

**ISTANZA VIA**  
**Presentata al**  
**Ministero della Transizione Ecologica**  
**e al Ministero della Cultura**  
**(art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii)**

**PROGETTO**

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO)**  
**COLLEGATO ALLA RTN**  
**POTENZA NOMINALE (DC) 14,26 MWp**  
**POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,6 MW**  
**Comune di Butera (CL)**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

**22-00073-IT-BUTERA\_RS-R05**

**PROPONENTE:**

**TEP RENEWABLES (BUTERA PV) S.R.L.**  
**Viale Shakespeare, 71 00144 – Roma**  
**P. IVA e C.F. 16627641000 – REA RM - 1666510**


**PROGETTISTA:**

**ING. VALENTINA CASALINI**  
**Iscritta all' Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pisa al n. 2940 B-91**

**GEOLOGO:**


**DOTT.SSA CONCETTA PEREZ**  
**Iscritta all' Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n. 2733 sez. A**

<b>Data</b>	<b>Rev.</b>	<b>Tipo revisione</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
06/2022	0	Prima emissione	C.P.	V.C.	G. Calzolari

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	2 di 51

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
1.1	DATI GENERALI DEL PROGETTO .....	5
2	STATO DI FATTO.....	6
2.1	LOCALIZZAZIONE IMPIANTO.....	6
2.1.1	Inquadramento catastale impianto .....	7
3	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO DELL'IMPIANTO .....	8
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE .....	10
4.1	ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE.....	10
4.2	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E STRATIGRAFIA NELL'AREA DI PROGETTO .....	12
5	CENNI DI CLIMATOLOGIA .....	16
6	ELEMENTI GEOMORFOLOGICI E IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	17
7	CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE - AMBIENTALI .....	18
8	CARTA DEI DISSESTI E PERICOLOSITÀ IDRAULICA- REGIME VINCOLISTICO .....	20
9	OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA.....	25
9.1	SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO .....	25
10	CONSIDERAZIONI IDRO-GEOMORFOLOGICHE E REGIME VINCOLISTICO RILEVATE SULLE AREE ATTRAVERSATE DALLE OPERE DI CONNESSIONE – LINEA AT .....	27
11	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....	29
12	INDAGINI GEOFISICHE DEL SOTTOSUOLO AI FINI DALL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO 31	
12.1	PREMESSA.....	31
12.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....	32
12.3	METODOLOGIA SISMICA ADOPERATA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	33
12.4	ELABORATI SISMICI .....	36
12.5	CARATTERISTICHE SISMO-STRATIGRAFICHE LOCALI.....	42
12.6	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI FINI DELLA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	44
12.7	CONSIDERAZIONI GEOSISMICHE CONCLUSIVE.....	46
13	INDAGINE GEOELETTRICA ED ELETTROSTRATIGRAFIA DI SINTESI .....	48
14	CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE CONCLUSIVE .....	49
	- ALLEGATO 1: PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE MEDIE	
	- ALLEGATO 2: RELAZIONE GEOFISICA INDAGINE S.E.V. (Sondaggio Elettrico Verticale)	

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	3 di 51

## 1 PREMESSA

La presente relazione espone i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e geosismico sulla base dei risultati delle indagini effettuate in situ a supporto del progetto per la realizzazione di un impianto di generazione elettrica con utilizzo della fonte energetica rinnovabile solare attraverso la conversione fotovoltaica.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto solare fotovoltaico denominato "BUTERA PV", di potenza pari a 14,26 MWp in corrente alternata da installarsi in un terreno, di circa 37,70 ettari complessivi e una superficie recintata dedicata all'impianto di 16,25 ha, sito in "Contrada Baronessa" nel territorio Comunale di Butera (CL) e relative opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale. L'iniziativa progettuale mira a contribuire al soddisfacimento delle esigenze di Energia Verde e allo Sviluppo Sostenibile in quanto risponde pienamente ai requisiti di rinnovabilità, inesauribilità, assenza di emissioni inquinanti ed è riconosciuta, insieme ad altre fonti di energia rinnovabile, come preferibile ad altre forme, nella produzione di energia elettrica, inoltre la scelta operata da parte della Società proponente, di sfruttare l'energia solare per la produzione di energia elettrica optando per il regime agro-voltaico, consente di coniugare le esigenze energetiche da fonte energetica rinnovabile con quelle di minimizzazione della copertura del suolo, allorché tutte le aree lasciate libere dalle opere, saranno rese disponibili per fini agronomici.

È importante sottolineare come la posa in opera di un sistema fotovoltaico non determini cambiamenti irreversibili del territorio inoltre, a parere della scrivente, il sito in oggetto ha delle caratteristiche, sia morfologiche che di esposizione, che lo possono far considerare parecchio idoneo per la destinazione d'uso al quale è chiamato.

L'area prescelta risulta ideale per la realizzazione di un impianto fotovoltaico grazie alle seguenti caratteristiche:


- Rispetto agli strumenti di tutela territoriale, in quanto l'intervento risulta sostanzialmente coerente con le previsioni urbanistiche, ambientali e paesaggistiche, sia pure condizionato all'ottenimento delle relative autorizzazioni;
- L'area di progetto identificata è libera da ostacoli e ciò permette all'impianto di beneficiare appieno dell'irraggiamento solare e di condizioni ottimali per la semplicità di installazione;
- Il sito è raggiungibile dalla viabilità già esistente, permettendo una semplificazione logistico- organizzativa dell'accessibilità durante la fase di cantiere, e della viabilità definitiva prevista per la gestione dell'impianto;
- Il sito risulta vicino alla cabina primaria, condizione che comporta una favorevole modalità di connessione alla RTN.

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali su strutture metalliche in acciaio zincato mobili sospese (tracker) di tipo mono-assiale ancorate a terra mediante opere infrastrutturali e di fondazione che il progettista riterrà più idonee in base alle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e sismiche del sottosuolo indagato, esposte di seguito in questa relazione.

Catastalmente l'area ricade nelle particelle, come riportato negli elaborati grafici del progetto, censite presso il Catasto terreni del Comune di Butera: Foglio n° 175 particelle n°19, 20, 21, 25, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 71, 75, 77, 78, 93, 95, 96, 97, 99, 102, 104, 105.

Le aree scelte per l'installazione del Progetto Fotovoltaico sono interamente contenute all'interno di aree di proprietà privata *Inquadramento Catastale\_Impianto* su cui TEP Renewables (BUTERA PV) S.r.l. ha acquisito il diritto di superficie per un periodo di 30 anni.

Lo studio è stato commissionato alla sottoscritta Geologo Dr.ssa Concetta Pérez (O.R.G.S. n°2733 sez. A) dalla Soc. TEP RENEWABLES (BUTERA PV) S.r.l., la quale è una società del Gruppo TEP Renewables con sede legale in Gran Bretagna, ha uffici operativi in Italia, Cipro e USA, e sarà

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	4 di 51

finalizzato alla ricostruzione dei rapporti stratigrafici tra le singole unità litotecniche costituenti il suolo di fondazione e alla loro caratterizzazione geotecnica e sismica secondo la nuova normativa vigente.

Per l'espletamento dell'incarico sono stati effettuati dei preliminari sopralluoghi conoscitivi dei terreni interessati dall'installazione dell'impianto di generazione elettrica in progetto. Successivamente si è eseguito un attento rilevamento geologico di superficie, opportunamente esteso alle zone limitrofe, per inquadrare le stesse nel contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico generale, nonché in quello litostratigrafico e strutturale, accertando se nel sito di progetto esistono caratteristiche geologico-geomorfologiche tali da garantire la stabilità dei manufatti da realizzare, in relazione soprattutto al mantenimento degli equilibri morfogenetici esistenti.


Scopo del presente lavoro è quello di individuare ed analizzare, l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e geosismico, dei terreni interessati dall'installazione dell'impianto di generazione elettrica, accertando se nel sito di progetto esistono caratteristiche geologico-tecniche tali da garantire la stabilità dei manufatti da realizzare.

A tutela della stabilità delle aree e del buon regime delle acque e per caratterizzare al meglio i terreni di fondazione, la scrivente ha effettuato dei rilevamenti nell'area in studio e in un suo ampio intorno supportato dai dati provenienti dalla campagna di indagini geognostiche di tipo geofisico, geoelettrico e geo-meccanico effettuate in situ, *nel dettaglio sono stati effettuati n° 2 prove di penetrometrica dinamica media SPT, n° 1 sondaggio geoelettrico verticale (S.E.V.) quadripolare e n. 3 sondaggi con tecnica sismica passiva a stazione singola "HVSR", eseguita con Tromografo elettronico digitale TROMINO® ENGINEERING*, al fine di caratterizzare la stratigrafia del sottosuolo, ricostruire il modello geologico stratigrafico del volume di terreno interessato dalle fondazioni delle opere soprastanti da realizzare e individuare *Discontinuità anomale all'interno della successione litostratigrafica sottostante*, misurare la frequenza di risonanza dei suoli senza limiti di profondità, nell'intervallo di interesse geotecnico e strutturale, per valutare la *risposta sismica del sito ed eventuali effetti di amplificazione sismica, stratigrafica e topografica, del moto in superficie e determinare il  $V_{s\_eq}/V_{s30}$*  per definire la categoria del suolo di fondazione, secondo quanto previsto nel *D.M. 17 Gennaio 2018 relativo alle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

Lo studio Geologico-tecnico eseguito ha permesso di potere effettuare:

1. Rilevamento geologico di dettaglio, in scala 1: 25.000, al fine di ricostruire la successione litostratigrafica, la struttura, la giacitura e la natura dei litotipi che costituiscono, la suddetta area;
2. Indagine dell'assetto geomorfologico dell'area in studio al fine di potere accertare eventuali fenomeni di instabilità sia in atto che potenziali;
3. Valutazione delle caratteristiche idrogeologiche dei litotipi per accertare la eventuale presenza di falda freatica sotterranea che può comportare, variazioni delle caratteristiche geo-meccaniche dei terreni e risposte sismiche locali diversificate (es.: variazione di amplificazione sismica);
4. Analisi Geofisiche per identificare i parametri sismici e le frequenze del terreno di fondazione.
5. Considerazioni fisico-meccaniche del substrato per identificare i parametri geo-meccanici del terreno di fondazione.

Lo studio geologico del terreno è stato condotto essenzialmente mediante ricognizioni di superficie, avvalendosi dei dati raccolti durante il sopralluogo. I dati della stratigrafia locale sono stati desunti dall'osservazione diretta, su spaccati di terreno, sia naturali che artificiali, presenti in aree prossime a quella in studio e da quanto riportato nella letteratura geologica specifica in comparazione con il modello geo-stratigrafico ottenuto dai sondaggi sismici, geoelettrici e dalle prove penetrometriche SPT effettuate in sito.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	5 di 51

Per quanto concerne la caratterizzazione fisico-meccanica dei litotipi affioranti ci si è riferiti a valori desunti dalla letteratura geotecnica esistente in comparazione con i risultati ricavati dalle prove penetrometriche dinamiche, effettuate in sito e dall'esperienza della scrivente.


A seguito delle risultanze delle indagini svolte e sulla scorta delle conoscenze acquisite in luogo tramite rilevamento geologico-geomorfologico di superficie è stato possibile fornire al calcolista un quadro completo delle condizioni geologiche, geotecniche e geosismiche del terreno di sedime.

## 1.1 DATI GENERALI DEL PROGETTO

Nella Tabella 1.1 sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto di progetto.

*Tabella 1.1: Dati di progetto*

ITEM	DESCRIZIONE
Richiedente	TEP RENEWABLES (BUTERA PV) S.R.L.
Luogo di installazione:	Comune di Butera - provincia di Caltanissetta
<b>Denominazione impianto:</b>	<b>BUTERA PV</b>
Area lorda (ha)	37,70
Area utile (ha)	16,18
Dati catastali area di progetto:	Foglio n° 175 (particelle 19, 20, 21, 25, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 71, 75, 77, 78, 93, 95, 96, 97, 99, 102, 104, 105)
Potenza di picco (MW <sub>p</sub> ):	15,18 MWp
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è piuttosto regolare.
Punto di Connessione:	Futura SE BUTERA 2 @ 36kV
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker mono-assiale
Inclinazione piano dei moduli:	da +55°/ - 55°
Azimuth di installazione:	0°
Slope max area utile	15%
N. Cabine di campo:	n. 7 Cabine distribuite nell'area interessata dall'impianto fotovoltaico
Posizione cabina elettrica di consegna:	n.1 Cabina FV in campo e n.1 in prossimità della SE
Rete di collegamento:	Alta Tensione – 36 kV da Stazione di Utenza a S.E. Butera
Coordinate sito:	37°11'38.30"N 14°13'20.94"E Altitudine media 340 m s.l.m.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>6 di 51</b>

## 2 STATO DI FATTO

### 2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

L'area interessata dall'installazione dell'impianto si colloca all'interno di una zona orografica dell'entroterra collinare della Sicilia sud-orientale, sita in località "Contrada Baronessa" nel territorio comunale di Butera (CL) a 3,3 km a Est dalla stessa città e a 12 km dal mare raggiungibile da strada provinciale S.P. 8 dalla quale dista 3,9 Km e dalla SS 190 dalla quale dista 3,23 Km, situata altimetricamente a quota media di 340 m s.l.m.

Questa area in oggetto risulta essere adatta allo scopo avendo una buona esposizione ed essendo raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

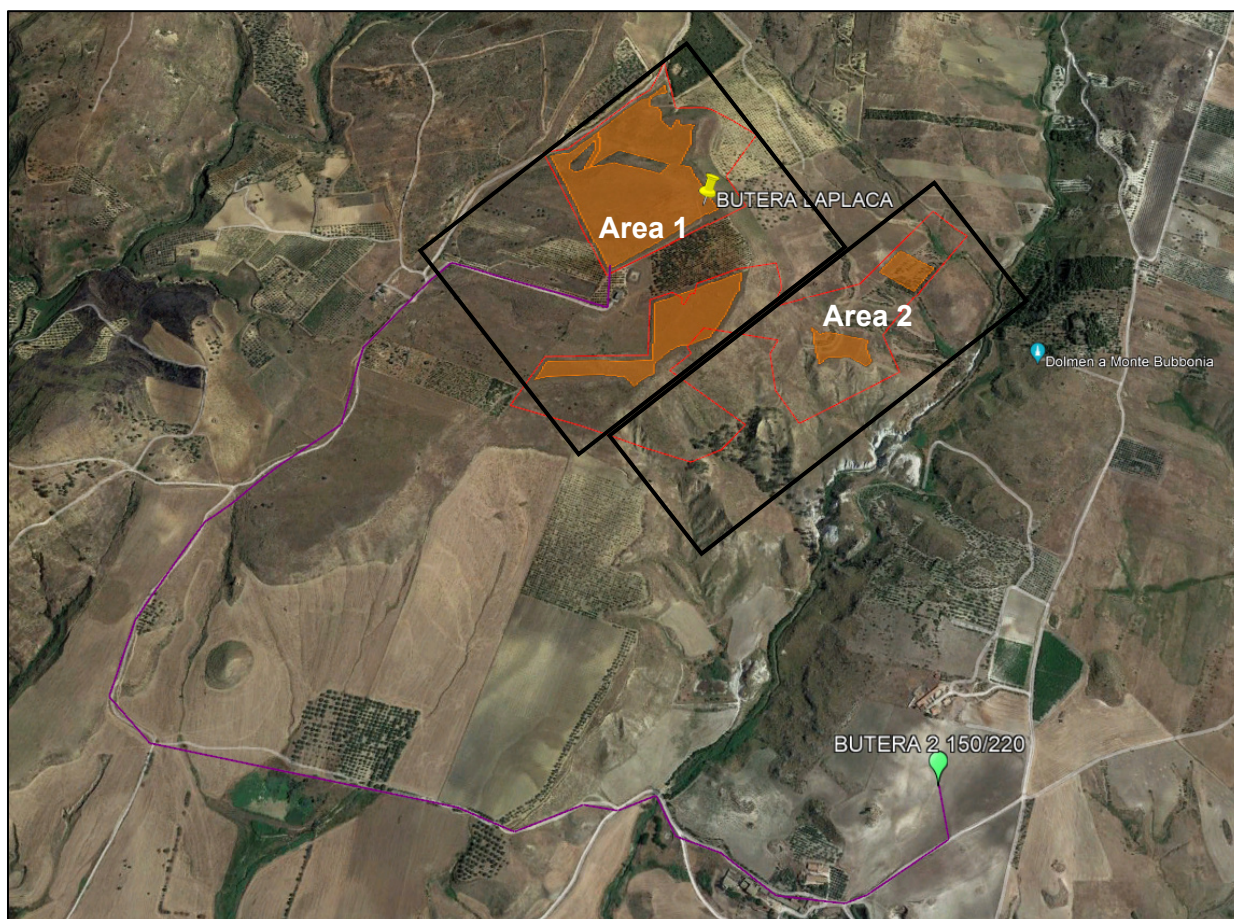



Figura 2.1: Inquadramento territoriale riguardante l'intera area in cui insistono tutte le opere di progetto fino al punto di connessione alla stazione elettrica "SE RTN 220/150 kV BUTERA 2 (CL)" - Fonte: Google Earth Pro

L'impianto fotovoltaico sarà tecnicamente connesso in parallelo alla RTN nel rispetto delle norme CEI e delle condizioni di TERNA S.p.A. L'ipotesi di connessione prevede il collegamento dell'impianto alla SE RTN 220/150 kV BUTERA 2 (CL) con realizzazione di stallo a 36 kV come da nuovo standard di connessione approvato dalla ARERA in data 20.10.2021. La lunghezza della linea di connessione individuata dall'impianto FV alla Futura SE BUTERA 2 è di circa 4,15 km. (Fig. 2.1) Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato minimizzare e ove possibile eliminare l'effetto di ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell'impianto fotovoltaico in oggetto.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b> 7 di 51

### 2.1.1 Inquadramento catastale impianto

In riferimento al Catasto Terreni del Comune di Butera (CL), l'impianto occupa le aree di cui al Foglio n°175 sulle particelle indicate nella tabella seguente:

*Tabella 2.1: Particelle catastali*

FOGLIO	PARTICELLE
N° 175	n°19, 20, 21, 25, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 71, 75, 77, 78, 93, 95, 96, 97, 99, 102, 104, 105.

Si riporta di seguito uno stralcio dell'inquadramento catastale Rif. "Inquadramento catastale impianto":

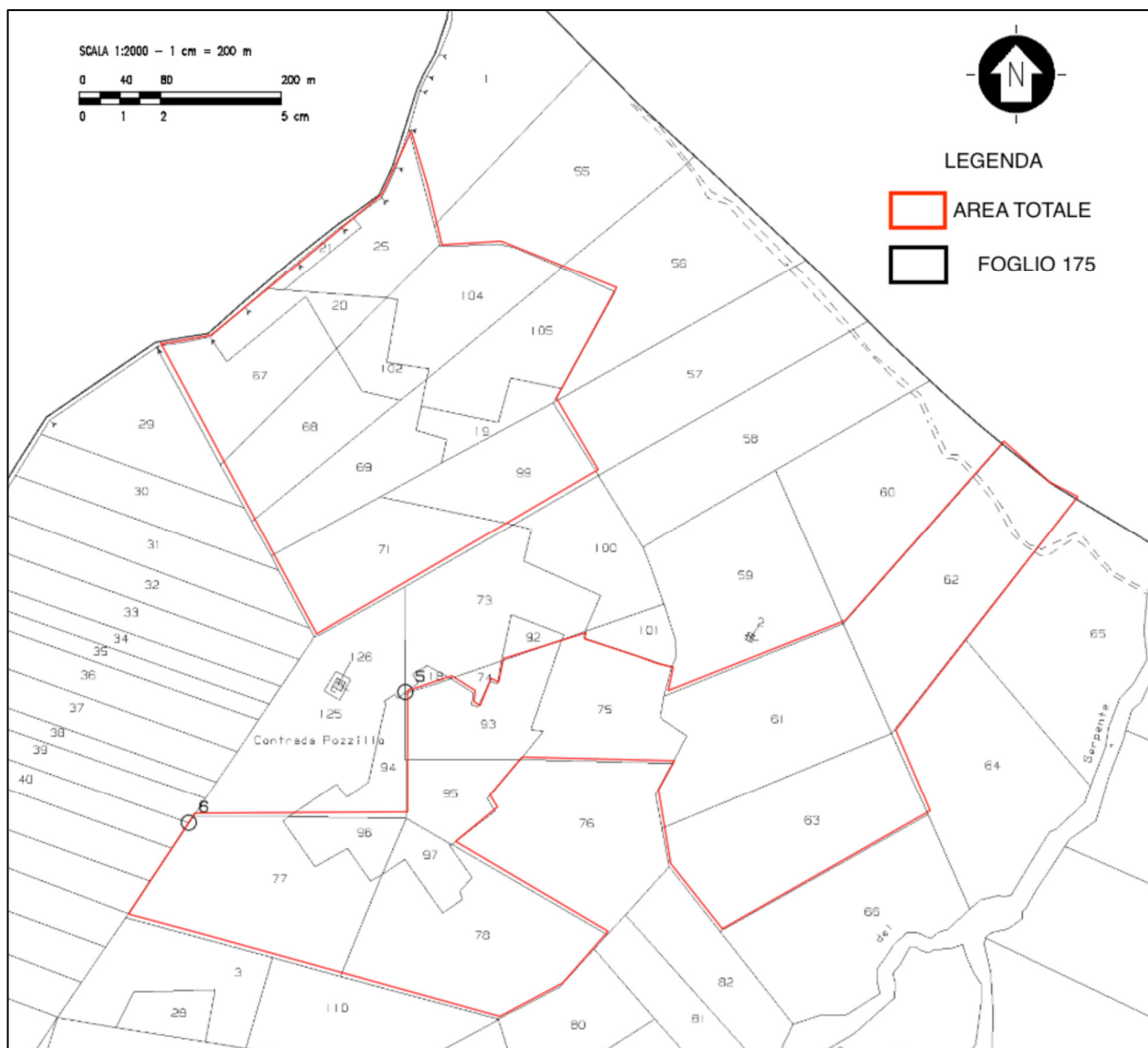



Figura 2.2: Inquadramento catastale impianto – scala originale 1: 5.000

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>8 di 51</b>

### 3 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO DELL'IMPIANTO

Dal punto di vista topografico, secondo la Cartografia ufficiale italiana I.G.M. la zona in esame è compresa interamente nella tavoletta denominata "BUTERA" Foglio n°272 IV quadrante orientamento S.E. realizzata sulla base del rilievo aerofotogrammetrico effettuato nel 1930 e successivo aggiornamento 1967, in scala 1: 25.000 e rientra nella sezione della Carta Tecnica Regionale nella Tavola n° 643030 in scala 1: 10.000. L'area in esame è ubicata nell'area sud-orientale della Sicilia, all'interno della zona orografia dell'Altipiano Ibleo, sita a 3,3 Km ad Est del centro abitato di Butera (CL), e a 12 km dal mare raggiungibile da strada provinciale S.P. 8 dalla quale dista 3,9 Km e dalla SS 190 dalla quale dista 3,23 Km, situata altimetricamente a quota media di 340 m s.l.m.

