



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.09458.49.001.01

PAGE

1 di/of 47

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

INTEGRALE RICOSTRUZIONE DELL' IMPIANTO EOLICO "CALTAVUTURO1", UBICATO NEL COMUNE DI CALTAVUTURO (PA)

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geologica, geomorfologica e sismica

File: GRE.EEC.R.25.IT.W.09458.49.001.01 - Relazione Geologica, geomorfologica e sismica.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	25/11/2022	Seconda emissione	A. Santambrogio	G. Alfano	G. Coduri
00	13/05/2022	Prima emissione	A. Santambrogio	G. Alfano	G. Prosperì

GRE VALIDATION

	<i>M. Tomei</i>	<i>L. Iacofano</i>
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT Caltavuturo1	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT			SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION							
	GRE	EEC	R	2	5	I	T	W	0	9	4	5	8	4	9	0	0	1	0
CLASSIFICATION	PUBLIC				UTILIZATION SCOPE	BASIC DESIGN													

This document is property of Enel Green Power Italia s.r.l. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power Italia s.r.l.

INDEX

1	INTRODUZIONE	3
1.1	DESCRIZIONE DEL PROPONENTE	3
1.2	CONTENUTI DELLA RELAZIONE	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO	7
4	INQUADRAMENTO CLIMATICO	8
4.1	INQUADRAMENTO CLIMATICO	8
4.2	INQUADRAMENTO geologico	10
4.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	15
4.4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	15
5	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	18
6	ANALISI SISMICA DEL TERRITORIO	20
6.1	Introduzione	20
6.2	Inquadramento Macrosismico	20
6.3	Zonazione Sismogenetica	22
6.4	Sismicità storica e pericolosità sismica del territorio Comunale	22
6.5	Sismicità dell'area e Microzonazione sismica	23
6.6	Effetti di amplificazione topografica	24
6.7	Categorie di suolo di fondazione	25
6.8	ANALISI SISMICA	25
6.9	Pericolosità sismica di sito	26
7	INQUADRAMENTO GEOTECNICO ED ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE	30
	Aerogeneratore 1	32
	Aerogeneratore 2	34
	Aerogeneratore 3	36
	Aerogeneratore 4	38
	Aerogeneratore 5	40
	Aerogeneratore 6	42
8	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI	44
9	CONCLUSIONI	47

1 INTRODUZIONE

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power Italia s.r.l. ("EGP") di redigere la documentazione per la richiesta di connessione alla Rete elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) per il repowering dell'esistente impianto eolico denominato "Caltavuturo 1" ubicato nel Comune di Caltavuturo (PA).

L'impianto attualmente comprende 20 turbine eoliche (WTG), di potenza 0,85 MW ciascuna, per un totale di 17 MW installati.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori dell'impianto Caltavuturo 1 viene convogliata tramite cavidotto interrato MT fino alla sottostazione utente (SSU) installata nei pressi della Cabina Primaria a 150 kV di Caltavuturo (di proprietà Enel distribuzione), posizionata a sud rispetto agli aerogeneratori, ad una distanza in linea d'aria di circa 2,5 km.

L'intervento in progetto prevede l'integrale ricostruzione dell'impianto, tramite l'installazione di nuove turbine eoliche, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, che consente di ridurre il numero di macchine da 20 a 6, diminuendo in questo modo l'impatto visivo, in particolare il cosiddetto "effetto selva". Il progetto di potenziamento, a valle della sostituzione degli aerogeneratori attualmente in esercizio con quelli di nuova generazione di potenza massima 6,0 MW, prevede l'installazione di un impianto di potenza totale installata pari a 36 MW.

Inoltre, la maggior efficienza dei nuovi aerogeneratori comporta un aumento considerevole dell'energia specifica prodotta, riducendo in maniera proporzionale la quantità di CO2 equivalente.

1.1 DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

Enel Green Power Italia Srl., in qualità di soggetto proponente del progetto, è una società del Gruppo Enel che si occupa dello sviluppo e della gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili facente capo a Enel Green Power Spa.

Enel Green Power Spa, è presente in 29 Paesi nei 5 continenti con una capacità gestita di oltre 46 GW e più di 1200 impianti.

In Italia, il parco di generazione di Enel Green Power è rappresentato dalle seguenti tecnologie rinnovabili: idroelettrico, eolico, fotovoltaico, geotermia e biomassa. Attualmente nel Paese conta una capacità gestita complessiva di oltre 14 GW.

1.2 CONTENUTI DELLA RELAZIONE

Il presente elaborato costituisce la relazione geologica a supporto della documentazione tecnico-descrittiva per il progetto di costruzione dell'impianto eolico denominato "Caltavuturo 1".

La presente relazione ha l'obiettivo di illustrare lo studio geologico e geotecnico preliminare realizzato e finalizzato a fornire una indicazione del contesto geologico di base, dei principali aspetti geomorfologici con particolare riguardo alle condizioni di stabilità dei versanti ed una caratterizzazione di massima dei tipi litologici che verranno interessati dagli scavi e dalle opere di fondazione per l'edificazione degli aerogeneratori.

L'indagine in oggetto al presente elaborato si è basata su dati e studi di origine bibliografica e sulla documentazione fornita dalla committenza e si pone il fine di presentare anche l'elaborazione dei dati e la stima dei parametri geotecnici dei terreni.

Lo studio, dunque, ha affrontato e approfondito i seguenti temi:

- Inquadramento del contesto geotecnico-strutturale.

- Assetto geomorfologico e idrogeologico insieme ad una valutazione preliminare sulle condizioni di pericolosità dell'area
- Ricostruzione della stratigrafia locale mediante la consultazione della letteratura disponibile.
- Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni, tramite la rielaborazione di tutti i dati disponibili, ottenuti durante le campagne geognostiche in prossimità delle opere, e tramite la consultazione di lavori, eseguiti nelle vicinanze, sugli stessi materiali, al fine di verificare le caratteristiche geotecniche.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito si trova nella provincia di Palermo ed interessa il territorio del comune di Caltavuturo.

L'area è identificata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 37°48'34,35"N
- Longitudine: 13°56'32,94"E

L'impianto in progetto ricade all'interno dei seguenti fogli catastali:

- Comune di Caltavuturo: n° 23, n° 29, n° 30

L'area di progetto ricade all'interno del foglio I.G.M. in scala 1:25.000 codificato 259-II-NE, denominato "Caltavuturo".

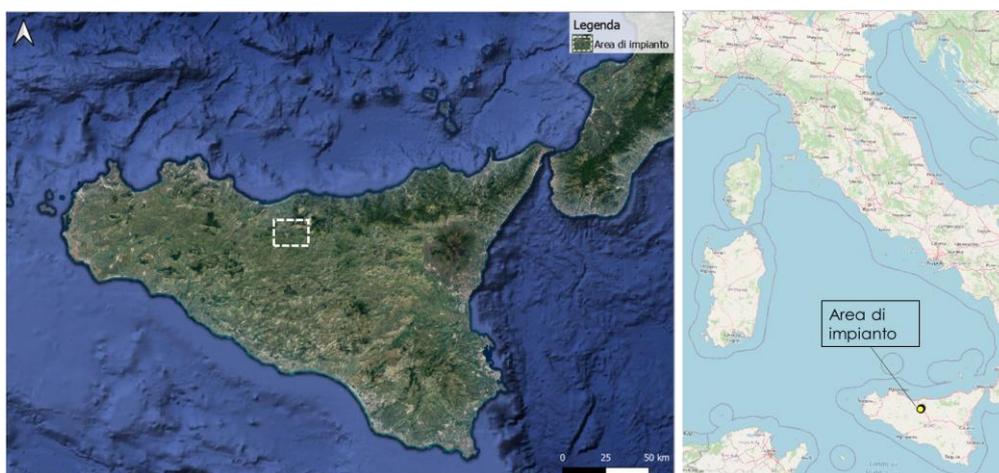


Figura 2-1: Inquadramento generale dell'area di progetto; in rosso ubicazione delle WTG

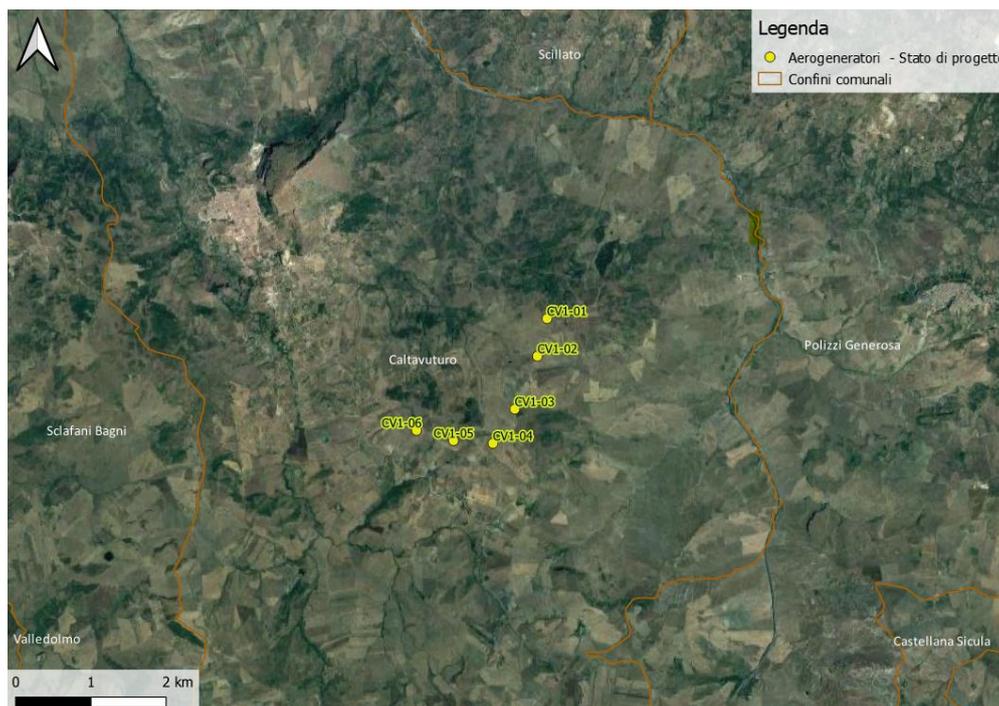


Figura 2-2: Configurazione proposta su ortofoto e vista 3D

Si riporta invece in formato tabellare un dettaglio sulla localizzazione delle WTG di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 33 N:

WTG	Comune	Est [m]	Nord [m]	Altitudine [m s.l.m.]
CV1 01	Caltavuturo	406489,80	4185156,00	805
CV1 02	Caltavuturo	406363,04	4184651,96	799
CV1 03	Caltavuturo	406061,14	4183943,01	869
CV1 04	Caltavuturo	405770,85	4183483,46	909
CV1 05	Caltavuturo	405247,00	4183520,00	905
CV1 06	Caltavuturo	404755,00	4183658,00	868

Tabella 2-1: coordinate aerogeneratori

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Nella redazione del presente elaborato, sono state seguite e rispettate le indicazioni delle seguenti norme nazionali e regionali:

- Decreto Legislativo n.387 del 29/12/2003, attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- Decreto Ministeriale del 10/09/2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili"; pur nel rispetto delle autonomie e delle competenze delle amministrazioni locali, tali linee guida sono state emanate allo scopo di armonizzare gli iter procedurali regionali per l'autorizzazione degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti energetiche rinnovabili (FER).
- Decreto Legislativo n. 28 03/03/2011, attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successive abrogazioni delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE; tale decreto ha introdotto misure di semplificazione e razionalizzazione dei procedimenti amministrativi per la realizzazione degli impianti a fonti rinnovabili, sia per la produzione di energia elettrica che per la produzione di energia termica.
- Decreto Legislativo n.42 del 22/01/2004, "Codice dei beni culturali e del paesaggio".
- Decreto del Presidente della Regione Sicilia del 10 Ottobre 2017, "Definizione dei criteri ed individuazione delle aree non idonee alla realizzazione di impianti di produzione di energia elettrica da fonte eolica ai sensi dell'art. 1 della legge regionale 20 novembre 2015, n. 29, nonché dell'art. 2 del regolamento recante norme di attuazione dell'art. 105, comma 5, legge regionale 10 maggio 2010, n. 11, approvato con decreto presidenziale 18 luglio 2012, n. 48".
- Legge n. 108 del 29/07/2021, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, recante governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure".
- Decreto Legislativo n. 199 del 4/11/2021 "Attuazione della direttiva 2018/2001/UE del parlamento europeo e del consiglio dell'11 dicembre 2018 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili".

4 INQUADRAMENTO CLIMATICO

4.1 INQUADRAMENTO CLIMATICO

Di seguito si riporta un inquadramento dei caratteri climatici dell'area in esame.

Nel territorio del Comune di Caltavuturo il clima risulta essere caldo e temperato, con inverno più piovoso che in estate; la temperatura media si aggira intorno a 14,1 °C mentre la piovosità media annuale si attesta su un valore di 644 mm.

Secondo la classificazione Köppen e Geiger tali caratteristiche climatiche sono definite con il termine Csa; da un punto di vista della classificazione di Köppen appartiene alla categoria dei climi "temperati" ed è caratterizzato essenzialmente da estati umide e da una temperatura media del mese più caldo inferiore ai 22°C; la piovosità è elevata e presente anche nel mese più secco.

Qui di seguito, in tabella, si riporta una sintesi dei principali indicatori.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	6.1	6.1	8.7	11.7	15.8	20.5	23.3	23.4	19.2	15.9	11.4	7.6
Temperatura minima (°C)	3	2.7	4.9	7.5	11.2	15.6	18.3	18.6	15.4	12.3	8.2	4.8
Temperatura massima (°C)	9.6	9.8	12.9	16	20.4	25.4	28.4	28.5	23.7	20.1	15	10.9
Precipitazioni (mm)	73	73	66	68	39	26	7	20	58	79	65	70
Umidità(%)	83%	81%	76%	71%	63%	54%	50%	52%	68%	74%	80%	83%
Giorni di pioggia (g.)	9	8	8	8	6	4	1	2	6	7	8	9
Ore di sole (ore)	4.9	5.4	7.4	9.1	10.9	12.3	12.5	11.5	9.0	7.5	5.9	4.9

Tabella 4-1: Sintesi dei parametri climatici

Per quanto riguarda gli aspetti climatologici caratteristici, si osserva nei seguenti grafici allegati in figura **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, che dal punto di vista della Temperatura agosto il mese più caldo dell'anno con una media di 23,4°C e febbraio è quello più freddo, con una temperatura media di 6,1 °C; nello stesso mese si realizza anche la minima annuale.

