

PROPONENTE

## Repower Renewable Spa

Via Lavaredo, 44  
30174 Mestre (VE)

**REPOWER**  
L'energia che ti serve.

PROGETTAZIONE



Sinergo Spa - via Ca' Bembo 152  
30030 - Maerne di Martellago - Venezia - Italy  
tel 041.3642511 - fax 041.640481

sinergospa.com - info@sinergospa.com

Numero di commessa interno progettazione: 20032

Progettista :  
Ing. Filippo Bittante



**TENPROJECT**

Tenproject Srl - via De Gasperi 61  
82018 S. Giorgio del Sannio (BN)  
t +39 0824 337144 - f +39 0824 49315  
tenproject.it - info@tenproject.it

N° COMMESSA

# 1443

**PARCO EOLICO "BORGO CHITARRA"**  
**LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI**  
**COMUNI DI MAZARA DEL VALLO E MARSALA**

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE

ELABORATO

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLIGICA E GEOTECNICA

CODICE ELABORATO

# 0.11.0

NOME FILE

1443-PD\_A\_0.11.0\_REL\_r00

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	Marzo/2021	PRIMA EMISSIONE	GN	Geom. E. Cossalter	Ing. Filippo Bittante



## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>5</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>7</b>
3.1. Geologia .....	7
3.2. Tettonica.....	9
3.3. Geomorfologia .....	12
<b>4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>13</b>
4.1. Idrografia .....	13
4.2. Idrogeologia.....	14
4.3. Pericolosità idrogeologica .....	15
<b>5. INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>17</b>
5.1. Indagini svolte.....	17
5.2. Prove penetrometriche dinamiche.....	17
5.3. MASW .....	20
<b>6. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO .....</b>	<b>25</b>
<b>7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....</b>	<b>28</b>
7.1. Sismicità storica .....	28
7.2. Azione sismica.....	30
7.3. Pericolosità sismica .....	30
7.4. Stati limite.....	33
7.5. Categoria del sottosuolo.....	34



## STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

### 1. INTRODUZIONE

L'intervento in oggetto riguarda la possibilità di realizzazione da parte di Repower S.p.A. di un impianto eolico in località Borgo Chitarra ricadente nei territori di Mazara del Vallo e Marsala, in provincia di Trapani. Il progetto prevede l'installazione di n.8 aerogeneratori, per una potenza di 48 MW. Il sito è ubicato a nord del centro abitato di Mazara del Vallo, dal quale l'aerogeneratore più vicino dista circa 12 km. Gli aerogeneratori sono collegati tra loro mediante un cavidotto interno in media tensione interrato, mentre a partire dalla torre A08 è prevista la posa di un cavidotto esterno in media tensione interrato per il collegamento dell'impianto eolico con la sottostazione (SE) di trasformazione e consegna 30/220 kV di progetto prevista in agro di Marsala (TP). Il cavidotto sia interno che esterno segue per la quasi totalità strade e piste esistenti, e solo per brevi tratti si sviluppa su terreni.

Il presente documento ha come oggetto la ricostruzione degli aspetti geologici dell'area, partendo da un inquadramento geologico preliminare regionale, fino ad arrivare a descrivere le peculiarità dell'area specifica interessata dal parco eolico. In questa fase progettuale sono state effettuate delle indagini geognostiche atte a caratterizzare i primissimi metri di sottosuolo, mentre indagini più approfondite sono rimandate all'eventuale stadio progettuale esecutivo. Nelle seguenti figure l'area di interesse è rappresentata su ortofoto dapprima l'interno di parte del territorio della provincia di Trapani e successivamente nei territori comunali di Mazara del Vallo e Marsala.

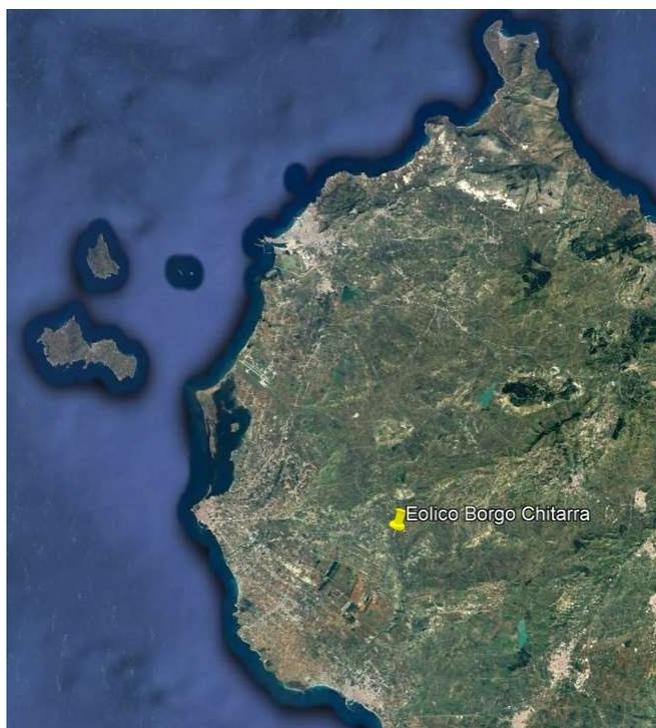


Figura 1 – Inquadramento nel territorio della provincia di Trapani

Nello specifico, nella seguente figura è riportato un dettaglio delle componenti progettuali su ortofoto e su IGM, sulle quale sono riportate le posizioni previste per la realizzazione delle torri eoliche.

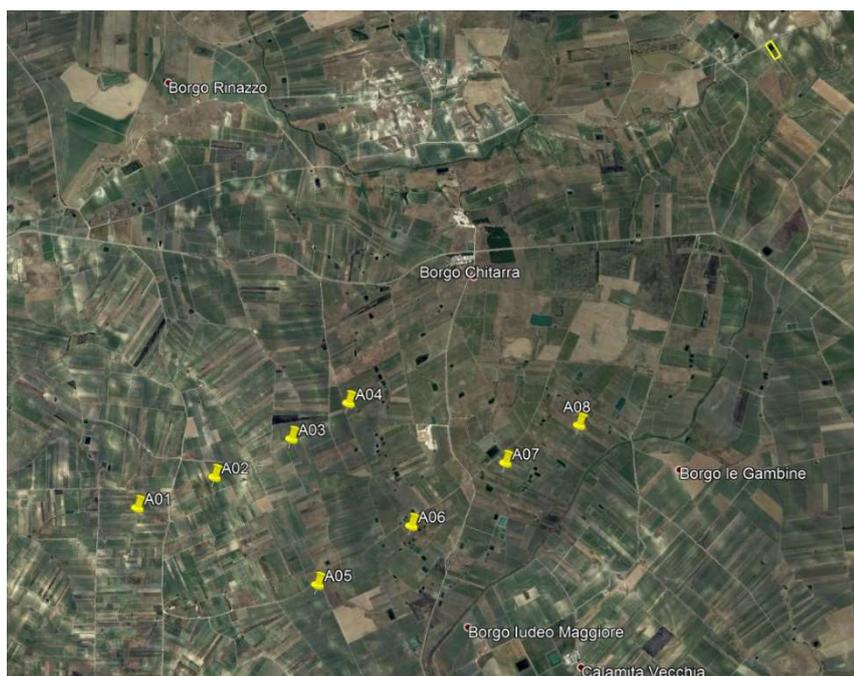


Figura 2 – Impianto eolico su ortofoto

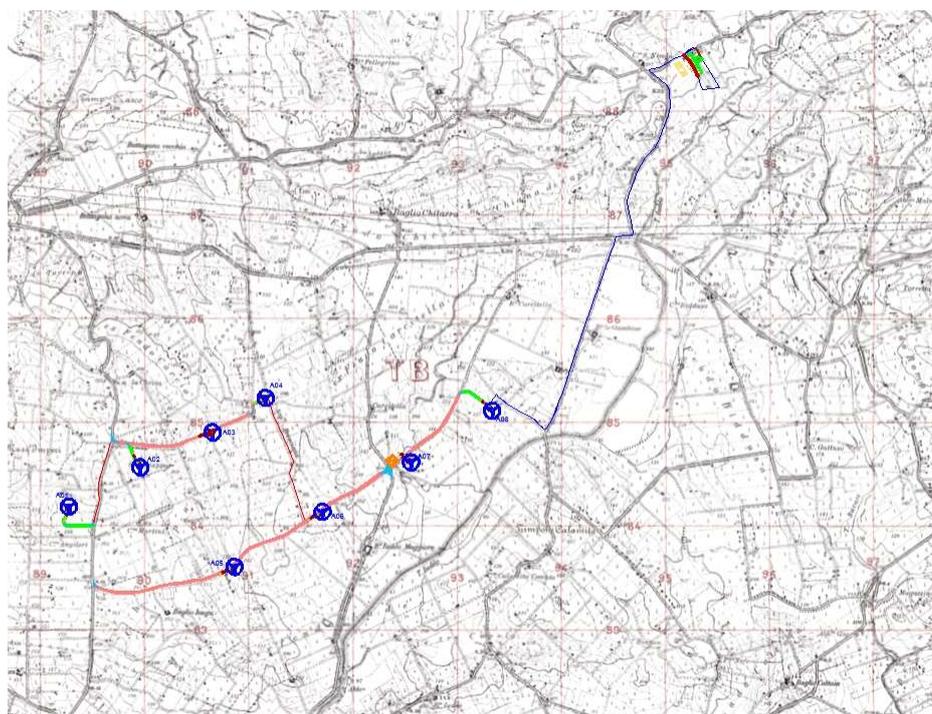


Figura 3 – Impianto eolico su IGM

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La maggior parte dell'impianto ricade in un'area a grado molto basso di antropizzazione tra i centri urbani di Salemi (Est), Mazara (Sud) e Marsala (Ovest), mentre il cavidotto esterno di collegamento dell'impianto alla RTN, interessa sia il Comune di Mazara del Vallo che quello di Marsala e nello specifico, e la sottostazione ricade in c/da Case S. Nicola, nel territorio di Marsala, in prossimità della costruenda stazione RTN a 220 kV denominata "Partanna 2" di proprietà Terna.

Per quanto concerne la morfologia dell'area circostante la zona di intervento è variabile con l'alternanza di ampie distese pianeggianti ad aree con andamento collinare. Le pendenze, che in taluni casi si azzerano quasi, raggiungono anche valori superiori al 20% in prossimità di alcune singolarità orografiche. Le opere di progetto sono tutte previste su aree con pendenze relativamente basse che raggiungono al più il 10%. Il territorio è caratterizzato da numerose vasche di raccolta ad uso irriguo verso le quali in molti casi drenano le acque di ruscellamento superficiale costituendo dei micro bacini endoreici.

Di seguito si riportano alcune immagini rappresentative delle aree interessate dalle opere di progetto.



Figura 4 – Panoramica dell'area d'intervento in direzione dell'area d'installazione delle torri A05 – A06



Figura 5 – Panoramica dell'area d'intervento in direzione dell'area d'installazione della torre A03



Figura 6 – Panoramica dell'area d'intervento in direzione dell'area d'installazione della torre A04



Figura 7 – Panoramica dell'area d'intervento scattata in prossimità di Borgo Chitarra dalla SS188



Figura 8 – Panoramica dell'area di realizzazione della sottostazione di trasformazione in area condivisa con altri produttori.



Figura 9 – Panoramica area di costruzione della stazione di smistamento "Partanna 2".

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

#### 3.1. Geologia

I territori comunali di Mazara del Vallo e Marsala rientrano nella porzione più occidentale della Sicilia. Nel contesto geologico regionale, l'isola siciliana rappresenta una porzione della megasutura che si sviluppa lungo il limite tra la placca africana e quella europea, con una porzione di catena che attraverso la Sicilia collega gli Appennini e la Calabria con le Maghrebidi.

La storia geologica dell'area ha visto una prima fase orogenica alpina paleogenica, cui sono seguiti i movimenti compressivi legati alla rotazione antioraria oligo-miocenica del blocco sardo-corso, la cui collisione con il margine continentale africano è generalmente considerata la causa della deformazione compressiva nella catena sudappenninica-siciliana.