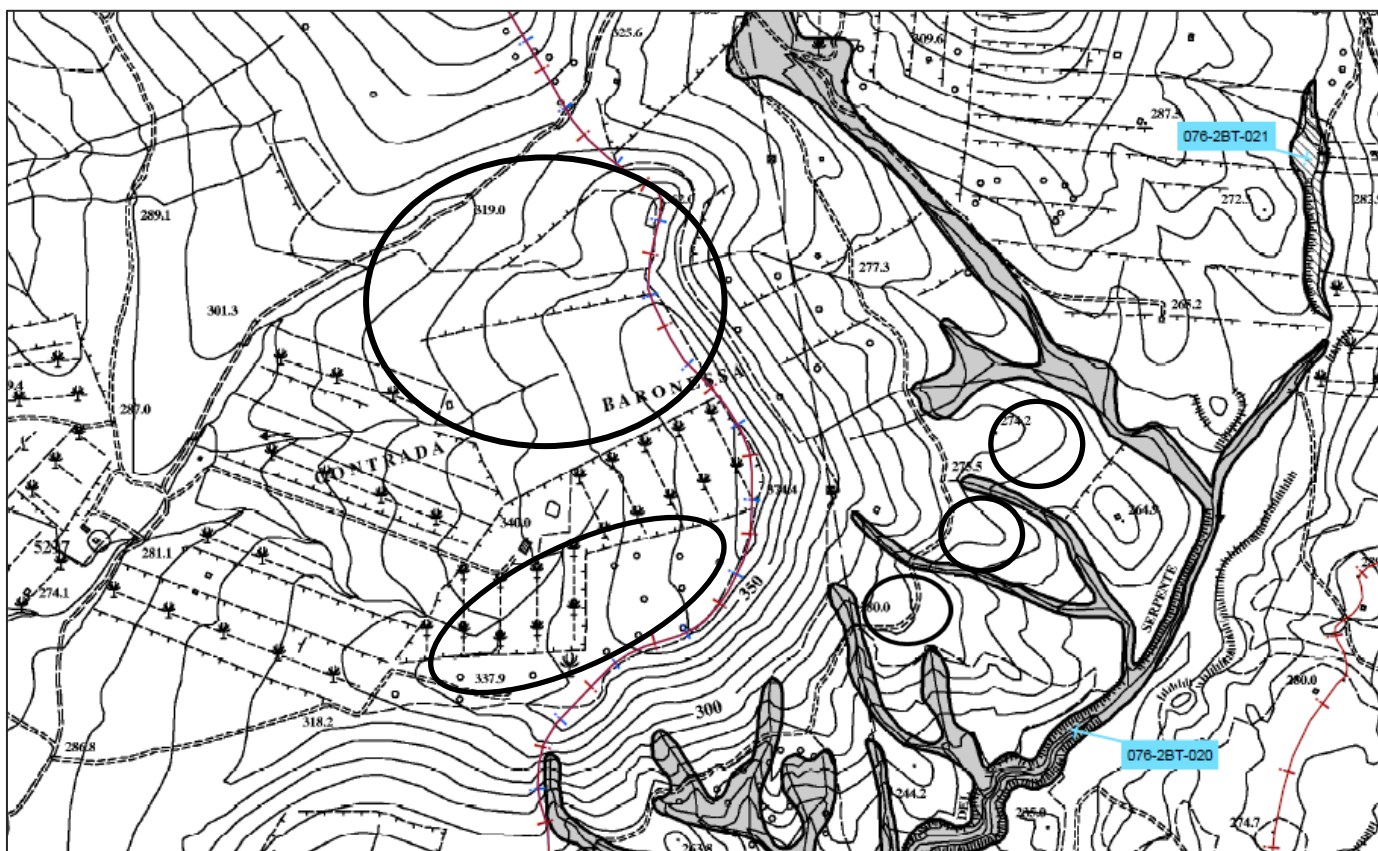
L'area utile interessata dall'impianto solare fotovoltaico denominato "BUTERA PV", di potenza pari a 14,26 MWp in corrente alternata da installarsi in un terreno di circa 37,70 ettari complessivi e una superficie recintata dedicata all'impianto di 16,25 ha. I terreni risultano distinti in catasto Terreni del Comune di Butera (CL) al Foglio di mappa urbana n° 175 particelle n°19, 20, 21, 25, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 71, 75, 77, 78, 93, 95, 96, 97, 99, 102, 104, 105, a destinazione urbanistica - agricola.

L'area oggetto dell'intervento, presenta le seguenti coordinate geografiche:

Lotto: Lat. 37°11'38.30"N

Long. 14°13'20.94"E

#### Inquadramento su C.T.R. n° 643030



Aree interessate dal progetto





IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW *Comune di Butera (CL)*

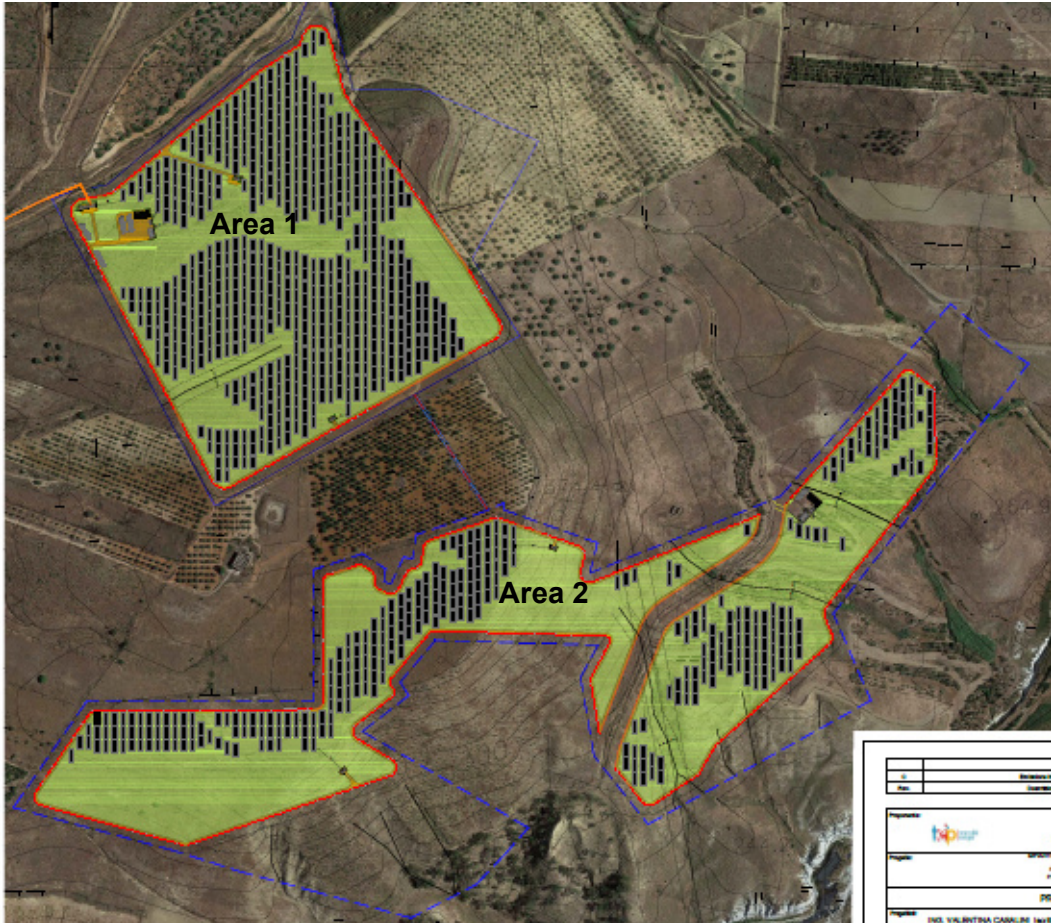
Rev. 0

22-00073-IT-BUTERA\_RS-R05  
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Pag. 9 di 51

### LAYOUT PRELIMINARE DI PROGETTO


### IMPIANTO FOTOVOLTAICO "BUTERA PV"



**LEGENDA**

- |                                |                                    |                                      |  |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| Fessia di mitigazione 10 metri | Valotto periretore (2 m) da strada | Impianti installati del terreno      | Linea elettrica area AT                      | <b>A:</b> Cantina casei            |
| Area salvatamento dipendente   | Modulo fotovoltaico 73x2           | Fessia di rispetto larghezza 5 metri | Canaletto di convulsione laterale - linea AT | <b>B:</b> Cantina generale MT      |
|                                |                                    | Strada di servizio laterale          | Piacitura di impianto                        | <b>C:</b> Cantina progetto         |
|                                |                                    |                                      |  | <b>D:</b> Cantina uffici           |
|                                |                                    |                                      |  | <b>E:</b> Area montaggio           |
|                                |                                    |                                      |  | <b>F:</b> P.O.S. - Pavesi d'attivo |

Autore	Redattore	Disegnatore	Verificatore	Approvatore
Proprietario: tep renewable energies (butera pv) s.r.l. Via S. Maria Maddalena, 71 - 00148 - Roma P. IVA n. C.F. 10029621002 - N. RA 004 - 10000202				
Progetto: IMPIANTO FOTOVOLTAICO AGRIVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)				
Progetto: PROGETTO DEFINITIVO Ing. VALERIA CASARINI - iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n. 3390/8/01				
Titolo: LAYOUT DI PROGETTO				PG-T06
Progetto realizzato da:				Data:
PER LA REVISIONE E L'AGGIORNAMENTO DEL PRODOTTO A CURA DELLA ING. VALERIA CASARINI				

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	10 di 51

## 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE


### 4.1 ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE

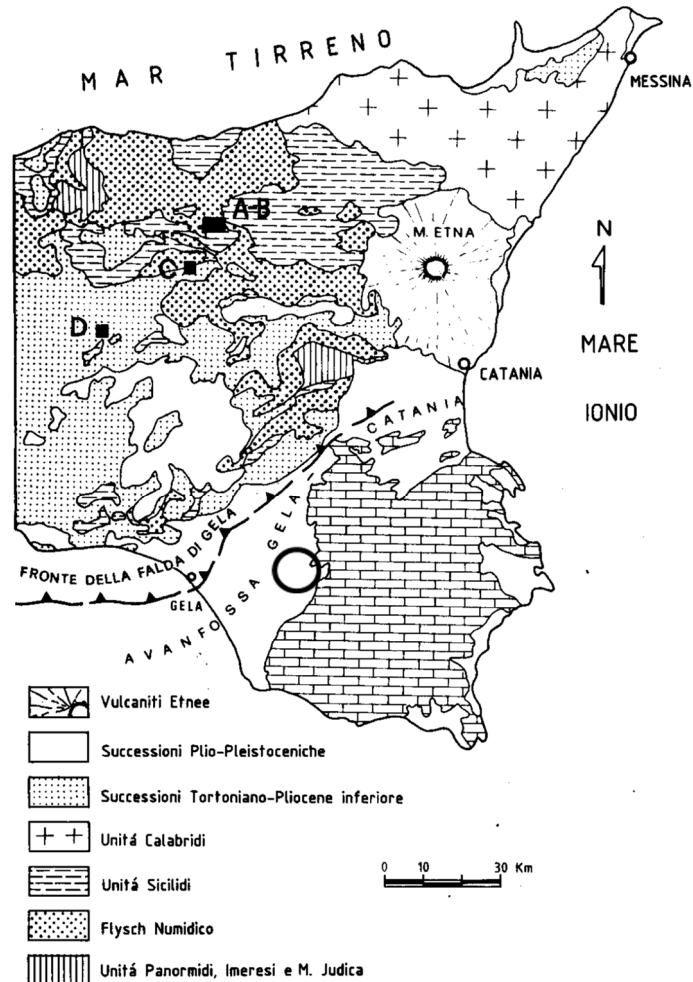
I terreni oggetto di studio rientrano nel quadro geo-strutturale della Sicilia Sud-Orientale e fanno parte del bacino idrografico del Torrente Cuminelli il quale si inquadra geologicamente a sud-ovest dei Monti Erei e precisamente ad ovest del bacino del Fiume Gela. Dal punto di vista scientifico, l'area iblea è nota in quanto interessata da grandi discontinuità tettoniche di tipo distensivo che la delimitano sia verso Sud-Est con la "Scarpata di Malta" (COLANTONI, 1975), evidenziata dai recenti studi di geologia marina, sia verso Ovest e Nord-Ovest con la "Falda di Gela" (RODA, 1973), messa in posto durante il Pleistocene inferiore, che attualmente occupa quasi totalmente l'Avanfossa Plio-Quaternaria Gela-Catania, affiorando estesamente dall'"offshore" geleso fino alle aree antistanti il margine settentrionale del *Plateau Ibleo*.

Dal punto di vista regionale la Falda di Gela rientra marginalmente nell'ampia unità paleogeografica nota in letteratura come "Bacino di Caltanissetta" compreso tra le aree emergenti dei Monti Sicani ad ovest e dei Monti Iblei ad est (DI GRANDE & MUZZICATO, 1986).

L'evoluzione geologico-strutturale dell'intero bacino, dove è compresa l'area in esame, è stata determinata da una ben precisa successione temporale di fasi tettoniche così di seguito descritte:

- **Fase I)** traslativa, responsabile dell'inglobamento delle *Argille Scagliose variegatae* cretaeoceniche all'interno delle *Argille Scagliose brune* oligomioceniche, che dovrebbe essere avvenuta al più tardi nel Tortonianiano inferiore (OGNIBEN, 1960; RODA, 1971; DI GRANDE & MUZZICATO, 1986), suturata cioè dalla deposizione in discordanza delle *Argille marnose grigio-azzurre* presolfifere;
- **Fase II)** compressiva, di età inframessiniana (DECIMA & WEZEL, 1971), responsabile del primo piegamento dei depositi evaporitici ed inoltre della discordanza regionale che ha permesso l'identificazione a scala regionale di un "ciclo evaporitico superiore" ed uno "inferiore";
- **Fase III)** compressiva sinsedimentaria, di età infrapliocenica (OGNIBEN, 1954; 1960; DECIMA & WEZEL, 1971; CITA, 1972; SPROVIERI, 1975; DI GRANDE & MUZZICATO, 1986) a cui bisogna riferire l'appoggio in *onlap* dei Trubi sui depositi sottostanti della Serie Gessoso-Solfifera, o pre-solfiferi, ed inoltre il coinvolgimento dei Trubi al nucleo dei sistemi plicativi delineatisi;
- **Fase IV)** compressiva, di età medio-pleistocenica, responsabile della discordanza sinsedimentaria tra le *Argille marnose azzurre* e i sottostanti Trubi (RODA, 1971), nonché dei segnali precoci del ripiegamento dei sistemi plicativi preesistenti;
- **Fase V)** traslativa, di età suprapliocenica-infrapleistocenica (RODA, 1971; DI GERONIMO & COSTA, 1978; DI GERONIMO et alii, 1979; DI GRANDE & MUZZICATO, 1986; BIANCHI et alii, 1987; LENTINI et alii, 1987; LARROQUE, 1993; LENTINI et alii, 1996), responsabile della messa in posto della Falda di Gela. Inoltre, a questa fase tettonica traslativa potrebbero essere riferite le fasi parossistiche del ripiegamento dei sistemi plicativi dell'area, nonché il blando piegamento che deforma le *Argille marnose azzurre* medio-supra-pleistoceniche e il conseguente appoggio in discordanza angolare delle soprastanti *Argille sabbiose grigio-brune* infra-pleistoceniche (RODA, 1965; DI GRANDE & MUZZICATO, 1986);
- **Fase VI)** di età probabilmente supra-pleistocenica, a carattere compressivo, legata presumibilmente ai movimenti tardivi della Falda di Gela, con attivazione di lineamenti tettonici di scorrimento;
- **Fase VII)** di età supra-pleistocenica (DI GERONIMO et alii, 1979), responsabile dei fenomeni di terrazzamento fluviale che caratterizzano l'area, e dei sistemi di faglie dirette che accomodano il generale sollevamento avvenuto


	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	11 di 51



La sismicit  del settore Ibleo, in particolare della zona orientale,   caratterizzata da una serie di eventi sismici a magnitudo elevata distribuiti in lunghi periodi di tempo, intercalati a un numero molto maggiore di eventi sismici a magnitudo media abbastanza frequenti anche in tempi recenti. La pericolosit  di tale attivit  scaturisce dalla presenza di strutture sismogenetiche differenti quali la scarpata ionica e le strutture Iblee ss.

I lineamenti geo-litologici e strutturali dell'area in studio, riflettono quelli di tutta la fascia orientale dell'altopiano ibleo caratterizzata in prevalenza da una potente successione carbonatica, che abbraccia con relativa continuit , un intervallo cronologico compreso tra il Miocene e l'Attuale.

*Di seguito, vengono descritti i termini litologici affioranti nell'area in esame.*

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	12 di 51

## 4.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E STRATIGRAFIA NELL'AREA DI PROGETTO

In un intorno significativo rispetto all'area interessata dall'impianto fotovoltaico in oggetto è stato eseguito un rilievo geologico di superficie finalizzato alla individuazione dei caratteri litologici, geomorfologici e strutturali dei terreni presenti, supportato dalle indagini geognostiche effettuate nell'area in esame. I dati ricavati dai sondaggi effettuati unitamente ai dati bibliografici esistenti hanno consentito, di redigere una Carta Geologica in scala 1: 25.000 (di seguito riportata) comprendente sia l'area interessata dall'impianto di fotovoltaico sia le aree attraversate dalla linea AT di collegamento dell'impianto alla SE RTN 220/150 kV BUTERA 2 (CL), e di definire i rapporti stratigrafico-strutturali intercorrenti tra le diverse formazioni affioranti.

Il rilevamento geologico di superficie, esteso ad un'area di circa 20 ettari, interessata dalle opere dell'impianto, cartografati alla scala 1/10.000, e l'elaborazione dei risultati scaturiti dalle indagini geognostiche effettuate sui luoghi di intervento ha portato al riconoscimento nell'area studiata, suddivisa in base alle caratteristiche litologiche affioranti in due sotto aree (vedi figura pag. 9), delle seguenti unità litostratigrafiche: di seguito si descrivono le caratteristiche litologiche, giaciture, strutturali e mineralogiche delle unità lito-geologiche rilevate in ciascuna sotto area, descritte dal livello litologico di copertura verso il basso, rappresentati nella colonna litostratigrafica di seguito allegata:

### AREA 1:

#### - *Depositi di copertura eluviale/colluviale terrosa*

In superficie è presente, con spessori modesti, una copertura di alterazione di aspetto terroso di origine agraria e/o detritico eluviale costituita da ciottoli carbonatici arrotondati in abbondante matrice sabbiosa giallo rossastre. Lo spessore di questo strato di copertura varia dell'ordine di 1,00 m. (Foto 4.1)

#### - *Sabbie e calcareniti gialle (PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE):*

Mostrano giacitura sub-orizzontale e stratificazione parallela; sono sabbie gialle a grana fine e media, contenenti ripetute intercalazioni di *calcareniti* detritico-organogene competenti del Pleistocene medio-superiore. Tale livello stratigrafico raggiunge spessori elevati, si presentano da mediamente addensate a ben addensate con l'aumentare della profondità. (Foto 4.1)


### AREA 2:

#### - *Depositi di copertura eluviale/colluviale terrosa*

In superficie è presente, una copertura di alterazione costituito da sabbie quarzose di colore giallastro poco addensate. Lo spessore di questo strato di copertura varia dell'ordine di 0,62 m. (vedi Foto 4.2)

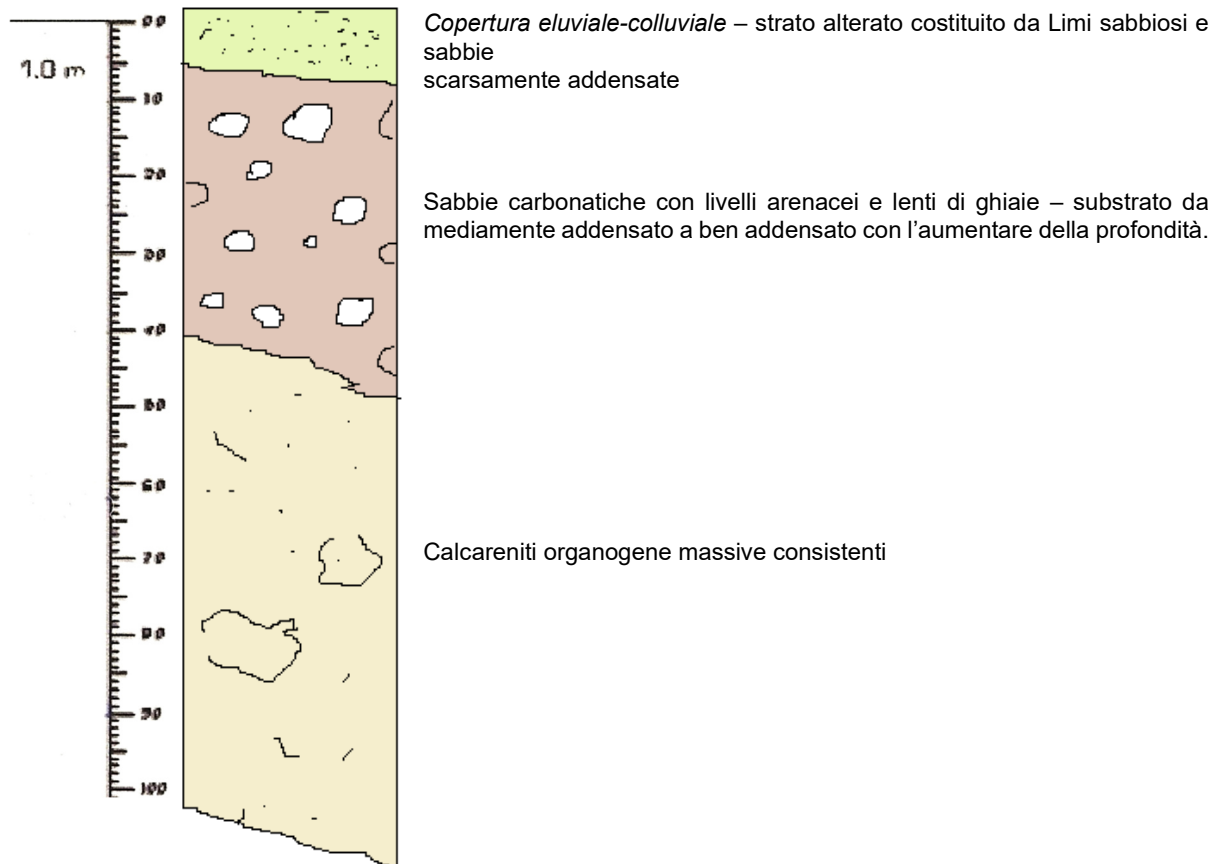
#### - *Depositi sabbioso-argillosi:*


Sono costituiti da *calcareniti e limi sabbiosi e sabbie* giallastre con alternanza di livelli sabbioso-argillosi e/o limoso-argillosi a sabbie con frequenti e ripetute intercalazioni di livelli calcarenitici competenti del Pleistocene medio-superiore.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>13 di 51</b>