Dal punto di vista degli afflussi meteorici il periodo dell'anno più piovoso è compreso tra i mesi di settembre e dicembre, mentre il periodo più secco è luglio con una precipitazione media di 7 mm. Ottobre è il mese con più piovoso con una precipitazione media pari a 79 mm.

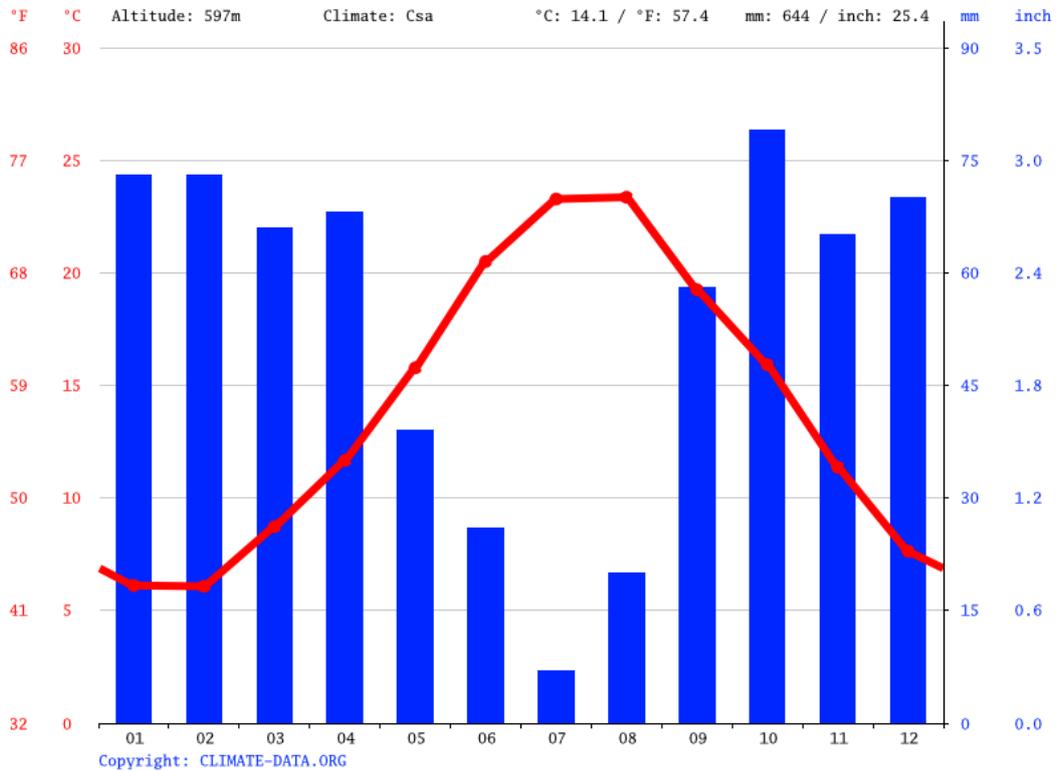
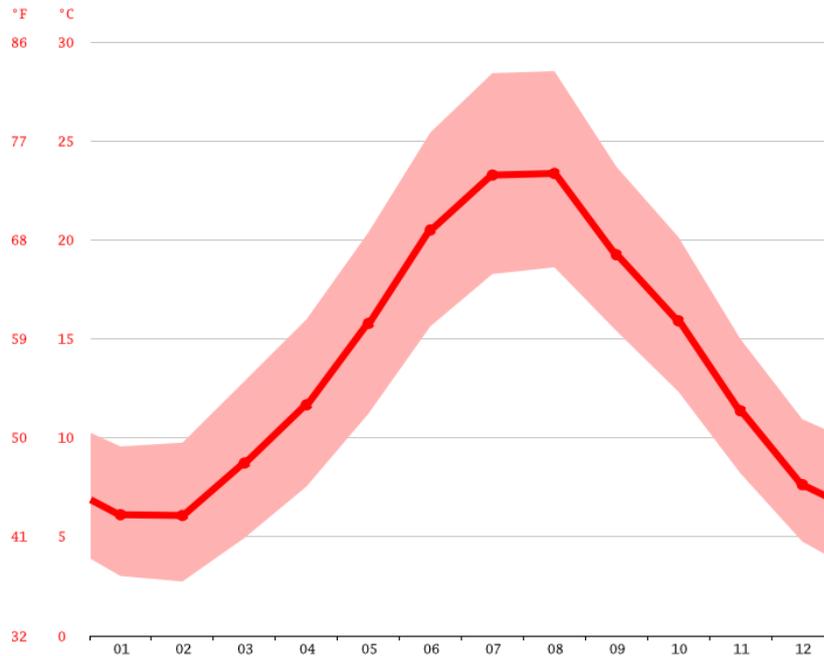


Figura 4- 1: Grafici relative all'andamento delle temperature (in alto) e delle precipitazioni (in basso) medie annue sul sito oggetto d'indagine

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio si trova all'interno del dominio strutturale della catena Appenninica siciliana.

La Sicilia è un segmento del sistema alpino che si sviluppa lungo il limite della placca Africa-Europa e che collega le Maghrebidi africane con l'Appennino meridionale attraverso il cuneo di accrezione della Calabria (Figura 4- 2).

Questa catena montuosa ed il suo prolungamento sommerso occidentale e settentrionale si estendono dal blocco sardo attraverso la Sicilia, fino al settore ionico-pelagiano ed in parte sono affioranti nel Mar Tirreno centro-meridionale

Dopo la fase orogenica alpina paleogenica, i movimenti compressivi più importanti di questo settore del Mediterraneo sono legati alla rotazione antioraria del blocco Sardo-Corso, considerato da alcuni autori come un arco vulcanico.

La rotazione, che si sviluppò dall'Oligocene superiore al Miocene inferiore, ha portato alla collisione del blocco Sardo-Corso con il margine continentale africano.

La formazione della catena è dovuta alla subduzione verso Ovest della litosfera adriatica e di quella ionica sotto il blocco Sardo-Corso.

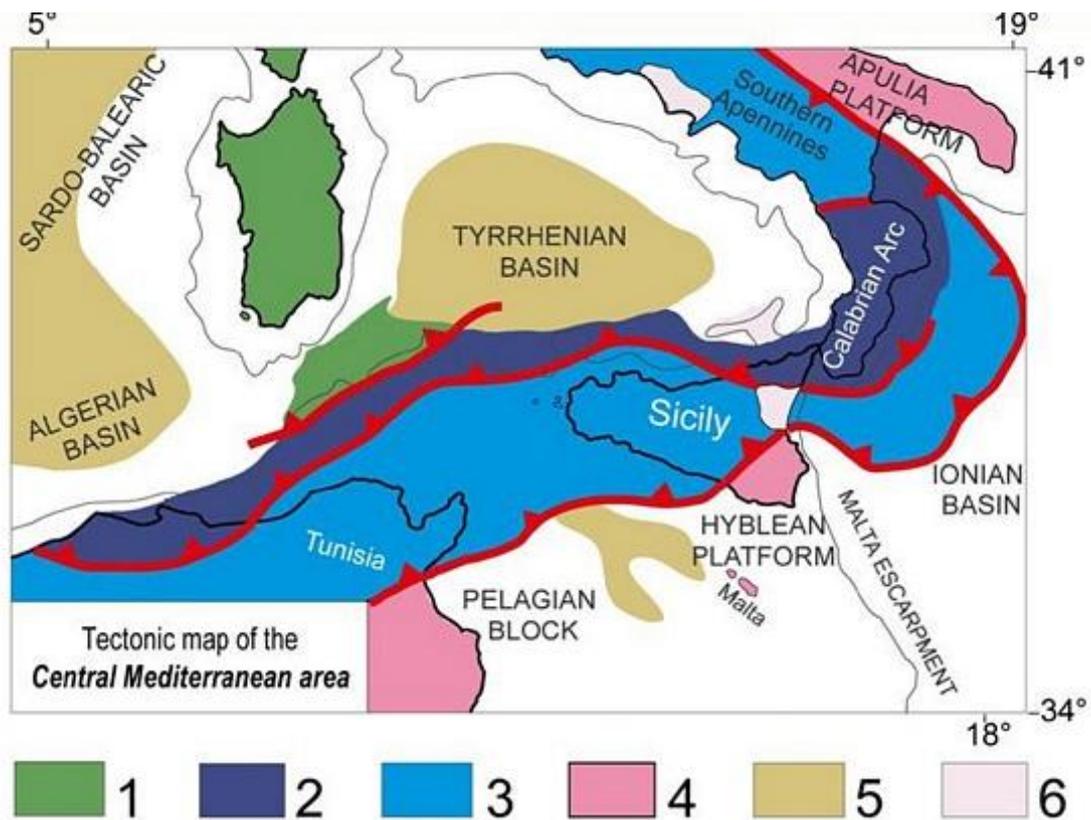


Figura 4- 2: Schema tettonico del Mediterraneo centrale 1) Corsica-Sardegna; 2) Arco Kabilo-Peloritano-Calabro; 3) Unità Appenninico-Maghrebidi e dell'avampaese deformato; 4) avampaese ed avampaese poco deformato; 5) aree in estensione; 6) vulcaniti plio-quadernarie

Inoltre, il territorio siciliano presenta una conformazione strettamente legata ai differenti processi geodinamici e morfo-evolutivi che si sono verificati nell'area durante il Quaternario, quali l'attività vulcano-tettonica, le variazioni del livello marino e l'attività antropica.

Lo stato attuale delle conoscenze geologiche sulla Sicilia consente di formulare un modello schematico, applicabile anche a situazioni estremamente locali, in cui sono essenzialmente riconoscibili:

- la Catena Appenninica Siciliana: affiorante nella zona costiera settentrionale che

rappresenta un importante settore dell'Orogene-Neogenico Appenninico-Maghrebide, a sua volta costituita da diverse unità stratigrafico-strutturali carbonatiche, silicomarnose e terrigene, derivanti dalla deformazione di domini paleogeografici diversi ed appilate le une sulle altre con vergenza meridionale;

- la Catena Alpina Kabilo-Calabride: affiorante nell'estremo nord-est siciliano, rappresentata dalla porzione siciliana dell'Arco Calabro-Peloritano e costituita da diverse unità stratigrafico-strutturali sovrapposte in cui si ha un basamento metamorfico di vario grado con coperture sedimentarie meso-cenozoiche;
- l'Avanfossa Gela-Catania: localizzata in affioramento nella Sicilia Centrale (Bacino di Caltanissetta) e più ad ovest (Bacino di Castelvetro) riempita da apporti terrigeni derivanti dalla catena in sollevamento sita a nord, oltre che da depositi evaporitici legati alla crisi di salinità che ha interessato il Mediterraneo del Messiniano, da sedimenti di mare profondo pliocenici e da depositi terrigeni regressivi pliocenico-quadernari;
- l'Avampaese Ibleo: regione "stabile" rispetto alle precedenti, nel senso che non è interessato da alcuna deformazione e verso la quale si muovono i vari corpi rocciosi costituenti la catena. Esso è costituito da un'area tabulare carbonatica più o meno fagliata con faglie sub-verticali e sovente con notevoli rigetti (Piattaforma Ibleo-Ragusana), localizzato in affioramento nella parte sudorientale dell'isola.

Nella sua complessità, il paesaggio fisico della Sicilia risulta essere, quindi, il risultato di una complessa interazione di diversi fattori geologici, tettonici, geomorfologici e climatici; tali condizioni hanno interessato l'area in esame in maniera differente in un arco di tempo esteso dal Quaternario al Paleozoico superiore e che si inquadrano nell'evoluzione geodinamica dell'intera area mediterranea.

L'evoluzione del rilievo siciliano ha avuto inizio con le prime emersioni, avvenute nel Miocene superiore per effetto della tettonica compressiva.

Si avevano allora dorsali insulari allungate, separate da mari generalmente poco profondi nei quali continuavano a depositarsi sedimenti terrigeni ed evaporitici (Messiniano).

Di questo primitivo paesaggio quasi nulla rimane attualmente, dal momento che esso è stato profondamente modificato da deformazioni tettoniche e rimodellato da fenomeni erosivi e deposizionali di diverso tipo.

La tettonica compressiva che ha prodotto un intenso corrugamento e l'emersione dell'area, ha manifestato la sua massima attività nel Pliocene inferiore-medio.

In conseguenza di tali deformazioni si venivano a formare rilievi di discreta entità, i quali tuttavia venivano progressivamente degradati dai processi erosivi.

In tali condizioni si veniva a creare un paesaggio dalle forme più dolci di quelle attuali e dai dislivelli sensibilmente meno accentuati, i cui resti si possono scorgere alla sommità dei rilievi carbonatici, dove lembi più o meno estesi di superfici arrotondate contrastano con i ripidi pendii sottostanti. La frammentazione e la dislocazione a quote diverse del paesaggio attuale sono state conseguenze poi della tettonica distensiva e del sollevamento a questa associato, che ha raggiunto valori di oltre 1000 m.

Il brusco incremento del sollevamento che si è manifestato alla fine del Pliocene inf., interessando anche le porzioni più meridionali dell'isola, ha prodotto ovunque incrementi del rilievo fino a diverse centinaia di metri e rapidi approfondimenti dei sistemi idrografici.

Una conseguenza diretta di questo incremento connesso al sollevamento regionale è stata l'attivazione di deformazioni gravitative profonde e di enormi movimenti franosi.

Per effetto della più recente fase pleistocenica di sollevamento si sono verificati innalzamenti anche oltre il centinaio di metri dei depositi marini pleistocenici.

L'area di studio si trova all'interno del dominio strutturale della catena Appenninica siciliana.

La catena montuosa è composta da una serie complessa di unità embricate, localmente spesso più di 15 km, costituita (dall'interno verso l'esterno) da un elemento "Europeo" (Unità Peloritane), un elemento Tetideo (Unità Sicilidi) ed un elemento Africano (Unità Appenninico-Maghrebidi).