All'interno del complesso collisionale siciliano e del suo prolungamento in mare si riconoscono tre elementi principali:

- Avampaese, affiorante nella zona sud-orientale della Sicilia e presente anche nel Canale di Sicilia a sud di Sciacca;
- Avanfossa recente, in parte sepolta dal fronte della catena nella Sicilia meridionale e nel Bacino di Gela, sita nell'offshore meridionale della Sicilia e nel Plateau Ibleo lungo il margine settentrionale dell'avampaese;
- Catena complessa con vergenza E-SE spessa anche più di 15 km, costituita dalle Unità calabro-peloritane e dalle Unità appenniniche siciliane.

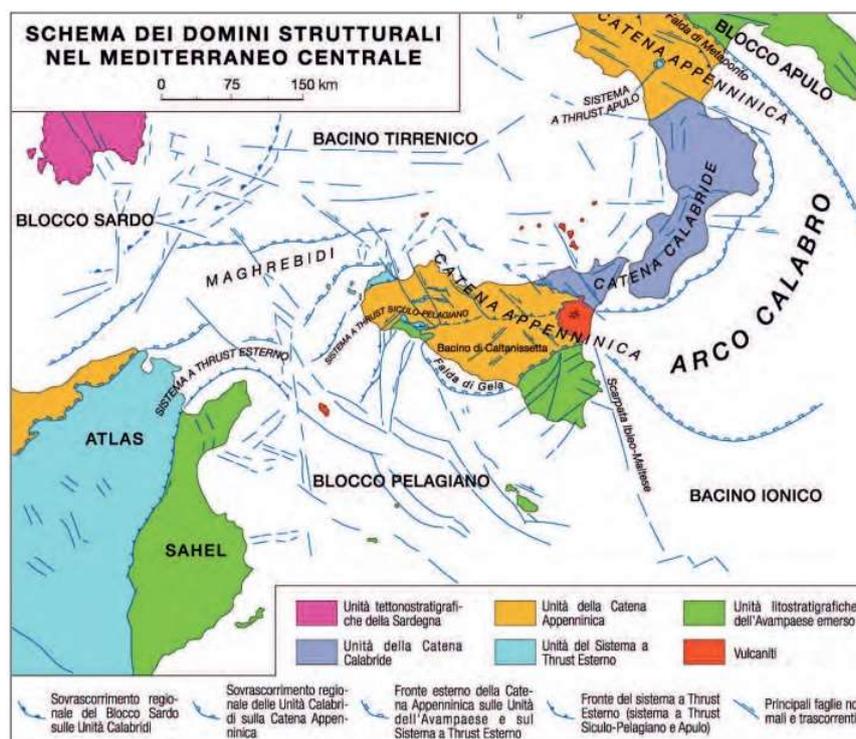


Figura 10 – Domini strutturali del Mediterraneo Centrale (da Lentini et al., 1994 modificato)

Gran parte della Sicilia centrale ed occidentale rientrano nelle Unità della Catena Appenninica, e nello specifico l'area del trapanese è interessata dalle Unità del Sistema a Thrust Esterno da quelle appartenenti al Sistema a Thrust Siculo-Pelagico (PSTB). Quest'ultimo si è strutturato nel periodo Miocene superiore-Pleistocene, contemporaneamente all'apertura tirrenica.

Passando ad analizzare nel dettaglio l'assetto litologico e geo-stratigrafico dei siti in esame, si riporta di seguito un estratto cartografico tratto dalla cartografia geologica ufficiale (foglio 605 Paceco, Carta Geologica d'Italia scala 1:50'000), in cui si nota la presenza in zona sostanzialmente delle Unità Prepanormidi, dei Trubi, dei depositi plio-pleistocenici e dei depositi quaternari.

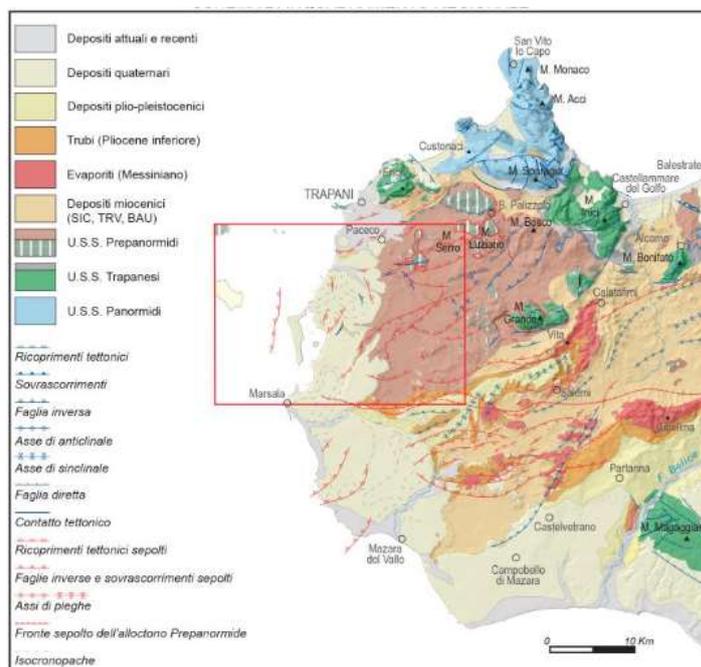


Figura 11 – Schema di inquadramento regionale (Carta Geologica d'Italia, foglio 605 – Paceco)

Analizzando la cartografia dell'area riportata sul Geoportale Nazionale dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), l'area è interessata da diverse formazioni sedimentarie, tra cui, nel dettaglio, si ritrovano depositi argilloso-marnosi plioce-nici, nel settore occidentale dell'area di impianto, e depositi detritici, alluvionali e fluviolacustri nel settore orientale del parco eolico e della stazione utente.



Figura 12 – Aree di progetto su stralcio Carta Geolitologica - Geoportale Nazionale

Di seguito si riporta invece uno stralcio della sezione 1-2 contenuta nella Carta Geologica d'Italia dell'Istituto Geografico Militare, scala 1:100'000 – Foglio 257 Castelvetro, da cui è possibile riconoscere la litostratigrafia dei depositi dei domini dell'area di studio.

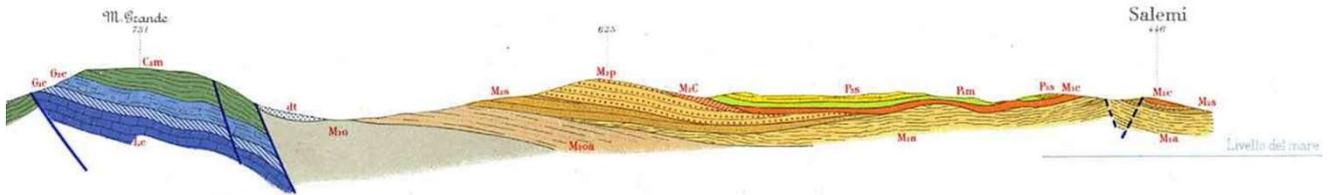


Figura 13 – Stralcio sezione geologica Carta Geologica d'Italia – foglio 257 "Castelvetro", scala 1:100'000 (ISPRA)

Quanto riportato dalle cartografie trova accordo con quanto osservato in sito durante le operazioni di rilevamento superficiale e di esecuzione delle indagini geognostiche. Nel dettaglio, nella parte orientale del parco eolico, topograficamente più bassa, in corrispondenza delle torri A04, A06, A07 e A08, si sono rinvenuti depositi alluvionali con presenza di materiale argilloso con abbondanza di detrito e di ciottoli, i quali hanno causato il rifiuto strumentale durante l'esecuzione delle prove penetrometriche. Medesimo assetto litostratigrafico si rinviene nell'area in cui è prevista la realizzazione della stazione utente, con la presenza di materiale permeabile con ciottoli, mentre laddove si riscontra la presenza di vegetazione si ha l'emergenza in superficie dello strato argilloso impermeabile sottostante. Tale materiale argilloso si rinviene abbondantemente nel settore occidentale del parco eolico, il quale risulta essere caratterizzato da depositi argillosi ed argilloso-marnosi.

### 3.2. Tettonica

Come già anticipato nel capitolo introduttivo alla geologia dell'area, la Sicilia, con la sua posizione centrale nel Mediterraneo rappresenta un segmento dell'orogene Appenninico-Maghrebide, la quale collega l'Appennino al Nord Africa tramite l'Arco Calabro-Peloritano.

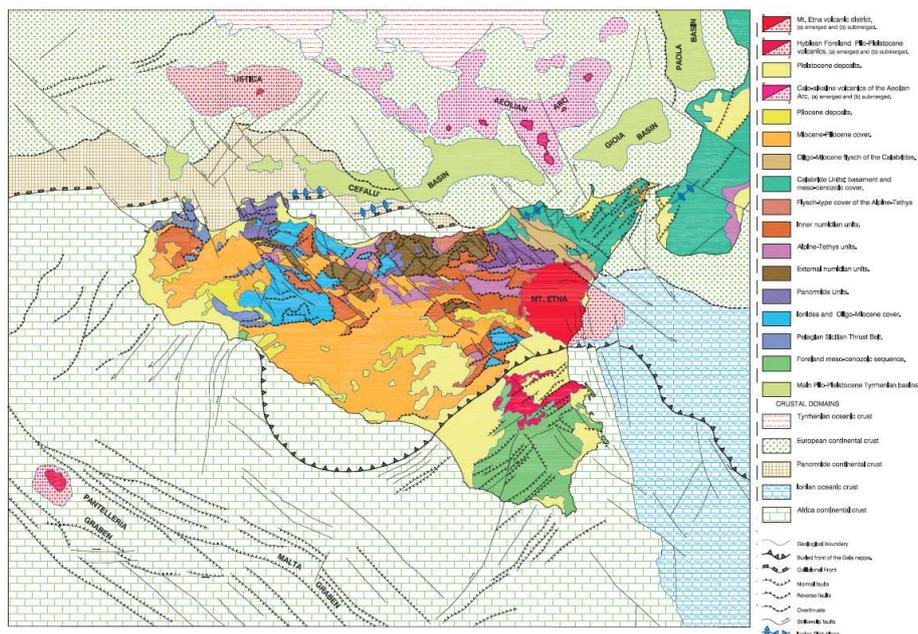


Figura 14 – Schema strutturale Sicilia (Lentini et al., 2004)

L'area del Mediterraneo centrale è caratterizzata da un dominio di Avampaese e da uno Orogenico, a sua volta costituito da un edificio multistrato in cui si riconoscono dal basso verso l'alto un Sistema di Thrust Esterno, la Catena Appenninico-Maghrebide e la Catena Calabro-Peloritana. La fascia orogenica è caratterizzata dalla presenza di crosta oceanica ionica in subduzione e tirrenica in espansione.

Per quanto concerne il dominio di avampaese, questo comprende le aree indeformate della Placca Nord-Africana, rappresentata dal Blocco Pelagiano e dal Bacino Ionico, mentre il dominio orogenico si è originato mediante il tipico sistema "catena-avanzofossa-avampaese", con un progressivo coinvolgimento spazio-temporale delle aree via via più esterne, per cui settori con ruolo di avampaese si sono trasformati in unità tettoniche inglobate nell'edificio orogenico. È questo il caso delle unità Panormidi originariamente aree di avampaese durante il Miocene inferiore e successivamente in ricoprimento sulle Ionidi. Queste ultime a loro volta si trasferiranno in ricoprimento sul Sistema Siculo Pelagiano in contemporanea con l'apertura del Bacino Tirrenico. Inoltre studi paleomagnetici hanno contribuito ad arricchire il quadro geodinamico delle varie unità tettoniche, affette da rotazioni orarie che hanno accompagnato il trasporto orogenico verso SE e Sud delle varie falde nell'intervallo cronologico mio-pliocenico.

Per comprendere la storia tettonica che ha portato alla formazione dell'attuale assetto strutturale e tettonico, si riporta di seguito una ricostruzione paleogeografica lungo un transetto orientato nord-sud dalla Sardegna al Canale di Sicilia, tratto dalle "Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia – Geologia della Sicilia, Cap. V Tettonica)".