## COLONNA LITOSTRATIGRAFICA

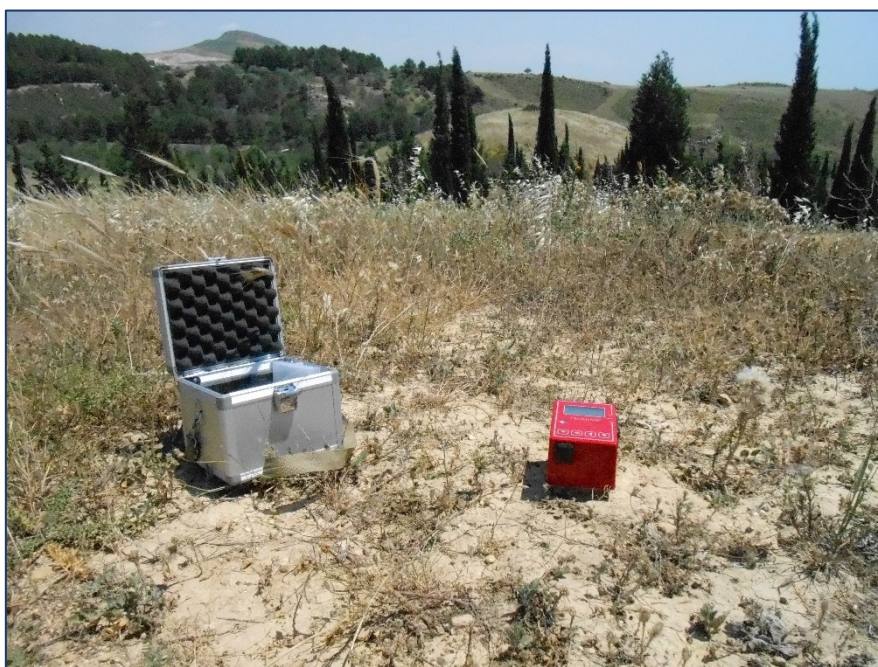
- Scala 1:100 -




	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>14 di 51</b>



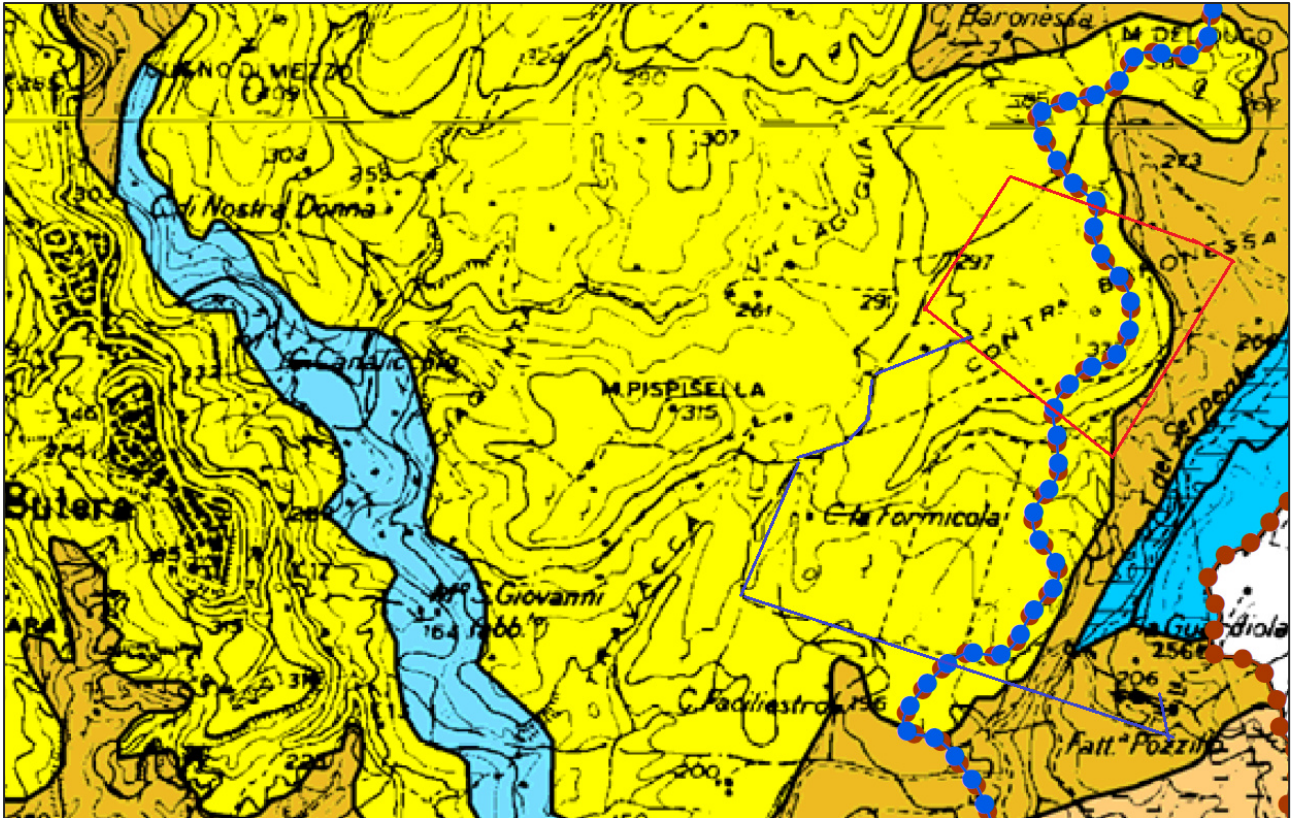
**Figura 4.1: Visibili affioramenti di calcareniti e limi sabbiosi e sabbie giallastre (Area 1)**








**Figura 4.2: terreno costituito da sabbie limoso-argillosi (Area 2)**


	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 14,26 MWp</b> <b>POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW</b> <b>Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b> 0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05</b> <b>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b> 15 di 51

**STRALCIO CARTA GEOLOGICA**  
(Rilievo a scala 1:25.000)



**LEGENDA:**

-  Alluvioni
-  Argille
-  Arenarie molassiche
-  Sabbie mediamente cementate - Calcareniti (tufi)
-  Area interessata dall'impianto fotovoltaico

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	16 di 51

## 5 CENNI DI CLIMATOLOGIA

Per una caratterizzazione generale del clima nel settore sud-orientale della Sicilia nel quale ricade l'area di studio, sono state considerate le informazioni ricavate dall'Atlante Climatologico redatto dall'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Sicilia.

Il clima, con i suoi molteplici aspetti e fenomeni, oltre ad avere contribuito alla formazione del paesaggio, ne influenza e ne condiziona la sua evoluzione, quindi, l'analisi degli elementi climatici è importante non solo per la caratterizzazione climatica di un'area, ma per valutare e prevedere la distribuzione e l'intensità dei fenomeni di alterazione esogena, le risorse idriche sul territorio. In particolare, sono stati considerati gli elementi climatici *temperatura* e *piovosità* registrati presso le stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche situate nei comuni ricadenti all'interno dell'area in esame, considerando un periodo significativo (1965-1994) e confrontando i valori relativi alle escursioni termiche annuali o a quelle mensili, il territorio in esame mostra un andamento termico piuttosto regolare. La temperatura media dei mesi estivi (luglio e agosto) è di 26,1 °C, mentre quella dei mesi invernali (gennaio e febbraio) è di 11,4 °C. La temperatura più alta in assoluto all'interno dell'area è stata registrata nel mese di luglio del 1973 a Mazzarino (46,2 °C), mentre la più bassa è stata rilevata dalla stazione di Mazzarino nel gennaio del 1966 (-3,0 °C).

L'analisi del regime pluviometrico è stata effettuata attraverso gli annali idrologici pubblicati dalla Regione Siciliana (Ufficio Idrografico); in particolare, si sono presi in considerazione i dati inerenti allo stesso periodo 1965-1994 e registrati dalle stazioni di rilevamento, ricadenti all'interno del bacino del Torrente Cuminelli e del Torrente Rizzuto.

Dalle analisi effettuate si evince che il regime pluviometrico dell'area segue più o meno lo stesso andamento di quello termico, ovvero si rileva una zona meridionale, quella prossima alla costa, caratterizzata da una piovosità leggermente più bassa che nel resto dell'area in esame.

I mesi più piovosi sono ovunque quelli invernali (dicembre e gennaio), con valori medi di piovosità di 65,2 mm, mentre quelli meno piovosi sono quelli estivi (giugno e luglio) con valori medi di piovosità di 4,5 mm.


L'anno più piovoso è stato il 1976 quando si è registrata una piovosità media annua per l'intera zona di 71,1 mm di pioggia. L'anno meno piovoso è stato il 1977 con una piovosità media annua per l'intera zona di 18,3 mm. Concludendo, i dati pluviometrici esaminati individuano un clima di tipo temperato-mediterraneo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel semestre autunno-inverno e molto scarse nel semestre primavera-estate.

Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee e, essendo le piogge concentrate in pochi mesi, assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione.

L'evaporazione, che è sempre modesta nei mesi freddi e nelle zone di affioramento dei termini litoidi di natura calcareo-calcareo marnosa, lo è anche nei mesi caldi, a causa dell'elevata permeabilità di tali litotipi (per fessurazione e/o per porosità nella coltre d'alterazione) che favorisce notevolmente l'infiltrazione delle acque ruscellanti. Inoltre, il ruscellamento superficiale risulta moderato anche a causa della morfologia dell'area in esame, la quale mostra rilievi a pendenza generalmente moderata; esso, pertanto, diviene preponderante soltanto nelle zone in cui affiorano i terreni impermeabili e qualora si verificano forti rovesci della durata di poche ore.

Si evince, dunque, che la ricarica degli acquiferi dell'area in esame avviene sostanzialmente nel periodo piovoso e che, pur non mancando saltuari eventi piovosi negli altri mesi dell'anno, durante l'estate, caratterizzata generalmente da lunghi periodi di siccità ed elevate temperature, si verificano condizioni di deficit di umidità negli strati più superficiali del terreno per la mancanza di risalita di acqua per capillarità.



	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	17 di 51

## 6 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI E IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'area in studio situata all'interno del bacino idrografico del Torrente Comunelli il quale è localizzato a sud-ovest dei Monti Erei e precisamente ad ovest del bacino del Fiume Gela (codice 075-P.A.I.). Dal punto di vista amministrativo, il bacino del Torrente Comunelli ricade interamente nella provincia di Caltanissetta e comprende i territori comunali di Mazzarino, Butera e Gela.

L'assetto morfologico del bacino del Torrente Comunelli è prevalentemente collinare caratterizzato da rilievi che non superano i 600 metri di altitudine; soltanto nella sua parte meridionale, in prossimità della foce, la morfologia risulta pianeggiante, sviluppandosi nella zona di pianura alluvionale compresa tra Gela e Licata.

Il Torrente Comunelli nasce ad una quota di circa 470 metri s.l.m. a sud del centro abitato di Mazzarino nei pressi di Villa Alberti e prosegue con andamento N – S lungo un percorso di circa 25 Km sfociando nel Mar Mediterraneo tra le contrade Manfria, in territorio comunale di Gela, e Macconi, in territorio comunale di Butera; nel suo ultimo tratto, infatti, il Torrente Comunelli segna il confine comunale tra i 2 suddetti comuni.


Nel suo percorso iniziale il Torrente Comunelli assume un andamento piuttosto rettilineo, ma già nella zona intermedia del bacino, a nord del centro abitato di Butera, prosegue con un andamento meandriforme che mantiene fino alla foce.

I terreni in studio interessati dall'impinto fotovoltaico presentano un paesaggio collinare con pendenze dolci ad andamento regolare, costituiti da una netta predominanza dei livelli in facies sabbioso-calcarenitica, dove i processi erosivi fluvio-denudazionali danno luogo a valli aperte con sezioni trasversali a V ampie, poco incise e con versanti declivi, La successione è poi ricoperta da coltri detritiche di diversa natura. Le caratteristiche di elevata erodibilità dei terreni, prevalentemente argillosi o argilloso-sabbiosi, spesso se alterati e degradati, unitamente ad altri fattori, quali l'acclività e l'azione degli agenti esogeni, contribuiscono allo stato di erosione diffusa, esponendo i terreni ad una azione di degradazione fisica e denudamento superficiale, laddove è scarsa la vegetazione.

L'area oggetto d'intervento progettuale rientra in una area a morfologia collinare, ad una quota altimetrica media di circa 340 mt s.l.m., all'interno di due impluvi fluviali perimetrali, più o meno incisi, denominati Torrente del Serpente e Vallone L'Aguglia.

Il rilievo geomorfologico dettagliato alle sole aree interessate dall'impianto fotovoltaico evidenzia aree caratterizzate da ampie zone a morfologia collinare con pendenze dolci ad andamento regolare interrotte da piccoli impluvi e distese sub-pianeggianti all'interno delle quali non si riscontrano fenomenologie particolari. Quindi attualmente l'area in studio, da un rilevamento geomorfologico di superficie, non risulta interessata da evidenti processi morfogenetici in atto, tali da comprometterne la stabilità. Inoltre, la superficie netta interessata dall'impianto agri-fotovoltaico non risulta essere mappata né a pericolosità e rischio geomorfologico né a pericolosità e rischio idraulico così come riportato dai rilievi effettuati dal vigente P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico), della Regione - anno 2006 - sul sito di riferimento (Vedi: *Carta dei Dissesti e della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico tavola n°10* - CTR n° 643030 del P.A.I. in scala 1: 10.000, di seguito riportata).

Solo brevi tratti di realizzazione di strade battute e recinzioni, attraversano aree in dissesto evidenziate dal P.A.I. si tratta di frane superficiali dovuti ad erosione accelerata lungo i versanti scoscesi degli impluvi (vedi area 2 a pag. 9). In questi casi si consiglia un buon drenaggio laterale e a monte delle strade e di infiggere i pali della recinzione a profondità di almeno 1,10 metri di profondità da p.c.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	18 di 51

## 7 CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE - AMBIENTALI

L'area in esame dal punto di vista idrografico rientra nella porzione settentrionale del bacino idrografico del Torrente Comunelli il quale è localizzato a sud-ovest dei Monti Erei e precisamente ad ovest del bacino del Fiume Gela (codice 075-P.A.I.).

Prendendo in considerazione la natura geo-litologica dei terreni affioranti, pur tenendo conto dell'estrema variabilità che la permeabilità può presentare anche all'interno di una stessa unità litologica, si è cercato di definire tale parametro per le formazioni affioranti nell'area in studio. A tal fine il complesso idrogeologico affiorante nell'area in esame in base al tipo e al grado di permeabilità che possiede rientra nella classe dei "Terreni mediamente permeabili" in quanto caratterizzate da sedimenti medio – fini litologicamente rappresentati da sabbie, silt e limi con lenti ghiaiose e ciottoli, presentano permeabilità di tipo primaria, che aumenta dove prevalgono i termini grossolani (sabbie) e diminuisce ove prevalgono i silt e limi. Nel suo insieme, questa formazione presenta un buon grado di permeabilità per porosità da media ad elevata, che tende a ridursi in corrispondenza delle frazioni pelitiche ( $K = 10^{-3} \text{ } ^2 \text{ cm/s}$ ).

Più nel dettaglio abbiamo un **primo livello** più superficiale di copertura, di spessore medio per l'intera area di circa 0,70 m (Coltre superficiale costituita da ciottoli carbonatici arrotondati in abbondante matrice sabbiosa), a permeabilità medio-bassa con un **coefficiente di permeabilità K valutabile intorno a  $10^{-2} < K < 10^{-4} \text{ cm/s}$** ; esso è granulometricamente ascrivibile nel campo delle sabbie argillose con ghiaie.


Il **secondo livello** stratigrafico di spessore elevato composto da materiali a grana media di natura sabbiosa e sabbio argillosa in profondità, presenta, un'estrema variabilità sia all'interno del litotipo stesso (per l'alternanza dei livelli sabbiosi, sabbio-limosi e argillo-sabbiosi), per la diversa granulometria e per il diverso grado di cementazione, determinando una forte anisotropia nei confronti della permeabilità. Pertanto, *il grado di permeabilità* è in funzione di queste variabili e può essere *stimato come medio*, con valori di **costante di permeabilità "K" compresi tra  $10^{-3} \text{ cm/s}$  e  $10^{-2} \text{ cm/s}$** , dove si ha una discreta infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo.

L'area interessata dall'impianto non presenta corpi idrici superficiali e sotterranei destinati all'emungimento per scopi potabili, a protezione dei rischi di inquinamento del suolo e del sottosuolo, di cui al DPR 236/88 e DL 152/99 e s.m. e i. Dall'analisi della cartografia tematica della Regione Sicilia – *Piano di Tutela delle acque della Sicilia* – risulta che per il settore in esame *non è inserita* in alcuna *zona vulnerabile*; a conferma di quanto asserito in merito alla vulnerabilità della risorsa idrica, sia superficiale che profonda.

Non va sottovalutata la circolazione idrica sotterranea che può avvenire nei periodi invernali, specie durante e immediatamente dopo abbondanti precipitazioni.

Per cui è consigliabile in fase di calcolo di qualsiasi struttura tenere conto, precauzionalmente, delle pressioni interstiziali. È comunque da escludere che durante i movimenti di terra, necessari per l'attuazione delle intenzioni progettuali, si possono intercettare livelli idrici di particolare importanza. Inoltre, si esclude il rischio di inquinamento idrico durante la fase di cantiere.

Pertanto, l'impianto fotovoltaico in progetto non costituisce alcun turbamento all'equilibrio idrogeologico dell'area, sia per quanto riguarda le acque di scorrimento superficiali che per quelle sotterranee né dissesti idrogeologici in genere in quanto l'intervento progettatale verrà realizzato il più possibile in funzione della salvaguardia, della qualità e della tutela dell'ambiente mantenendo se non migliorando gli equilibri idro-geomorfologici attuali.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>19 di 51</b>

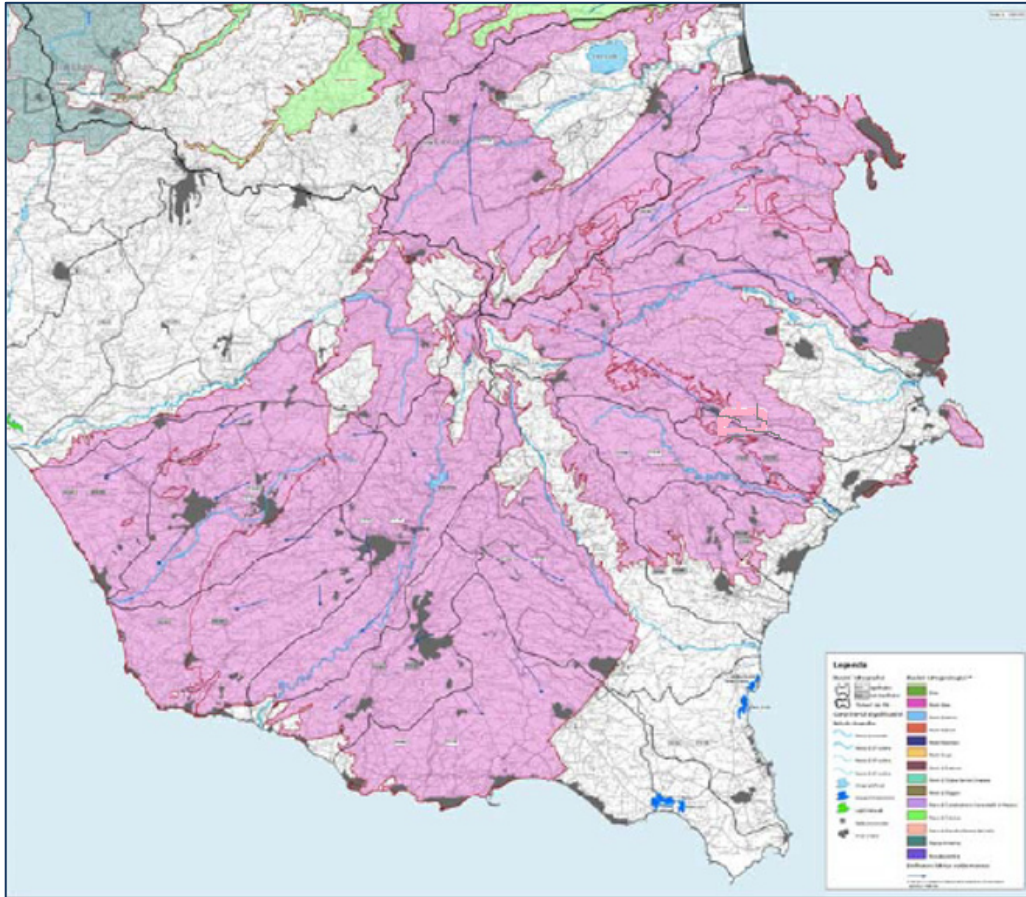



Figura 7.1 – principali linee di flusso delle acque sotterranee nel Bacino Idrogeologico degli Iblei (PTA-Sicilia) a cura di INGV-PCM Comm. Straordinario. Bonifiche Tutela Acque Sicilia;

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	20 di 51

## 8 CARTA DEI DISSESTI E PERICOLOSITÀ IDRAULICA- REGIME VINCOLISTICO

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 dall'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.

Nel Piano Straordinario per l'assetto idrogeologico, approvato con D.A. n. 298/41b del 4/7/00, erano stati individuati nel territorio Siciliano n. 57 bacini idrografici principali. Tale suddivisione è stata estrapolata da quella contenuta nel Censimento dei Corpi Idrici – Piano Regionale di Risanamento delle acque, pubblicato dalla Regione Siciliana nel 1986 nell'aggiornamento del Piano Straordinario, approvato con D.A. n. 543 del 22/7/02, erano state individuate le aree territoriali intermedie ai sopra elencati bacini idrografici principali.

Con il P.A.I. viene così effettuata la perimetrazione delle aree a pericolosità e a rischio, in particolare, dove la vulnerabilità si connette a gravi pericoli per le persone, le strutture ed infrastrutture ed il patrimonio ambientale e vengono altresì definite le norme di salvaguardia.

Tutto ciò al fine di pervenire ad una puntuale definizione dei livelli di rischio e fornire criteri e indirizzi indispensabili per l'adozione di norme di prevenzione e per la realizzazione di interventi volti a mitigare od eliminare il rischio. Il Piano è suscettibile di aggiornamento a seguito di variazioni succedutesi nel tempo o a nuovi studi che dimostrino un diverso assetto del territorio, così come indicato nelle Norme di Attuazione (cap.11 della Relazione Generale).

L'area in esame appartenente al territorio comunale di Butera rientra nell'area territoriale del Bacino Idrografico del Torrente Cuminelli (codice 075-P.A.I.).


Dalle carte riprodotte in tale studio e relativamente alla *Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico e dei Dissesti, tavola n° 10 del P.A.I. (rilievo 2006) "Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico" C.T.R. n°643030*, in cui ricadono tutti i terreni in esame, interessati dalle opere dell'impianto fotovoltaico, si osserva una morfologia tipicamente collinare con pendenze dolci ad andamento regolare interrotte da piccoli impluvi e distese sub-pianeggianti all'interno delle quali non si riscontrano fenomenologie particolari e non risulta essere mappata né a pericolosità e rischio geomorfologico né a pericolosità e rischio idraulico così come riportato dai rilievi effettuati dal vigente P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico), della Regione Sicilia di seguito riportata. La Figura 8.6 mostra che nessuna porzione dell'area del sito in oggetto, interessata dall'impianto, presenta problematiche relative a pericolosità o rischio idraulico o geomorfologico.

Nelle Figura 8.1 si evidenzia che l'area in oggetto è soggetta a vincolo idrogeologico - aree fiumi 150 m.- art.142, lett. c, D.lgs.42/04 (area in turchese). Quest'area è stata esclusa da quella netta per l'impianto, perché non idonea.

Il Servizio Riserve Naturali del Comando del Corpo Forestale, utilizzando anche le informazioni territoriali fornite dal S.I.F. e partendo dai 107 bacini idrografici utilizzati dal Piano di Assetto Idrologico (PAI) della Regione Siciliana, ha recentemente provveduto a delimitare i bacini idrografici montani che insistono nel territorio della Regione Sicilia. Per questa tipologia di bacini la competenza risulta essere del Dipartimento Regionale Forestale, ai sensi della Legge Regionale n. 16 del 1996. L'area rientra nel bacino montano vallivo n. 075 "Cumielli-Gela" ed è sottoposta a vincolo idrogeologico normato dall'art. 1 del **Regio decreto n° 3267 sez. I del 30/12/1923** ed approvazione ed applicazione nel R.D.L. 16/05/1926 n. 1126, circa il "**Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani**". (Fig. 8.2 e 8.3)


L'intera area oggetto d'intervento è esclusa da zone soggette a vincolo paesaggistico.