Di seguito viene dettagliate le principali caratteristiche della porzione centrale della catena in cui ricade l'area di studio.

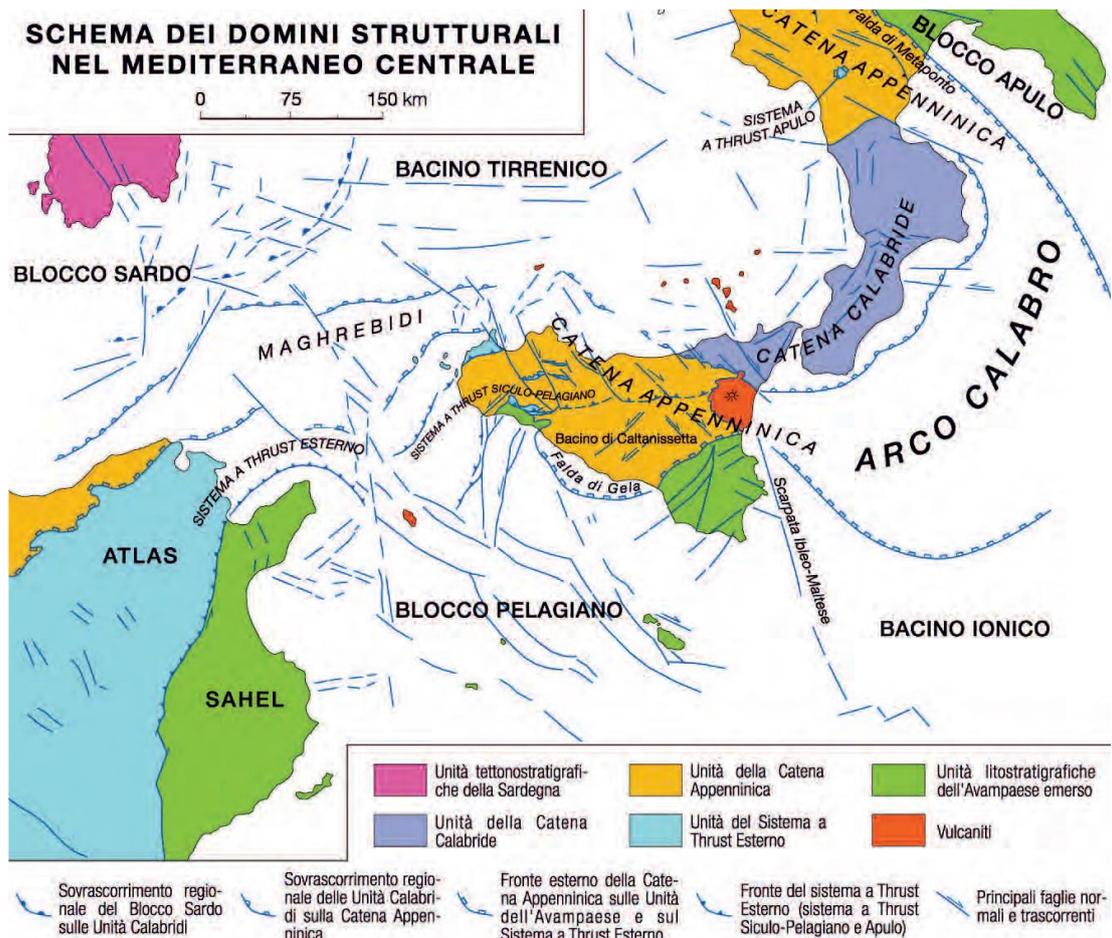


Figura 4- 3: Domini strutturali nel Mediterraneo Centrale (da LENTINI et alii, 1994, modificato).

Per quanto riguarda l'inquadramento geologico di dettaglio, si riporta di seguito quanto verificato in sito durante le indagini del 2005. Il rilevamento geologico di superficie aveva portato al riconoscimento nell'area studiata di tre unità litostratigrafiche:

A) FLYSCH NUMIDICO:

Tale intervallo è costituito da argille ed argilliti talvolta siltose, dal colore variabile dal grigio-bruno al tabacco, con evidente frattura scagliosa, sottilmente stratificate ed intensamente piegate con intercalazioni in strati e/o banchi di quarzareniti e/o quarzosiltiti, granulometricamente omogenee, a grana fine di colore variabile dal grigio-ruggine al giallo bruno. I livelli arenacei di tali litofacies sono quasi esclusivamente costituiti da granuli arrotondati di quarzo, tenuti insieme da un cemento siliceo.

La granulometria è variabile da fine a grossolana (quest'ultima classe più comune), specie alla base di tali corpi, ove tali banchi presentano una superficie convessa verso il basso, di natura prettamente erosiva, marcata da sciami di ciottoli quarzosi; il colore nelle superfici alterate, varia dal giallo-bruno al rossastro.

L'età di tale intervallo è ascrivibile all'Oligocene sup.-Miocene inf.

B) FORMAZIONE DI TERRAVECCHIA:

Tale intervallo è costituito da argille, argille sabbiose, marne argillose e marne di colore grigio, grigio-verdastro ed azzurrognolo, sottilmente stratificate e laminate ma con evidenti fenomeni di piegamento, in pacchi centimetrici. Tali depositi presentano una giacitura lenticolare in banchi con potenza anche superiore ai 30 metri, raramente gradati e più frequentemente amalgamati, talvolta presentano ben evidenti superfici di stratificazione marcate da intercalazioni sabbiose.

A varie altezze stratigrafiche, si rilevano inoltre intercalazioni di lenti di sabbia e/o arenarie di colore giallastro, con grana da media a grossa, gradate e con evidente laminazione parallela ed incrociata.

Tale intervallo ha un'età ascrivibile tra il Tortoniano sup. ed il Messiniano.

C) TRUBI:

Tale intervallo è costituito da marne e calcari marnosi biancastri a globigerine, con intercalazioni di calcareniti ri-sedimentate passanti a calcareniti grigiastre-giallastre ad evidente stratificazione incrociata alternate con arenarie e conglomerati.

Tale intervallo ha un'età ascrivibile al Pliocene medio-inferiore.

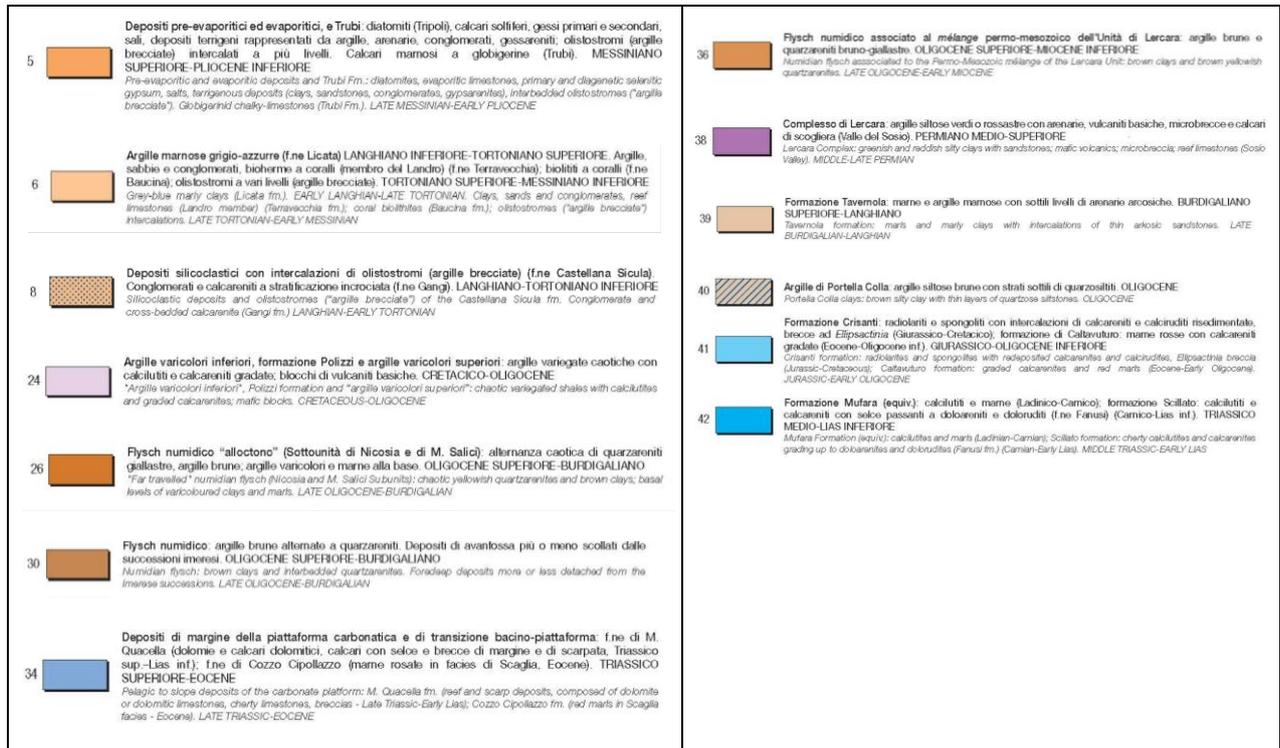
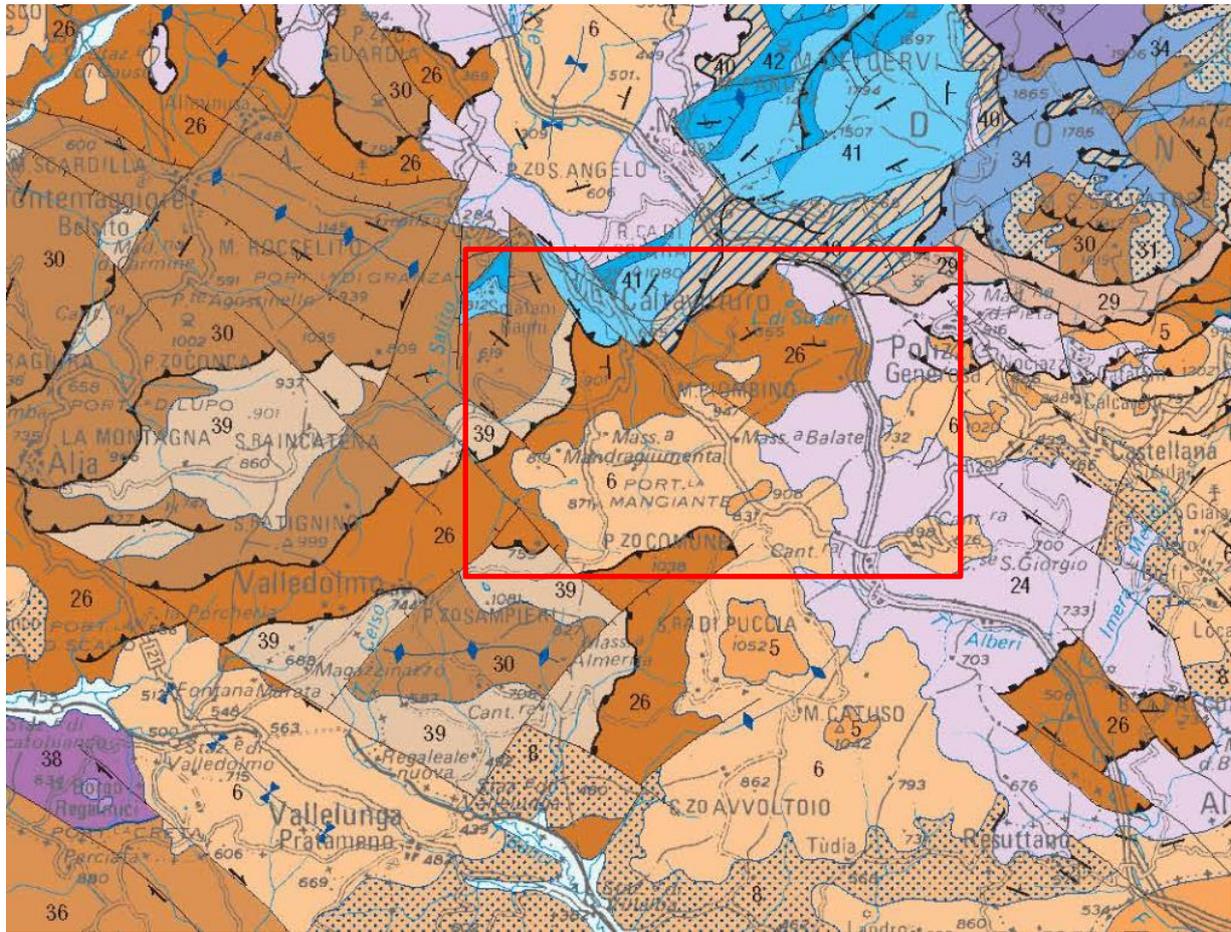


Figura 4- 4: Estratto della carta geologica della Sicilia Saccala 1:250.000

4.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto morfologico dell'area osservata su vasta scala ricade all'interno di un contesto caratterizzato dalla diversa resistenza alla degradazione e al disfacimento, ovvero all'erosione selettiva dei diversi tipi litologici affioranti.

Tali diversità litologiche insieme alla variabilità delle caratteristiche strutturali e giaciture, comportano una certa variabilità delle forme epigee in relazione alla diversa resistenza offerta agli attacchi da parte degli agenti esogeni.

L'efficacia morfogenetica degli stessi, infatti, dipende dalla natura litologica dei terreni affioranti, dalle caratteristiche climatiche e dalla presenza più o meno diffusa della vegetazione.

Il paesaggio si presenta disarticolato e contraddistinto -nei tratti essenziali- da aree a diversa acclività legata agli eventi tettonici a carattere regionale che intensamente hanno segnato e condizionato tutto il settore.

L'azione degli stress tettonici subiti, pertanto, si è resa manifesta sulle condizioni morfologiche generali, condizionando di fatto le caratteristiche strutturali e giaciture dei litotipi.

Se il motore che ha disegnato il paesaggio è da ricercarsi nelle vicende tettoniche regionali, legate a forze endogene, tuttavia, non indifferente appare il rimodellamento secondario ad opera degli agenti atmosferici, i quali hanno rivelato maggiore efficacia laddove prevalgono le facies argillose, con notevoli incisioni pluviali e con pendii piuttosto acclivi.