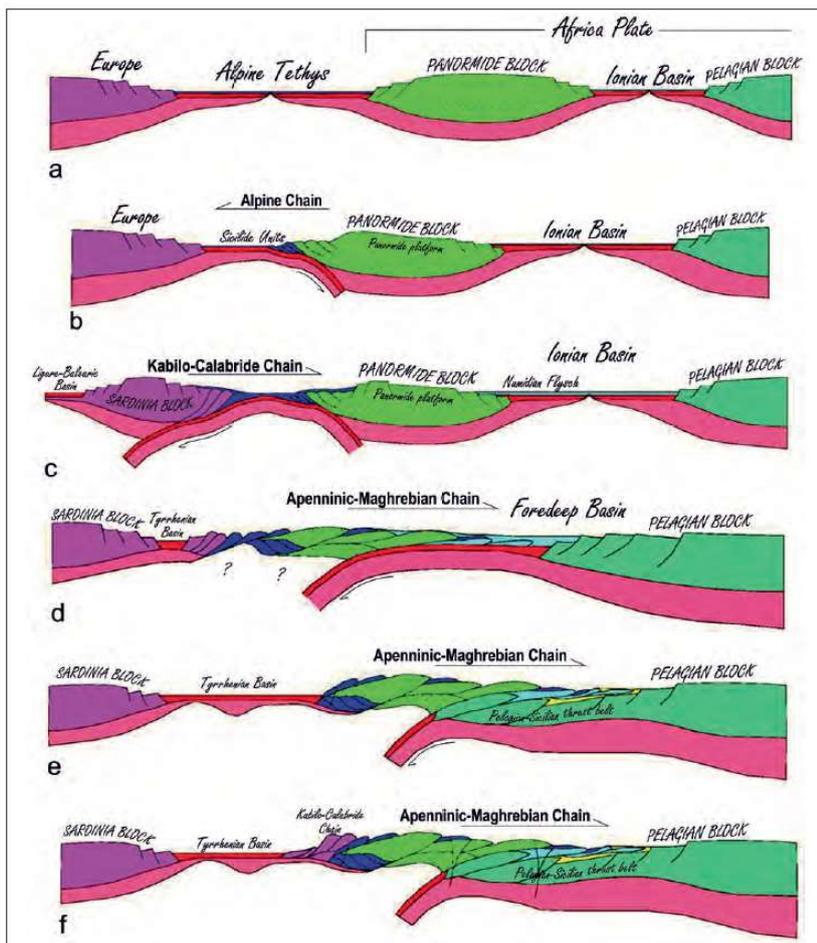


Figura 15 – Ricostruzioni paleogeografiche, transetto N-S Sardegna-Canale di Sicilia (Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia – Geologia della Sicilia)

Le fasi sopra rappresentate sono di seguito esposte:

- a. Durante il Giurassico superiore le placche Europa e quella Afro-Adriatica erano separate dal bacino oceanico Alpino-Tetideo;
- b. Durante lo stadio Eo-Alpino si formò l'orogene Alpino, guidato dalla subduzione verso sud della Tetide Alpina sotto la placca Afro-Adriatica durante il Cretacico-Eocene;
- c. A partire dall'Oligocene si attiva una subduzione verso nord che coinvolge ciò che rimane della crosta Alpino-Tetideica;
- d. La prima evidenza dell'inizio dell'apertura tirrenica si trova nei sedimenti del Miocene medio-superiore;
- e. Oceanizzazione del bacino del Vavilov a partire dal Pliocene;
- f. L'arretramento dello slab ionico ha causato la migrazione verso SE del sistema orogenico, accompagnata dallo sviluppo di un sistema di faglie trascorrenti destre (Sistema Sud-Tirrenico), connesso alla contemporanea collisione tra il blocco Panormide e quello Pelagiano ad ovest e la subduzione attiva sotto l'Arco Calabro-Peloritano ad est.

Passando nel dettaglio all'area del trapanese, si possono riconoscere tre sistemi di faglie derivanti dalle fasi tettoniche precedentemente descritte:

- Faglie con orientazione NE-SW e E-W a componente compressiva;
- Faglie subverticali destre con orientamento NW-SE che tagliano ed interrompono sovrascorrimenti e pieghe;
- Faglie con orientazione NE-SW ed E-W impostate su sistemi più antichi.

Le unità Pre-Panormidi presentano litologie a prevalente componente duttile, le quali hanno dato origine a strutture plicative marcate ed a numerosissime scaglie tettoniche impilate a formare struttura embricate. Per quanto concerne le strutture tettoniche dislocative, dalla consultazione del Catalogo delle faglie capaci (ITHACA), risulta che l'area in esame, così come la gran parte della provincia di Trapani, non è attraversata da faglie capaci, definite tali in quanto ritenute in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione o dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.

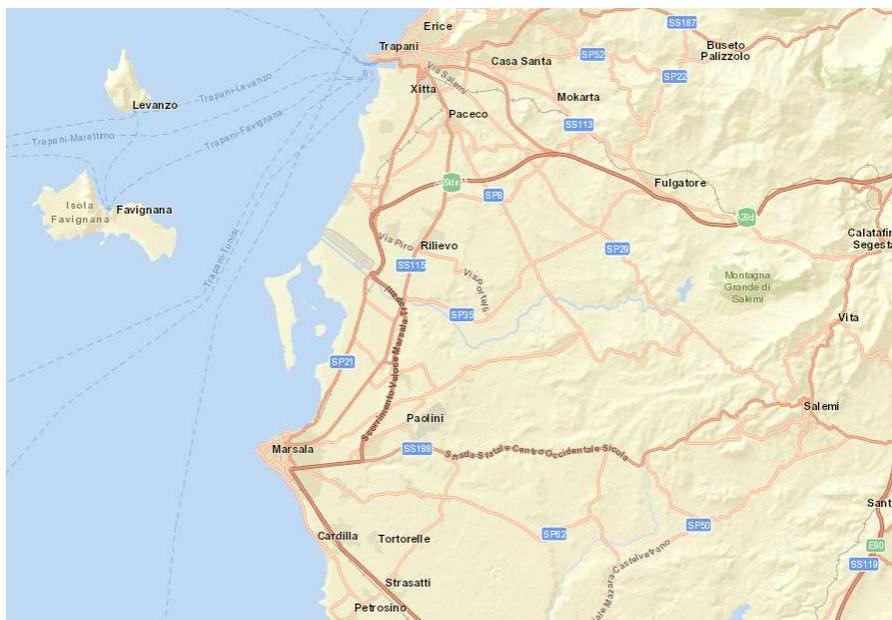


Figura 16 – Faglie capaci (Progetto ITHACA)

L'assenza di faglie capaci ha conferma anche nell'assenza di sorgenti sismogenetiche nelle aree di progetto, sia dell'impianto eolico che della stazione utente, come rappresentato dalla seguente figura, estratta dal DISS "Inventario delle sorgenti sismogenetiche" dell'INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.). Si segnala però la presenza di tre diverse faglie sorgenti sismogenetiche a sud-est delle aree di interesse:

- Faglia Mazara-Belice, orientata ENE-WSW, massima magnitudo 5,6;
- Faglia Castelvetrano-Capo Granitola, orientata NE-SW, massima magnitudo 5,5;
- Faglia Monte Magaggiaro-Pizzo Telegrafo, orientata NW-SE, massima magnitudo 5,5.

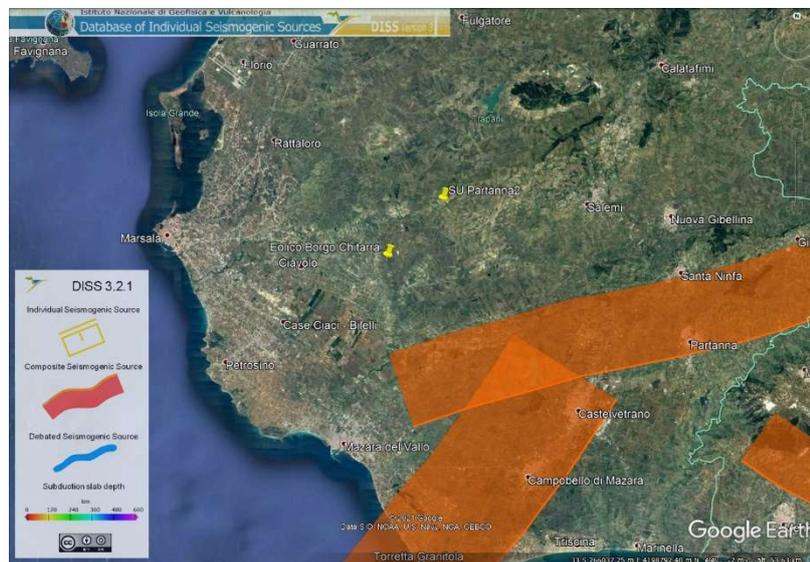


Figura 17 – Sorgenti Sismogenetiche (DISS Working Group)

### 3.3. Geomorfologia

L'assetto geomorfologico della zona risente fortemente del tipo di rocce o depositi esistenti e quindi della loro resistenza all'erosione messa in atto dagli agenti esogeni. Se si pensa ai tratti dei corsi d'acqua presenti nella zona collinare, è evidente come questi siano influenzati dalla presenza di litotipi resistenti all'erosione, i quali vengono aggirati. Si è così potuta avere la conservazione di forme antiche, anche in virtù di fasi di stazionamento del livello di base dell'erosione, e l'erosione selettiva di altre forme e versanti. Infatti, le aree collinari caratterizzate da terreni argillosi e marnosi sono state modellate dal ruscellamento, da processi fluviali e da movimenti franosi. Nello specifico, i siti di progetto rientrano nel settore ad est dell'abitato di Marsala ed a nord di Mazara del Vallo, dove si ritrova il tipico paesaggio collinare, determinato dalla modellazione da parte degli agenti esogeni sui depositi a prevalente componente argillosa. Tali rilievi collinari presentano forme addolcite e blande e sono incisi dal reticolo idrografico caratterizzante l'area. Infine, si riporta l'area di progetto, per la quale sono indicate le n.8 torri eoliche e la SE su Modello Digitale del Terreno (DTM), estratto dai dati forniti dal SITR della Regione Sicilia, avente quota massima (marrone) e minima (verde) rispettivamente pari a circa 266 e 43 metri sul livello del mare.

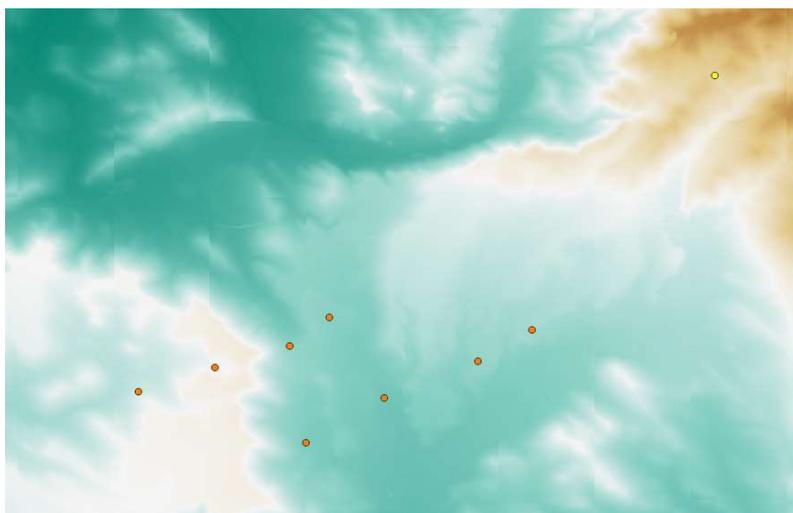


Figura 18 – Area di progetto su DTM

## 4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

### 4.1. Idrografia

Nell'area in esame come precedentemente descritto vi è la netta predominanza di successioni sedimentarie caratterizzata dalla presenza di depositi argillosi, argilloso-marnosi e depositi alluvionali o fluviolacustri. Tali formazioni, a differenza di altre litofacies carbonatiche affioranti in aree attigue, hanno permesso la formazione di un discreto reticolo idrografico, caratterizzato dalla presenza di diversi corsi d'acqua minori, quali per esempio il Torrente Iudeo, il Fosso Le Tre Cupole, il Fosso di Pozzillo, il Torrente della Torretta, il Fosso di Giardinazzo, il Torrente Bucari. La natura argillosa dei terreni superficiali favorisce lo scorrimento delle acque meteoriche in superficie.