L'area in esame è soggetta a Vincolo sismico ai sensi della Legge n. 64 del 2/02/1974; Oltre a quanto descritto ai punti precedenti, sull'area non gravano altri vincoli di natura storico architettonica, idrogeologica, o altri vincoli previsti da leggi.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	21 di 51

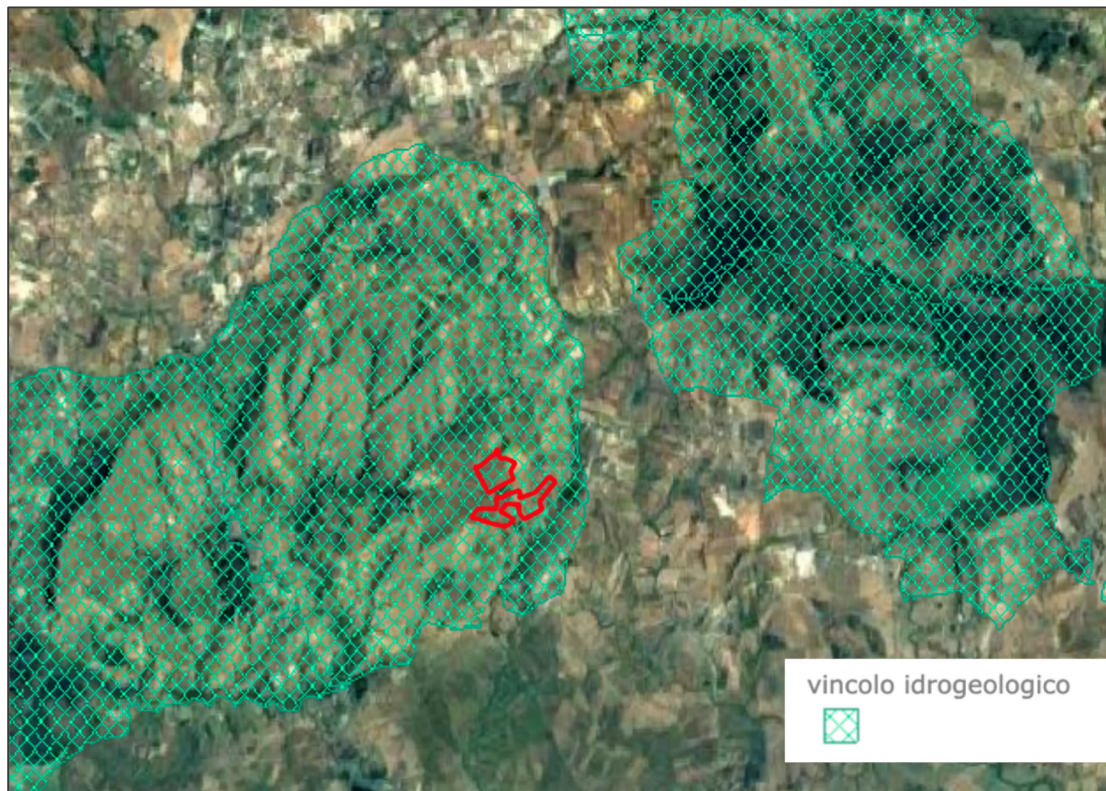


*Figura 8.1: Beni Paesaggistici – aree fiumi 150m.- art.142, lett. C (D. Lgs. 42/2004)*

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>22 di 51</b>

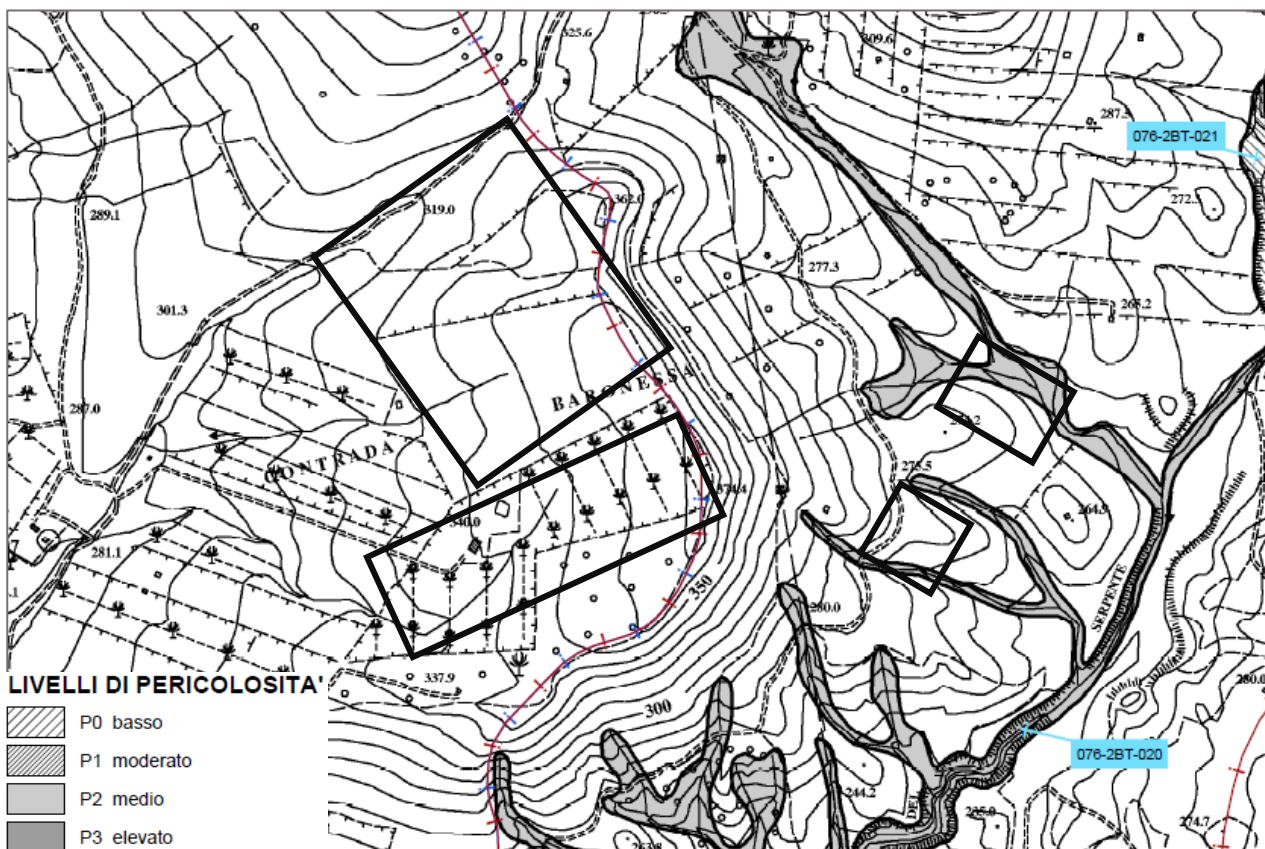


*Figura 8.2: Inquadramento vincolistico PAI – geomorfologico*



*Figura 8.3: Vincolo Idrogeologico*

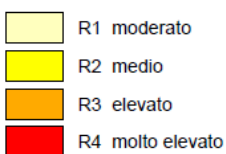
Area territoriale del Bacino Idrografico del Torrente Cuminelli (codice 075-P.A.I.).  
STRALCIO CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N°10  
(rilievo P.A.I. 2006 in scala originale 1: 10.000) - C.T.R. n° 643030 -





**LIVELLI DI PERICOLOSITA'**




**LIVELLI DI RISCHIO**



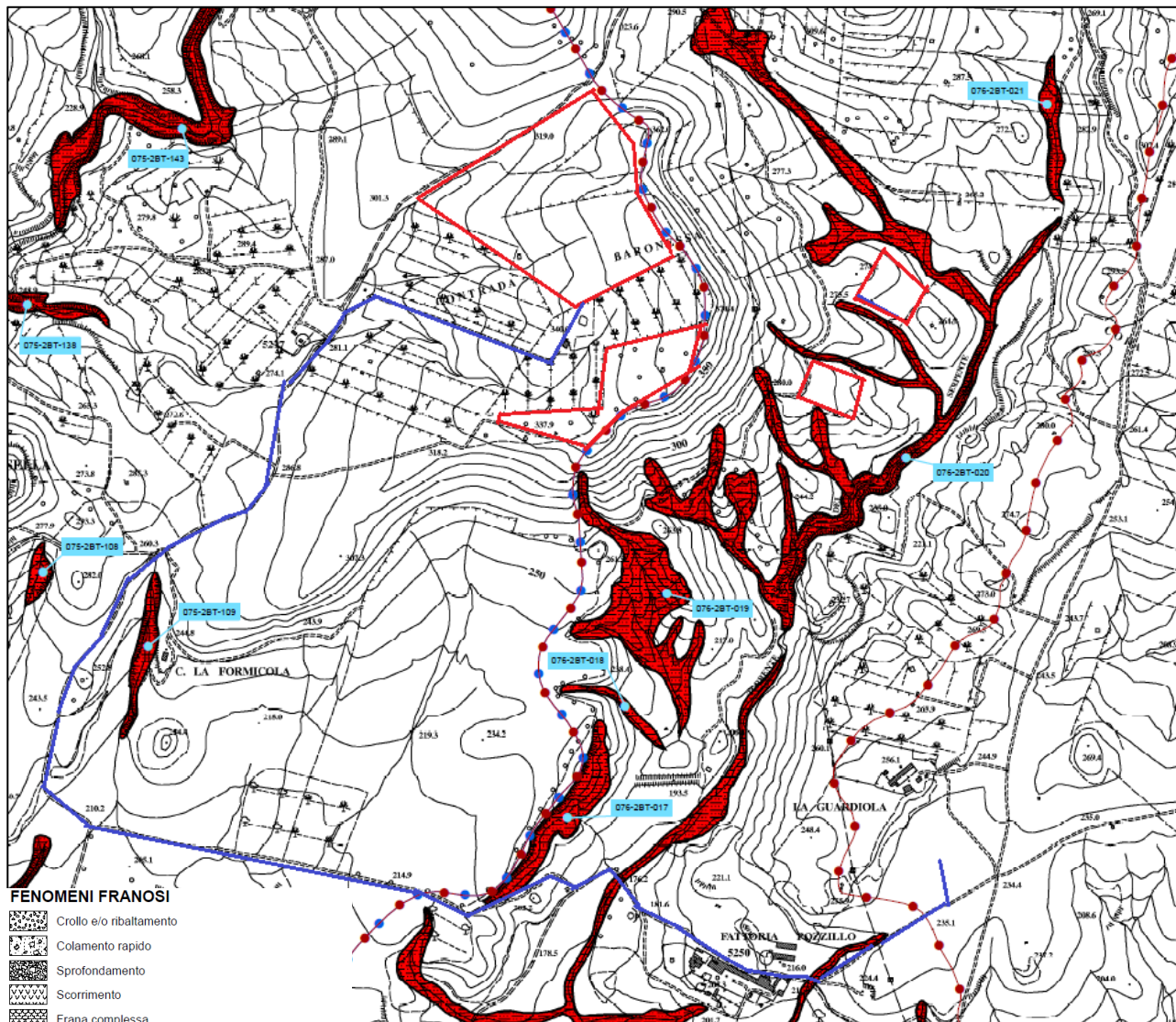
 Limite bacino idrografico

 Limite area intermedia


 Limite comunale

 Area interessata dall'istallazione dell'impianto fotovoltaico





Area territoriale del Bacino Idrografico del Torrente Cuminelli (codice 075-P.A.I.).  
STRALCIO CARTA DEI DISSESTI N°10 - C.T.R. n° 643030 -  
(rilievo P.A.I. 2006 in scala originale 1: 10.000)






**FENOMENI FRANOSI**

-  Crollo e/o ribaltamento
-  Colamento rapido
-  Sprofondamento
-  Scorrimento
-  Frana complessa
-  Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
-  Colamento lento
-  Area a franosità diffusa
-  Deformazione superficiale lenta
-  Calanco
-  Dissesti dovuti ad erosione accelerata
-  Sito d'attenzione

**STATO DI ATTIVITA'**

-  Attivo
-  Inattivo
-  Quiescente
-  Stabilizzato artificialmente o naturalmente

-  Limite bacino idrografico
-  Limite area intermedia
-  Limite comunale




Area interessata dall'impianto



Linea di connessione  
fino alla S.E. BUTERA 2 120/220



	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>25 di 51</b>

## 9 OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

La durata dell'area di impianto e dell'impianto stesso dal punto di vista strutturale è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

Nell'area in esame verranno realizzati degli interventi che avranno due differenti linee di obiettivi:

1. mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrogeologico" preesistenti (ante realizzazione del parco fotovoltaico denominato "BUTERA PV");
2. regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità del parco fotovoltaico, attraverso la realizzazione di una adeguata rete drenante, volta a proteggere le opere civili presenti nell'area. Le acque defluenti dall'area di impianto verranno raccolte ed allontanate dalle opere idrauliche in progetto, che consistono principalmente in una risagomatura della superficie topografica e nella realizzazione di una rete di canalette in terra a cielo aperto per l'allontanamento rapido delle acque piovane, ed altre opere accessorie di natura idraulica che verranno realizzate in contropendenza per convogliare l'acqua di prima pioggia da un lato all'altro dell' impianto e convogliate lungo gli impluvi naturali presenti nell'area di progetto.

### 9.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Il tracciato delle opere di regimazione è stato suggerito a partire dal layout dell'impianto fotovoltaico e dal modello tridimensionale del suolo, individuando le vie preferenziali di deflusso, gli impluvi (ed i solchi di erosione) interferenti con le opere in progetto nonché le caratteristiche plano-altimetriche delle aree di impianto.

Al fine di favorire il deflusso delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale è prevista una rete di allontanamento delle stesse, in leggera contropendenza, costituita da canalette drenanti in terra a cielo aperto scavate nel terreno naturale e rinverdite con recapito lungo gli impluvi naturali presenti nell'area di progetto. Le canalette saranno realizzate in scavo con una sezione di forma trapezio di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di  $26^\circ$ .

In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità si sono previsti dei tratti interrati composti da scatolati in c.a. carrabili o da tubazioni in HDPE carrabili.

Lo scopo delle canalette e dei condotti interrati è quello di permettere il deflusso e l'allontanamento delle acque meteoriche dall'intera superficie interessata dall'impianto di fotovoltaico.

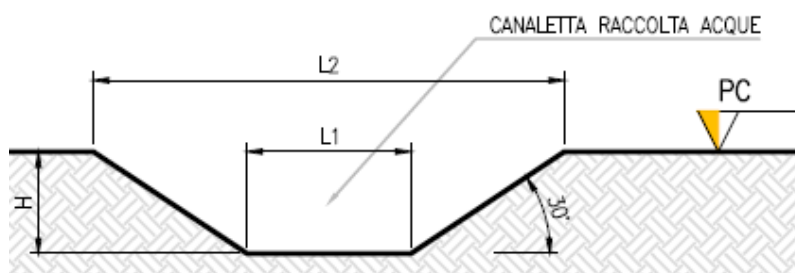



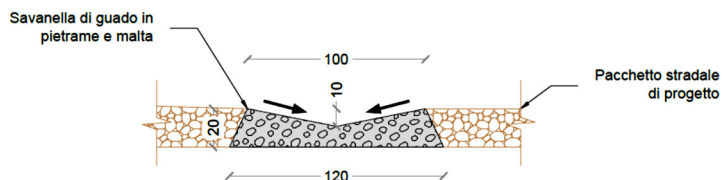
Figura 9.2 - Sezione "Tipo" canaletta di drenaggio realizzata in scavo

Gli scarichi della rete di drenaggio convergeranno ai ricettori esistenti.


In fase esecutiva, qualora ritenute necessarie, potranno realizzarsi opere di protezione stradale del tipo sottoelencato:

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	26 di 51

- **Savanelle di guado in pietrame e malta** per un attraversamento “a raso” della viabilità di progetto.



Per quanto riguarda la realizzazione di strade battute e recinzioni in quei brevi tratti dove attraversano aree in dissesto, evidenziate dal P.A.I. si tratta di frane superficiali dovuti ad erosione accelerata lungo i versanti scoscesi degli impluvi (vedi area 2 ), in questi casi si consiglia un buon drenaggio laterale e a monte delle strade e di infiggere i pali della recinzione a profondità di almeno 1,10 metri da p.c.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	27 di 51

## 10 CONSIDERAZIONI IDRO-GEOMORFOLOGICHE E REGIME VINCOLISTICO RILEVATE SULLE AREE ATTRAVERSATE DALLE OPERE DI CONNESSIONE – LINEA AT

L'opera in progetto prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica installato a terra della potenza di 14,26 MWp. La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali su strutture mobili sospese (tracker) di tipo mono-assiale ancorate a terra mediante opere infrastrutturali e di fondazione che il progettista riterrà più idonee in base alle caratteristiche geomeccaniche e sismiche del sottosuolo indagato, esposte in questa relazione.

L'impianto fotovoltaico sarà tecnicamente connesso in parallelo alla RTN nel rispetto delle norme CEI e delle condizioni di TERNA S.p.A. L'ipotesi di connessione prevede il collegamento dell'impianto alla SE RTN 220/150 kV BUTERA 2 (CL) con realizzazione di stallo a 36kV come da nuovo standard di connessione approvato dalla ARERA in data 20.10.2021. La lunghezza della linea di connessione individuata dall'impianto FV alla Futura SE BUTERA 2 è di circa 4,15 km. (Fig. 2.1)

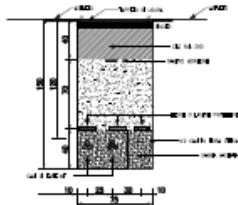
L'area catastale di progetto, di potenza nominale di 15,18 MWp, risulta essere pari a ca. 37,70 ha di cui ca. 16,25 ha tutti recintati, verranno utilizzati per l'installazione dei moduli fotovoltaici nonché delle Power Station (o cabine di campo) che avranno la funzione di elevare la tensione da bassa (BT) a media (MT). Le aree, saranno connesse mediante cavo interrato MT e mediante una cabina di consegna MT, collocata all'interno dell'Area 1, uscirà un unico cavo MT a 30 kV che si estenderà lungo la viabilità pubblica fino a raggiungere la stazione di utenza che eleverà la tensione da 30 kV a 150 kV per poi interconnettersi mediante cavo AT alla CP "Futura SE BUTERA 2". Tutti i cavi di connessione saranno interrati e l'insieme del cavo MT e AT avrà un'estensione totale di oltre 4,15 km.

Dalla consultazione sugli elaborati geomorfologici allegati al P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Sicilia, sul sito di riferimento (Vedi: Carta aree di attenzione per pericolo frane e inondazioni - *Tavola n°10* - CTR n° 643030 del P.A.I. in scala 1: 10.000, di seguito riportata, si osserva che l'area netta interessata dalle opere dell'impianto fotovoltaico non è interessata attualmente da fenomeni geomorfologici quali dissesti franosi, erosioni etc. Ulteriori controlli effettuati sugli inventari dei fenomeni franosi, Progetto IFFI (ISPRA), visionabile dal sito web dell'ISPRA, non si riscontra la presenza di fenomeni franosi di alcun livello in tutta l'area che interessa l'impianto e i tracciati della linea di connessione alla RTN in progetto, nonché sopralluoghi di verifica direttamente in campo, hanno permesso di escludere la presenza di dissesti rilevanti nell'area di studio. Solo brevi tratti di realizzazione di strade battute e recinzioni, attraversano aree in dissesto evidenziate dal P.A.I. si tratta di frane superficiali dovuti ad erosione accelerata lungo i versanti scoscesi degli impluvi (vedi area 2). In questi casi si consiglia un buon drenaggio laterale e a monte delle strade e di infiggere i pali della recinzione a profondità di almeno 1,10 metro di profondità da p.c.

## SEZIONE TIPICA VIE CAVO INTERRATO

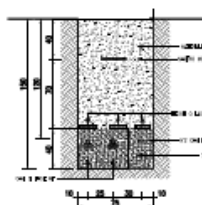
SEZIONE TIPICA VIE CAVO  
SU STRADE ASFALTATE \*

SEZIONE TIPO "DA"



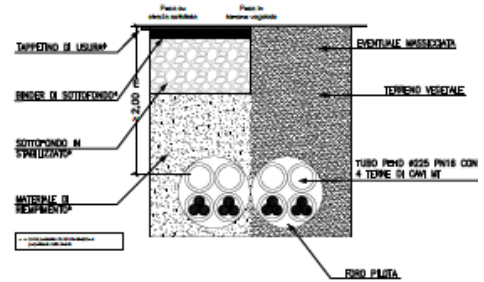
SEZIONE TIPICA VIE CAVO  
SU STRADE STERRATE \*

SEZIONE TIPO "D"



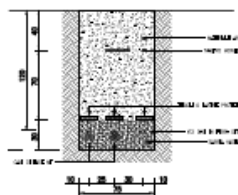
SEZIONE TIPICA PERFORAZIONE  
TELEGUIDATA A TRIFOGLIO \*

SEZIONE TIPO "TOC"

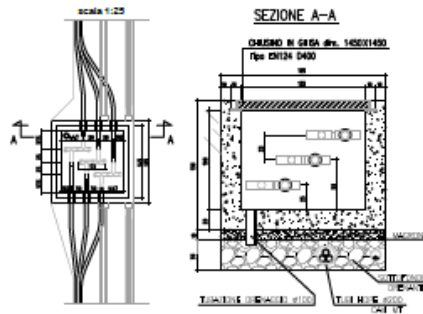


SEZIONE TIPICA VIE CAVO  
SU STRADE STERRATE \*


SEZIONE TIPO "B"



SEZIONE TIPICA VIE CAVO  
POZZETTO SEZIONABILE



(\*) DISEGNI NON IN SCALA

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	29 di 51

## 11 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

I terreni, direttamente interessati dall'Impianto di fotovoltaico, sono caratterizzati da affioramenti depositi di facies sabbioso-calcarenitica. Nella letteratura geotecnica il substrato descritto è ascrivibile al gruppo di rocce semicoerenti a luoghi incoerenti nella frazione argillosa, a erodibilità medio – alta e la loro resistenza al taglio aumenta col costipamento e con un gradiente che risulta essere tanto maggiore quanto minore è la porosità.

Per la caratterizzazione geotecnica delle *Unità Litotecniche* riscontrate si è fatto ricorso, all'esperienza consolidata dello scrivente su morfologie e litologie analoghe ai terreni in oggetto e per avere preso visione di numerosi fronti di scavo e sezioni presenti nell'area di progetto comparati con i risultati acquisiti dalle prove penetrometriche di tipo dinamico medio (SPT) e dalle indagini di sismica passiva e geoelettrica eseguite nell'area in studio, al fine di definire le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del suolo di fondazione interessato dalle opere di progetto. Dall'elaborazione dei risultati scaturiti dalle indagini geognostiche effettuate sui luoghi è stato possibile ricostruire il profilo litostratigrafico (vedi colonna Litostratigrafica di seguito allegata) e quantificare le caratteristiche geo-meccaniche dei terreni indagati fornendo i seguenti **parametri geotecnici**, riferibili alla coesione, l'angolo di attrito interno ed al peso di volume, che il progettista dovrà tenere conto in sede di scelta di progetto:

**- Per la successione litotecnica rilevata nell'intera "Area 1" interessata dalle fondazioni dell'impianto fotovoltaico, si possono stimare i seguenti parametri geotecnici riepilogativi, dopo avere asportato l'intera coltre superficiale di copertura alterata influenzata dalle variazioni meteorologiche stagionali di circa 0,40 m:**

### **Parametri geo-meccanici medi ricavate da P.D.M.**

I dati riportati fanno riferimento ai valori minimi desunti dall'indagine eseguita, ridimensionati in funzione dell'indice di consistenza dei vari strati attraversati.


Profondità (m)	Modulo di deformazione drenato - $E'_{ed}$ / Kg/cm <sup>2</sup>	Angolo di attrito ( $\Phi'$ )	Coesione drenata ( $c'$ ) - Kg/cm <sup>2</sup>	Coesione non drenata ( $c_u$ ) - Kg/cm <sup>2</sup>
<b>0,40 – 1,00:</b> Limi sabbiosi e sabbie mediamente addensate	300	18°	0,05	0,88
<b>1,00 - 4,00:</b> Sabbie carbonatiche con livelli arenacei e lenti di ghiaie – substrato addensato a ben addensato con l'aumentare della profondità	420	26°	0,10	.....

### **Parametri geofisici**

Profondità (m)	Peso unità di volume secco $\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo ( $\rho_{sat}$ ) t/m <sup>3</sup>	Contenuto d'acqua %	Indice dei vuoti
<b>0,40 - 1,00</b>	1,60	1,80	30	0.600
<b>1,00 – 4,00</b>	1,70	2,00	20	0.450

Vedi report prove penetrometriche dinamiche "Allegato 1", dove sono riportati le tabelle riepilogative delle prove P.DIN. eseguite ed i relativi certificati<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Allegato 1

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	30 di 51

- Per la successione litotecnica rilevata nell'intera "Area 2" interessata dalle fondazioni dell'impianto fotovoltaico, si possono stimare i seguenti parametri geotecnici riepilogativi, dopo avere asportato l'intera coltre superficiale di copertura alterata influenzata dalle variazioni meteorologiche stagionali di circa 0,40 m:

#### **Parametri geo-meccanici medi ricavate da P.D.M.**

I dati riportati fanno riferimento ai valori minimi desunti dall'indagine eseguita, ridimensionati in funzione dell'indice di consistenza dei vari strati attraversati.


Profondità (m)	Modulo di deformazione drenato - $E'_{ed}$ / Kg/cm <sup>2</sup>	Angolo di attrito ( $\Phi'$ )	Coesione drenata ( $c'$ ) - Kg/cm <sup>2</sup>	Coesione non drenata ( $c_u$ ) - Kg/cm <sup>2</sup>
<b>0,40 – 0,90:</b> limi sabbiosi e sabbie mediamente addensate	400	19°	0,05	1,20
<b>0,90 - 4,00:</b> Sabbie argillose con livelli arenacei e siltoso - argillosi, da mediamente addensate ad addensate con la profondità	430	25°	0,12	.....