In corrispondenza delle incisioni più o meno profonde, dove si ha una prevalenza dei litotipi argilloso-sabbiosi, l'ambiente appare articolato e l'erosione più intensa ed efficace; le stesse svolgono la funzione di raccolta delle acque meteoriche, che precipitando dilavano la parte superficiale del terreno con conseguente erosione superficiale e successivo modellamento.

In esse sono evidenti intensi fenomeni erosivi incanalati e di sponda, scarpate strutturali legate alle strutture tettoniche quali sovrascorrimenti e faglie dirette, limitate plaghe di erosione diffusa per la scarsa copertura vegetale e fenomeni di tipo "colate" o smottamenti. Infatti, l'erosione e il trasporto - altrimenti detti azioni elementari- continuamente modellano la superficie terrestre, modificandone l'aspetto originario e provocando un'azione prevalentemente di erosione per dilavamento superficiale.

Il primo risultato dell'azione legata alla degradazione meteorica del versante è la formazione di una coltre di alterazione che varia per spessore, composizione e colore in relazione ai litotipi affioranti (roccia madre) ed alle condizioni climatiche.

Considerando nel dettaglio la geomorfologia del sito, nell'area oggetto di studio affiorano terreni in facies prevalentemente argilloso-sabbiosa-arenitica. Il modellamento del rilievo, avvenuto ad opera degli agenti esogeni in tempi recenti è tuttora in atto, e sembra essere la causa principale che ha determinato l'attuale morfologia osservabile.

Il settore in esame si presenta, inoltre, disarticolato, con pendii caratterizzati da notevole variabilità dell'acclività. Tuttavia le WTG in oggetto al presente studio non risultano ubicate all'interno di perimetrazione di pericolo da frana, come osservabile al seguente paragrafo 5, in quanto i fenomeni di dissesto interessano per lo più i depositi sciolti superficiali.

4.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nell'insieme l'area in cui rientra la zona in studio è caratterizzata da una rete idrografica con andamento sub-dendritico ben sviluppata, costituita da un certo numero di valloni torrentizi, dei quali i più importanti risultano essere il Vallone Ginestra a Nord, il Vallone Vigne del Medico a Sud; tale rete si sviluppa variamente articolata e ramificata, nell'ampio settore settentrionale e meridionale dell'area in esame.

La presenza di una rete d'impluvi molto ramificata e con incisioni più o meno profonde, è chiaramente da mettere in relazione con il grado di permeabilità ed erodibilità dei litotipi affioranti.

Le aree vallive sono interessate da una fitta rete di incisioni fluviali, poco profonde, che si allungano verso monte ramificandosi e moltiplicandosi. Dal rilevamento di campagna, si sono evidenziate numerose strutture calanchive, incise sui terreni argillosi e lungo le anse dei corsi d'acqua, morfo-strutture legate alla facile erodibilità delle acque meteoriche.

La capacità erosiva delle acque di scorrimento è molto incisiva, soprattutto per quel che riguarda i litotipi argillosi-marnosi ed è prevalente sulla fase di sedimentazione. Questo sistema di circolazione naturale consente un rapido drenaggio delle acque di ruscellamento, che solo in modeste quantità si infiltrano nel sottosuolo.

La rete drenante, nel complesso, è in una fase giovanile con aste fluviali caratterizzate da bruschi salti di pendenza e da impluvi stretti e profondi.

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico dell'area e di quella di un ampio intorno, lo stesso è da mettere in correlazione con il comportamento dei litotipi affioranti nei riguardi della circolazione idrica sotterranea e superficiale.

Dal punto di vista idrogeologico, i litotipi presenti nell'area studiata e nei dintorni possono essere suddivisi in due classi principali: terreni a medio-alta permeabilità, e terreni a medio-bassa permeabilità.

I terreni a permeabilità medio-alta, a loro volta, possono distinguersi in permeabili per fratturazione e per porosità.

A) TERRENI A PERMEABILITA' MEDIO-ALTA:

Per fratturazione

Fanno parte di questa classe le arenarie e le arenarie quarzose del Flysch Numidico e della Formazione Terravecchia, i calcari marnosi e le calcareniti dei Trubi. Si tratta di un intervallo roccioso che nel complesso si presenta molto fratturato e sconnesso; tale complesso articolato di fratture consente l'infiltrazione delle acque meteoriche e la successiva circolazione sotterranea.

Per porosità

Si possono includere in questa classe le sabbie, sabbie limose e i conglomerati del Flysch Numidico e della Formazione Terravecchia; si tratta di depositi eterogenei, con una percentuale ruditica elevata. Il loro grado di permeabilità è variabile in funzione della granulometria e del loro grado di cementazione, in genere molto basso e/o nullo.

La loro porosità è tale da consentire alle acque di precipitazione meteorica una modesta infiltrazione e la possibilità di una circolazione idrica superficiale.

B) TERRENI A PERMEABILITA' MEDIO-BASSA

Essi sono rappresentati dalle Argille, argille sabbiose, marne ed argilliti del Flysch Numidico e della Formazione Terravecchia.

Nel dettaglio è possibile all'interno delle stesse, fare un'ulteriore distinzione tra la coltre superficiale che per 1-1,5 m contiene argille sabbiose molto alterate, contenenti frammenti eterometrici ed eterogenei a spigoli vivi, che possiede un grado di permeabilità medio variabile in funzione della granulometria e i livelli con argille, marne ed argilliti, che si presentano compatte ed omogenee, con permeabilità molto bassa se non addirittura impermeabili.

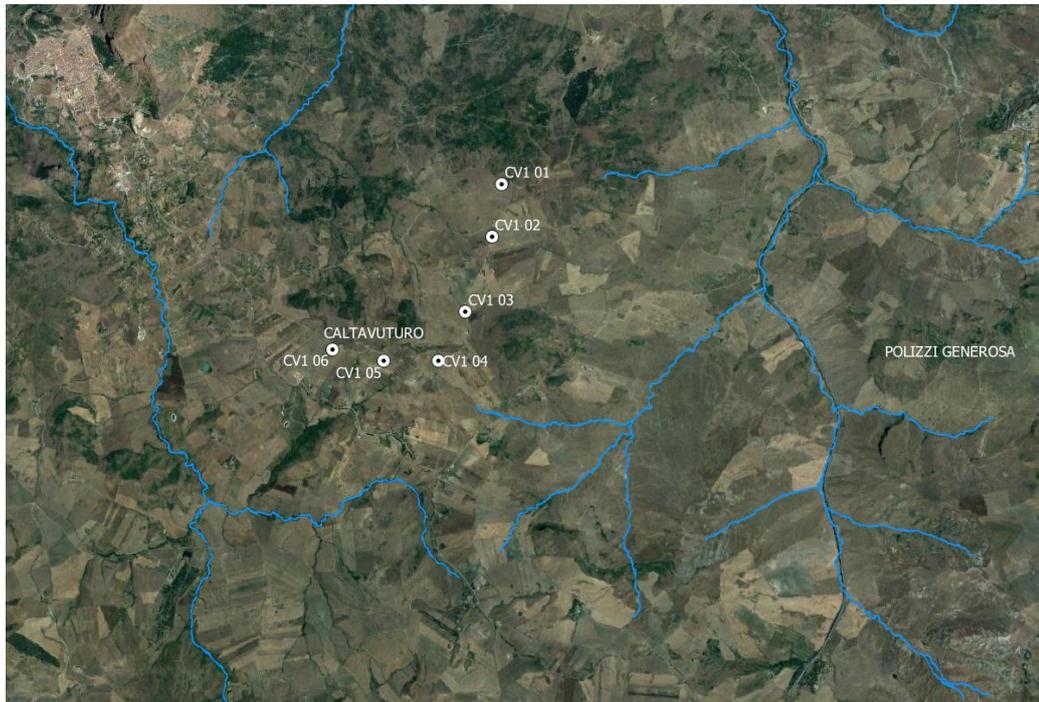


Figura 4- 5: Reticolo idrologico Elementi idrici (linee blu) e bacini idrografici (linee azzurre)

Come visibile dall'estratto cartografico proposto, tutte le turbine in progetto si trovano in area esterna ai corsi d'acqua.

La conformazione delle aste fluviali, al massimo di terzo ordine, mostra un bacino poco evoluto, probabilmente legato alla presenza di terreni argillosi.

5 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Con il Piano per l'Assetto Idrogeologico viene avviata, nella Regione Siciliana, la pianificazione di bacino, intesa come lo strumento fondamentale della politica di assetto territoriale delineata dalla legge 183/89, della quale ne costituisce il primo stralcio tematico e funzionale.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- 1) La funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- 2) La funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- 3) La funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

In base ai dati e cartografie consultabili dal Sistema Informatico Territoriale (S.I.T) della regione Sicilia, le forme di dissesto cartografato non sono coincidenti con le ubicazioni delle WTG da sostituire.

Inoltre, come anche descritto al precedente paragrafo 4.4, essendo gli aerogeneratori in progetto esterni al reticolo idrografico non risultano ubicati all'interno di fasce di rischio alluvione.

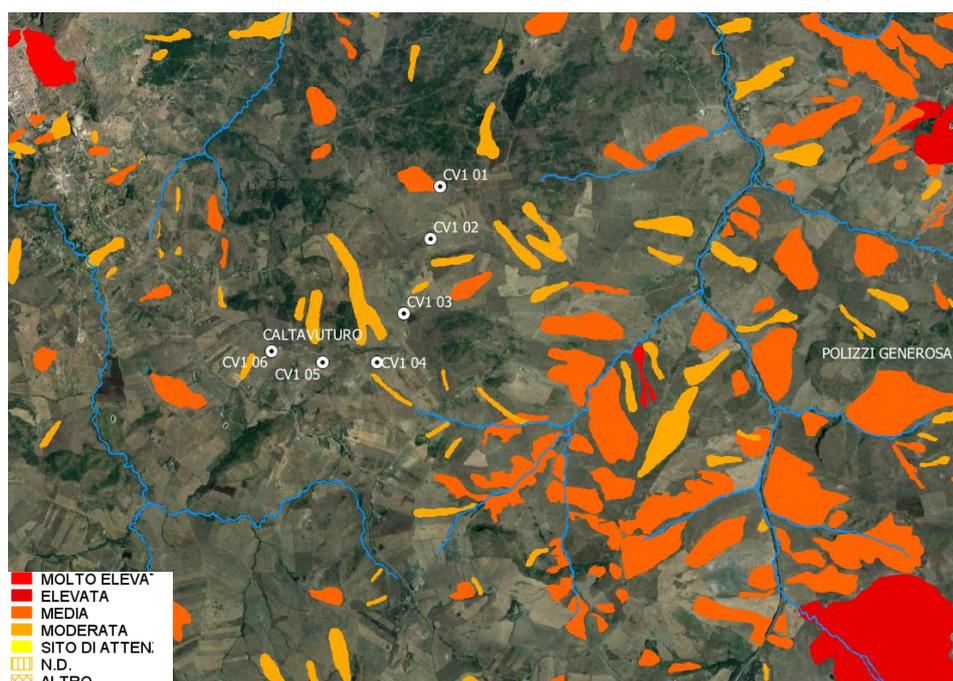
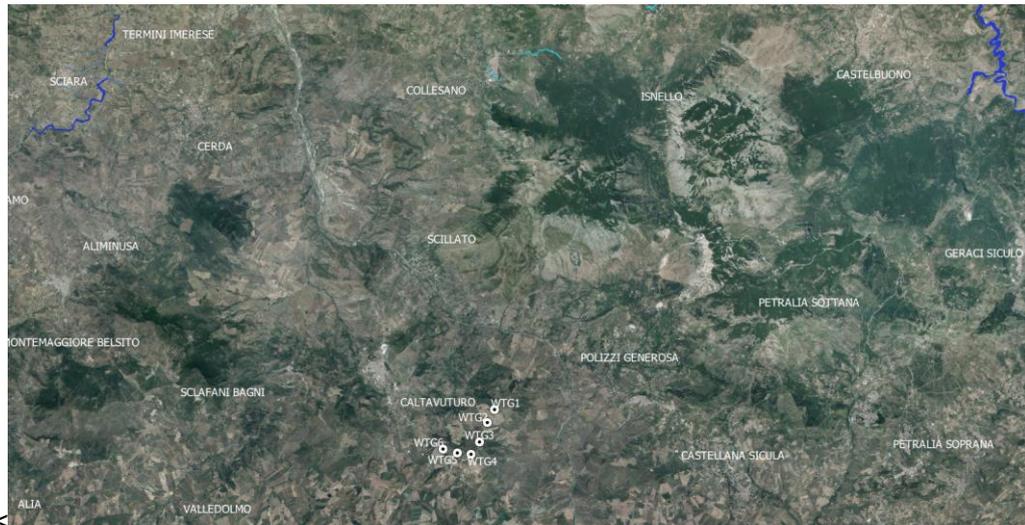


Figura 5- 1: cartografia riportante le perimetrazioni di pericolo da frana e legenda; in azzurro il reticolo idrografico ad indicare impluvi e displuvi dei rilievi



- MOLTO ELEVATA
- ELEVATA
- MEDIA
- MODERATA
- SITO DI ATTEN.
- N.D.
- ALTRO

Figura 5- 2: cartografia riportante le fasce di pericolosità da alluvione e legenda

6 ANALISI SISMICA DEL TERRITORIO

6.1 INTRODUZIONE

Per quanto riguarda gli aspetti sismici la Normativa prende atto della classificazione fornita in prima approssimazione dalla O.P.C.M. N. 3274/03 ed impone l'obbligo della progettazione antisismica per i comuni che ricadono nelle zone 2, 3 e 4 esclusivamente per gli edifici considerati strategici e/o rilevanti di uso pubblico.

In base alla classificazione sismica del territorio nazionale il Comune di Caltavuturo, nel cui territorio ricadono le opere in progetto, è classificato come Categoria 2.

Si segnala anticipatamente che i dati elencati sono stati stimati su base bibliografica, sono come tali validi per una valutazione di progettazione preliminare (come, d'altra parte, tutti i contenuti e le indicazioni della presente relazione).