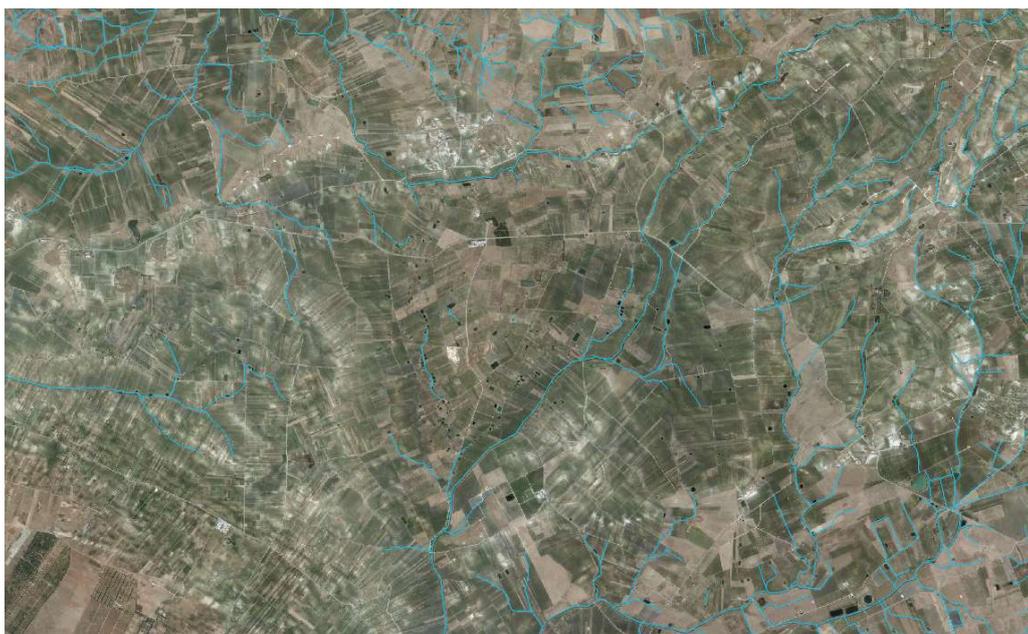


Figura 19 – Reticolo idrografico area di progetto (fonte Geoporale Nazionale ISPRA)

## 4.2. Idrogeologia

Da un punto di vista idrogeologico, l'area di studio può essere ricondotta al bacino idrogeologico della Piana di Marsala – Mazara del Vallo. Dall'interpretazione di dati geofisici (Cosentino et al., 1985) e dalla correlazione di dati stratigrafici di alcuni pozzi, si evince che l'acquifero in esame (Calvi et al. 2001) poggia su un substrato argillo-marnoso (Formazione Marnoso Arenacea della Valle del Belice). Inoltre, dall'interpolazione dei dati sopradetti, è stato possibile ricostruire l'andamento del substrato argilloso dell'acquifero (Cosentino et al., 2003), mentre la formazione geologica costituente l'acquifero e a cui è legata la potenzialità della falda idrica è nota con il nome di Calcareniti di Marsala. Tale formazione è disposta secondo una monoclinale, la cui inclinazione è generalmente legata ai meccanismi deposizionali, raggiungendo alle volte i 10°.

L'acquifero calcarenitico presenta spessori variabili in relazione all'andamento del substrato, in genere costituito da depositi poco permeabili o impermeabili. Campagne di prospezioni geofisiche eseguite nell'area hanno, infatti, evidenziato la presenza di depressioni alternate ad "alti strutturali" del substrato dell'acquifero, che condizionano fortemente la circolazione idrica sotterranea. Lo spessore dell'acquifero calcarenitico può essere valutato tra un minimo di pochi metri fino ad un massimo di 60-70 m.

La circolazione idrica sotterranea nel corpo idrico si espleta, essenzialmente, grazie alla porosità primaria che tali litotipi mostrano, a cui si aggiunge la circolazione preferenziale lungo i giunti di stratificazione e la rete di fratturazione e fessure. Dai dati litostratigrafici dei litotipi affioranti e dalla ricostruzione e correlazione di alcune stratigrafie di pozzi si evince che, tanto le Calcareniti di Marsala quanto i depositi terrazzati tirreniani, presentano intercalati orizzonti calcarenitici a differenti permeabilità e livelli argilloso-siltosi poco o scarsamente permeabili, che sono responsabili della presenza di diversi livelli idrici. Tali considerazioni portano a definire l'acquifero in esame come un multifalda, costituito da diverse falde idriche tra loro comunicanti e caratterizzate da scambi idrici verticali in funzione del livello piezometrico di ognuna di esse. In particolare secondo Calvi et al. (2001) è possibile distinguere almeno due falde idriche:

- una profonda, impostata sulle Calcareniti di Marsala, parzialmente semi-confinata da livelli discontinui poco permeabili;
- una superficiale di tipo libera, ospitata nei depositi terrazzati tirreniani, alimentata dalle precipitazioni efficaci e in condizioni idrodinamiche di interscambio idrico con la falda profonda in funzione delle rispettive altezze piezometriche.

Di seguito si riporta cartografia idrogeologica estratta dagli allegati del Progetto VIGOR del CNR, da cui si evince nell'area in esame la presenza in superficie del complesso idrogeologico AMA Argilloso-Marnoso-Arenaceo, con la vicina presenza del complesso CAA Calcarenitico sopra descritto.

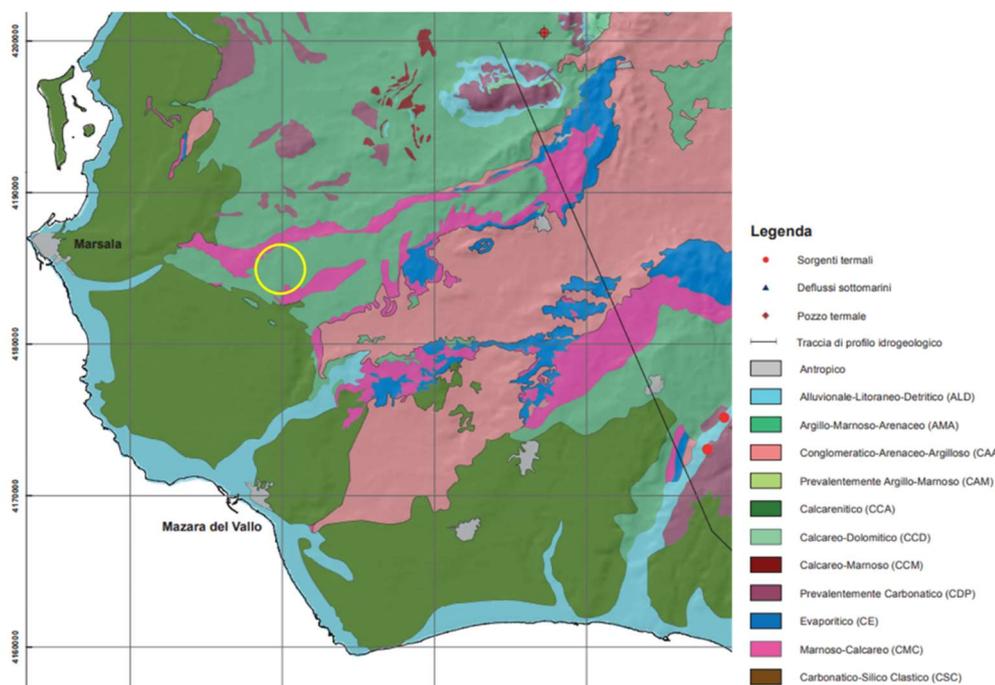


Figura 20 – Stralcio carta complessi idrogeologici Sicilia occidentale (fonte CNR – Progetto VIGOR)

### 4.3. Pericolosità idrogeologica

L'area risulta interessata da diversi corsi d'acqua minori, il cui sviluppo è favorito dal carattere impermeabile dei terreni argillosi superficiali. Di seguito si riporta un estratto della cartografia ufficiale del portale IdroGEO di ISPRA, la quale riprende quanto contenuto nei diversi Piani di Assetto Idrogeologico locali vigenti.

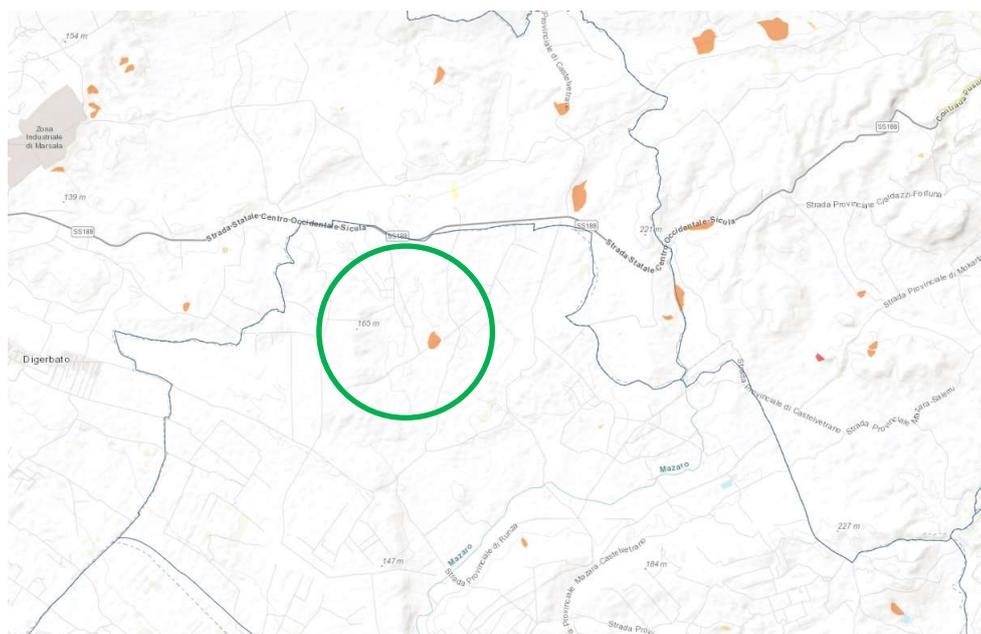


Figura 21 – Pericolosità idrogeologica (fonte IdroGEO – ISPRA)

Dall'analisi cartografica si evince che nell'area di impianto, rappresentata approssimativamente in verde, ricade una piccola porzione di terreno caratterizzata a pericolosità media P2, definita dal PAI della Regione Sicilia, all'interno del bacino dei fiumi Mazzarò ed Arena. Relativamente agli elementi a rischio presenti in zona, dato l'ambito agricolo con sporadica presenza di case sparse, si può definire, secondo le indicazioni delle Norme Tecniche di Attuazione dello stesso PAI, la classe E1: si viene così a definire per l'area in esame un rischio geomorfologico R2, in cui sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche. Ad ogni modo, le Norme Tecniche di Attuazione sopra citate regolamentano le attività possibili a seconda della pericolosità di una determinata area. Nello specifico, l'art. 8 "Disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica" al comma 8 stabilisce quanto segue: "*Nelle aree a pericolosità P2, P1 e P0, è consentita l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti, corredate da indagini geologiche e geotecniche effettuate ai sensi della normativa in vigore ed estese ad un ambito morfologico o ad un tratto di versante significativo*". Ne consegue che, compatibilmente con quanto previsto dagli strumenti urbanistici vigenti, il progetto in oggetto è compatibile con le caratteristiche del sito.

Inoltre, di seguito si riporta estratto cartografico del Geoportale Nazionale relativo alle aree a potenziale rischio significativo di alluvioni. Come si può notare, l'area di interesse non è caratterizzata direttamente dalla presenza di zone classificate come a rischio, seppure nelle aree immediatamente a ovest della torre A01 è presente un'area reputata a rischio con tempo di ritorno  $\leq 50$  anni lungo il Fosso di Piraneo.