#### **Parametri geofisici**

Profondità (m)	Peso unità di volume secco $\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo ( $\rho_{sat.}$ ) t/m <sup>3</sup>	Contenuto d'acqua %	Indice dei vuoti
<b>0,40 - 0,90</b>	1,60	1,80	20	0.648
<b>0,90 – 4,00</b>	1,75	1,95	15	0.470

Vedi report prove penetrometriche dinamiche "Allegato 1", dove sono riportati le tabelle riepilogative delle prove P.DIN. eseguite ed i relativi certificati<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Allegato 1

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	31 di 51

## 12 INDAGINI GEOFISICHE DEL SOTTOSUOLO AI FINI DALL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

### 12.1 PREMESSA

A supporto dello studio geologico, relativo all'intervento progettuale oggetto di questa Relazione sono state effettuate tre indagini geofisiche per la definizione dell'azione sismica di progetto e per analizzare il comportamento sismico del terreno di fondazione in conformità al D.M. 17.01.2018 Norme Tecniche per le Costruzioni.


Nella fattispecie sono state eseguite cinque acquisizioni sismiche, con l'impiego della tecnica di sismica passiva a stazione singola, per una finestra temporale di 20 minuti denominati - TR1 - TR2 - TR3 - la quale mette in luce le frequenze alle quali lo scuotimento del terreno viene amplificato per risonanza morfologica e stratigrafica.

L'analisi in situ, realizzata con **Tromografo** elettronico digitale TROMINO® ENGINEERING il quale, è un tipo particolare di sismometro creato per la misurazione del tremore sismico ambientale e delle frequenze di risonanza dei terreni, ha permesso attraverso le caratteristiche elastiche del terreno e le discontinuità sismiche presenti, legate alle variazioni litologiche, di determinare:

- il *rapporto spettrale H/V* (componenti orizzontali X-Y in rapporto alla verticale Z) del micro-tremore ambientale (sismica passiva) per la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo naturale e valutare la *risposta sismica del sito ed eventuali effetti di amplificazione sismica, topografica e stratigrafica locale, del moto in superficie*;
- *Profili vincolati di velocità delle onde di superficie (prossimi ad onde S)*
- *Ricostruzione del modello geologico stratigrafico, del volume di terreno interessato dalle fondazioni dell'opera soprastante*;
- *Stratigrafia del sottosuolo (e individuazione di sedimenti saturi d'acqua per, eventuale, presenza di falda freatica sotterranea che potrebbe, comportare variazioni delle caratteristiche geo-meccaniche dei terreni e risposte sismiche locali diversificate es.: variazione di amplificazione del segnale sismico locale)*;
- *Discontinuità e cavità all'interno della roccia.*
- *Mappatura della profondità del bed rock con alta precisione.*
- *la velocità equivalente media ponderata delle onde di taglio "S" nei primi H m di spessore del substrato, "Vs\_eq", in presenza di un vincolo ossia profondità dello strato riflettore, e la categoria di sottosuolo associata secondo quanto previsto nel D.M. 14/01/2008 relativo alle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e Nuovi Aggiornamenti del 17/01/2018 e succ. modifiche ed integrazioni.*

Questo tipo di indagine ha lo scopo di fornire indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo con costi e tempi ridotti, e solo successivamente alla luce dei risultati acquisiti, prevenire eventuali analisi di dettaglio con altre metodologie. Evitando sprechi economici per altre indagini inutili e invasivi. Inoltre, per la caratterizzazione sismica di un sito, secondo la Normativa sopra citata, la tecnica sismica passiva a stazione singola è verosimilmente quella che ha più aspetti positivi perché misura (e non "deriva" da altri N parametri) le frequenze di risonanza senza limiti di profondità nell'intervallo d'interesse geotecnico e strutturale e in modo molto rapido e non invasivo.

La restituzione dei dati, con relativa interpretazione del "profilo sismico", avvenuta attraverso il software "Grilla" è riportata in allegato alla presente. A seguito dell'analisi della prospezione sismica eseguita si riporta la classificazione della categoria di suolo di fondazione secondo quanto previsto nel D.M. 17/01/2018 relativo alle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e il valore di picco di accelerazione al suolo del sito.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	32 di 51

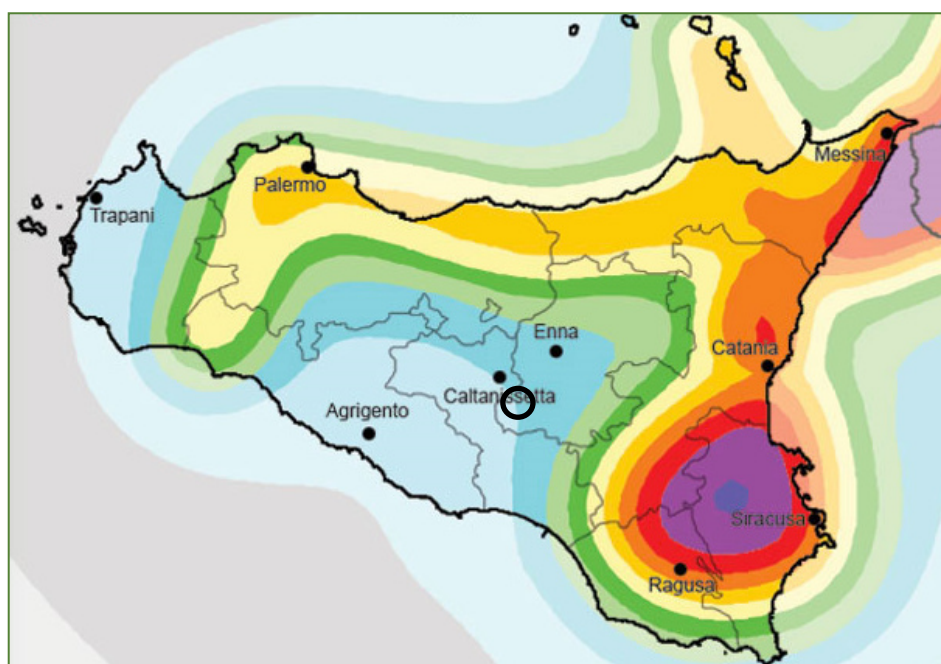
## 12.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La nuova normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica” – costituisce la nuova legge di riferimento per la progettazione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento sismico su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azione.

Il territorio Comunale di Butera risulta classificato in Zona sismica 2 - sismicità media dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti - con i seguenti valori, di accelerazione massima del suolo [ $a(g)$ ], riferita ai suoli rigidi, compresi tra 0.175 e 0.225 *g* con accelerazione massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $ag$ ) di 0.25 *g*, (OPCM 3519/06).

La sismicità del settore orientale, è caratterizzata da una serie di eventi sismici a magnitudo elevata distribuiti in lunghi periodi di tempo, intercalati a un numero molto maggiore di eventi sismici a magnitudo media abbastanza frequenti anche in tempi recenti.

La pericolosità di tale attività scaturisce dalla presenza di strutture sismogenetiche differenti.

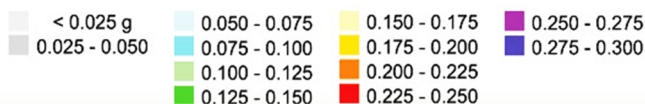


**ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

### Mapa di pericolosità sismica del territorio


(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



In ossequio alle direttive previste dallo stesso decreto D.M. 14 gennaio 2008 e nuovi aggiornamenti 17 gennaio 2018, sono state attenzionate le problematiche riguardanti il fattore pericolosità sismica locale, che rappresenta il primo passo per la riduzione del rischio sismico. È necessario, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.



	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	33 di 51

**La pericolosità sismica**, intesa come la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito, è legata, oltre che alle caratteristiche sismo-tettoniche dell'area e alla propagazione delle onde ed anche alle caratteristiche geologiche locali denominata "risposta sismica locale". Si denomina "risposta sismica locale" l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. È noto, infatti, che in occasione di eventi sismici di una certa rilevanza, si verificano effetti differenti connessi a particolari condizioni geologico-geomorfologiche detti effetti stratigrafici e topografici:

- **effetti stratigrafici**, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;

- **effetti topografici**, legati alla configurazione topografica del piano campagna.


La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello rifratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza. Questi effetti, producono danni anche molto diversificati su manufatti di caratteristiche strutturali analoghe, situati anche a breve distanza.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II (A, B, C, D, E) della normativa vigente in materia antisismica NTC 2018. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione definita in (Tab. 3.2.III – T1, T2, T3 T4) della normativa vigente in materia antisismica, vedi – Nuova Normativa Antisismica del 17/01/2018.

### 12.3 METODOLOGIA SISMICA ADOPERATA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le indagini geosismiche sono state realizzate avvalendosi del metodo sismico che utilizza l'acquisizione del "rumore sismico" di fondo come funzione di eccitazione. Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre, si chiama anche *micro-tremore* poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

I micro-tremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossime a quella delle onde S (vedi ad es. Lachet e Bard, 1994), il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime. Dai primi studi di "Kanai" (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei "rapporti spettrali" tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale ("Horizontal to Vertical Spectral Ratio", HVSR o H/V), proposta da "Nogoshi e Igarashi" (1970) e resa popolare da Nakamura (1989). Tale tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della "*frequenza fondamentale di risonanza*" del sottosuolo indagato ("Field e Jacob", 1993; "Lachet e Bard", 1994; "Lermo e Chavez-Garcia", 1993, 1994; "Bard", 1998; "Ibsvon Seht e Wohlenberg", 1999; "Fah et al.", 2001; solo per citarne alcune), così come è altrettanto riconosciuto che le ampiezze di detti rapporti spettrali H/V rappresentino un indicatore dell'amplificazione "minima" attesa al sito, in caso di terremoto. In altre parole, se consideriamo un terremoto composto di onde di volume (dominanti nella prima fase - primi secondi – dell'evento) e di onde di superficie (dominanti nella seconda fase del terremoto), l'amplificazione registrata con il micro-tremore coincide con quella attesa per il treno di onde di superficie del terremoto (il cosiddetto "sciame" del terremoto) mentre può essere inferiore a quella reale nei primi secondi del terremoto. Tale tecnica si fonda, infatti, su un segnale composto per la

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	34 di 51

maggior parte da onde di superficie (Rayleigh e Love che sono quelle che provocano i maggiori danni nei terremoti a causa della loro ampiezza) e sfrutta la proprietà per cui la componente spettrale verticale (Rayleigh) si annulla in corrispondenza delle auto-frequenze dell'onda di volume SH questo è il motivo per cui si osserva un massimo nella curva H/V in corrispondenza di queste frequenze. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze, per l'appunto di risonanza, non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle auto-frequenze dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

Le misure di "micro-tremore sismico ambientale" sono state effettuate per mezzo di un *tromografo digitale portatile progettato per l'acquisizione del rumore sismico*. Lo strumento (*Tromino®Engy, Micromed SpA, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso*) è dotato di: sei canali connessi a tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali (N-S, E-W e verticalmente), più un canale per il segnale GPS e un canale analogico con trigger esterno per l'applicazione di sismica attiva.


I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz e per una finestra temporale di 20 minuti su terreno naturale, lo strumento è stato orientato in direzione Nord, le condizioni meteorologiche durante la misura: si presentava cielo sereno temperatura 26°C circa, vento 14 km/h S.E.

Lo strumento memorizza i dati in una scheda di memoria interna da 1 Gb, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico od elettronico.

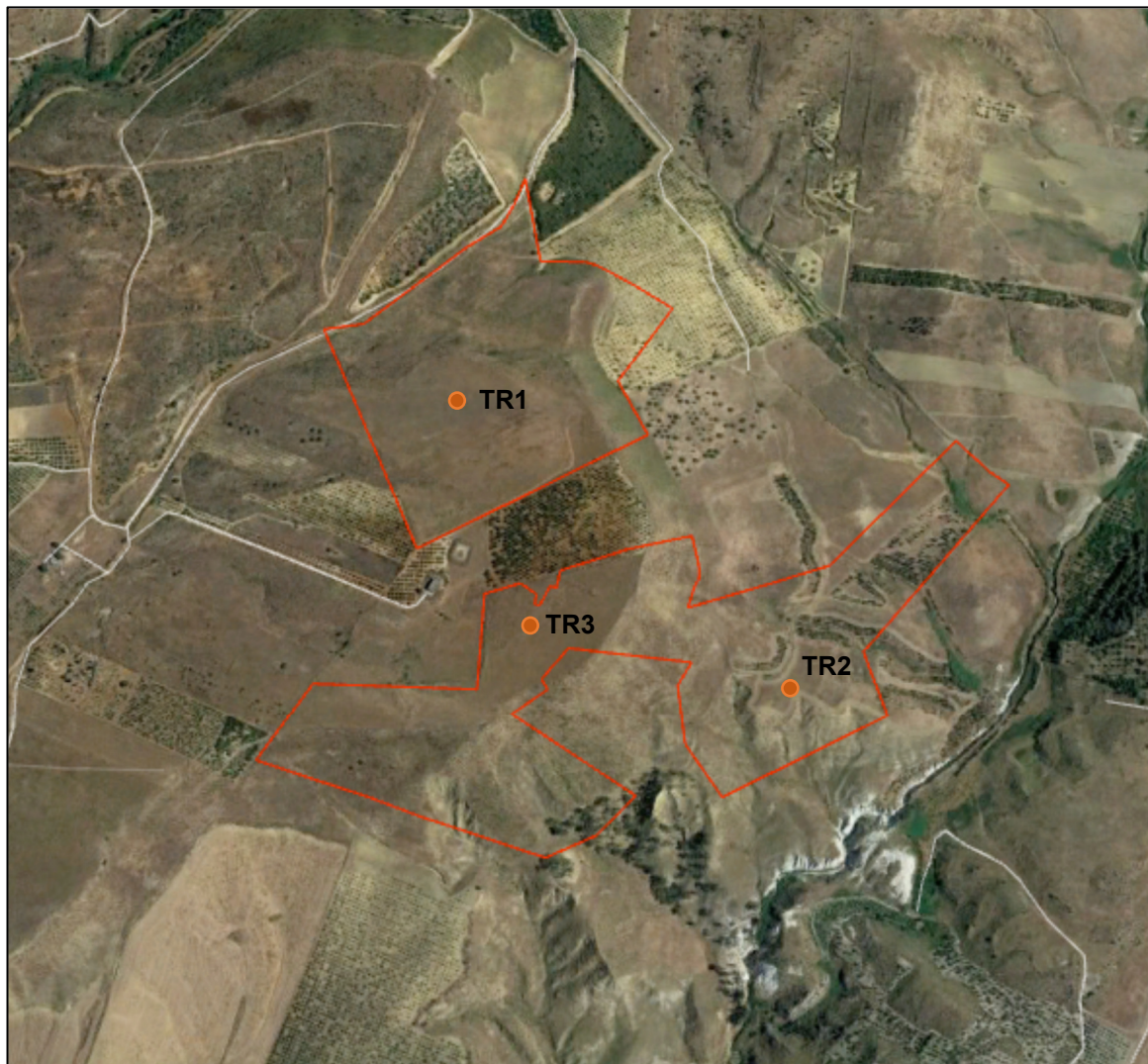
TROMINO® ENGINEERING permette di misurare anche le vibrazioni potenzialmente dannose negli edifici e nelle strutture, analizzando il picco di velocità /o accelerazione per ogni frequenza a suolo e sui fabbricati, in quanto il *rapporto spettrale H/V* (componenti orizzontali X-Y in rapporto alla verticale Z) del micro tremore ambientale (sismica passiva) determina sia la frequenza di risonanza del terreno naturale che di quella di fabbricati e strutture, da cui derivare la presenza o meno della condizione di "doppia risonanza" indice di vulnerabilità sismica di un'opera.

Il TROMINO® ENGY in combinazione con un Sistema Trigger, comprensivo di cavo di lunghezza 50 metri, geofono con puntale verticale, frequenza propria 4.5 Hz, permette di effettuare la prova attiva di tipo ARRAY-MASW (usando un solo canale per volta) e sismica a rifrazione a piccola scala. Questa combinazione permette di effettuare un fit congiunto delle due prove, questo approccio misto di tecniche in array attiva e tecniche a stazione singola passiva si rivela ideale in quanto la prova in array fornisce il vincolo per il fit della prova H/V anche in assenza di sondaggi e la prova H/V permette di ottenere profili di sottosuolo in termini di Vs fino a profondità maggiori di quelle raggiungibili dalla sola prova in array attiva.


Una mappa bidimensionale (mappa 2-D) può essere costruita accostando e sovrapponendo più profili 1-D consecutivi ed utilizzando un contouring software.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>35 di 51</b>

Ubicazione indagini sismiche foto aerea *Fonte: Google Earth Pro*



**Acquisizioni sismiche effettuate in situ, denominate: TR1-TR2-TR3-**

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b> 36 di 51

## 12.4 ELABORATI SISMICI

### - TR1 e TR2: FV BUTERA (CL)

Instrument: TEP-0200/01-12

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 19/05/22 09:50:43      End recording: 19/05/22 10:08:43

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down

**GPS location: 014°13.4118 E, 37°11.6111 N (369.7 m)**

Satellite no.: 05

Trace length: 0h18'00".      Analyzed 50% trace (manual window selection)

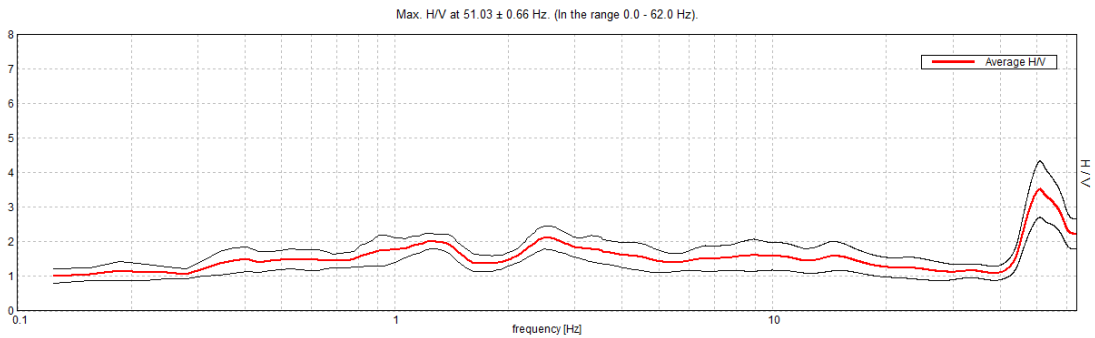
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

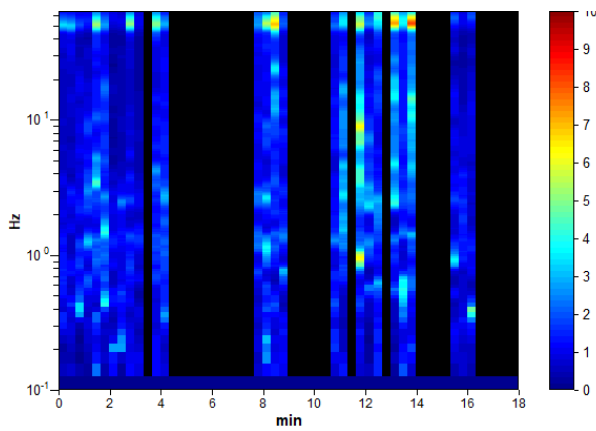
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 15%

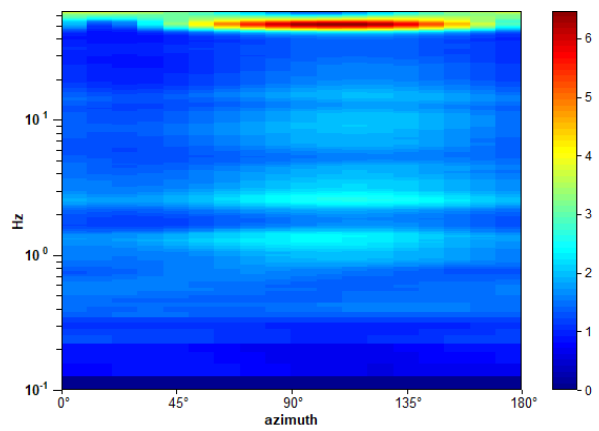
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO




### H/V TIME HISTORY

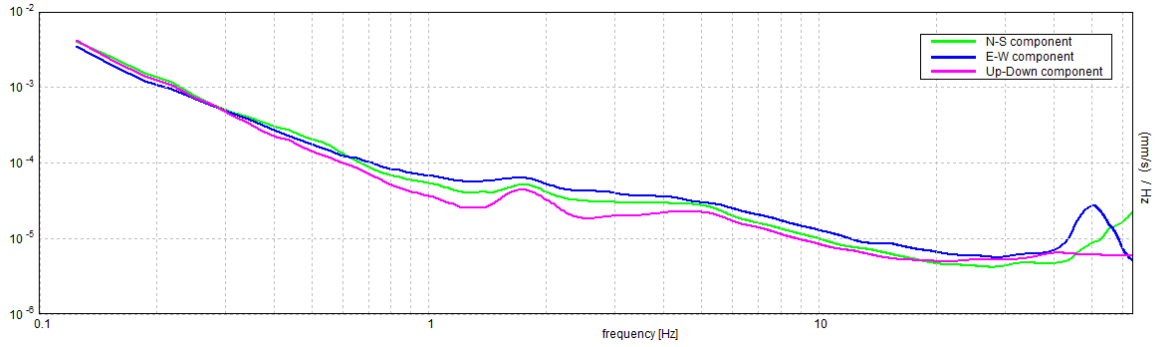


### DIRECTIONAL H/V

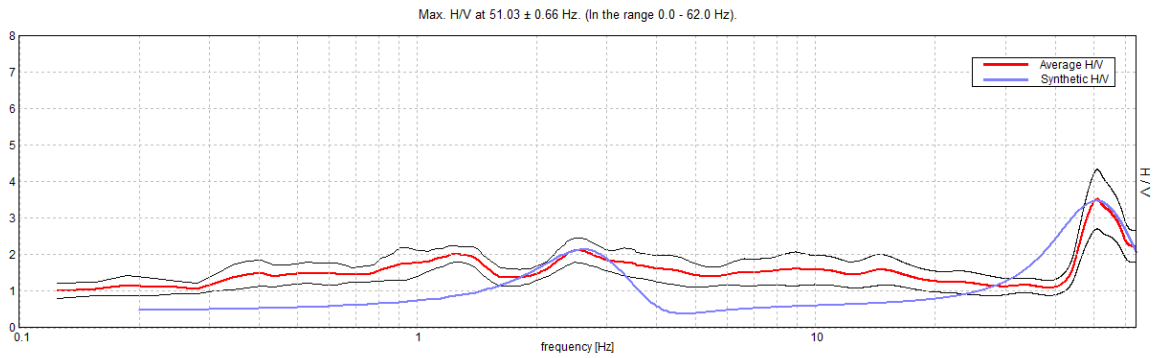


	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b> 0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b> 37 di 51

SINGLE COMPONENT SPECTRA




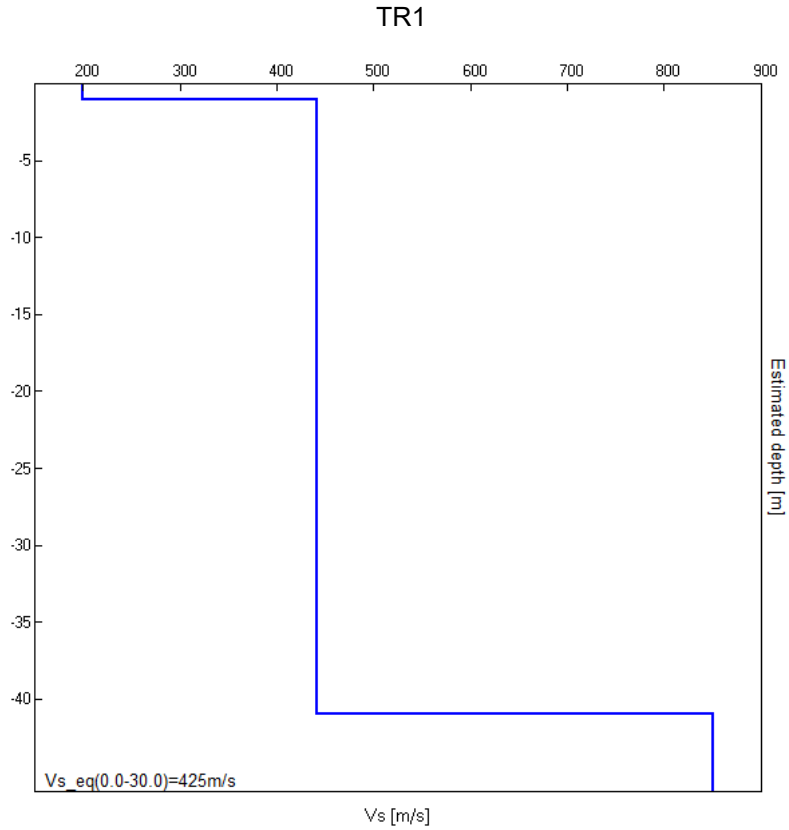
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	200	0.40
41.00	40.00	442	0.40
inf.	inf.	850	0.39