Per una valutazione propedeutica ad una progettazione esecutiva si ritiene indispensabile l'esecuzione di una serie di prove in sito, utili alla determinazione precisa e reale dei parametri sito specifici) da utilizzare ai fini della progettazione costruttiva.

La tipologia, il numero e l'ubicazione delle prove necessarie saranno oggetto di specifica progettazione da parte del Progettista incaricato.

La normativa di settore, le N.T.C. 2018 suddivide edifici e strutture in 4 categorie al § 2.4.3. Per quanto concerne la valutazione sismica, fa esplicito riferimento a dette classificazioni per quanto riguarda il "livello di valutazione" da adoperare nella assegnazione dei parametri sismici di riferimento.

L'analisi sismica predisposta a livello geotecnico sarà quindi limitata alla così detta "Fase di secondo livello", verrà quindi semplicemente riportata una valutazione numerica dei parametri a_g ed F_0 sulla base del tempo di ritorno T_c relativa ad ogni singolo aerogeneratore.

6.2 INQUADRAMENTO MACROSISMICO

La Sicilia è caratterizzata da una sismicità che si distribuisce lungo fasce sismiche omogenee (zone sismogenetiche), con centri sismici sia all'interno alla regione sia esterni.

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

In basso è riportata la zona sismica per il territorio di Caltavuturo, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sicilia n. 408 del 19.12.2003.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'OPCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, con probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	Numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	ag > 0,25 g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	0,15 < ag ≤ 0,25 g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a rari forti terremoti.	0,05 < ag ≤ 0,15 g	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	ag ≤ 0,05 g	0,05 g	1.982

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

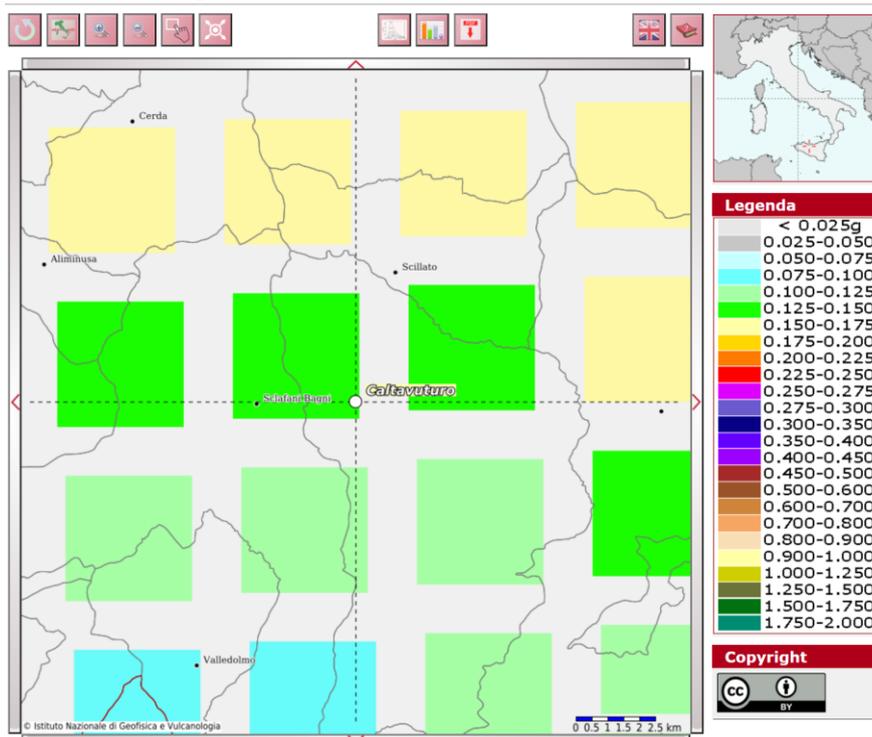


Figura 6- 1: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi (OPCM 3519-06)

I calcoli sismici sono stati eseguiti come da normativa utilizzando il quadrante di riferimento rispetto all'ubicazione del sito che, come osservabile nella figura precedente, indica per il sito valori nel range 0,100-0,150 ag/g

6.3 ZONAZIONE SISMOGENETICA

Da un punto di vista sismogenetico l'area non si trova in vicinanza di fasce sismogenetiche come visibile nell'estratto di mappa proposto di seguito.

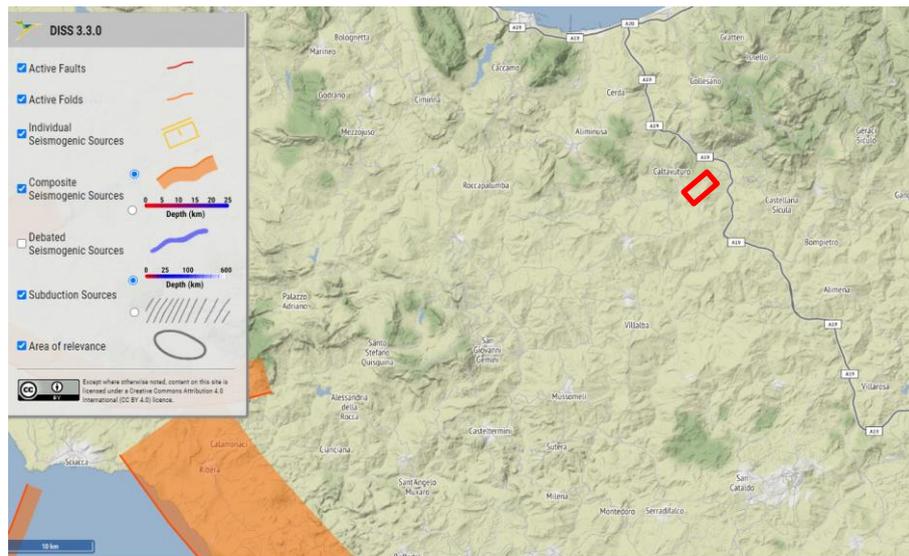


Figura 6- 2: estensione dell'area di studio e della fascia sismogenetica più vicina all'area in studio (il riquadro indica l'ubicazione impianto)

6.4 SISMICITÀ STORICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

Di seguito sono descritti gli eventi principali che dal XVII secolo hanno avuto effetti macrosismici significativi nell'area di studio.

L'area di interesse è stata storicamente interessata da sismi anche di media - forte intensità.

Il database macrosismico, utilizzato nel 2004 per la compilazione del catalogo CPTIO4 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004), permette di visionare la storia sismica delle località italiane presenti almeno tre volte in DBMI04 (5325 località in totale).

Le informazioni contenute nel database hanno consentito una prima individuazione dei "centri sismici" rilevanti per il sito in esame e delle relative potenzialità in termini di intensità epicentrali storicamente documentate.

Dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano 2015 dell'INGV (DBMI15), sono stati individuati i terremoti storici registrati nel territorio di Caltavuturo riportati di seguito.

Caltavuturo



PlaceID IT_66424
 Coordinates (lat, lon) 37.821, 13.891
 Municipality (ISTAT 2015) Caltavuturo
 Province Palermo
 Region Sicilia
 No. of reported earthquakes 19



Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1818	09	08	09	50		Monti Madonie	24	7-8	5.34
6	1819	02	24	23	20		Monti Madonie	24	7-8	5.37
6-7	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
3	1906	04	22	23	12		Monti Madonie ?	24	5	4.18
NF	1907	01	21	03	41		Tirreno meridionale	32	5	4.14
5	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
4	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
6	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
3	1977	06	05	13	59		Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
NF	1991	01	07	11	42	5	Monti Madonie	26	4-5	3.79
3	1993	06	26	17	47	5	Monti Madonie ?	47	6-7	4.92
4	1994	05	06	19	09	4	Sicilia centrale	68	5	4.36
NF	1995	04	11	12	06	5	Sicilia centrale	43	3-4	4.03
5	1996	12	14	00	18	4	Monti Madonie	45	5	4.27
4-5	2001	11	25	19	34	1	Monti Madonie	25	4-5	4.69
5-6	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005	11	03	09	19	0	Costa siciliana settentrionale	61	4-5	3.30
3	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56

Closest localities (within 10km) with reported macroseismic observations

Place name	EQs	Distance (km)
Sclafani Bagni	13	3
Scillato	13	4
Polizzi Generosa	28	10

Figura 6- 3: grafico rappresentante i principali sismi avvenuti in passato nell'area di Caltavuturo

6.5 SISMICITÀ DELL'AREA E MICROZONAZIONE SISMICA

Di seguito viene fornito un inquadramento generale sulla classificazione sismica dell'area in esame nel rispetto delle disposizioni delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del Decreto Ministeriale del 17/01/2018.

Secondo la normativa vigente la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore $V_{s,eq}$ definito dalla seguente equazione:

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

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

Le verifiche strutturali nei diversi stati limiti vanno condotte adottando le azioni sismiche che sono funzione della "pericolosità sismica" dell'area in esame. La "pericolosità sismica" è definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con piano campagna orizzontale.

Le azioni di progetto dovute al sisma si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali definite in funzione dei parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori di tali parametri sono riportati nella tabella esposta nell'Allegato A del decreto, grazie alla quale i parametri dell'area in esame vengono ottenuti per interpolazione lineare tra quattro punti di una griglia di punti prefissati sul territorio

Utilizzando il software dedicato si ricavano gli spettri di risposta elastica delle componenti orizzontali di moto, per i diversi periodi di ritorno considerati dal D.M.

La microzonazione sismica ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente piccola (scala comunale o sub comunale) le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (risposta sismica locale) o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

In sostanza lo studio di microzonazione restituisce una mappa del territorio nella quale sono indicate:

- le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di terreno rigido (suolo A della norma nazionale) e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e geomorfologiche del territorio.
- le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanenti del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, assestamenti, liquefazioni, fagliazione superficiale).

6.6 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Le verifiche sugli effetti di amplificazione topografica si basano puramente su criteri di tipo morfometrico/morfologico; per le sezioni e le misurazioni si è fatto riferimento alla cartografia disponibile.

Categoria topografica	Ubicazione opera	St
T1 (sup. pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $\leq 15^\circ$)	-	1.0
T2 (pendii con inclinazione media $> 15^\circ$)	Sommità del pendio	1.2
T3 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra $15-30^\circ$)	Cresta del rilievo	1.2
T4 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $> 30^\circ$)	Cresta del rilievo	1.4

Tabella 6-1: Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica (tabella 3.2.IV della N.T.C.):

6.7 CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, ai fini della definizione della azione sismica di progetto, definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni, i valori da utilizzare per Vs, NSPT e Cu sono valori medi):

Dai dati disponibili, derivati da indagini eseguite nelle immediate vicinanze, la categoria sismica del terreno ipotizzata è B, definita come segue:

"Categoria 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".

6.8 ANALISI SISMICA

In seguito delle evidenze riportate precedentemente è possibile procedere alla valutazione dei parametri sito-specifici da applicare in analisi sismica; il calcolo va effettuato su base normativa e sarà finalizzato a fornire al Progettista informazioni il più complete possibile sui parametri sismici da applicare in sede di progetto.

La categoria sismica di appartenenza dei terreni di fondazione è definita di tipo "B" sulla base della stratigrafia presunta e di quanto reperito in Bibliografia, sia come confronto con le prove sopra citate.

Qui di seguito si allegano i tabulati relativi al calcolo dei vari parametri eseguiti con software specifico.

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: IV

Coefficiente d'uso (Cu): 2

Periodo di riferimento (Vr): 100 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 60 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 101 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 949 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 1950 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 37.8113899 [°]

Longitudine (WGS84): 13.9332180 [°]

Latitudine (ED50): 37.8124504 [°]

Longitudine (ED50): 13.9340601 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	46516	37.834100	13.932610	2410.61
2	46517	37.833820	13.995760	5917.34
3	46739	37.783820	13.995350	6255.81
4	46738	37.784090	13.932310	3157.36

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0.057	2.392	0.276
SLD	101	0.073	2.393	0.289
SLV	949	0.173	2.487	0.326
SLC	1950	0.219	2.535	0.334

6.9 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

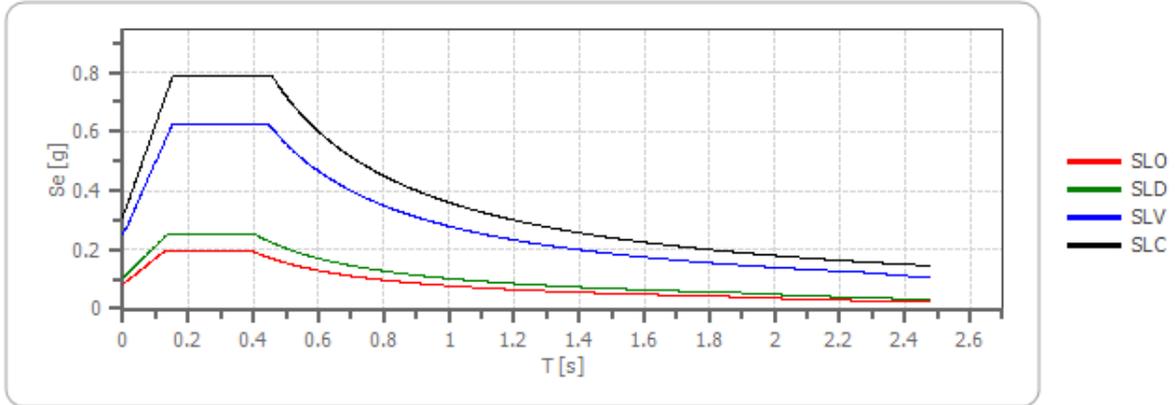
T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.017	0.021	0.060	0.087
kv	0.008	0.010	0.030	0.044
amax [m/s ²]	0.811	1.026	2.447	3.047
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	FO [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.057	2.392	0.276	1.200	1.420	1.200	1.440	1.000	0.131	0.392	1.830	0.083	0.198
SLD	2.0	0.073	2.393	0.289	1.200	1.410	1.200	1.440	1.000	0.136	0.408	1.891	0.105	0.250
SLV	2.0	0.173	2.487	0.326	1.200	1.380	1.200	1.440	1.000	0.150	0.450	2.293	0.250	0.621
SLC	2.0	0.219	2.535	0.334	1.180	1.370	1.200	1.416	1.000	0.152	0.457	2.478	0.311	0.788