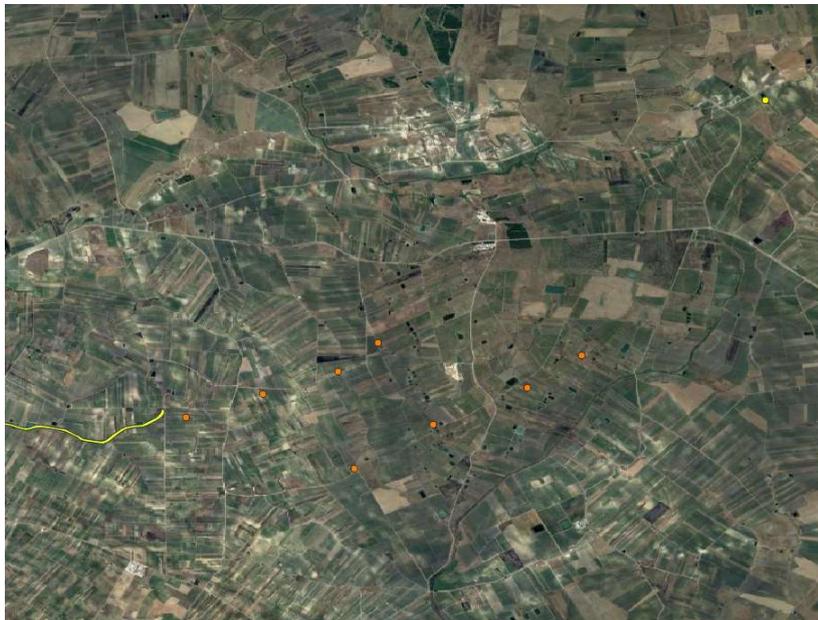


Figura 22 – Aree a potenziale significativo rischio alluvioni (fonte Geoportale Nazionale – ISPRA)

## 5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 5.1. Indagini svolte

Nel mese di marzo 2021 si è svolta presso le aree in esame la campagna di indagini geognostiche previste per una caratterizzazione geologica e geotecnica preliminare dei terreni di fondazione. Tutte le prove in situ sono state eseguite dal Dott. Geologo Salvatore Lo Verme (si rimanda agli allegati alla presente relazione per i risultati dettagliati di tale indagine).

Dopo aver riconosciuto in sito la presenza di due diverse tipologie di depositi, argilloso-marnosi nel settore occidentale del parco eolico, alluvionali nel settore orientale e nei pressi della stazione utente, si è svolta la seguente campagna di indagini, atta ad indagare tutte le tipologie di terreno presenti:

- n.3 prove penetrometriche svolte nei primi metri di sottosuolo dal piano campagna, di cui n.2 presso il parco eolico e n.1 presso la stazione utente;
- n.3 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), di cui n.2 presso il parco eolico e n.1 presso la stazione utente.

### 5.2. Prove penetrometriche dinamiche

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni argillosi si sono svolte complessivamente n.3 prove penetrometriche dinamiche in situ, mediante penetrometro dinamico medio DL30IT, caratterizzato da un maglio di 30 kg lasciato cadere da 20 cm di altezza. La punta conica con angolo di 60° e superficie di 10 cm<sup>2</sup>, è stata infissa contando il numero di colpi necessari ad ottenere una infissione di 10 cm, attraverso cui si desume la resistenza alla penetrazione media per ogni strato individuato. Di seguito si riporta un estratto dei risultati delle prove penetrometriche eseguite, mentre per i dettagli rimanda agli allegati alla presente relazione.



Figura 23 – Ubicazione prove penetrometriche area impianto eolico

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA** **DIN 1**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd** Scala 1: 50

- committente : Repower Renewable spa	- data : 09/03/2021
- lavoro : Realizzazione di un impianto eolico	- quota inizio : Piano di campagna
- località : Contrada Borgo Chitarra - Mazzara del Vallo	- prof. falda : Falda non rilevata
- note : Aerogeneratore A2	- pagina : 1

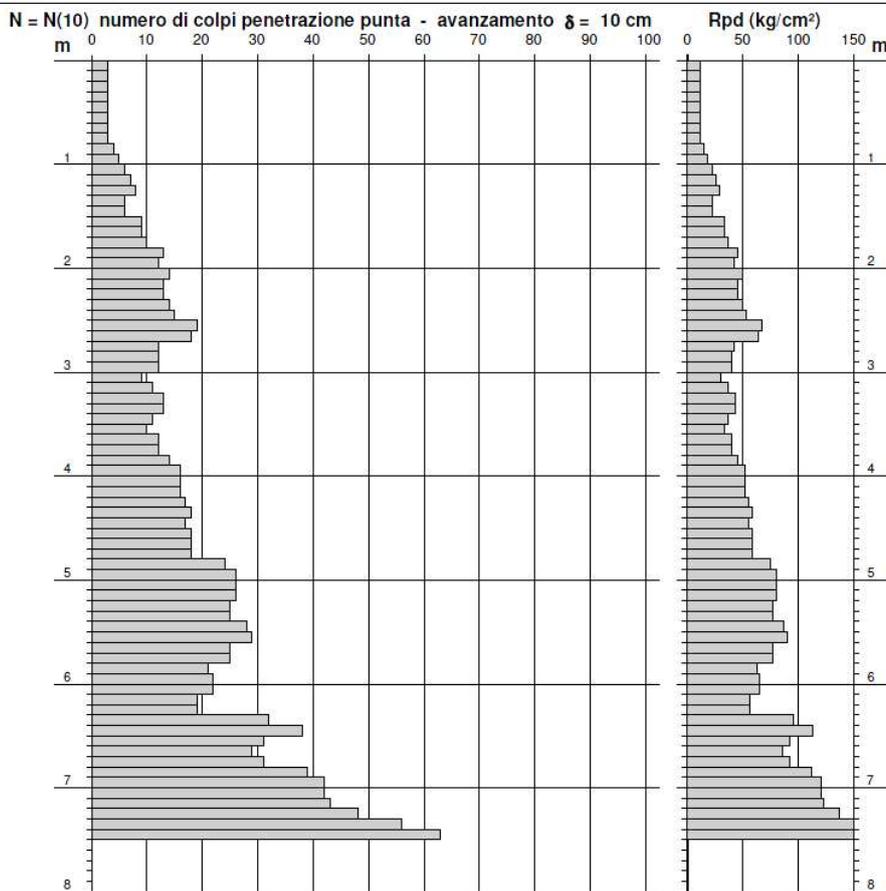


Figura 24 – Risultati prova penetrometrica DIN1 area impianto eolico

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA** **DIN 2**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd** Scala 1: 50

- committente : Repower Renewable spa	- data : 09/03/2021
- lavoro : Realizzazione di un impianto eolico	- quota inizio : Piano di campagna
- località : Contrada Borgo Chitarra - Mazzara del Vallo	- prof. falda : Falda non rilevata
- note : Aerogeneratore A7	- pagina : 1

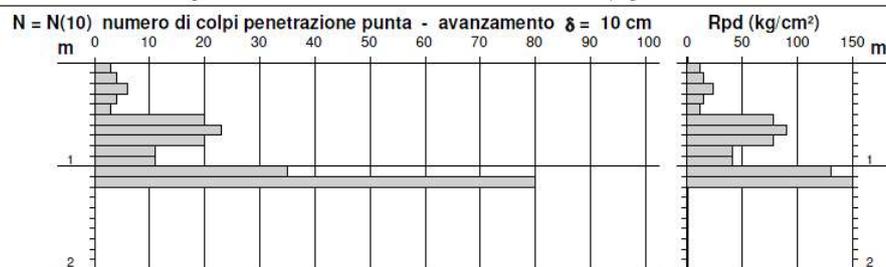


Figura 25 – Risultati prova penetrometrica DIN2 area impianto eolico



Figura 26 – Ubicazione prova penetrometrica area stazione utente

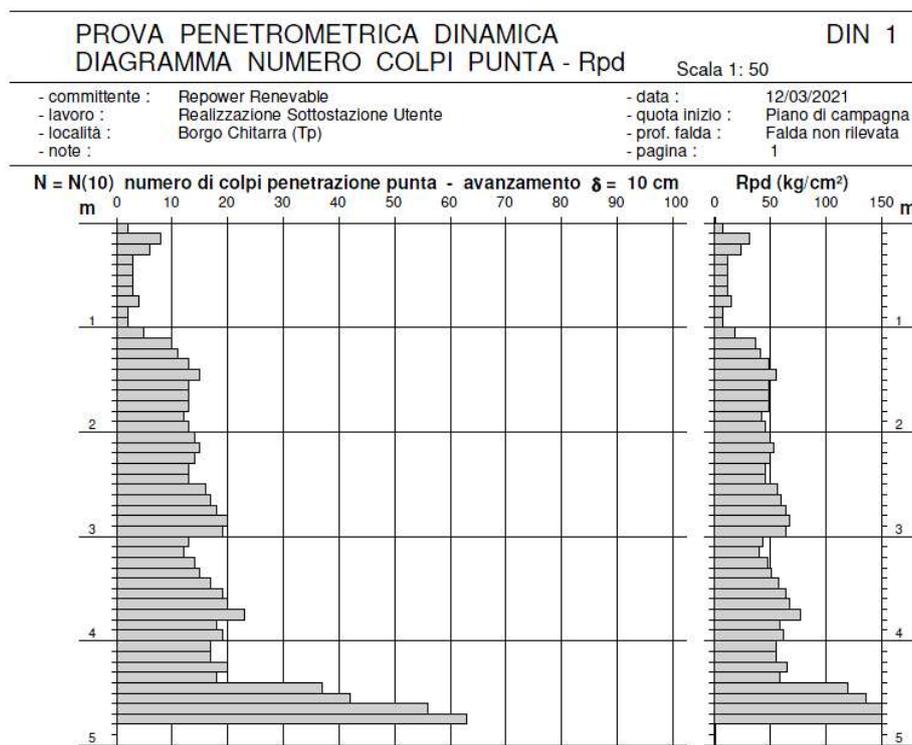


Figura 27 – Risultati prova penetrometrica DIN1 area stazione utente

Data la presenza in letteratura di numerose correlazioni per il calcolo dei parametri geotecnici dal numero di colpi registrati durante l'esecuzione di prove penetrometriche standard, si deve considerare per il calcolo del corrispondente  $N_{spt}$  il Coefficiente Teorico di Energie, nel nostro caso pari a 0,766.

### 5.3. MASW

Ai fini della determinazione della categoria di suolo, in ottemperanza delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, sono state svolte in totale n.2 indagini geofisiche per la definizione delle caratteristiche sismo-stratigrafiche dei terreni. Nel dettaglio, si sono eseguite n.2 indagini nel sito di Borgo Chitarra e n.1 indagine presso il sito di realizzazione della SU Partanna 2. Mediante un profilo di sismica a rifrazione con tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), si è proceduto quindi a ricavare il parametro VS equivalente ( $V_{s_{eq}}$ ) sia nelle aree di realizzazione dell'impianto fotovoltaico che nella zona della futura sottostazione.

La procedura MASW rappresenta un sistema d'indagine indiretta, non invasiva, del sottosuolo. Essa si basa sulla determinazione delle onde di superficie mediante un profilo sismico: sul terreno vengono disposti dei geofoni ad intervallo costante, collegati ad un sismografo, i quali registrano l'impulso causato da una vibrazione generata artificialmente. Il contributo maggiore è dato dalle onde di Rayleigh, la cui velocità di trasmissione è legata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato come qualsiasi sottosuolo investigato, si verifica la dispersione, secondo cui le onde con diversa lunghezza d'onda si propagano con diverse velocità di fase e di gruppo.

L'elaborazione dei dati acquisiti mediante MASW si riconduce a quattro fasi:

- trasformazione delle serie temporali registrate nel dominio frequenza ( $f$ ) – numero d'onda ( $k$ ), mediante trasformata di Fourier;
- individuazione delle coppie  $f$ - $k$  cui corrispondono i massimi spettrali di energia, in modo da risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh;
- calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , andando a modificare opportunamente i valori di spessore, densità di massa e velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  degli strati costituenti il sottosuolo investigato;
- modifica della curva teorica fino al raggiungimento del fit ottimale tra la curva di dispersione teorica e quella sperimentale.

