 1.61 \text{ gr/cc}$
B	5,10 m	1,51 Kg/cmq	$\phi = 30,5^\circ$	$\gamma = 2.02 \text{ gr/cc}$
CATEGORIA SISMICA DEI SITI				B

Siti Aerogeneratori G2 e G3

Livello argilloso	Profondità base strato	Coesione non drenata (De Beer)	Angolo di attrito (Owasaki & Iwasaki)	Peso di volume
A	3,80 m	0,30 Kg/cmq	$\phi = 21,8^\circ$	$\gamma = 1.59 \text{ gr/cc}$
B	5,50 m	1,45 Kg/cmq	$\phi = 30,2^\circ$	$\gamma = 2.01 \text{ gr/cc}$
CATEGORIA SISMICA DEI SITI				B

Siti Aerogeneratori G4 e G5

Livello argilloso	Profondità base strato	Coesione non drenata (De Beer)	Angolo di attrito (Owasaki & Iwasaki)	Peso di volume
A	6,40 m	0,92 Kg/cmq	$\phi = 26,9^\circ$	$\gamma = 1.87 \text{ gr/cc}$
CATEGORIA SISMICA DEI SITI				C - B (G4) – B (G5)

Siti Aerogeneratori G9 e G10

Livello argilloso	Profondità base strato	Coesione non drenata (De Beer)	Angolo di attrito (Owasaki & Iwasaki)	Peso di volume
A	6,90 m	0,94 Kg/cmq	$\phi = 26,2^\circ$	$\gamma = 1.88 \text{ gr/cc}$
CATEGORIA SISMICA DEI SITI				C - B (G4) – B (G5)

Siti Aerogeneratori G8 e G12

Livello argilloso	Profondità base strato	Coesione non drenata (De Beer)	Angolo di attrito (Owasaki & Iwasaki)	Peso di volume
A	3,00 m	0,31 Kg/cmq	$\phi = 22,1^\circ$	$\gamma = 1.60 \text{ gr/cc}$
B	4,70 m	1,50 Kg/cmq	$\phi = 30,5^\circ$	$\gamma = 2.02 \text{ gr/cc}$
CATEGORIA SISMICA DEI SITI				B

Sito SET

Sabbie ed arenarie	Profondità base strato	Coesione non drenata (De Beer)	Angolo di attrito (Owasaki & Iwasaki)	Peso di volume
A	10 m	0,1 Kg/cmq	$\phi = 28,15^\circ$	$\gamma = 1.87 \text{ gr/cc}$
CATEGORIA SISMICA DEL SITO				C

I valori sopra citati possono servire per la verifica della portanza con il calcolo della formula di vari autori per lo studio della tipologia di fondazione più opportuna.

6. Conclusioni

Il sito che dovrà accogliere le strutture del Parco Eolico Borgia-Squillace, previste in progetto, è stato esaminato sotto l'aspetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico.

Si è constatato che le litologie tipiche dei materiali su cui si realizzeranno le fondazioni degli aerogeneratori sono caratterizzate da varie litologie tra le quali materiali argillosi, sabbiosi e conglomeratici.

Tutte le aree, dato il loro andamento, sono risultate essere indenni da qualsiasi fenomeno di instabilità geomorfologica, così come è stato possibile verificare dalla consultazione degli elaborati del PAI, dove non è emerso per la stessa area in studio, alcun tipo di vincolo idrogeologico e geomorfologico.

La circolazione idrica sotterranea è molto rapida, segue la naturale pendenza del terreno ed è presente in spessore variabili sito per sito.

Per quanto riguarda le acque meteoriche superficiali, le stesse dovranno essere regimate e smaltite lontano dal sito di interesse.

Concludendo viste le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche del terreno di fondazione, si ritiene di esprimere un parere favorevole alla fattibilità del progetto in oggetto.

Cerisano lì 12.08.2019

Dott. Geol. Pasquale GRECO