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

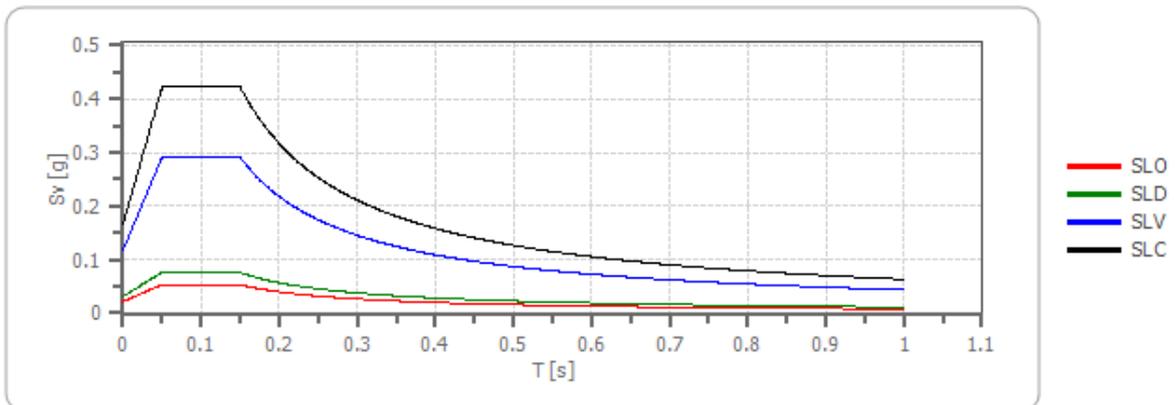
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$:

1.000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



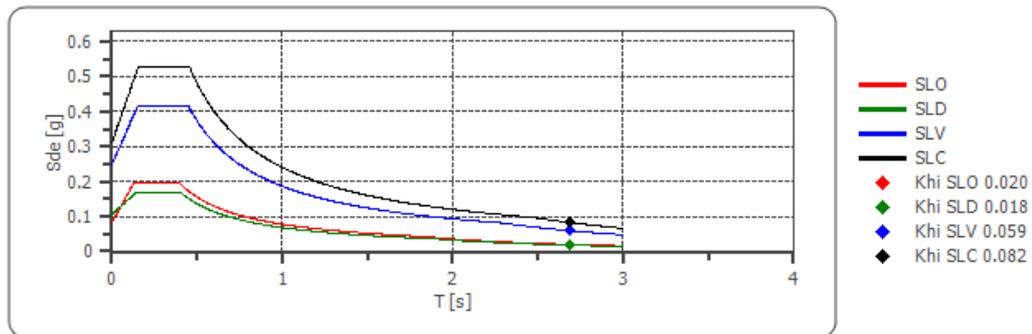
	cu	ag [g]	FO [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.057	2.392	0.276	1	1.420	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.022	0.053
SLD	2.0	0.073	2.393	0.289	1	1.410	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.032	0.076
SLV	2.0	0.173	2.487	0.326	1	1.380	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.117	0.291
SLC	2.0	0.219	2.535	0.334	1	1.370	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.167	0.422

Spettro di progetto

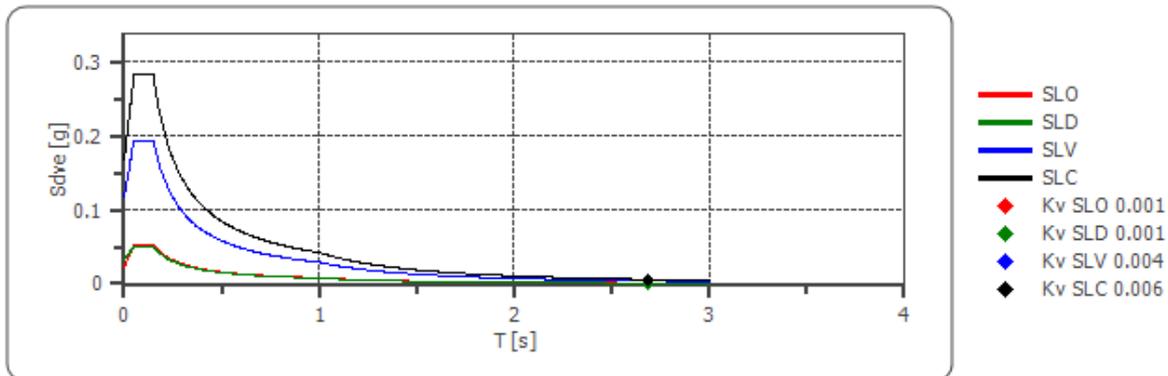
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50
 Periodo fondamentale T: 2.69 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.020	0.018	0.059	0.082
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.001	0.001	0.004	0.006

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2.0	0.057	2.392	0.276	1.200	1.420	1.200	1.440	1.000	0.131	0.392	1.830	0.083	0.198
SLO verticale	2.0	0.057	2.392	0.276	1.200	1.420	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.022	0.053
SLD orizzontale	2.0	0.073	2.393	0.289	1.200	1.410	1.200	1.440	1.500	0.136	0.408	1.891	0.105	0.167



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.09458.49.001.01

PAGE

29 di/of 47

e														
SLD vertic ale	2.0	0.073	2.393	0.289	1.200	1.410	1.200	1.200	1.500	0.050	0.150	1.000	0.032	0.051
SLV orizz ontal e	2.0	0.173	2.487	0.326	1.200	1.380	1.200	1.440	1.500	0.150	0.450	2.293	0.250	0.414
SLV vertic ale	2.0	0.173	2.487	0.326	1.200	1.380	1.200	1.200	1.500	0.050	0.150	1.000	0.117	0.194
SLC orizz ontal e	2.0	0.219	2.535	0.334	1.180	1.370	1.200	1.416	1.500	0.152	0.457	2.478	0.311	0.525
SLC vertic ale	2.0	0.219	2.535	0.334	1.180	1.370	1.200	1.200	1.500	0.050	0.150	1.000	0.167	0.281

7 INQUADRAMENTO GEOTECNICO ED ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE

Per l'inquadramento stratigrafico e geotecnico ci si è basati sulla documentazione disponibile, ovvero le relazioni geologiche e geotecniche allegata al progetto originale.

La campagna del 2005 aveva previsto una perforazione in coincidenza di ogni aerogeneratore e buona parte delle nuove WTG risultano adiacenti od in prossimità di queste indagini.

Di conseguenza come primo approccio le condizioni geologico tecniche di ogni WTG in progetto sono state desunte tramite la rielaborazione dei dati ottenuti dalle citati indagini pregresse.

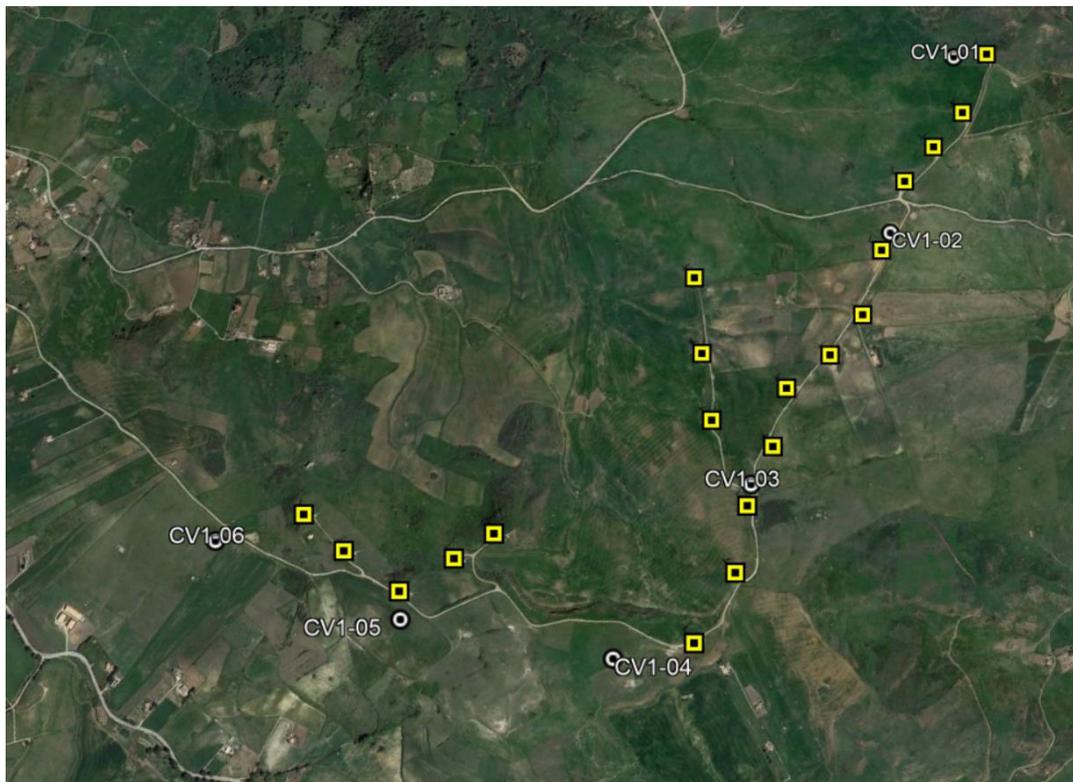


Figura 7- 1: Aereogeneratori esistenti (fondo giallo) ed in progetto (fondo bianco)

L'indagine era consistita nell'esecuzione di:

- 28 sondaggi meccanici a carotaggio continuo;
- 113 prove S.P.T. (Standard Penetration Test)
- Prelievo di n. 40 campioni indisturbati.



Figura 7- 2: Ubicazione indagini eseguite per campo eolico esistente

Avendo a disposizione i dati di questa campagna, sono stati analizzati i dati dei carotaggi eseguiti in prossimità delle WTG in progetto.

AEROGENERATORE 1

Questo Aerogeneratore è esterno all'area indagata in precedenza.

Per l'inquadramento si è utilizzato il Sondaggio n°5, condotto nelle vicinanze dell'area.

SEZIONE STRATIGRAFICA AEROGENERATORE WTG 5

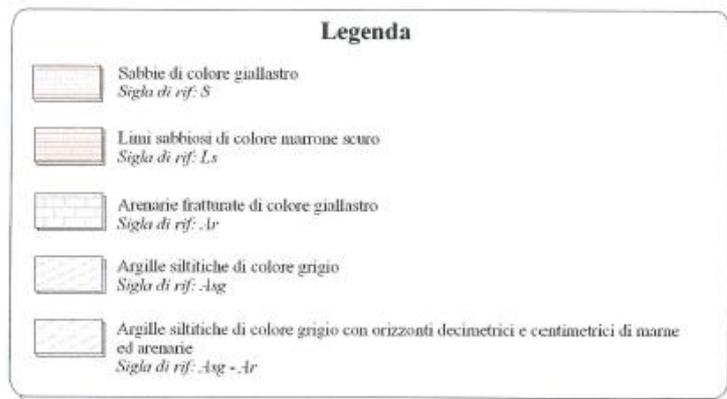
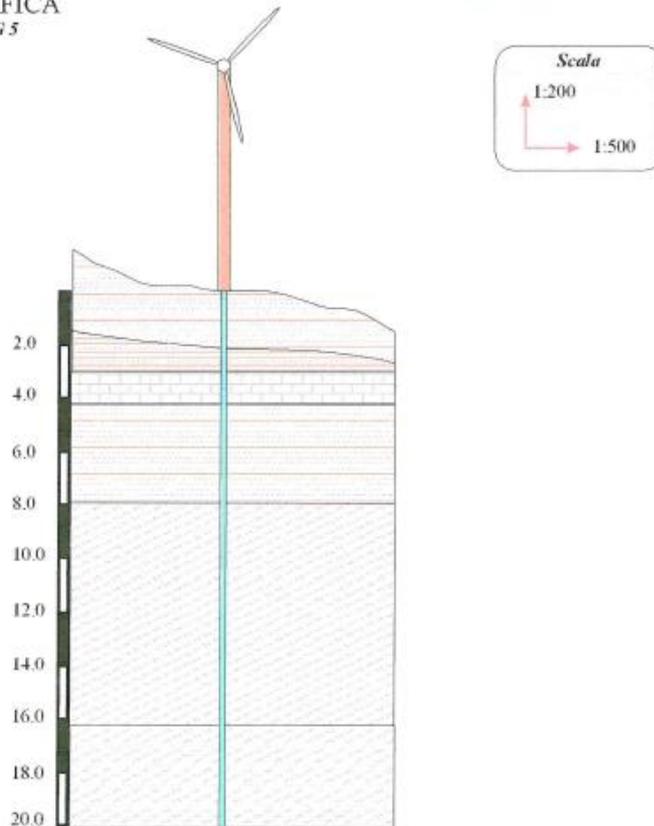


Figura 7- 3: Colonna stratigrafica sondaggio 5, prossimo ad area WTG 1

Durante la perforazione sono state condotte prove SPT.

Di seguito i risultati ottenuti:

Sondaggio	prof. (m)	n° colpi			N° SPT
5	1.5	3	5	5	10
	3	50			R
	4.5	16	21	23	44
	6	8	6	6	12
	7.5	5	6	8	14
	9	21	26	30	56

I dati sono stati rielaborati al fine di ricavare dalle prove SPT i parametri geotecnici. Si sottolinea che le prove andate a rifiuto sono state comunque elaborate, dando un valore di SPT pari a 50.