Le MASW sono state realizzate utilizzando 12 geofoni con frequenza propria di 10 Hz e distanza intergeofonica di 2.0 metri, definendo uno stendimento di 22 metri, con energizzazione posta a 5 metri dal primo geofono. Di seguito si riportano la planimetria delle indagini MASW eseguite, in verde su ortofoto, ed i risultati ottenuti.

Figura 28 – Posizione MASW Sito Borgo Chitarra



Figura 29 – Posizione MASW Sito SU Partanna 2

**MASW Borgo Chitarra – Torre A02**

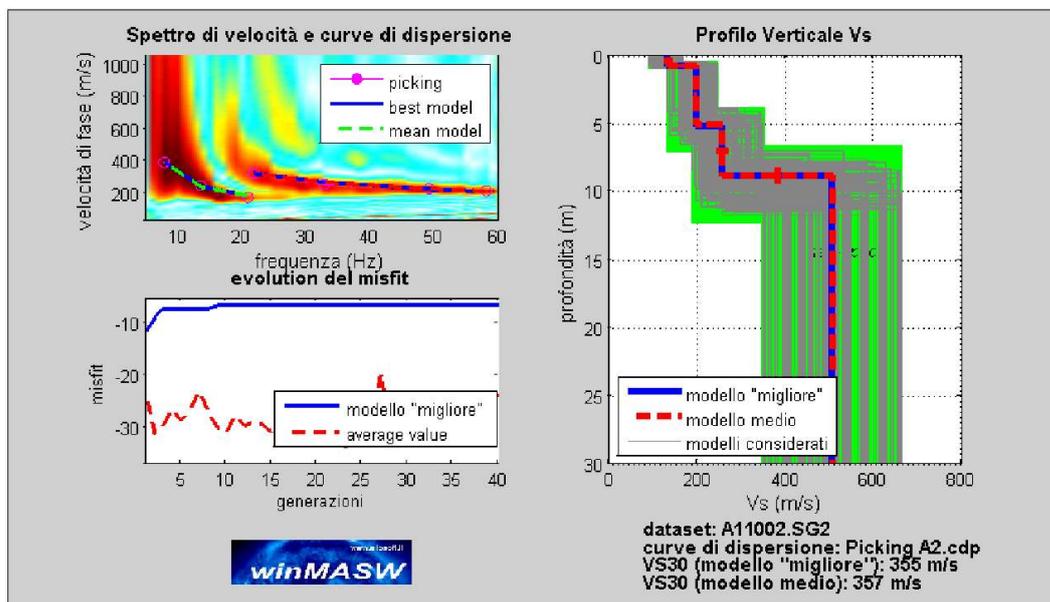


Figura 30 – MASW Borgo Chitarra Torre A02: risultati indagine sismica

Sismostrato (n°)	Profondità in metri dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
1	0,8	0,8	136
2	5,2	4,4	197
3	8,9	3,7	258
4	30	semispazio	506

Figura 31 – MASW Borgo Chitarra Torre A02: modello di velocità delle onde S

Alla luce dei risultati sopra esposti e di quanto definito nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17/01/18), per il sito ricadente all'interno dell'area del parco eolico si ha la seguente classificazione:

**$V_{s,eq} = 357 \text{ m/s}$**

**Categoria di sottosuolo: C** "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."

**Categoria topografia: T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ "

**MASW Borgo Chitarra – Torre A07**

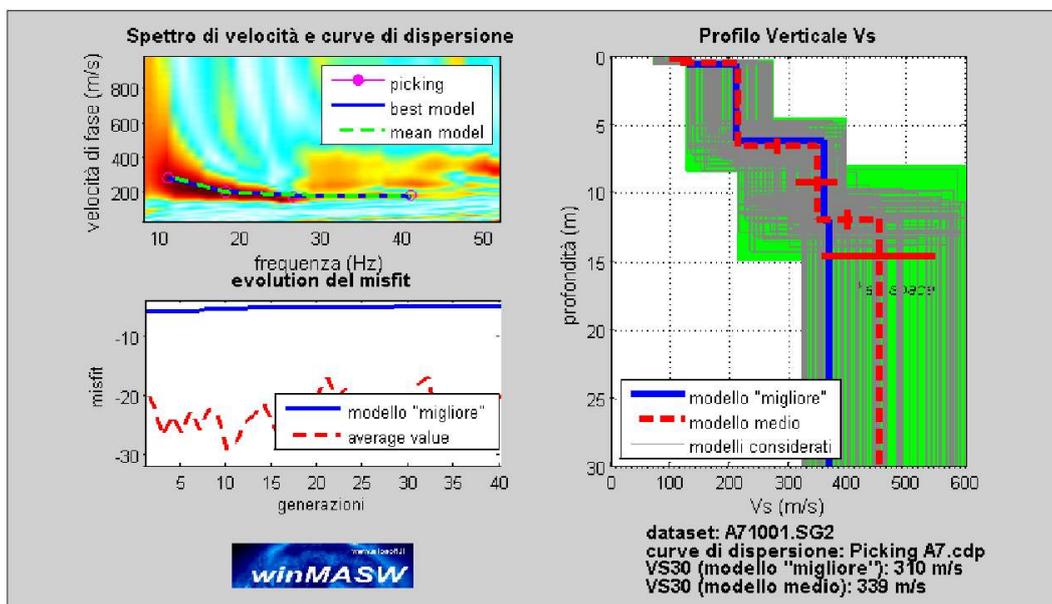


Figura 32 – MASW Borgo Chitarra Torre A07: risultati indagine sismica

Sismostrato (n°)	Profondità in metri dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
1	0,5	0,5	117
2	6,6	6,1	212
3	11,9	5,3	346
4	30	semispazio	451

Figura 33 – MASW Borgo Chitarra Torre A07: modello di velocità delle onde S

Alla luce dei risultati sopra esposti e di quanto definito nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17/01/18), per il sito ricadente all'interno dell'area del parco eolico si ha la seguente classificazione:

**$V_{s,eq} = 339 \text{ m/s}$**

**Categoria di sottosuolo: C** "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."

**Categoria topografia: T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ "

**MASW SU Partanna 2**

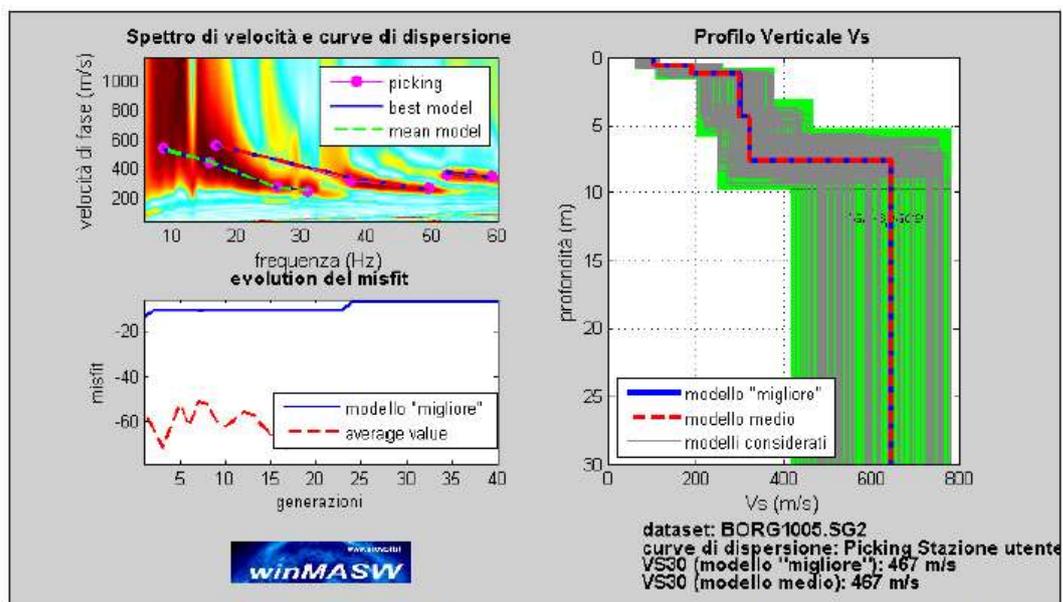


Figura 34 – MASW SU Partanna 2: risultati indagine sismica

Sismostrato (n°)	Profondità in metri dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
1	0,7	0,7	107
2	1,3	0,6	193
3	4,4	3,1	301
4	7,6	3,2	324
5	30	semispazio	646

Figura 35 – MASW SU Partanna 2: modello di velocità delle onde S

Alla luce dei risultati sopra esposti e di quanto definito nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17/01/18), per il sito ricadente all'interno dell'area del parco eolico si ha la seguente classificazione:

**$V_{s,eq} = 467 \text{ m/s}$**

**Categoria di sottosuolo: C** "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori della velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."

**Categoria topografia: T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ "

## 6. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Come anticipato, la campagna di indagini svolta è stata finalizzata alla caratterizzazione preliminare, per i primi metri di sottosuolo, delle due litologie presenti, quali depositi argilloso-marnosi nel settore occidentale del parco eolico, e depositi alluvionali e fluvio-lacustri nell'area più orientale del parco e della stazione utente. Quindi sono state eseguite n.3 prove penetrometriche dinamiche DPSH:

- Parco eolico Borgo Chitarra
  - DIN1: la prova è stata realizzata in prossimità della posizione di realizzazione prevista per la torre A02 ed è andata a rifiuto per resistenza dei depositi argilloso-marnosi ad una profondità di circa 7,5 metri da piano campagna;
  - DIN2: la prova è stata realizzata in prossimità della posizione di realizzazione prevista per la torre A07 ed è andata a rifiuto a circa 1,2 metri dal piano campagna a causa della presenza di ciottoli all'interno dei depositi alluvionali e fluvio-lacustri presenti nell'area;
- Area Stazione Utente Partanna 2
  - DIN1: la prova è stata realizzata nell'area di realizzazione prevista per la stazione utente ed è andata a rifiuto a circa 4,8 metri dal piano campagna. I depositi investigati sono quelli depositi alluvionali e fluvio-lacustri.

Di seguito si riportano i modelli geologici identificati mediante le prove penetrometriche DPSH eseguite. Per l'area occidentale del parco eolico si segnala la presenza di depositi argilloso-marnosi direttamente in affioramento, con un minore grado di addensamento e consistenza nei primi 1,8 metri di profondità, mentre per l'area orientale dell'impianto si è ricostruita la stratigrafia definendo uno strato superficiale di depositi alluvionali spesso circa 1,2 metri, giacente sui depositi argilloso-marnosi.

Impianto Eolico Borgo Chitarra Ovest	Profondità [m]		Litologia
	0,0	1,8	
	1,8	6,3	Depositi argilloso-marnosi

Figura 36 – Modello geologico cautelativo ipotizzato – Settore ovest impianto eolico

Impianto Eolico Borgo Chitarra Est - SU Partanna	Profondità [m]		Litologia
	0,0	1,2	
	1,2	4,8	Depositi argilloso-marnosi

Figura 37 – Modello geologico cautelativo ipotizzato – Settore est impianto eolico

I modelli geologici sopra esposti sono stati utilizzati per la definizione dei modelli geotecnici ipotetici. In questa fase si sono considerate la prova penetrometrica DIN1 eseguita presso l'area di impianto e la prova penetrometrica DIN1 eseguita presso la stazione utente. La prova DIN2, invece, non è stata utilizzata, visto che sono state raggiunte le condizioni di rifiuto dopo solo 1,2 metri di indagine a causa della presenza di ciottoli.