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 425 \text{ m/s}$


	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>38 di 51</b>



### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**TR1 e TR2: Acquisizione sismica effettuata nell'area interessata dall'impianto**

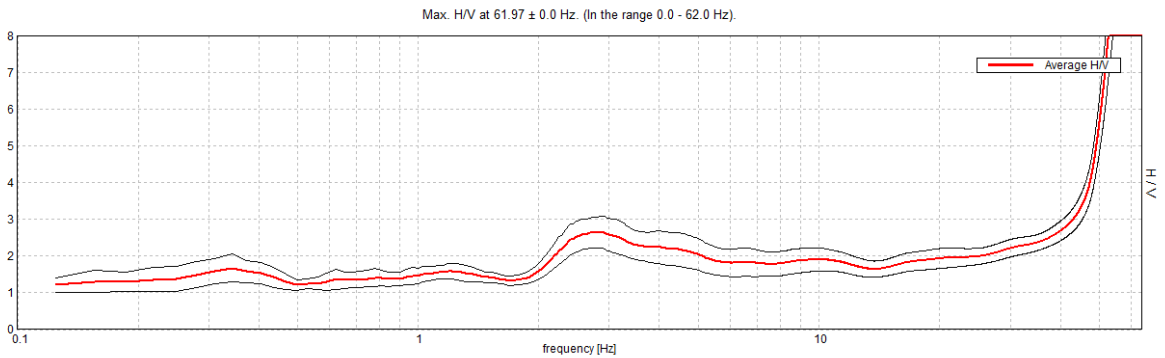
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b> 0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b> 39 di 51

**TR3: FV BUTERA (CL)**

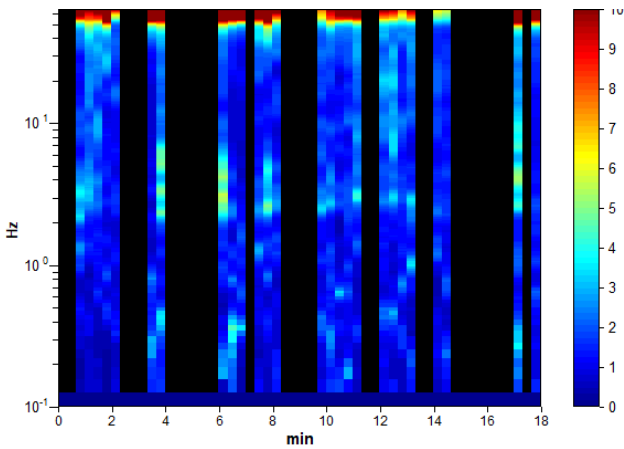
**TROMINO®** Grilla  
www.tromino.eu

Instrument: TEP-0200/01-12  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 19/05/22 12:03:32    End recording: 19/05/22 12:21:32  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down  
**GPS location: 014°13.7937 E, 37°11.6116 N (283.9 m)**  
 Satellite no.: 06  
 Trace length: 0h18'00".    Analyzed 48% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 18%

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



**H/V TIME HISTORY**





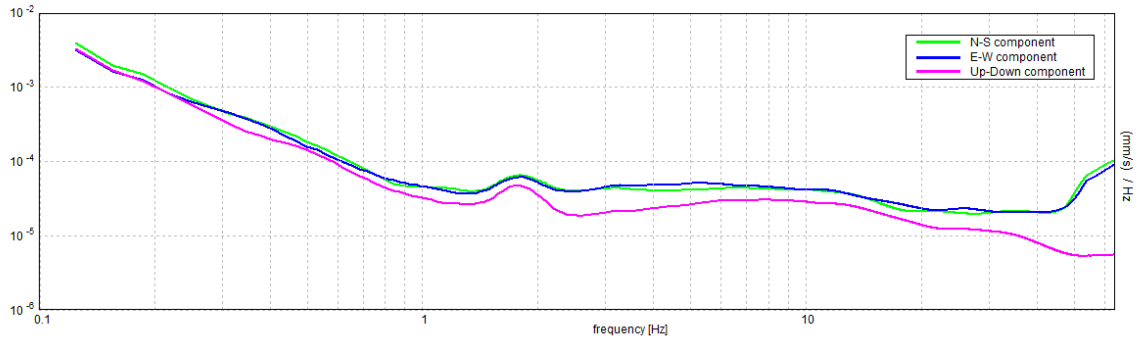
**IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA  
 (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN  
 POTENZA NOMINALE 14,26 MWp  
 POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW  
 Comune di Butera (CL)**

Rev. 0

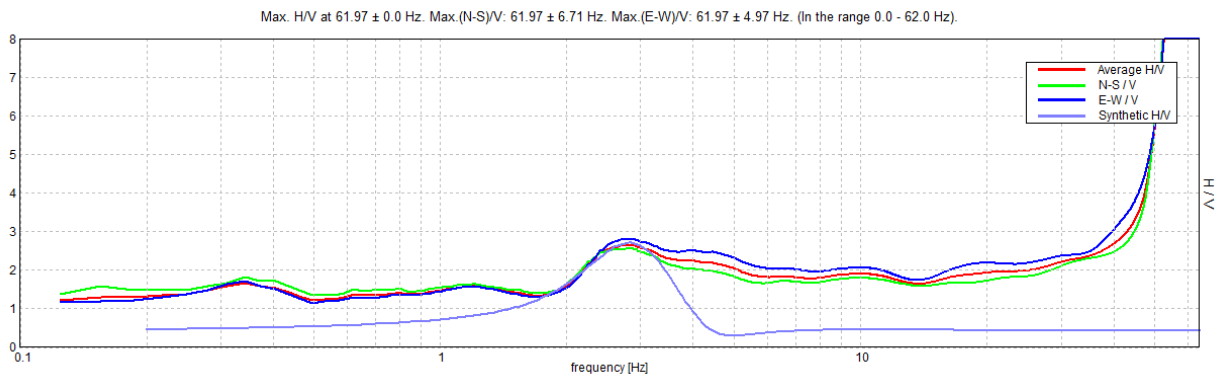
**22-00073-IT-BUTERA\_RS-R05  
 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

Pag. 40 di 51

SINGLE COMPONENT SPECTRA




EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



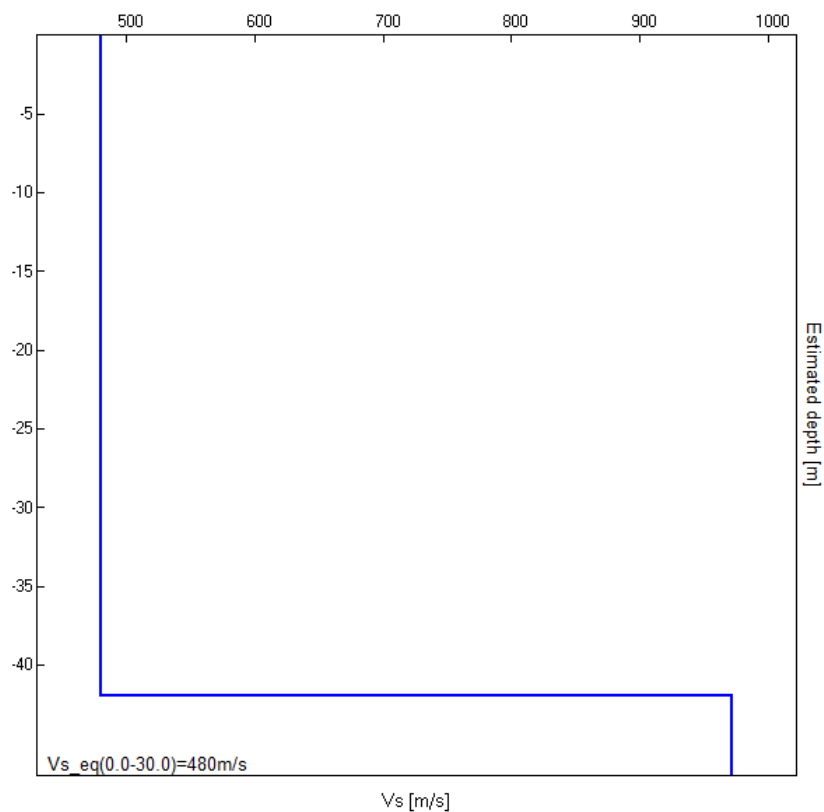
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
42.00	42.00	480	0.42
inf.	inf.	972	0.40

Vs\_eq (0.0-30.0) = 480 m/s

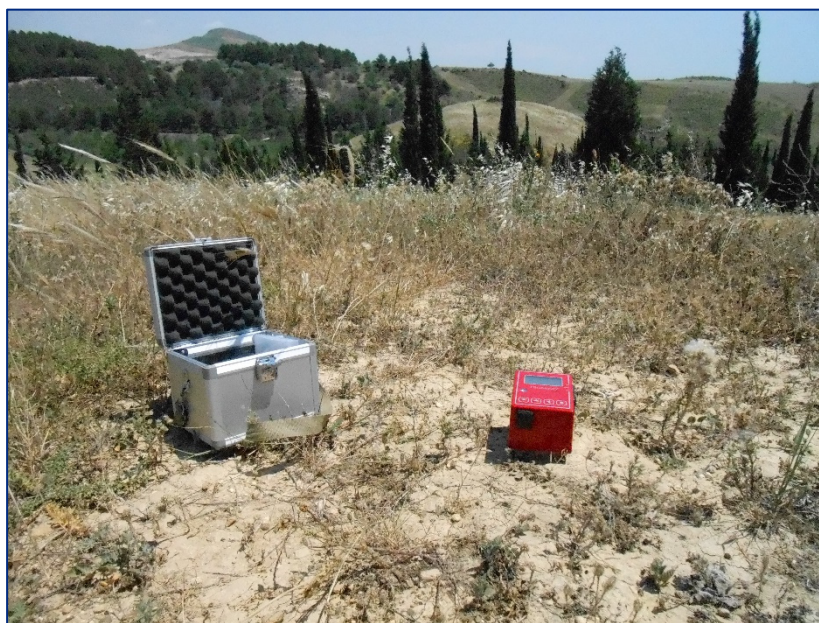


	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>41 di 51</b>


TR3



### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



TR3: Acquisizione sismica effettuata nell'area interessata dall'impianto

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	42 di 51

TROMINO® Grilla  
www.tromino.eu

## 12.5 CARATTERISTICHE SISMO-STRATIGRAFICHE LOCALI


Il modello, geologico stratigrafico, interpretativo fornito con le acquisizioni di sismica passiva denominate "TR1-TR2-TR3", ha permesso di fornire una stima affidabile della "frequenza fondamentale di risonanza" del sottosuolo indagato e di localizzare ed evidenziare i fattori che rivestono grande importanza per la valutazione della risposta sismica locale quali: spessore delle coperture, delle coltri di alterazione e della profondità del bed-rock con alta precisione di seguito descritti.

### TR1

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio	Y t/m <sup>3</sup>
1.00	1.00	200	0.40	1.80
41.00	40.00	442	0.40	2.00
inf.	inf.	850	0.39	2.20

- *Caratteristiche fisico-tecniche del profilo litostratigrafico ricavate dal sondaggio sismico passivo a stazione singola "TR1 – TR2" effettuato su terreno agrario. – Il modello geologico stratigrafico, ottenuto dall'analisi della traccia acquisita, evidenzia n°2 sismo-strati che vengono descritti qui di seguito a partire dall'alto:*

- Un primo strato sismico di copertura, delimitato alla base da un livello stratigrafico riflettente a circa 1.00 m, definito da un picco di frequenza di risonanza a circa 50.45 Hz contrassegnante la porzione superficiale areata, attraversato da una velocità di propagazione delle onde di compressione "Vp" pari a 490 m/s e delle onde di taglio "Vs" pari a 200 m/sec, tipica di terreni di copertura costituite da sabbie argillose scarsamente addensate.
- un secondo strato sismico, di spessore di circa 40.00 m delimitato alla base da un livello stratigrafico riflettente a circa 41.00 m, definito da un picco di frequenza di risonanza di 2.56 Hz, attraversato da una velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione "Vp" pari a 1083 m/s e onde di taglio "Vs" pari a 442 m/sec tipica di ghiaie e rocce alterate/tenere. Tale livello stratigrafico si presenta, per i primi metri, da mediamente addensato a ben addensato con l'aumentare della profondità.
- Segue l'unità sismica, avente spessore indefinito, che ha evidenziato un valore di propagazione delle onde di compressione "Vp" pari a 2002 m/s e delle onde di taglio "Vs" pari a 850 m/sec tipica rocce a consistenza semi-litoide – costituenti il bed-rock.
- La registrazione HVSR eseguita della durata 20 minuti mostra un chiaro picco del rapporto H/V a frequenza di Max. H/V at 51.03 ± 0.66 Hz (in the range 0.0 - 62.0 Hz) e rientra nei criteri di validazione SESAME.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	43 di 51

### TR3

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio	Y t/m <sup>3</sup>
42.00	42.00	480	0.42	2.00
inf.	inf.	972	0.40	2.20

- *Caratteristiche fisico-tecniche del profilo litostratigrafico ricavate dal sondaggio sismico passivo a stazione singola "TR3" effettuato su terreno agrario. – Il modello geologico stratigrafico, ottenuto dall'analisi della traccia acquisita, evidenzia n°2 sismo-strati che vengono descritti qui di seguito a partire dall'alto:*

- Tolto un primo strato sismico di copertura di circa 0.62 m, il substrato costituito da un secondo strato sismico di spessore di circa 41.40 m delimitato alla base da un livello stratigrafico riflettente a circa 42.00 m definito da un picco di frequenza di risonanza a circa 2.83 Hz, attraversato da una velocità di propagazione delle onde di compressione "Vp" pari a 1292 m/s e delle onde di taglio "Vs" pari a 480 m/sec, tipica di terreni costituiti da ghiaia e rocce alterate tenere da mediamente consistenti a consistenti con l'aumentare della profondità.
- Segue l'unità sismica, avente spessore indefinito, che ha evidenziato un valore di propagazione delle onde di compressione "Vp" pari a 2381 m/s e delle onde di taglio "Vs" pari a 972 m/sec tipica di rocce lapidee – costituenti il bed-rock.
- La registrazione HVSR eseguita della durata 20 minuti mostra un chiaro picco del rapporto H/V a frequenza di Max. H/V at 61.97 ± 0.0 Hz (in the range 0.0 - 62.0 Hz) e rientra nei criteri di validazione SESAME.


Il profilo stratigrafico che tali tecniche possono restituire, si basa sul concetto di contrasto d'impedenza cosicché per strato si intende un'unità distinta da quella di sopra e sottostante per un contrasto di impedenza, ossia per il diverso rapporto tra i prodotti della velocità delle onde sismiche di un mezzo per la densità del mezzo stesso. L'uso di algoritmi di calcolo, finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette d'associare ad ogni picco spettrale le possibili "variazioni" presenti nel sottosuolo in termini di spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio. Ciascun picco nel grafico H/V corrisponde ad un livello stratigrafico (riflettore sismico) che presenta un contrasto d'impedenza rispetto al livello confinante; maggiore è il contrasto d'impedenza maggiore risulta l'ampiezza del picco amplificativo sebbene la relazione tra le due variabili non sia lineare.

I parametri sismici riportati nelle tabelle esprimono le seguenti caratteristiche:

- spessore strato espresso in (m)
- Vp: velocità delle onde longitudinali o di compressione P in (m/s)
- Vs: velocità delle onde di trasversali o di taglio S in (m/s)
- v: modulo di rigidità, rapporto di Poisson
- Y: densità in t/m<sup>3</sup>
- f(i): frequenza rilevata in Hz

**La conoscenza contemporanea delle velocità in situ delle onde P ed S consente di ricavare i moduli elastici dei terreni, i quali dipendono da rapporto esistente tra le due velocità in situ.**

Infatti, il **coefficiente di Poisson**, dato dal rapporto tra la deformazione trasversale e longitudinale del materiale, fornisce un criterio di valutazione della elasticità o della plasticità di un litotipo che è legato al grado di litificazione, alla porosità e al grado di saturazione del litotipo stesso; pertanto, è legato strettamente agli stessi parametri da cui dipendono le velocità di propagazione delle onde nei mezzi.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	44 di 51

## 12.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI FINI DELLA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Dalla individuazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio “Vs” generate in corrispondenza del punto di indagine è stato possibile determinare la velocità di propagazione media di tali onde entro i primi metri di terreno attraversato (Vs<sub>eq</sub>); successivamente, attraverso questo parametro ed ai sensi della normativa vigente in materia antisismica, – Nuova Normativa Antisismica del 17/01/2018, è stato possibile effettuare la classificazione del sottosuolo, con il metodo della tecnica sismica passiva a stazione singola, la quale secondo la Normativa sopracitata è verosimilmente quella che ha più aspetti positivi perché misura (e non “deriva” da altri N parametri) le frequenze di risonanza senza limiti di profondità nell’intervallo di interesse geotecnico e strutturale e in modo molto rapido e non invasivo.

Di particolare importanza è a “*frequenza fondamentale di risonanza*” (*fr*) dello strato i-esimo relativa alle onde “S” è pari a:

$$fr = Vs \text{ i-esimo} / 4H \quad (1)$$

La “*frequenza fondamentale di risonanza*” è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito stratigrafico, per frequenza naturale fondamentale si intende la frequenza più bassa di tutte quindi la più profonda, è la frequenza a cui un sistema eccitato da un impulso vibra con maggiore ampiezza ed è il reciproco del periodo fondamentale.

L’analisi H/V permette pertanto di identificare i “*contrast* di impedenza” tra strati, la successiva determinazione della velocità delle “onde S” fino a profondità notevoli (ben oltre i 100 m di profondità) e strettamente dipendenti dallo spazio temporale di acquisizione; quindi l’elaborazione della Vs<sub>eq</sub>, avviene attraverso una formulazione specifica adottando come punto di partenza la relazione (1) sopra riportata. Per i nostri scopi, la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio (onde S) entro i primi H metri di spessore ha permesso di definire il parametro Vs<sub>eq</sub> e di poter altresì caratterizzare i terreni in esame ai sensi dell’*Ordinanza 3274 – Nuova Normativa Antisismica del 20/03/2003 e D.M. 14/01/2008 e nuovi aggiornamenti del 17/01/2018* e succ. mod. ed integrazioni. La determinazione dell’andamento dei valori delle onde di taglio entro i primi H metri di terreno è stata resa possibile dall’interpretazione congiunta del profilo H/V in comparazione con la curva degli spettri di ampiezza. *L’individuazione delle discontinuità è infatti resa possibile quando in corrispondenza dei valori di frequenza di risonanza caratteristici nella curva H/V si realizza contestualmente una inversione nella componente verticale dello spettro di ampiezza.* Successivamente avendo noti sia lo spessore degli strati (ricavati dai sondaggi penetrometrici effettuati in situ) che i relativi valori di propagazione delle onde di taglio è stato possibile dare una classificazione del sottosuolo determinando i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs<sub>eq</sub> (in m/s) nei primi H metri, attraverso la seguente espressione:

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


con:

hi spessore dell’i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	45 di 51

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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 VS30, ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. La Velocità Equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente, di spessore pari a 30 m.

Nella precedente espressione "hi" è " $V_{s,i}$ " indicano lo "spessore" (in m) e la "velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo (in m/sec), per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri superiori, si è ottenuto un "valore medio ponderato" della "velocità delle onde di taglio" nei primi trenta metri, partendo dal piano campagna, pari a:  $V_{s,eq} = V_{s30} = TR1 = 425$  m/s,  $TR2 = 420$  m/s,  $TR3 = 480$  m/s.

Riferendosi alla descrizione stratigrafica secondo la tabella riportata nel Testo Unitario riguardante le "Norme tecniche per le costruzioni", ("D.M. del 14 gennaio 2008" e nuovi aggiornamenti del 17 gennaio 2018"), si definisce la "Categoria del sottosuolo di fondazione" relativamente al piano campagna per le aree interessate dall'impianto fotovoltaico **come Categoria di "tipo B"** e cioè: - "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s, così come previsto dalla normativa sopra menzionata.

#### TR1


<b><math>V_{s,eq} = V_{s30}</math></b>	
<b>(m/s)</b>	
<b>Al p.c.</b>	<b>425,00</b>

#### TR2

<b><math>V_{s,eq} = V_{s30}</math></b>	
<b>(m/s)</b>	
<b>Al p.c.</b>	<b>420,00</b>

#### TR3

<b><math>V_{s,eq} = V_{s30}</math> (m/s)</b>	
<b>Al p.c.</b>	<b>480,00</b>

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	46 di 51

## 12.7 CONSIDERAZIONI GEOSISMICHE CONCLUSIVE


Il modello interpretativo fornito con l'acquisizione **sismica passiva TR1,TR2,TR3**, ha consentito di caratterizzare: sismicamente l'area in studio, fornire una stima affidabile della "frequenza fondamentale di risonanza" del sottosuolo analizzato e di localizzare ed evidenziare i fattori che rivestono grande importanza per la valutazione della risposta sismica locale quali: spessore delle coperture, delle coltri di alterazione e della profondità del bed-rock con alta precisione, a permesso di ricostruire il modello geologico stratigrafico del volume di terreno interessato dall'impianto di fotovoltaico, creando un profilo Sismo-Stratigrafico del sottosuolo ampiamente descritto nel paragrafo precedente (12.4).

In osservanza al Nuovo NTC di cui al D.M. del 14 Gennaio 2008 e nuovi aggiornamenti del 17/01/2018, ai fini dell'azione sismica di progetto, la stima del valore del  **$V_{s,eq} = V_{s30}$**  (*velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri*), relative alle acquisizioni di sismica passiva con tromografo risulta essere pari a: **TR1:  $V_{s,eq} = V_{s30} = 425$  m/s, TR2:  $V_{s,eq} = 420$  m/s, TR3:  $V_{s,eq} = 480$  m/s**, misurato al piano campagna, quindi ai sensi del D.M. 17/01/18 la **categoria del suolo di fondazione per l'intera area interessata dall'impianto fotovoltaico risulta come "Categoria di tipo B"** e cioè: - "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s, così come previsto dalla normativa sopra menzionata.

La correlazione tra le unità sismo-stratigrafiche e litologie investigate è di seguito riassunta (vedi para. 12.4):

PROSPEZIONE SISMICA TR1 -TR2 $V_{s,eq} = 425$ m/s		
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Coltre di copertura superficiale costituita da argille sabbiose di scarsa consistenza.	0,00 – 1,00
SISMOSTRATO II	Sabbie frammiste a ghiaie. Livello stratigrafico risulta mediamente addensato a ben addensato con l'aumentare della profondità.	1,00 – 40,00
SISMOSTRATO III	Bed-rock – Rocce a consistenza semi-litoide	Indefinito

PROSPEZIONE SISMICA TR3 $V_{s,eq} = 480$ m/s		
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Coltre di copertura superficiale costituita da sabbie leggermente argillose, scarsamente consistenti.	0,00 - 0,62
SISMOSTRATO II	Ghiaie e rocce alterate tenere da mediamente addensate a consistenti a profondità elevate	0,62 – 42,00
SISMOSTRATO III	Bed-rock – rocce sedimentarie semilitoidi	Indefinito

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	47 di 51

Tenendo conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del *coefficiente di amplificazione topografica ST* riportati nella Tab.3.2. V della vigente normativa NTC 2018, in funzione delle categorie topografiche definite nella Tab. § 3.2.II e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Quindi in considerazione alle condizioni Topografiche di progetto, i lotti in esame sono caratterizzati da una morfologia sub-pianeggiante, facendo rientrare il sito nella **categoria Topografica T1** (pendii con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ) per la quale si ha un valore del *fattore di amplificazione topografica pari a ST 1,0* secondo l'**EC8** e come riportato nella Tab. 3.2.V. della – Nuova Normativa Antisismica 2018.