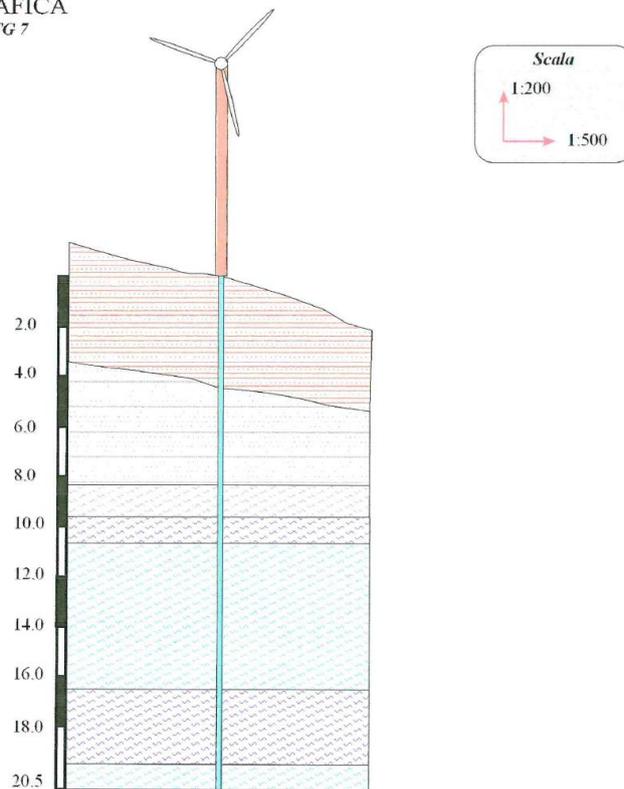
Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Peso Unità di Volume	Peso Unità di Volume (KN/m³)	Angolo d'attrito (KN/m³)	Coesione non drenata Kpa
1	2	10	Incoerente	14.49	18.83	28.8	0
2	3.5	50	Incoerente	18.17	21.1	37.2	0
3	5	44	Incoerente	17.78	20.86	37.16	0
4	6.5	12	Incoerente	14.73	18.98	29.68	0
5	8	14	Incoerente	14.97	19.13	30.5	0
6	9.5	56	Coesivo	24.52	24.52	0	370.69

Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocità onde di taglio (m/sec)	Densità relativa (%)
1	2	10	Incoerente	4.71	0	0.33	55.52	101.39	71.25
2	3.5	50	Incoerente	12.77	31.87	0.25	252.04	163.04	100
3	5	44	Incoerente	11.56	28.93	0.27	223.5	173.67	100
4	6.5	12	Incoerente	5.11	13.24	0.33	65.9	147.13	55.8
5	8	14	Incoerente	5.51	14.22	0.33	76.17	158.08	55.95
6	9.5	56	Coesivo	56.19	54.92	0	0	208.39	--

AEROGENERATORE 2

Per l'Aerogeneratore in progetto n°2, sono state considerate le stratigrafie degli aerogeneratori esistenti 7

SEZIONE STRATIGRAFICA
AEROGENERATORE WTG 7



Legenda

-  Limi argillosi sabbiosi di colore bruno giallastro
Sigla di rif: Las
-  Sabbie di colore grigio con orizzonti di arenarie
Sigla di rif: S - Ar
-  Argille siltitiche di colore grigio
Sigla di rif: Asg
-  Argille siltitiche di colore rosso vinaccio
Sigla di rif: Asr
-  Argille siltitiche di colore grigio azzurro
Sigla di rif: Asg

Figura 7- 4: Colonna stratigrafica sondaggio 7, prossimo ad area WTG 2

Durante la perforazione sono state condotte prove SPT.

Di seguito i risultati ottenuti:

Sondaggio	prof. (m)	n° colpi			N° SPT
7	1.5	4	6	9	15
	3	4	7	8	15
	4.5	6	8	11	19
	6	23	23	32	55
	7.5	26	39	40	79
	9	15	16	23	39

Risultati prove SPT

I dati sono stati rielaborati al fine di ricavare dalle prove SPT i parametri geotecnici. Si sottolinea che le prove andate a rifiuto sono state comunque elaborate, dando un valore di SPT pari a 50.

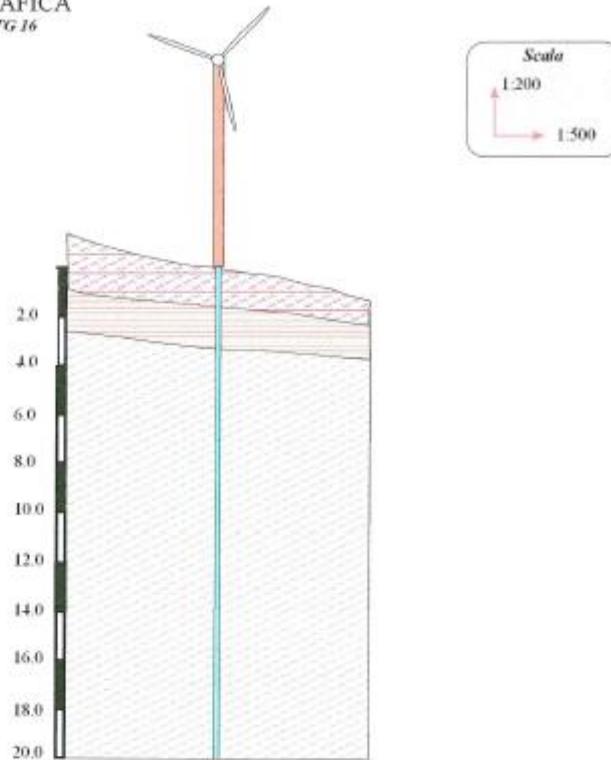
Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Peso Unita' di Volume	Peso Unita' di Volume (KN/m ³)	Angolo d'attrito (KN/m ³)	Coesione non drenata Kpa
1	2	15	Coesivo	20.3	22.36	0	99.34
2	3.5	15	Coesivo	20.3	22.36	0	99.34
3	5	19	Incoerente	15.54	19.48	32.36	0
4	6.5	55	Incoerente	18.45	21.27	36.9	0
5	8	79	Incoerente	19.24	21.75	31.28	0
6	9.5	39	Coesivo	24.22	24.52	0	258.11

Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/sec)	Densita' relativa (%)
1	2	15	Coesivo	15.18	14.71	0	0	108.76	--
2	3.5	15	Coesivo	15.18	14.71	0	0	132.38	--
3	5	19	Incoerente	6.52	16.67	0.32	101.5	150.19	73.24
4	6.5	55	Incoerente	13.77	34.32	0.24	275.66	191.46	100
5	8	79	Incoerente	18.61	46.09	0.19	387.44	213.24	100
6	9.5	39	Coesivo	39.18	38.25	0	0	195.75	--

AEROGENERATORE 3

Per l'Aerogeneratore in progetto n°3, è stata considerata la stratigrafia dell'Aerogeneratore esistente n°16.

SEZIONE STRATIGRAFICA AEROGENERATORE WTG 16



Legenda

-  Limi argillosi di colore marrone
Sigla di rif: Lss
-  Limi argillosi debolmente sabbiosi di colore bruno giallastro
Sigla di rif: Lss
-  Argille siltiche di colore grigio con elementi litici prevalentemente arenacei
Sigla di rif: Arg

Figura 7- 5: Colonna stratigrafica sondaggio 16, prossimo ad area WTG 3

Durante la perforazione sono state condotte prove SPT.

Di seguito i risultati ottenuti:

Sondaggio	Prof. (m)	N° colpi			N°SPT
16	1.65	8	9	9	18
	3.15	12	14	22	36
	4.65	10	12	18	30

Risultati prove SPT presso area nuova WTG 3

I dati sono stati rielaborati al fine di ricavare dalle prove SPT i parametri geotecnici. Si sottolinea che le prove andate a rifiuto sono state comunque elaborate, dando un valore di SPT pari a 50.

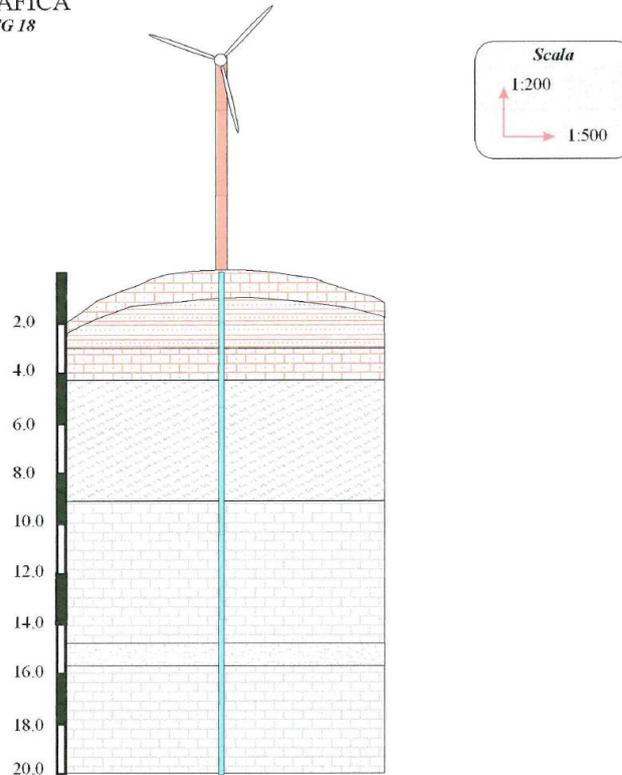
Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Peso Unita' di Volume	Peso Unita' di Volume (KN/m ³)	Angolo d'attrito (KN/m ³)	Coesione non drenata Kpa
1	1.65	18	Coesivo	20.50	22.56	0	68.84
2	3.15	36	Coesivo	22.75	24.52	0	129.7
3	4.65	30	Coesivo	21.18	23.24	0	110.3

Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/sec)	Densita' relativa (%)
1	1.65	18	Coesivo	8.10	17.65	0	0	0	--
2	3.15	36	Coesivo	16.20	35.30	0	0	0	--
3	4.65	30	Coesivo	13.50	29.42	0	0	0	--

AEROGENERATORE 4

Per l'Aerogeneratore in progetto n°4, è stata considerata la stratigrafia dell'Aerogeneratore esistente n°18.

SEZIONE STRATIGRAFICA AEROGENERATORE WTG 18



Legenda

-  Arenarie decementate associate a sabbie fini addensate di colore bruno giallastro
Sigla di rif: Ar - S
-  Limi argillosi sabbiosi di colore bruno giallastro
Sigla di rif: Las
-  Argille siltitiche di colore grigio con inclusi sabbiosi
Sigla di rif: Asg
-  Arenarie decementate associate a sabbie fini addensate di colore grigio con orizzonti di argille siltitiche
Sigla di rif: Ar - S - Asg
-  Arenarie fratturate
Sigla di rif: Ar

Figura 7- 6: Colonna stratigrafica sondaggio 18, prossimo ad area WTG4

Durante la perforazione sono state condotte prove SPT.

Di seguito i risultati ottenuti:

Sondaggio	prof. (m)	n° colpi			N° SPT
18	1.5	21	27	37	64
	3	46	50		R (4 cm)
	4.5	50	50		R
	10.5	50			R (7 cm)

Risultati prove SPT presso area nuova WTG 4

I dati sono stati rielaborati al fine di ricavare dalle prove SPT i parametri geotecnici. Si sottolinea che le prove andate a rifiuto sono state comunque elaborate, dando un valore di SPT pari a 50.

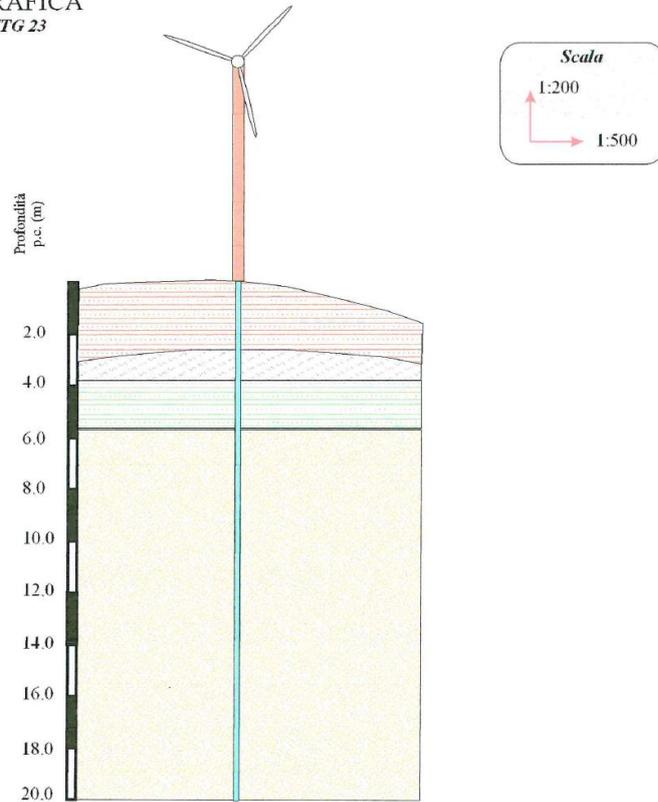
Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Peso Unita' di Volume	Peso Unita' di Volume (KN/m ³)	Angolo d'attrito (KN/m ²)	Coesione non drenata Kpa
1	2	64	Coesivo	24.52	24.52	0	423.65
2	3.5	50	Incoerente	18.17	21.1	37.2	0
3	5	50	Coesivo	24.52	24.52	0	330.97
4	11	50	Coesivo	24.52	24.52	0	330.97

Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/sec)	Densita' relativa (%)
1	2	64	Coesivo	64.19	62.76	0	0	139.79	--
2	3.5	50	Incoerente	12.77	31.87	0.25	252.04	163.04	100
3	5	50	Coesivo	50.19	49.03	0	0	177.55	--
4	11	50	Coesivo	50.19	49.03	0	0	200.82	--

AEROGENERATORE 5

Per l'Aerogeneratore in progetto n°6, è stata considerata la stratigrafia dell'Aerogeneratore esistente n°23.

SEZIONE STRATIGRAFICA AEROGENERATORE WTG 23



Legenda

-  Limi argillosi sabbiosi di colore bruno giallastro
Sigla di rif: Las
-  Argille siltiche di colore grigio
Sigla di rif: Asg
-  Limi argillosi sabbiosi di colore verdastro vinaccio
Sigla di rif: Las
-  Sabbie grossolane con ciottoli di colore giallastro con orizzonti ciottolosi
Sigla di rif: Sc - Gc

Figura 7-7: Colonna stratigrafica sondaggio 23, prossimo ad area WTG5

Durante la perforazione sono state condotte prove SPT.

Di seguito i risultati ottenuti:

Sondaggio	prof. (m)	n° colpi			N° SPT
23	1.5	7	7	10	17
	3	15	18	23	41
	4.5	31	38	50	R (4cm)
	6	50			R (6cm)
	7.5	50			R (12 cm)

Risultati prove SPT presso area nuova WTG 5

I dati sono stati rielaborati al fine di ricavare dalle prove SPT i parametri geotecnici. Si sottolinea che le prove andate a rifiuto sono state comunque elaborate, dando un valore di SPT pari a 50.