Impianto Eolico Borgo Chitarra Ovest	Profondità [m]		Litologia	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ (Shioi e Fukuni) [°]	$\phi$ (Japan Railway Insitute) [°]	Cu (Terzaghi e Peck) [kPa]	E (Stroud) (MPa)
	0,0	1,8						
	0,0	1,8	Coltre superficiale/Depositi poco consistenti	18	29,6	31,3	95	13
	1,8	6,3	Depositi argilloso-marnosi	20	41,3	41,0	307	42

Figura 38 – Modello geotecnico cautelativo ipotizzato – Settore ovest impianto eolico

Impianto Eolico Borgo Chitarra Est - SU Partanna	Profondità [m]		Litologia	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ (Shioi e Fukuni) [°]	$\phi$ (Japan Railway Insitute) [°]	Cu (Terzaghi e Peck) [kPa]	E (Stroud) (MPa)
	0,0	1,2						
	0,0	1,2	Coltre superficiale/Depositi alluvionali	18	29,6	31,4	95	13
	1,2	4,8	Depositi argilloso-marnosi	20	42,4	41,7	321	44

Figura 39 – Modello geotecnico cautelativo ipotizzato – Settore est impianto eolico

Dall'analisi dei due modelli ipotizzati si nota come i due modelli comprendano una caratterizzazione geotecnica dei depositi pressoché identica, a testimonianza della sostanziale omogeneità delle caratteristiche geotecniche dei depositi interessati. Si è quindi definito il modello geotecnico cautelativo da estendere a tutta l'area del parco eolico, definendo due diverse unità geotecniche:

- Unità Geotecnica 1 (UG1): depositi argillosi poco consistenti / depositi alluvionali e fluvio-lacustri
- Unità Geotecnica 2 (UG2): depositi argilloso-marnosi.

Ad ogni modo, date le esigue profondità investigate in tutte le prove eseguite, in relazione alle dimensioni delle opere da progettare, si è deciso di estendere fino alla profondità di 25 metri dal piano campagna lo strato più profondo individuato mediante prove penetrometriche. Tale approccio è stato ritenuto sufficientemente cautelativo in questa fase progettuale, visto che non si sta considerando il generale miglioramento delle condizioni geotecniche dei depositi all'aumentare della profondità, osservato durante l'esecuzione delle indagini eseguite. Si riporta dunque di seguito il modello geotecnico ipotizzato.

Profondità [m]		Unità geotecnica	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	Cu [kPa]	E (MPa)
0,0	1,8	UG1	18	30,5	95	13
1,8	25	UG2	20	41,2	307	42

Figura 40 – Modello geotecnico

Per quanto concerne il livello di falda, durante le indagini eseguite la superficie piezometrica non è stata rilevata. Non avendo indicazioni dirette a riguardo, ma avendo osservato che in alcune aree più depresse del sito si ha accumulo idrico, in questa fase in via cautelativa si è deciso di considerare il livello di falda a circa 10 metri dal piano campagna. Si sottolinea, ancora una volta, come durante un'eventuale fase di progettazione esecutiva sarà necessario approntare un dettagliato piano di indagini geognostiche atto a definire nella maniera più precisa possibile il modello geologico, stratigrafico ed idrogeologico dell'area.

## 7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

### 7.1. Sismicità storica

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2015 ha prodotto il Database Macrosismico Italiano (*Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). Database Macrosismico Italiano (DBMI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>*), il quale fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale dall'anno 1000 al 2014, aventi intensità massima  $\geq 5$ .

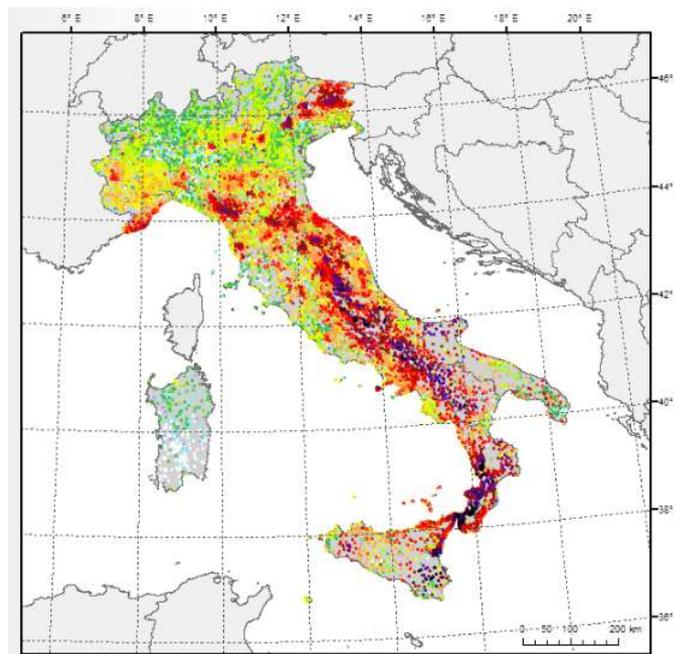


Figura 41 – Distribuzione delle intensità massime osservate sul territorio italiano (fonte: DBMI15)

Riducendo la ricerca ai soli comuni di Marsala e Mazara del Vallo si ha che entrambe le città hanno risentito di n. 14 eventi sismici dal 1693 al 2002, dei quali quello che ha causato le maggiori intensità risentite al sito ( $I_0=11$ ) è stato il terremoto dello Stretto di Messina del 1908 con una magnitudo  $M_w$  pari a 7.10.

### Marsala



PlaceID IT\_65983  
 Coordinate (lat, lon) 37.797, 12.447  
 Comune (ISTAT 2015) Marsala  
 Provincia Trapani  
 Regione Sicilia  
 Numero di eventi riportati 14

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
5	1726	09	01	21	55		Tirreno meridionale	8	7-8	5.48
7	1828	05	18				Sicilia occidentale	1	7	5.10
F	1897	05	15	13	42	30	Tirreno meridionale	85	5	4.52
3	1908	12	28	04	20	27	Stretto di Messina	772	11	7.10
NF	1910	01	25	08	27		Tirreno meridionale	34	5	4.48
7	1968	01	15	02	01	09	Valle del Belice	162	10	6.41
6	1968	01	25	09	56	46	Valle del Belice	32	8	5.37
5	1968	02	12	16	26	04	Valle del Belice	14	6	4.66
4	1979	01	20	13	49	5	Tirreno meridionale	9		4.87
5	1981	06	07	13	00	5	Mazara del Vallo	50	6	4.93
4	1995	05	29	06	52	0	Isole Egadi	45	5	4.78
NF	1999	12	30	18	34	3	Tirreno meridionale	29		4.83
4-5	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92

Figura 42 – Estratto storia sismica comune di Marsala (fonte: DBMI15)

### Mazara del Vallo



PlaceID IT\_66236  
 Coordinate (lat, lon) 37.656, 12.596  
 Comune (ISTAT 2015) Mazara del Vallo  
 Provincia Trapani  
 Regione Sicilia  
 Numero di eventi riportati 14

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
5	1726	09	01	21	55		Tirreno meridionale	8	7-8	5.48
6-7	1740	06	13				Stretto di Sicilia	3	6-7	4.86
3	1897	05	15	13	42	30	Tirreno meridionale	85	5	4.52
3	1908	12	28	04	20	27	Stretto di Messina	772	11	7.10
NF	1910	01	25	08	27		Tirreno meridionale	34	5	4.48
3	1940	01	15	13	19	24	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
7	1968	01	15	02	01	09	Valle del Belice	162	10	6.41
6	1968	01	25	09	56	46	Valle del Belice	32	8	5.37
5	1968	02	12	16	26	04	Valle del Belice	14	6	4.66
F	1980	05	28	19	51	2	Tirreno meridionale	44	5-6	5.66
6	1981	06	07	13	00	5	Mazara del Vallo	50	6	4.93
3-4	1995	05	29	06	52	0	Isole Egadi	45	5	4.78
4-5	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92

Figura 43 – Estratto storia sismica comune di Mazara del Vallo (fonte: DBMI15)

L'area di studio oltre a non ricadere in zone sismogenetiche non è interessata nemmeno da faglie sorgenti sismogenetiche, come testimoniato dall'estratto cartografico del portale DISS (Database delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane) curato dall'INGV. Si nota infatti che la quasi totalità della provincia di Trapani risulta esente da tali sorgenti, a meno della zona più meridionale interessata dalla faglia Marsala-Belice, per la quale si è registrata una massima magnitudo di 5,6.

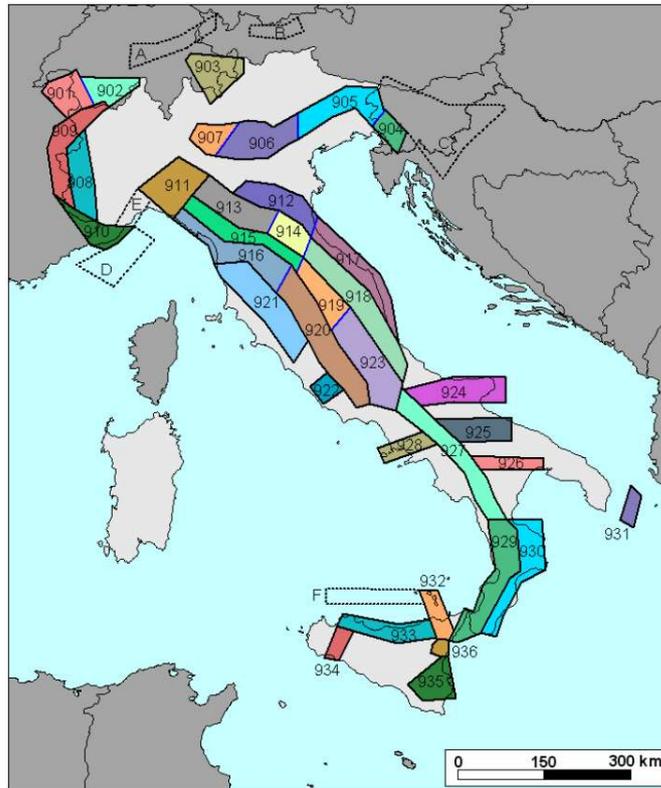


Figura 44 – Zonazione Sismogenetica ZS9 del territorio italiano (fonte: INGV)

## 7.2. Azione sismica

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ( $a_g$ ) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente ( $S_e(T)$ ), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

## 7.3. Pericolosità sismica

L'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 ha pubblicato una classificazione sismica dei comuni del territorio italiano, con la novità dell'eliminazione della categoria "non classificato" e l'inserimento di tutti i comuni in quattro diverse zone. I comuni di Trapani, Paceco e Marsala, secondo l'aggiornamento al 31 gennaio 2019 della stessa classificazione, risultano essere inseriti nella zona sismica 2, zona in cui terremoti definiti forti sono possibili. Tale classificazione è stata recepita dalla Regione Sicilia con Delibera della Giunta Regionale n.408 del 19 dicembre 2003.

L'aggiornamento del 28 aprile 2006 dell'OPCM ha introdotto degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni:

- Zona 1  $a_g > 0.25$
- Zona 2  $0.15 < a_g \leq 0.25 g$
- Zona 3  $0.05 < a_g \leq 0.15 g$

- Zona 4  $ag \leq 0.05 g$

Le Norme Tecniche per le Costruzioni hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali. Si è quindi redatta una mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $Vs30 > 800$  m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.08.2005).