Per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nella formula § 3.2.2 riportata nella Normativa NTC 2018, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico SS, il coefficiente topografico ST e il coefficiente CC che modifica il valore del periodo TC. Dove nella formula 3.2.2 **S** è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = SS \cdot ST$  - [3.2.3] essendo SS il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV) e ST il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V);

Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_c$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le *espressioni di Ss* (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e *di Cc* (coefficiente della categoria del sottosuolo) fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g = 9,81$  m/s, è l'accelerazione di gravità e  $T_c$  è espresso in secondi.

Si riportano le espressioni per la categoria B rilevata nell'area in studio:

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$


Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$

Le condizioni topografiche locali non mostrano situazioni tali da far variare in termini negativi la risposta sismica del sito e/o provocare amplificazioni dell'ampiezza e durata delle onde sismiche, pur tenendo presente che le litologie prevalentemente sabbiose se saturate d'acqua possono andare incontro al fenomeno di liquefazione in caso di eventi sismici prolungati.

<b>Nuove Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 17 gennaio 2018</b> Categoria Suolo di fondazione: " <b>B</b> " Categoria Topografica " <b>T1</b> "
---

Termini Imerese, lì 30/05/2022

Il Tecnico: Dott.ssa Geol. Concetta Pérez

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	48 di 51

### 13 INDAGINE GEOELETRICA ED ELETTROSTRATIGRAFIA DI SINTESI

I metodi di prospezione geoelettrica in corrente continua sondaggio elettrico verticale, indicato sinteticamente come S.E.V., sono comunemente utilizzati per l'indagine del sottosuolo attraverso lo studio della resistività elettrica.

Il metodo si basa sul principio che la distribuzione di un campo di potenziale elettrico (U) sulla superficie del terreno dipende, oltre che dalle caratteristiche geometriche della sorgente, anche dalla distribuzione della resistività elettrica ( $\rho$ ) nel sottosuolo.

La resistività elettrica, inverso della conducibilità elettrica, è un parametro fisico intrinseco delle rocce ed indica la resistenza specifica che oppongono i vari litotipi a farsi attraversare dalla corrente elettrica quando questi sono sottoposti all'azione di una forza elettromotrice. Essa può variare notevolmente da punto a punto poiché sono molti i fattori che la influenzano, tra i quali la presenza di acqua, la porosità, la temperatura e la pressione. La tecnica della prospezione geoelettrica consiste nell'inviare corrente continua nel terreno attraverso un dipolo (dipolo di energizzazione) e registrare la differenza di potenziale del campo elettrico indotto attraverso altri distinti dipoli (dipolo di misura), posti in successione a distanze progressivamente maggiori lungo uno stendimento. Questi poli elettrici sono costituiti da elettrodi di ferro o acciaio, possibilmente impolarizzabili.

In un semispazio omogeneo e isotropo il campo elettrico si distribuisce attraverso linee di corrente radiali e superfici equipotenziali semisferiche aventi il loro centro nel punto sorgente in superficie.

In un sottosuolo non omogeneo, la presenza di un corpo anomalo o di una struttura geologica conduttiva o resistiva determina la distorsione delle linee di corrente, in funzione delle caratteristiche elettriche del corpo attraversato, addensandole o diradandole a seconda che si tratti di corpi isolanti o conduttori.

Dall'analisi della sezione elettro-stratigrafica è stato possibile verificare la presenza di un substrato composto da materiali a grana medio fine di natura sabbiosa con interstrati sabbiosi-argillosi da scarsamente cementati a semi-litoidi. Il modello elettro-stratigrafico fornito evidenzia diversi elettrostrati, con proprie caratteristiche di conducibilità elettrica, presentano nel complesso valori medio resistivi. Il modello ricavato dall'esame dei profili eseguiti è sovrapponibile a quanto già determinato con l'indagine sismica.


STRATIGRAFIA ELETTRICA				
Quota [m. dal p.c.]		Litologia	Resistività Elettrica	
da	A			(Ohm*m)
0.00	- 2.60	Materiali grana media di natura sabbiosa da sciolti a ben cementati	Medio alto resistivo (R)	80,00
- 2,60	- 6,00	Materiali a grana media di natura prevalentemente sabbiosa con interstrati leggermente argillosi	Medio basso resistivo (MC)	35,00
- 6.00	10.00	Materiali a grana media di natura sabbiosa da sciolta a semi-litoidi	Medio alto resistivo (R)	80,00

Tabella 13.1 – Elettro-strati nell'area di impostazione del campo fotovoltaico

In allegato si riporta la Relazione Geofisica sull'indagine S.E.V. con la relativa sezione elettro-stratigrafica interpretativa<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Allegato 2



	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	49 di 51

## 14 CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE CONCLUSIVE

### - Indicazioni progettuali

Esaminate le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche, statiche del luogo e valutate le condizioni geotecniche e sismiche del sottosuolo attraverso i risultati acquisiti dalla campagna di indagini geognostiche rilevate nell'area in studio, sita in località "Contrada Baronessa" nel territorio comunale di Butera (CL), si esprime parere favorevole all'esecuzione delle opere in progetto, alle condizioni e con l'adozione dei parametrici geotecnici e sismici sopra menzionati (parag. 11 -12).

Da quanto detto precedentemente si prescrivono i seguenti interventi:

- 1) Adozione della fondazione compatibile con le resistenze del terreno in posto;
- 2) Impostazione del piano di fondazione ad una profondità adeguata al raggiungimento del substrato competente costituito da sabbie e ghiaie con un buon grado di cementazione;
- 3) Realizzazione di un opportuno drenaggio onde favorire e non alterare l'attuale deflusso superficiale il quale ha un ulteriore fondamentale scopo che è quello di proteggere le strutture fondiarie da eventuali infiltrazioni che potrebbero destabilizzarli con conseguente variazione della resistenza di attrito e di amplificazione del segnale sismico locale;


Particolare attenzione dovrà essere posta nella posa delle fondazioni, infatti, dovrà necessariamente essere asportata l'intera copertura di alterazione della sottostante formazione, ovvero quegli orizzonti litologici che sono largamente influenzati dalle variazioni meteorologiche stagionali e dunque soggetti ad alterazione ed a perdita di resistenza meccanica, fino ad appoggiare le strutture fondali sugli orizzonti più integri, dove si iniziano a rilevare buone caratteristiche fisico meccaniche *i cui valori nel dettaglio sono riportati nel capitolo precedente "11" e "12" dedicato alla geomeccanica e alla geofisica valori che l'ingegnere progettista potrà utilizzare per la scelta della fondazione più consona da adottare per le opere strutturali riguardanti l'intero parco fotovoltaico.*

*Le prove sismiche eseguite in campagna* hanno consentito di individuare sia la categoria del suolo di fondazione, *ai sensi delle nuove Norme Tecniche delle costruzioni D.M.17/01/2018*, mediante la misura del  $V_{s,eq}$  che la sismo-stratigrafia del sito. Nella fattispecie i valori delle  $V_s$  equivalenti ottenute fanno sì che il sottosuolo *di fondazione* dell'area *interessata dall'impianto fotovoltaico* possa essere *attribuita* la categoria di tipo "tipo B".

*Per maggiori dettagli sul comportamento sismico che caratterizza il terreno di fondazione*, si rimanda alle conclusioni ampiamente riportate nel capitolo "12" dedicato alla geofisica, dove sono riportati i valori dei parametri sismici e le proprietà elastiche dei mezzi attraversati sul sito di riferimento che il progettista dovrà tenere conto in sede di scelta di progetto.

*Dall'analisi dei profili geoelettrici*, si può affermare che i primi 10 metri di sottosuolo investigato è caratterizzato da valori di resistività compresi in un intervallo che va da circa 35,0 a 80,0  $\Omega \times m$ , con variazioni laterali di resistività modeste.

Si fa presente che non va sottovalutata la circolazione idrica sotterranea nei primi metri di copertura che può avvenire nei periodi invernali, specie durante e immediatamente dopo abbondanti precipitazioni, per tale motivo sarà opportuno seguire degli accorgimenti per la durata dell'intero impianto fotovoltaico ed in particolare che l'area dell'impianto vada opportunamente protetta con una leggera risagomatura della superficie topografica e *la realizzazione di un sistema di canalette drenanti* per l'allontanamento rapido delle acque piovane, ed altre opere accessorie di natura idraulica che verranno realizzate in contropendenza per convogliare l'acqua di prima pioggia da un lato all'altro dell' impianto e convogliate lungo l'impiuvi naturali presenti all'interno dei lotti esaminati, prevedendo anche eventuali tubazioni di raccordo interrato. Le canalette saranno realizzate *in leggera contropendenza* in scavo di forma trapezoidale con una sezione variabile in funzione della

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	Rev.	0
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	Pag.	50 di 51

portata di progetto. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica.

I sopralluoghi eseguiti sull'area interessata dall'Impianto Fotovoltaico e sui terreni attraversati dalle opere di connessione della Linea AT necessarie al collegamento alla Rete Elettrica Nazionale CP "BUTERA 2" non hanno evidenziato, segni di dissesti o movimenti gravitativi in atto, in quanto si osserva come i caratteri morfologici dell'area sono caratterizzati da ampie zone a morfologia collinare con pendenze dolci ad andamento regolare interrotte da piccoli impluvi e distese sub-pianeggianti all'interno delle quali non si riscontrano fenomenologie particolari. Quindi attualmente l'area in studio, da un rilevamento geomorfologico di superficie, non risulta interessata da evidenti processi morfogenetici in atto, tali da comprometterne la stabilità. Per quanto detto la superficie netta interessata dall'impianto agri-fotovoltaico non risulta essere mappata né a pericolosità e rischio geomorfologico né a pericolosità e rischio idraulico così come riportato nelle carte del P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico), della Regione Sicilia, sul sito di riferimento (Vedi: Stralcio *Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n°10 del P.A.I.* tavole CTR n° 643030 in scala 1: 10.000 - rilievo 2006, riportata in questa relazione). Ulteriori controlli effettuati sugli inventari dei fenomeni franosi, Progetto IFFI (ISPRA), visionabile dal sito web dell'ISPRA, non si riscontra la presenza di fenomeni franosi o idraulici di alcun livello in tutta l'area che interessa l'impianto e i tracciati della linea di connessione alla RTN in progetto, nonché sopralluoghi di verifica direttamente in campo, hanno permesso di escludere la presenza di dissesti rilevanti nell'area di studio. Solo brevi tratti di realizzazione di strade battute e recinzioni, attraversano aree in dissesto evidenziate dal P.A.I. si tratta di frane superficiali dovuti ad erosione accelerata lungo i versanti scoscesi degli impluvi (vedi area 2 a pag. 9). In questi casi si consiglia un buon drenaggio laterale e a monte delle strade e di infiggere i pali della recinzione a profondità di almeno 1,10 metri da p.c.


Per quanto riguarda la linea di connessione AT in cavo interrato, considerato che il cavidotto da realizzare sarà posizionato sul fondo di uno scavo in trincea a profondità non inferiore a 1 m e con sviluppo complessivo in lunghezza di circa 4,15 km, per un buon funzionamento, si consiglia di sostituire il materiale rimosso dal fondo trincea con un tappeto drenante, creando un "letto di posa" con materiale arido di idonea pezzatura e spessore. Per il rinterro dello scavo e per il posizionamento del cavidotto, è opportuno che la granulometria del terreno utilizzato sia omogenea e media (quella delle sabbie), allo scopo di salvaguardare l'integrità della condotta ed evitare le problematiche connesse all'infiltrazione di acqua. Sarà necessario eseguire a regola d'arte la porzione terminale dello scavo (verso la superficie), realizzando la sede stradale in tutti i suoi strati per evitare dannose infiltrazioni d'acqua in corrispondenza della trincea di scavo.

L'area interessata dal progetto non presenta corpi idrici superficiali e sotterranei destinati all'emungimento per scopi potabili, a protezione dei rischi di inquinamento del suolo e del sottosuolo, di cui al DPR 236/88 e DL 152/99 e s.m. e i. e inoltre si esclude il rischio di inquinamento idrico durante la fase di cantiere.

Come già detto precedentemente nel paragrafo 10 esposto in questa Relazione, l'impianto fotovoltaico e le relative opere di connessione attraversano aree non soggette a vincoli ambientali o storico/artistici di alcun tipo.

## **- Conclusioni**

A seguito delle risultanze delle indagini svolte e sulla scorta delle conoscenze acquisite in luogo tramite rilevamento geologico-geomorfologico di superficie è stato possibile valutare che gli interventi progettuali non costituiscono alcun turbamento all'equilibrio morfogenetico e idrogeologico dell'area, sia per quanto riguarda le acque di scorrimento superficiali che per quelle sotterranee né dissesti idro-geomorfologici in genere in quanto l'intervento progettuale verrà realizzato nel rispetto e in funzione della salvaguardia, della qualità e della tutela dell'ambiente e del paesaggio mantenendo se non migliorando gli equilibri idro-geomorfologici attuali, in quanto verranno realizzati,

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 14,26 MWp POTENZA DI IMMISSIONE AC 13,6 MW Comune di Butera (CL)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>22-00073-IT-BUTERA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>51 di 51</b>

dove è necessario, opere di regimazione idraulica nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica con la funzione di migliorare il deflusso delle acque superficiali e di prevenire fenomeni erosivi della coltre superficiale ad opera delle acque meteoriche.

Il sito in oggetto ha precise caratteristiche che lo identificano come ideale, in quanto le caratteristiche di esposizione dell'area interessata rientrano in quei parametri per cui è permesso tale sfruttamento. La valutazione e l'interpretazione critica delle osservazioni afferenti al complesso degli elementi oggettivi raccolti nel corso dei sopralluoghi consentono di esprimere parere di fattibilità geologica per la realizzazione degli interventi in progetto, se si attiene a quanto esposto nella presente relazione geologico-tecnica, nel pieno rispetto dei precedenti equilibri geologici.

Dalle argomentazioni sopra esposte, si conclude affermando la piena idoneità del sito, anche per ciò che concerne il possibile impatto dell'impianto sulle matrici ambientali considerate (morfologia, idrologia sotterranea e superficiale), come esplicitato nei precedenti paragrafi, ed anche la fase di cantiere non produrrà alcun impatto in quanto al termine delle operazioni di installazione, tutte le aree verranno ripristinate.

In fase esecutiva la direzione lavori verificherà la congruenza delle caratteristiche litologiche del terreno in posto, con quelle attese in seguito alla schematizzazione effettuata nel presente documento.

Termini Imerese, lì 27/06/2022

Dott.ssa Geol. Concetta Pérez

# **COMUNE DI BUTERA (CL)**

**INDAGINI PENETROMETRICHE A SUPPORTO DELLO STUDIO GEOLOGICO PER IL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 15,18 MWh”**

## **INDAGINE PENETROMETRICA DINAMICA MEDIA**

### **COMMITTENTE:**

*Dott.ssa Concetta Perez*

### ***I TECNICI***

*Dott.Geol.Giuseppe Gugliuzza*

*Dott.Geol. Matteo Costantino*

## Sintesi descrittiva

Su incarico della Dott.ssa Concetta Perez sono state eseguite n.2 prove penetrometriche dinamiche medie con lo scopo di definire le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni interessati dalle opere di progetto di cui in oggetto.

Lo strumento utilizzato è un penetrometro dinamico medio DM 30 (60°) con estrattore idraulico della "Deep Drill", appartenente alla categoria "DPM (medium)" nella classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici.

La prova di resistenza meccanica di tipo dinamica (SPT), consiste nel lasciar cadere un maglio di 30 Kg da un'altezza standard di 20 cm su delle aste di acciaio con diametro di 22 mm, infisse nella parte terminale ad una punta conica, e di registrare i numeri di colpi necessari per ogni 10 cm di avanzamento della suddetta punta nel terreno.

Attraverso delle correlazioni empiriche, elaborate nella fattispecie dal software Win-Din, è possibile risalire con buona approssimazione al profilo stratigrafico e alle caratteristiche meccaniche dei terreni indagati.

Nello specifico vengono allegare delle tabelle e grafici, dove è possibile quantificare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, durante l'avanzamento della punta conica nel sottosuolo, fornendo altresì, i valori stimati dei parametri geotecnici considerando lo strato a comportamento coesivo e granulare. Sinteticamente a seguire si riportano delle considerazioni litotecniche sui materiali riscontrati durante le prove penetrometriche.

### **Din 01**

- da 0,0 - 0,30 Suolo Agrario
- da 0,30 – 0,90 Sabbie mediamente addensate
- da 0,90 – 1,50 Sabbie addensate

### **Din 02**

- da 0,0 - 0,30 Suolo Agrario
- da 0,30 – 1,20 Sabbie debolmente argillose addensate

Polizzi Generosa, Maggio 2022

Dott.Geol.Giuseppe Gugliuzza

Dott.Geol. Matteo Costantino

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DM-30 (60°)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

**CARATTERISTICHE TECNICHE : DM-30 (60°)**

PESO MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 13,60 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2,40 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 6,00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t N$ )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
P = peso totale aste e sistema battuta

## UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  $\approx$  0,1 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- cantiere : Geol.Perez Concetta  
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico a Terra  
 - località : Comune di Butera

- data prova : 19/05/2022  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 24/05/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	36	140,9	1	0,80 - 0,90	13	48,3	2
0,10 - 0,20	38	148,7	1	0,90 - 1,00	24	89,3	2
0,20 - 0,30	38	148,7	1	1,00 - 1,10	40	148,8	2
0,30 - 0,40	28	109,6	1	1,10 - 1,20	42	156,2	2
0,40 - 0,50	21	82,2	1	1,20 - 1,30	42	156,2	2
0,50 - 0,60	19	74,3	1	1,30 - 1,40	40	148,8	2
0,60 - 0,70	15	58,7	1	1,40 - 1,50	44	163,6	2
0,70 - 0,80	15	58,7	1				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **35,70** mm- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

## DIN 2

- cantiere : Geol.Perez Concetta  
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico a Terra  
 - località : Comune di Butera

- data prova : 19/05/2022  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 24/05/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	21	82,2	1	0,60 - 0,70	41	160,4	1
0,10 - 0,20	32	125,2	1	0,70 - 0,80	39	152,6	1
0,20 - 0,30	32	125,2	1	0,80 - 0,90	42	156,2	2
0,30 - 0,40	40	156,5	1	0,90 - 1,00	42	156,2	2
0,40 - 0,50	40	156,5	1	1,00 - 1,10	40	148,8	2
0,50 - 0,60	42	164,3	1	1,10 - 1,20	42	156,2	2

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta = 10$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 1**

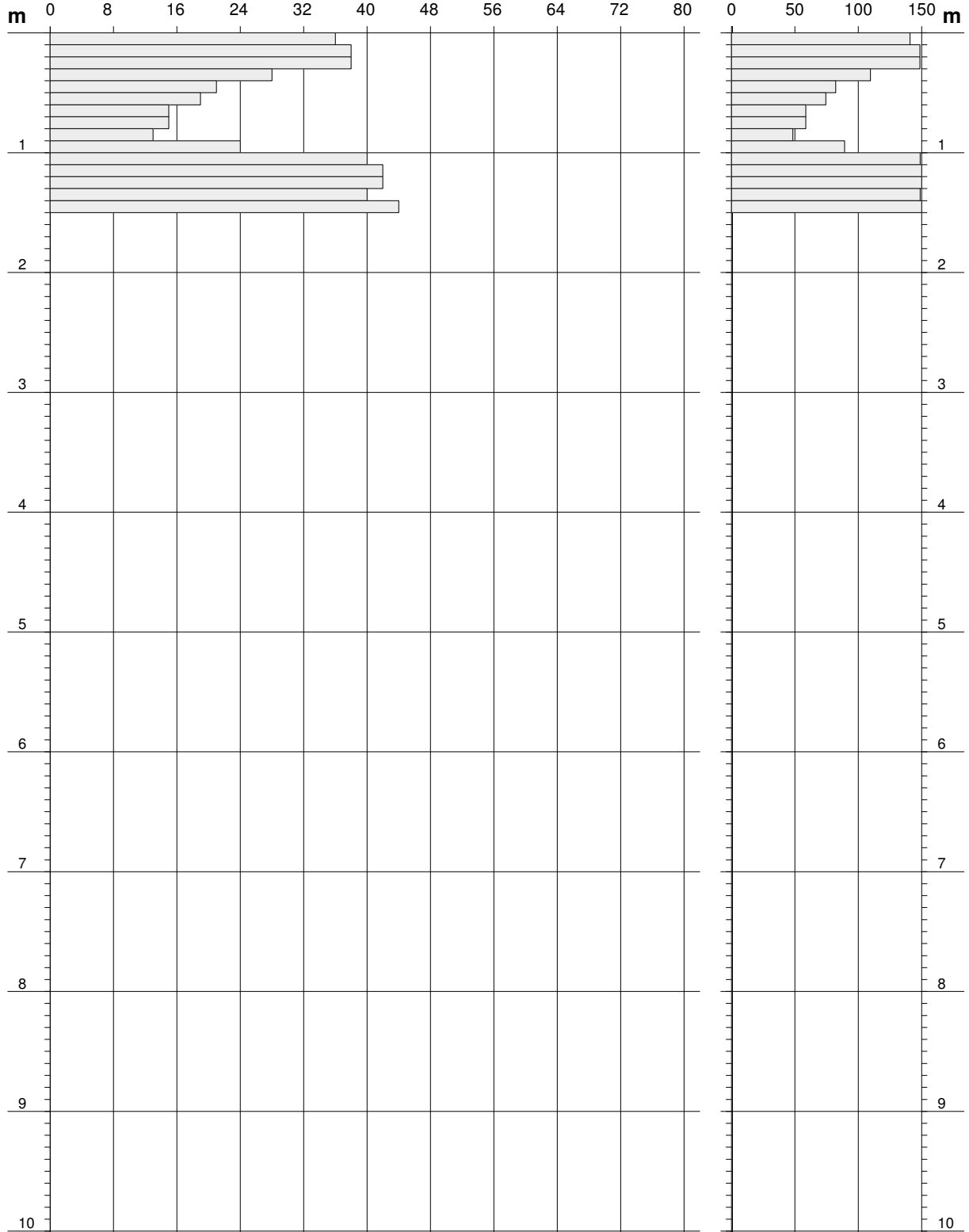
Scala 1: 50

- cantiere : Geol.Perez Concetta  
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico a Terra  
 - località : Comune di Butera

- data prova : 19/05/2022  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 24/05/2022