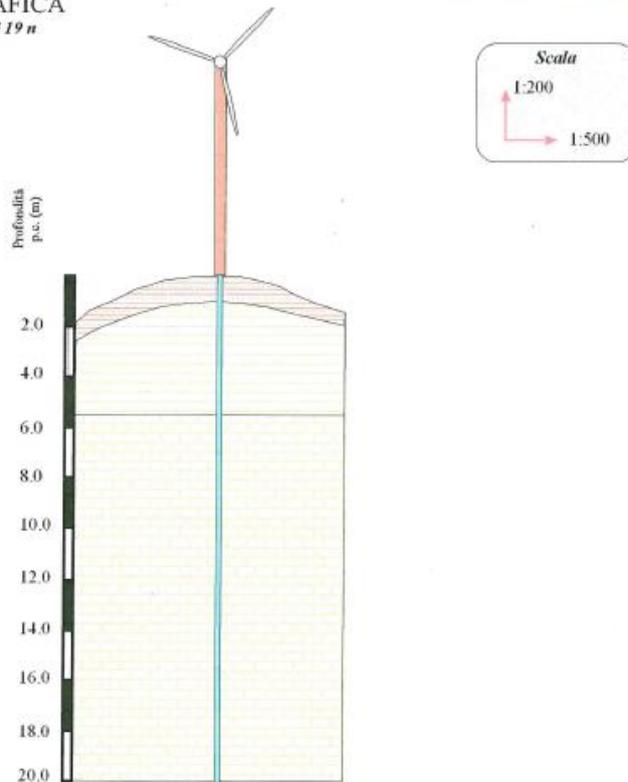
Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Peso Unita' di Volume	Peso Unita' di Volume (KN/m ³)	Angolo d'attrito (KN/m ²)	Coesione non drenata Kpa
1	2	17	Coesivo	20.4	22.46	0	112.58
2	3.5	41	Coesivo	24.52	24.52	0	271.35
3	5	88	Coesivo	24.52	24.52	0	582.52
4	6.5	50	Incoerente	18.17	21.1	37.2	0
5	8	50	Incoerente	18.17	21.1	37.2	0

Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/sec)	Densita' relativa (%)
1	2	17	Coesivo	17.18	16.67	0	0	111.14	--
2	3.5	41	Coesivo	41.18	40.21	0	0	157.54	--
3	5	88	Coesivo	88.19	86.3	0	0	195.8	--
4	6.5	50	Incoerente	12.77	31.87	0.25	252.04	188.33	100
5	8	50	Incoerente	12.77	31.87	0.25	252.04	197.02	96.67

AEROGENERATORE 6

Per l'Aerogeneratore in progetto n°6, è stata considerata la stratigrafia dell'Aerogeneratore esistente n°19.

SEZIONE STRATIGRAFICA AEROGENERATORE WTG 19 n



Legenda

- 
 Limi argillosi sabbiosi di colore bruno giallastro
Sigla di rif: Ls
- 
 Limi sabbiosi di colore giallastro con orizzonti di arenarie fratturate
Sigla di rif: Ls-Ar
- 
 Sabbie medio grossolane addensate di colore giallastro associate ad arenarie decementate
Sigla di rif: S-Ar

Figura 7- 8: Colonna stratigrafica sondaggio 19, prossimo ad area WTG6

Durante la perforazione sono state condotte prove SPT.

Di seguito i risultati ottenuti:

Sondaggio	prof. (m)	n° colpi			N° SPT
19	2.5	48	50		R (10 cm)
	4	32	39	48	87
	5.5	49	50		R (3 cm)
	7	50			R (6 cm)
	8.5	50			R (8 cm)

Risultati prove SPT presso area nuova WTG 6

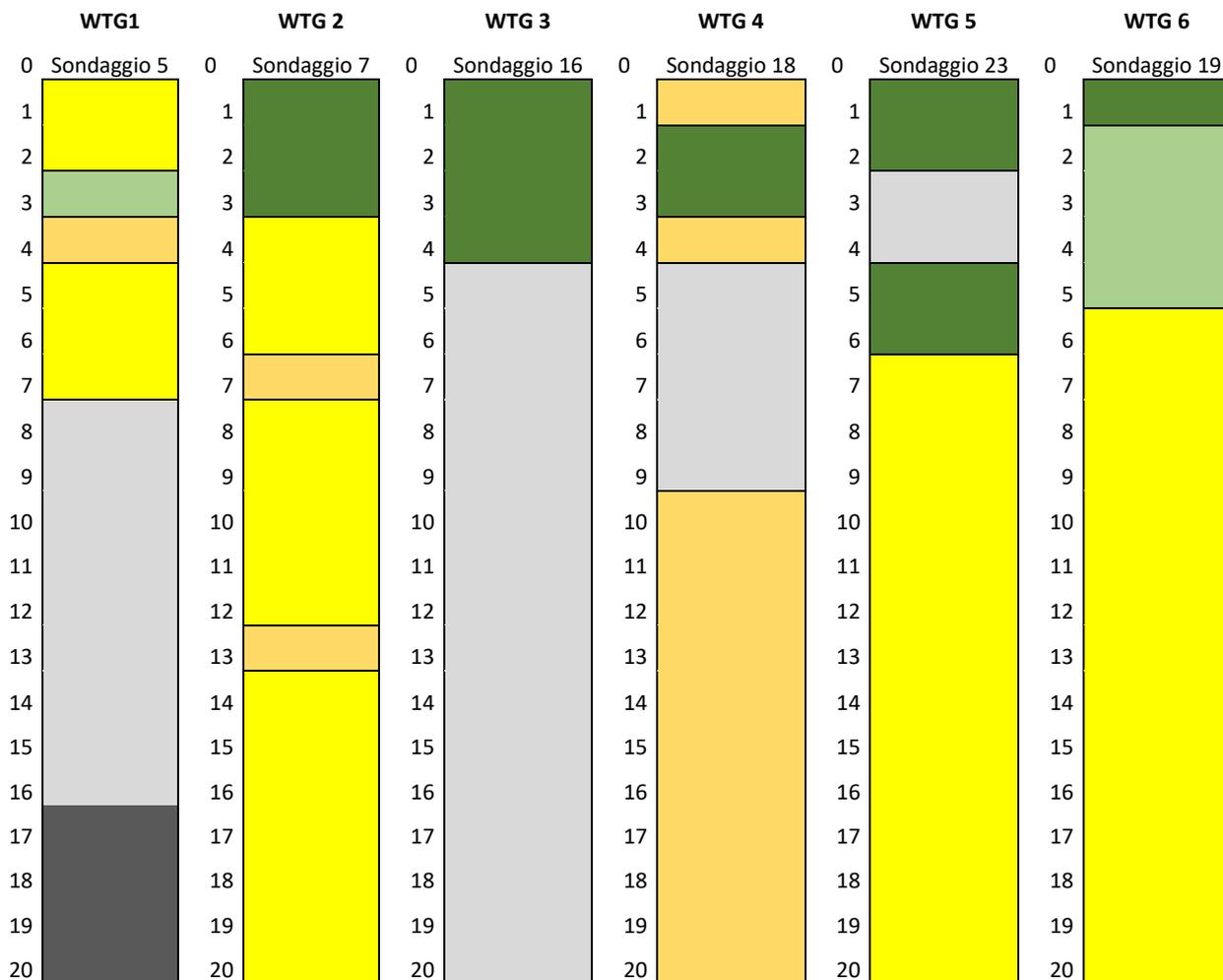
I dati sono stati rielaborati al fine di ricavare dalle prove SPT i parametri geotecnici. Si sottolinea che le prove andate a rifiuto sono state comunque elaborate, dando un valore di SPT pari a 50.

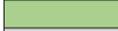
Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Peso Unita' di Volume	Peso Unita' di Volume (KN/m ³)	Angolo d'attrito (KN/m ³)	Coesione non drenata Kpa
1	3	50	Coesivo	24.52	24.52	0	330.97
2	4.5	87	Coesivo	24.52	24.52	0	575.85
3	6	50	Incoerente	18.17	21.1	37.2	0
4	7.5	50	Incoerente	18.17	21.1	37.2	0
5	9	50	Incoerente	18.17	21.1	37.2	0

Prova	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/sec)	Densita' relativa (%)
1	3	50	Coesivo	50.19	49.03	0	0	145.08	--
2	4.5	87	Coesivo	87.19	85.32	0	0	190.69	--
3	6	50	Incoerente	12.77	31.87	0.25	252.04	185.03	100
4	7.5	50	Incoerente	12.77	31.87	0.25	252.04	194.3	97.56
5	9	50	Incoerente	12.77	31.87	0.25	252.04	202.03	91.18

8 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

In base ai dati disponibili, relativi alle indagini condotte nel 2005 l'assetto stratigrafico al di sotto delle nuove WTG in progetto risulta essere il seguente:



Legenda	
	Limi argillosi
	Limi sabbiosi
	Argille siltitiche
	Argille siltitiche e marne
	Sabbie
	Arenarie

Si può osservare che, esclusi i primi metri da piano campagna che presentano una variabilità accentuata, gli aerogeneratori WTG 1, 3 e 4 presentano principalmente una stratigrafia caratterizzata da livelli coesivi anche molto consistenti, mentre le restanti WTG 2, 5 e 6 prevalentemente livelli incoerenti e molto addensati.

Si sottolinea che le indagini pregresse sono state eseguite fino al massimo a 20 metri di profondità, mentre con ogni probabilità i pali di fondazione saranno dimensionati a progetto su una lunghezza pari a 30 metri.

Mancano quindi informazioni sulle caratteristiche tecniche dei terreni presenti al di sotto dei 20 metri.

Al fine di sintetizzare la mole di dati disponibile, si è provveduto a mediare i valori disponibili per singola litologia al fine di impostare il modello geotecnico.

I risultati sono i seguenti:

1) Sabbie superficiali: parametri geotecnici medi

Prof. Strato	Nspt	Peso Unita' di Volume	Peso Unita' di Volume (KN/m ³)	Angolo d'attrito (KN/m ³)	Coesione non drenata Kpa	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/sec)	Densita' relativa (%)
2-6.5	28.00	16.02	19.88	32.98	0.00	7.73	22.80	0.31	147.69	157.00	81.50

2) Limi argillosi superficiali: parametri geotecnici medi

Prof. Strato	Nspt	Peso Unita' di Volume	Peso Unita' di Volume (KN/m ³)	Angolo d'attrito (KN/m ³)	Coesione non drenata Kpa	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/sec)	Densita' relativa (%)
2-5	28.00	21.46	23.13	0.00	166.61	28.18	24.68	0.00	0.00	126.39	-

3) Argille siltitiche: parametri geotecnici medi

Prof. Strato	Nspt	Peso Unita' di Volume	Peso Unita' di Volume (KN/m ³)	Angolo d'attrito (KN/m ³)	Coesione non drenata Kpa	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/sec)	Densita' relativa (%)
5-20	3.9	23.26	24.00	0.00	259.25	39.35	38.41	0.00	0.00	179.21	-

4) Arenarie: parametri geotecnici medi

Prof. Strato	Nspt	Peso Unita' di Volume	Peso Unita' di Volume (KN/m ³)	Angolo d'attrito (KN/m ³)	Coesione non drenata Kpa	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/sec)	Densita' relativa (%)
9-20	50	18.17	21.1	37.2	0	12.77	31.87	0.25	252.04	163.04	100

5) Sabbie profonde: parametri geotecnici medi

Prof. Strato	Nspt	Peso Unita' di Volume	Peso Unita' di Volume (KN/m ³)	Angolo d'attrito (KN/m ³)	Coesione non drenata Kpa	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocita' onde di taglio (m/sec)	Densita' relativa (%)
5-20	50	18.17	21.1	37.2	0	12.77	31.87	0.25	252.04	193.34	100

9 CONCLUSIONI

La presente relazione è stata redatta ricorrendo a materiale disponibile in letteratura ed a campagne di indagine condotte in passato per la progettazione dell'attuale configurazione di impianto.

In base alla documentazione consultata non sono stati osservati elementi ostativi per il progetto.

L'area proposta è ubicata su di una dorsale che presenta al top spianate prevalentemente litoidi, sulle quali risultano ubicati gli aerogeneratori in progetto.

I processi morfogenetici sono molto attivi, le acque erodono intensamente i termini più argillosi mentre, vista l'altitudine, le rocce presentano una serie di fratture secondarie dovute anche all'alternanza gelo-disgelo; la morfologia risulta inoltre fortemente influenzata dalla composizione delle unità presenti e presenta ripidi versanti litoidi e strette vallate argillose.

Non sono stati comunque segnalati fenomeni di dissesto in coincidenza degli aerogeneratori in progetto.

Le indagini geognostiche condotte in passato erano finalizzate alla realizzazione di fondazioni superficiali e non sono state approfondite oltre i 20 metri, anche se in larga maggioranza si sono arrestate a circa 15 metri.

I dati disponibili mostrano variazioni litologiche riferibili a livelli limoso argillosi consistenti, alternati ad arenarie con variabili gradi di fratturazione e cementazione, ed in profondità argille siltitiche compatte o sabbie compatte.

Si ritiene fondamentale indagare il sottosuolo, per mezzo di sondaggi e altre indagini dirette, fino ad una profondità pari ad almeno 1 volta e mezzo la lunghezza delle fondazioni che si riterrà opportuno adottare in fase di progettazione; tale condizione risulta necessaria al fine di verificare il successivo dimensionamento delle fondazioni in relazione alla stima della capacità portante e dei relativi cedimenti.

Si rimanda agli elaborati progettuali per quanto concerne la rappresentazione di dettaglio delle soluzioni fondali, nonché per quanto concerne la valutazione dell'entità dei carichi trasmessi che nella presente relazione sono state verificate in modalità solo preliminare. A tale proposito si rileva che, in ogni caso, questi ultimi dovranno essere compatibili con le caratteristiche meccaniche del sottofondo, in presenza di cedimenti trascurabili per tutti i tipi di fondazioni, lasciando al progettista la scelta della tipologia e delle dimensioni più idonee.