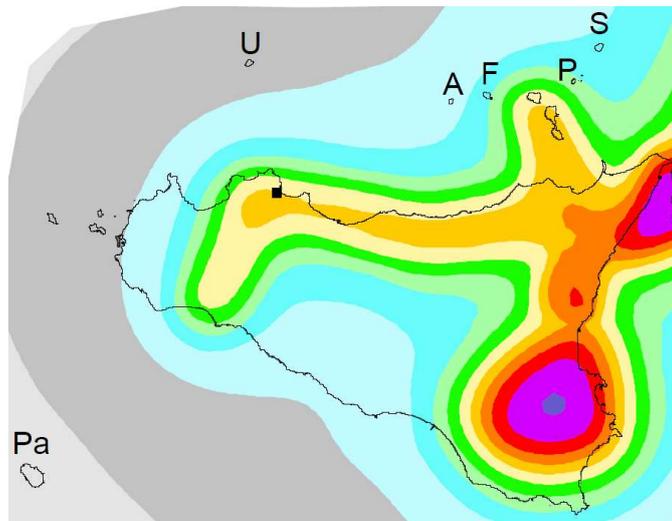


Figura 45 – Carta stralcio pericolosità sismica Sicilia con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV)

In considerazione della mappa di pericolosità sismica del territorio italiano, i comuni di Marsala e Mazara del Vallo ricadono in un'area per la quale si deve considerare un'accelerazione compresa tra 0.050 e 0.075 g, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

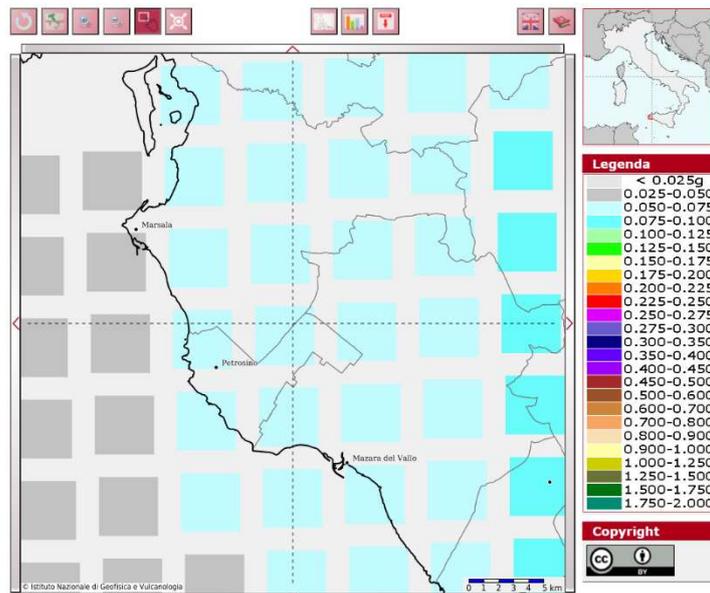


Figura 46 – Pericolosità sismica comuni di Marsala e Mazara del Vallo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV)

Di seguito si riportano inoltre i risultati delle analisi di disaggregazione. La disaggregazione della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito, la cui forma più comune è quella bidimensionale relazionata alla magnitudo  $M$  ed alla distanza  $R$ , che permette di valutare il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza  $R$  capaci di generare terremoti di magnitudo  $M$ . Tale processo di disaggregazione fornisce dunque il terremoto dominante lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo  $M$  a distanza  $R$  dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Da questa analisi bidimensionale è possibile passare ad una tridimensionale mediante il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati  $M$  ed  $R$ . Il Gruppo di Lavoro MPS 2004 ha condotto l'analisi di disaggregazione per oltre 16 mila siti corrispondenti ai nodi della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale.

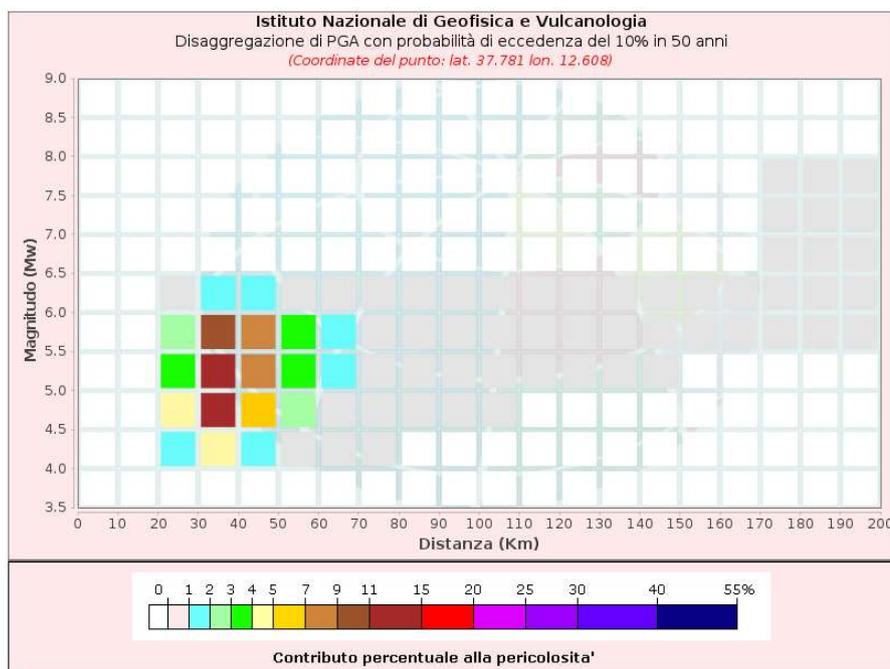


Figura 47 – Disaggregazione del valore di  $a(g)$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (1/2)

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 37.781 lon. 12.608)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	1.7300	4.5200	3.9800	2.8400	0.4210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	4.2000	12.3000	12.5000	10.2000	1.6300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	1.9900	6.9300	8.5200	8.1500	1.4300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.6800	2.7000	3.5600	3.6000	0.6560	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.1550	0.9400	1.2500	1.1700	0.2010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0066	0.3280	0.5750	0.5480	0.0926	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0938	0.3090	0.3430	0.0620	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0181	0.1630	0.2200	0.0424	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0008	0.0793	0.1430	0.0295	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0338	0.0945	0.0210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0626	0.0152	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0404	0.0110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0230	0.0074	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0064	0.0036	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.0038	0.0062	0.0119	0.0030	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0077	0.0338	0.0692	0.0181	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0071	0.0489	0.1080	0.0288	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.22	42.1	1.21

Figura 48 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (2/2)

Dall'analisi dei risultati della disaggregazione di a(g) per il nodo della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio italiano più prossimo al sito di interesse, risulta che il terremoto di scenario ha magnitudo momento da 4.0 a 6.5, distanza compresa tra 20 e 70 km, mentre i valori medi sono rispettivamente di Mw 5.22, distanza 42 km e deviazione standard di 1.21.

## 7.4. Stati limite

Riguardo le prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti, sono individuati, nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU):

- **Stati limite di esercizio (SLE):**
  - **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$  dell'81%.
  - **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$  del 63%.
- **Stati limite ultimi (SLU):**
  - **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita

significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$  del 10%.

- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$  del 5%.

## 7.5. Categoria del sottosuolo

Le Norme Tecniche per le Costruzioni indicano le modalità di esecuzione delle analisi specifiche per definire l'azione sismica di progetto. In alternativa, viene stabilito un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ), qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie di seguito descritte.

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

Figura 49 – Categorie di sottosuolo per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018)

Si nota, dunque, che i valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo. I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove e la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con  $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato,  $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato,  $N$  numero di strati,  $H$  profondità del substrato avente  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Altro parametro fondamentale nella definizione della risposta sismica locale è dato dalle condizioni topografiche. Le NTC indicano quattro categorie differenti, così definite:

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

Figura 50 – Condizioni topografiche per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018)

Per il sito in esame, come descritto in precedenza, è stata eseguita una sola MASW nell'area della stazione utente, mentre per quanto riguarda l'area di impianto si è andati ad ipotizzare una categoria di sottosuolo verosimile, ma allo stesso tempo cautelativa.

### **Area impianto eolico Borgo Chitarra**

**Categoria di sottosuolo: C** *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*

**Categoria topografica: T1** *“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ”*

### **Area stazione utente SSE**

**Categoria di sottosuolo: C** *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*

**Categoria topografica: T1** *“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ”*

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Inquadramento nel territorio della provincia di Trapani .....	3
Figura 2 – Impianto eolico su ortofoto .....	4
Figura 3 – Impianto eolico su IGM.....	4
Figura 4 – Panoramica dell'area d'intervento in direzione dell'area d'installazione delle torri A05 – A06 .....	5
Figura 5 – Panoramica dell'area d'intervento in direzione dell'area d'installazione della torre A03 .....	5
Figura 6 – Panoramica dell'area d'intervento in direzione dell'area d'installazione della torre A04 .....	5
Figura 7 – Panoramica dell'area d'intervento scattata in prossimità di Borgo Chitarra dalla SS188 .....	6
Figura 8 – Panoramica dell'area di realizzazione della sottostazione di trasformazione in area condivisa con altri produttori.....	6
Figura 9 – Panoramica area di costruzione della stazione di smistamento "Partanna 2".....	6
Figura 10 – Domini strutturali del Mediterraneo Centrale (da Lentini et al., 1994 modificato).....	7
Figura 11 – Schema di inquadramento regionale (Carta Geologica d'Italia, foglio 605 – Paceco) .....	8
Figura 12 – Aree di progetto su stralcio Carta Geolitologica - Geoportale Nazionale .....	9
Figura 13 – Stralcio sezione geologica Carta Geologica d'Italia – foglio 257 "Castelvetrano", scala 1:100'000 (ISPRA).....	9
Figura 14 – Schema strutturale Sicilia (Lentini et al., 2004) .....	10
Figura 15 – Ricostruzioni paleogeografiche, transetto N-S Sardegna-Canale di Sicilia (Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia – Geologia della Sicilia) .....	11
Figura 16 – Faglie capaci (Progetto ITHACA) .....	12
Figura 17 – Sorgenti Sismogenetiche (DISS Working Group).....	12
Figura 18 – Area di progetto su DTM .....	13
Figura 19 – Reticolo idrografico area di progetto (fonte Geoporale Nazionale ISPRA).....	13
Figura 20 – Stralcio carta complessi idrogeologici Sicilia occidentale (fonte CNR – Progetto VIGOR).....	15
Figura 21 – Pericolosità idrogeologica (fonte IdroGEO – ISPRA) .....	15
Figura 22 – Aree a potenziale significativo rischio alluvioni (fonte Geoportale Nazionale – ISPRA).....	16
Figura 23 – Ubicazione prove penetrometriche area impianto eolico.....	17
Figura 24 – Risultati prova penetrometrica DIN1 area impianto eolico .....	18
Figura 25 – Risultati prova penetrometrica DIN2 area impianto eolico .....	18
Figura 26 – Ubicazione prova penetrometrica area stazione utente .....	19
Figura 27 – Risultati prova penetrometrica DIN1 area stazione utente .....	19
Figura 28 – Posizione MASW Sito Borgo Chitarra .....	20
Figura 29 – Posizione MASW Sito SU Partanna 2 .....	21
Figura 30 – MASW Borgo Chitarra Torre A02: risultati indagine sismica .....	22
Figura 31 – MASW Borgo Chitarra Torre A02: modello di velocità delle onde S .....	22
Figura 32 – MASW Borgo Chitarra Torre A07: risultati indagine sismica .....	23
Figura 33 – MASW Borgo Chitarra Torre A07: modello di velocità delle onde S .....	23
Figura 34 – MASW SU Partanna 2: risultati indagine sismica.....	24
Figura 35 – MASW SU Partanna 2: modello di velocità delle onde S .....	24
Figura 36 – Modello geologico cautelativo ipotizzato – Settore ovest impianto eolico .....	25
Figura 37 – Modello geologico cautelativo ipotizzato – Settore est impianto eolico.....	25

Figura 38 – Modello geotecnico cautelativo ipotizzato – Settore ovest impianto eolico .....	26
Figura 39 – Modello geotecnico cautelativo ipotizzato – Settore est impianto eolico .....	26
Figura 40 – Modello geotecnico .....	26
Figura 41 – Distribuzione delle intensità massime osservate sul territorio italiano (fonte: DBMI15) .....	28
Figura 42 – Estratto storia sismica comune di Marsala (fonte: DBMI15).....	29
Figura 43 – Estratto storia sismica comune di Mazara del Vallo (fonte: DBMI15).....	29
Figura 44 – Zonazione Sismogenetica ZS9 del territorio italiano (fonte: INGV) .....	30
Figura 45 – Carta stralcio pericolosità sismica Sicilia con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) .....	31
Figura 46 – Pericolosità sismica comuni di Marsala e Mazara del Vallo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV)..	31
Figura 47 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (1/2) .....	32
Figura 48 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fonte: INGV) (2/2) .....	33
Figura 49 – Categorie di sottosuolo per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018) .....	34
Figura 50 – Condizioni topografiche per l'utilizzo dell'approccio semplificato (fonte: NTC2018) .....	35

## ALLEGATI