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 2**

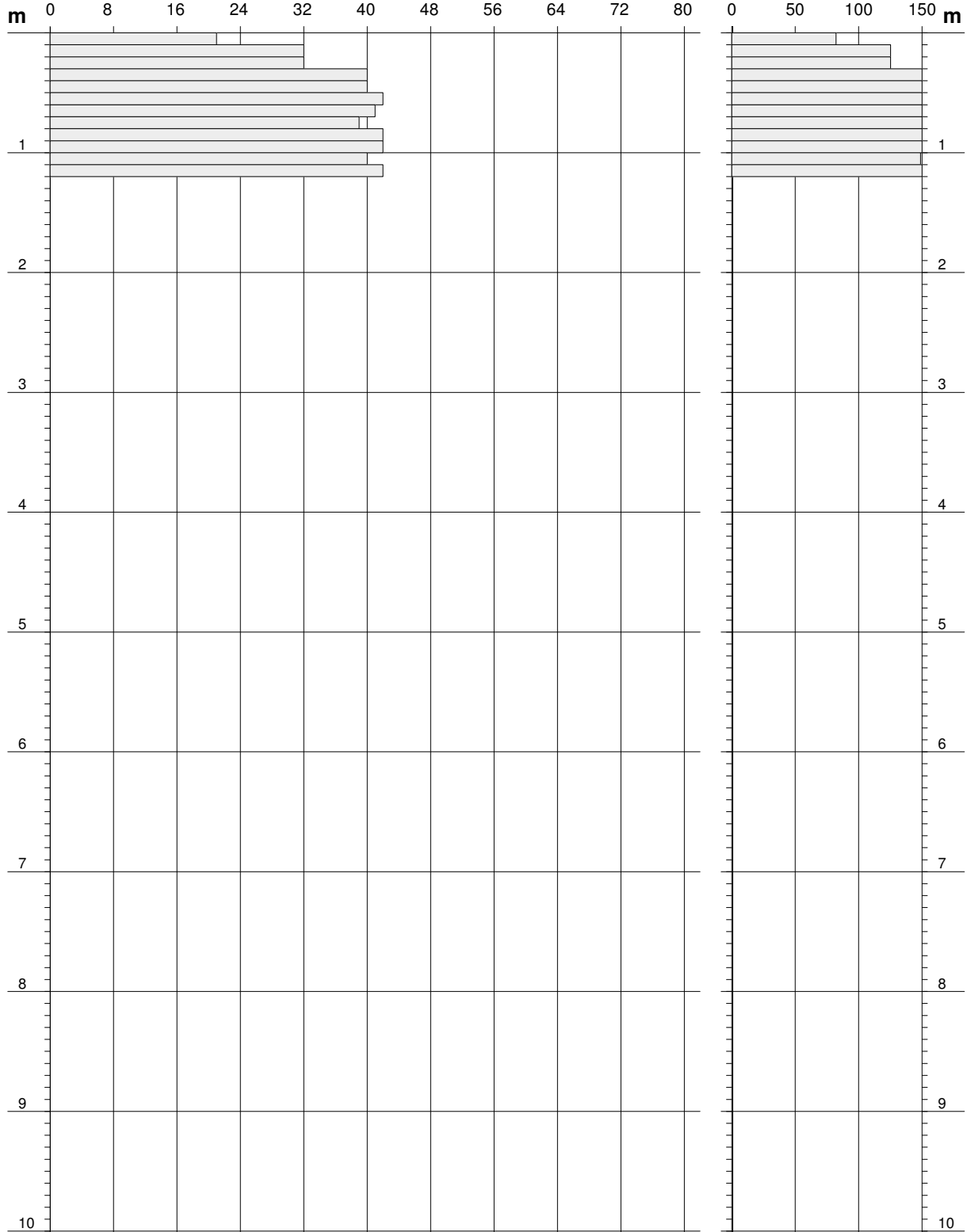
Scala 1: 50

- cantiere : Geol.Perez Concetta  
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico a Terra  
 - località : Comune di Butera

- data prova : 19/05/2022  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 24/05/2022

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- cantiere : Geol.Perez Concetta  
- lavoro : Impianto Fotovoltaico a Terra  
- località : Comune di Butera

- data prova : 19/05/2022  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 24/05/2022

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,30	N	37,3	36	38	36,7	----	----	----	37	0,77	28
		Rpd	146,1	141	149	143,5	----	----	----	145		
2	0,30 0,90	N	18,5	13	28	15,8	5,5	13,0	24,0	18	0,77	14
		Rpd	72,0	48	110	60,2	22,1	49,9	94,0	70		
3	0,90 1,50	N	38,7	24	44	31,3	7,3	31,3	46,0	39	0,77	30
		Rpd	143,8	89	164	116,5	27,3	116,5	171,1	145		

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.30	Coltre superficiale	28	62.0	35.5	407	2.04	1.67	1.75	2.12	19	0.522
2	0.30 0.90	Sabbie med.addensate	14	41.0	29.5	299	1.96	1.53	0.88	1.95	30	0.795
3	0.90 1.50	Sabbie addensate	30	65.0	36.2	423	2.05	1.69	1.88	2.14	18	0.490

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- cantiere : Geol.Perez Concetta  
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico a Terra  
 - località : Comune di Butera

- data prova : 19/05/2022  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 24/05/2022

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,30	N	28,3	21	32	24,7	----	----	----	28	0,77	21
		Rpd	110,9	82	125	96,5	----	----	----	110		
2	0,30 1,20	N	40,9	39	42	39,9	1,2	39,7	42,1	41	0,77	31
		Rpd	156,4	149	164	152,6	4,4	152,1	160,8	157		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta^t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.30	Coltre superficiale	21	51.5	32.7	353	2.00	1.60	1.31	2.03	24	0.648
2	0.30 1.20	Sabbie argillose addensate	31	66.0	36.6	430	2.06	1.70	1.94	2.15	18	0.474

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

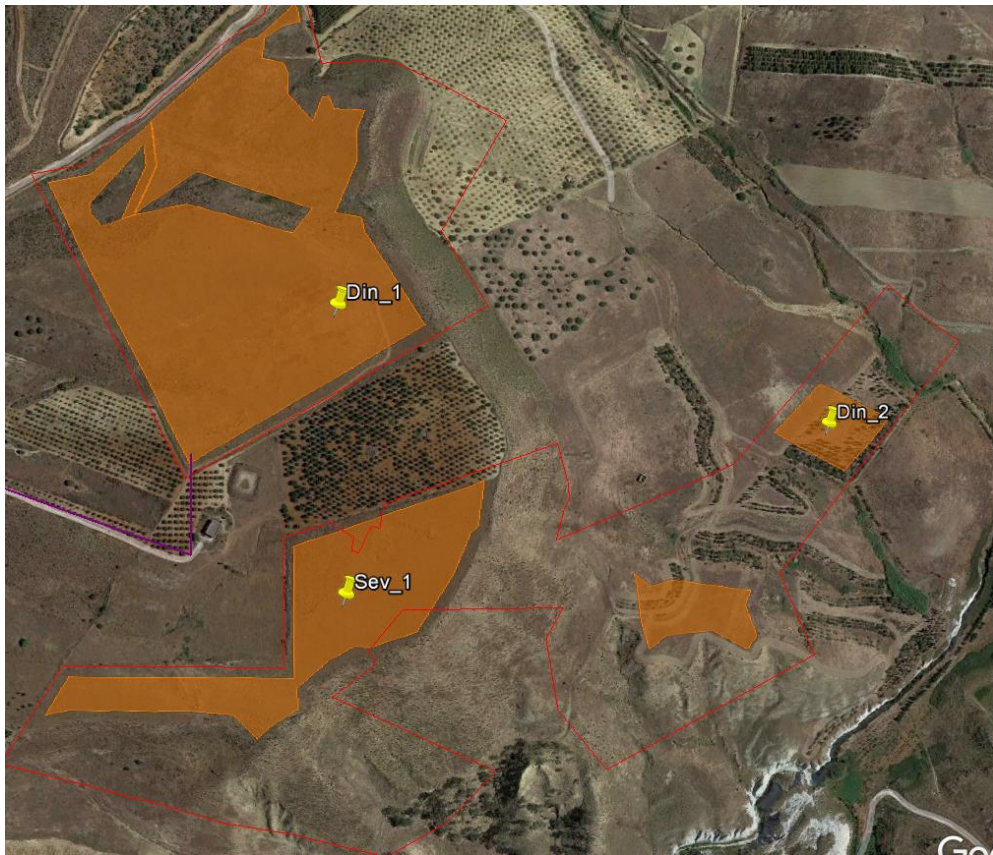


**Fig\_1-Postazione prova penetrometrica Din01**



**Fig\_1-Postazione prova penetrometrica Din02**

## ***Ubicazione schematica delle indagini***



**COMUNE DI BUTERA**  
**Provincia di Caltanissetta**

OGGETTO:

*Esecuzione di uno studio geofisico con metodologia S.E.V. (Sondaggio Elettrico Verticale) a supporto del progetto di "Realizzazione di un impianto solare fotovoltaico a terra (agrivoltaico) collegato alla RTN Potenza Nominale 15,18 MWh" sito nel comune di Butera (CL).*

**INDAGINI GEOFISICA S.E.V.**

COMMITTENTE:

Spett.le "Dott.ssa Concetta Perez"

*I TECNICI*

*Dott.Geol. Matteo Costantino*

*Dott.Geol. Giuseppe Gugliuzza*

## **Indice**

<i>1.0. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE .....</i>	<i>1</i>
<i>2.0 DESCRIZIONE E FINALITÀ DEL METODO DI INDAGINE “SEV” .....</i>	<i>2</i>
<i>2.1 Attrezzatura utilizzata e metodologia d’esecuzione.....</i>	<i>3</i>
<i>3.0 INTERPRETAZIONE DELLA PROVA “SEV” .....</i>	<i>3</i>
<i>3.1 Analisi dei risultati dei Sondaggi Elettrici Verticali e delle colonne elettrostratigrafiche ottenute.....</i>	<i>13</i>
<i>4.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</i>	<i>14</i>

### **Costituiscono allegati**

*Documentazione Fotografica*

*Stralcio aerofotogrammetrico con ubicazione schematica dell'indagine*



# “Relazione sulla Indagine Geofisica”

## 1. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE

Su incarico della Dott.ssa Concetta Perez è stata eseguita n°1 prospezione geofisica elettrica di tipo “SEV (Sondaggio Elettrico Verticale)” mediante geometria di configurazione del tipo Schlumberger a supporto del progetto di “Realizzazione di un impianto solare fotovoltaico a terra (agrivoltaico) collegato alla rete RTN di potenza nominale 15,18 MWp” .

*In particolare è stata eseguita la seguente tipologia di indagine:*

### **Prospezioni Elettrica “S.E.V. (Sondaggio Elettrico Verticale)”**

<b>Sondaggio Elettrico Verticale</b>	<b>Lunghezza Stendimento (m)</b>	<b>Profondità d’indagine (m)</b>
<b>Sev_1</b>	<b>40,0</b>	<b>~ 10,0</b>

*(Tab.1 Ampiezza e profondità d’indagine dei Sondaggi Elettrici Verticali)*

A seguire nella Tab.1, vengono riportati le coordinate in sistema WGS84 delle indagini puntuali dei sondaggi elettrici verticali.

<b>Posizione indagini SEV</b>	<b>Coordinate WGS 84</b>	
	<b>Lat</b>	<b>long</b>
<b>E2_A</b>	37.191292°	14.223857°

*(Tab.2 Coordinate posizione del Sondaggio Elettrico Verticale)*

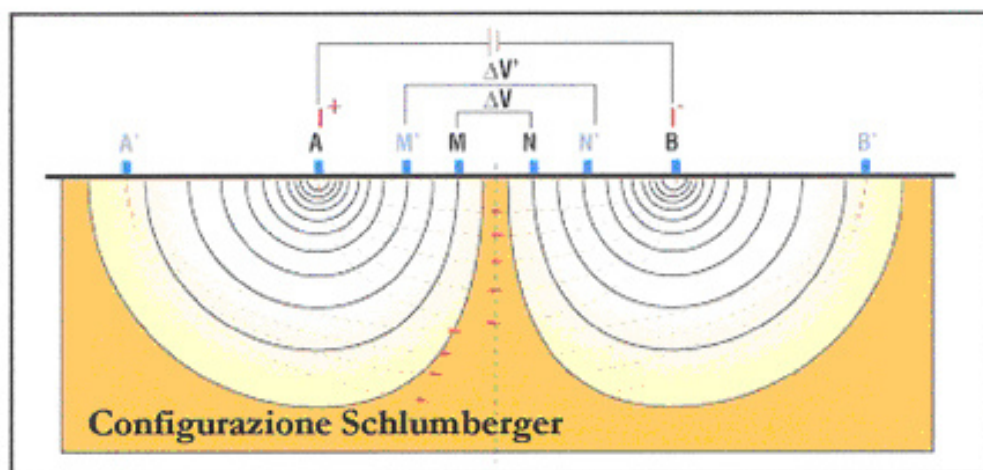
## **2.0 DESCRIZIONE E FINALITA' DEL METODO DI INDAGINE "SEV"**

Il sondaggio elettrico verticale, indicato sinteticamente come S.E.V., consiste nell'esecuzione di successive misure di resistività mediante una configurazione degli elettrodi a quadripolo, aumentando progressivamente la spaziatura tra gli elettrodi di corrente e mantenendo fisso il centro dello stesso.

La metodologia, che può vantare quasi un secolo di storia, permette di stabilire l'andamento della resistività apparente del terreno in esame in funzione della profondità. Infatti, allargando progressivamente il quadripolo, aumenta la porzione di terreno interessato dal passaggio di corrente.

Le modalità con le quali viene ampliato il quadripolo dipendono dalla procedura adottata. Le più note sono quelle che adoperano due particolari configurazioni del quadripolo: la configurazione Wenner e la configurazione Schlumberger.

Nel caso in oggetto, la configurazione scelta è la Schlumberger che prevede una disposizione degli elettrodi A, B, M e N, con la distanza tra A e B molto maggiore della distanza tra M e N, disposti sempre in linea e simmetrici rispetto al centro sondaggio. In questo caso la procedura prevede una serie di misure aumentando AB (o  $AB/2$ ) con progressione esponenziale e mantenendo invariata la distanza tra MN entro opportuni intervalli di AB (Fig. 1). Con questo metodo ogni misura richiede quasi sempre lo spostamento sul terreno di soli due elettrodi.



(Fig. 1 - La configurazione Schlumberger)

La profondità di indagine raggiunta con questa metodologia dipende tanto dalla resistività degli strati quanto dalla larghezza di AB. Maggiore è la resistività degli strati maggiore sarà

la profondità raggiunta dalla corrente, a parità di AB. I valori di resistività apparente ottenuti da successive misure, vengono riportati su grafico bi-logaritmico in funzione delle dimensioni del quadripolo. Si ottiene così una curva di resistività, dalla quale si ricaverà, mediante interpretazione, un elettrostratigrafia.

L'interpretazione è eseguita in due fasi successive: la prima fase prevede la determinazione qualitativa della curva, la seconda fase è costituita dall'interpretazione quantitativa. Questa è stata realizzata tramite l'utilizzo di software dedicato quale RES1D. Il risultato finale a cui si giunge utilizzando i sondaggi geoelettrici è la definizione di una colonna elettrostratigrafica 1D per la quale ogni valore di resistività corrisponde una interpretazione litologica.

### **2.1 Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione**

Lo strumento di acquisizione utilizzato è il georesistivimetro multielettrodo bicanale Ambrogeo MANGUSTA 2GET costituito da una centralina hardware di controllo, da un computer portatile che gestisce il processo di misura, dalle unità periferiche (elettrodi + picchetti metallici) e dai moduli esterni di energizzazione e che consente di ricavare già in campagna, lungo una sezione verticale, il valore di resistività apparente. Nell' aumentare progressivamente la distanza tra gli elettrodi di corrente si è andati ad investigare un volume sempre maggiore di terreno, ovvero abbiamo ottenuto informazioni relative a profondità via via crescenti.

### **3.0 INTERPRETAZIONE DELLA PROVA "SEV"**

Nell'area in studio è stato eseguito n°1 sondaggi elettrici verticali (SEV). I dati elettrici registrati in campagna sono stati elaborati utilizzando il software RES1D. I valori di resistività ottenuti da successive misure, vengono riportati su grafico bilogaritmico in funzione delle dimensioni del quadripolo. Dalla curva di resistività apparente, misurata in campagna, tramite processo di inversione, si ottiene un modello geologico mediante l'individuazione di elettrostrati, ovvero livelli stratigrafici con propria conducibilità elettrica.

<b>Sev_1</b>		
<b>AB/2 (m)</b>	<b>MN (m)</b>	<b><math>\rho_a</math> (<math>\Omega</math> m)</b>
2,000	2,000	60,0
4,000	2,000	70,0
6,000	2,000	58,0
8,000	2,000	55,0
10,000	2,000	40,0
13,000	2,000	60,0
16,000	2,000	55,0
20,000	2,000	50,0

**Tab.3 Valori di resistività apparente ( $\rho_a$ ) sperimentali di campagna con relativa geometria della configurazione geometrica Schlumberger**

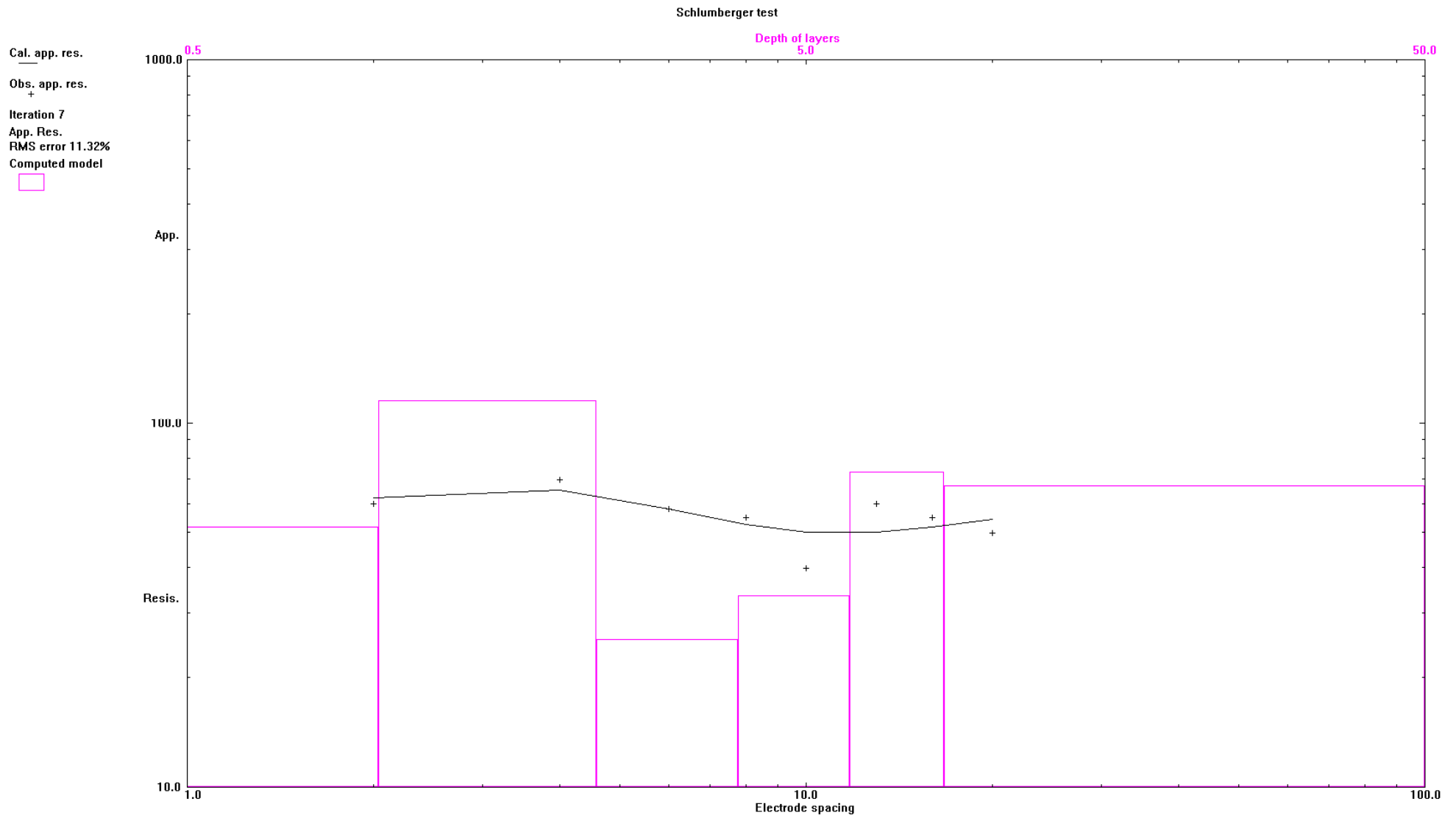
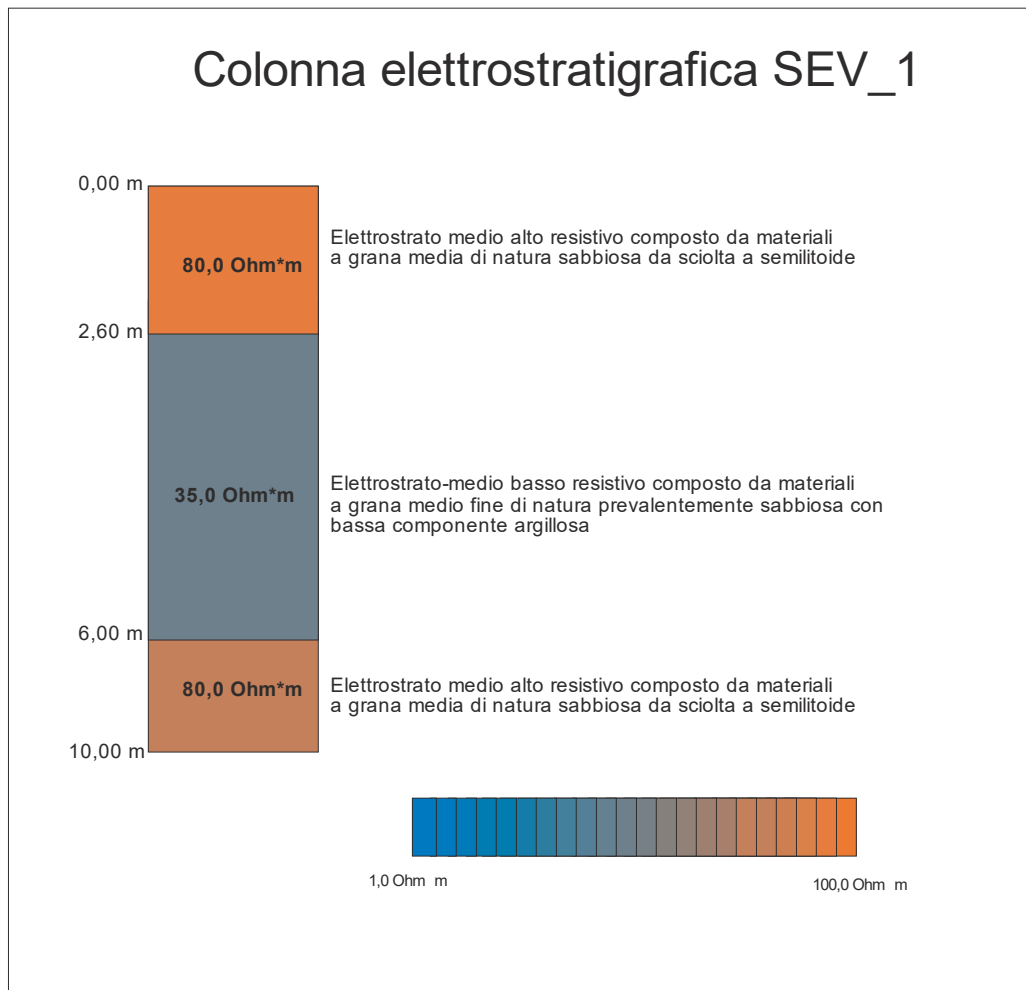


Fig. 2 (Curva di resistività apparente e relativo modello di calcolo-Sev\_1)



### **3.1 Analisi dei risultati dei Sondaggi Elettrici Verticali e delle colonne elettrostratigrafiche ottenute**

Nella restituzione del modello elettrostratigrafico si sono discretizzati degli elettrostrati con proprie caratteristiche di conducibilità elettrica. La zona in studio è caratterizzata prevalentemente da un substrato composto da materiali a grana medio fine di natura sabbiosa-semilitoide dove è possibile riscontrare degli elettrostrati con proprie caratteristiche di conducibilità elettrica.

#### **4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

La risultanza della prospezione elettrica SEV ha consentito di caratterizzare elettrostratigraficamente l'area in studio e di qualificare e quantificare le caratteristiche geoelettriche dei terreni indagati.

Dall'elaborazione dei dati di campagna si è discretizzato per ogni punto di indagine una colonna elettrostratigrafica rappresentativa del substrato dei terreni indagati. Come sopra accennato, il substrato dell'area in studio è interessato da alternanze cicliche da materiali a grana medio fine di natura sabbiosa-semilitoide.

In considerazione del ruolo che possiedono le indagini geofisiche, per quanto le indicazioni che forniscono siano di norma piuttosto significative, l'utilizzo di metodologie indirette non sostituisce la verifica diretta, ma eventualmente è in grado di indirizzarla in aree che, in base alle risultanze delle indagini, risultino più sensibili. Sulla base degli strumenti interpretativi forniti e per un maggior dettaglio sulle dimensioni e sull'ubicazione delle aree anomale si rimanda a quanto sopra riportato.

Polizzi Generosa, Maggio 2022

Dott. Matteo Costantino

Dott. Giuseppe Gugliuzza

## Documentazione fotografica



*Postazione Sev\_1*



**Ubicazione schematica delle indagini**

