

- biogas ●
- biometano ●
- eolico ●
- fotovoltaico ●
- efficienza energetica ●
- waste to chemical ●

# Relazione Geologica

Progetto definitivo

Impianto eolico di "Castellana Sicula"

Comuni di Castellana Sicula e Polizzi Generosa (PA)

Località "Cozzo Bagianello"

N. REV.	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	
a	Emissione	Sicilwind s.r.l.	Asja Castella Polizzi srl	Sicilwind s.r.l.	IT/EOL/E-CASI/PDF/C/RS/101-a 17/10/2022 Via Ivrea, 70 Rivoli (To) Italia T +39 011.9579211 F +39 011.9579241 info@asja.energy

## INDICE

<b>1. SCOPO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE.....</b>	<b>6</b>
<b>4. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>11</b>
<b>5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE .....</b>	<b>12</b>
<b>5.1 CARATTERISTICHE SISMOSTRATIGRAFICHE AEROGENERATORE CS1 ..</b>	<b>16</b>
<b>5.2 CARATTERISTICHE SISMOSTRATIGRAFICHE AEROGENERATORE CS2 ..</b>	<b>17</b>
<b>5.3 CARATTERISTICHE SISMOSTRATIGRAFICHE AEROGENERATORE CS3 ..</b>	<b>19</b>
<b>5.4 CARATTERISTICHE SISMOSTRATIGRAFICHE AEROGENERATORE CS4 ..</b>	<b>20</b>
<b>5.5 CARATTERISTICHE SISMOSTRATIGRAFICHE AEROGENERATORE CS5 ..</b>	<b>22</b>
<b>5.6 CARATTERISTICHE SISMOSTRATIGRAFICHE AEROGENERATORE CS6 ..</b>	<b>23</b>
<b>5.7 CARATTERISTICHE SISMOSTRATIGRAFICHE AEROGENERATORE CS7 ..</b>	<b>24</b>
<b>6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFIA SUPERFICIALE ....</b>	<b>27</b>
<b>6.1 ANALISI SUL VINCOLO IDROGEOLOGICO (RD 3267 DEL 30 DICEMBRE 1923)...</b>	<b>34</b>
<b>7. IDROGEOLOGIA E PERMEABILITA' DEI LITOTIPI AFFIORANTI.....</b>	<b>35</b>
<b>8. CLASSIFICAZIONE SISMICA .....</b>	<b>37</b>
<b>8.1 CENNI SULLA STORIA SISMICA DEL TERRITORIO .....</b>	<b>37</b>
<b>8.2 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE .....</b>	<b>38</b>
<b>8.3 PERICOLOSITA' LOCALE.....</b>	<b>39</b>
<b>8.4 RISULTATI DEL CALCOLO .....</b>	<b>39</b>
<b>8.5 RISULTATI DEL CALCOLO MASW CS1.....</b>	<b>42</b>
<b>8.6 RISULTATI DEL CALCOLO MASW CS2.....</b>	<b>44</b>
<b>8.7 RISULTATI DEL CALCOLO MASW CS3.....</b>	<b>45</b>
<b>8.8 RISULTATI DEL CALCOLO MASW CS4.....</b>	<b>46</b>
<b>8.9 RISULTATI DEL CALCOLO MASW CS5.....</b>	<b>47</b>
<b>8.10 RISULTATI DEL CALCOLO MASW CS6 .....</b>	<b>48</b>
<b>8.11 RISULTATI DEL CALCOLO MASW CS7 .....</b>	<b>49</b>
<b>9. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE .....</b>	<b>50</b>
<b>10. CONCLUSIONI .....</b>	<b>52</b>

## 1.SCOPO

Scopo del presente documento è la redazione dello studio Geologico finalizzato all'ottenimento dei permessi necessari alla costruzione ed esercizio di un impianto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica, composto da n. 7 aerogeneratori con potenza unitaria di 7,0 MW per una potenza complessiva di 49,0 MW e ricadente nei territori comunali di Castellana Sicula (PA) e Polizzi Generosa (PA), denominato impianto eolico di "Castellana Sicula", in località "Cozzo Bagianello".

Come da STMG formalizzata da Terna S.p.A., l'impianto eolico sarà collegato alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) mediante un cavidotto a 36 kV il cui tratto finale interessa il Comune di Villalba (CL), dove è ubicata la Cabina Utente (CU) che costituisce l'interfaccia per la consegna dell'energia immessa alla RTN presso la Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150/36 kV di Terna, denominata "Caltanissetta". Il collegamento tra la CU e la sezione a 36 kV della SE sarà realizzato mediante un breve tratto di cavidotto interrato.

## 2.INTRODUZIONE

La Società Asja Castellana Polizzi s.r.l., con sede legale a Torino in Corso Vittorio Emanuele II n. 6, intende realizzare un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, composto da n. 7 aerogeneratori con potenza unitaria di 7,0 MW per una potenza complessiva di 49,0 MW ricadente nei territori comunali di Castellana Sicula (PA) e Polizzi Generosa (PA), denominato impianto eolico di "Castellana Sicula", in località "Cozzo Bagianello".. La società, per il proseguo dell'iter autorizzativo del progetto, ha incaricato il sottoscritto Dott. Geol. Michele Ognibene, regolarmente iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n. 3003 Sez. A, al fine di determinare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni su cui insiste l'area in oggetto, attenzionando, in particolare, la presenza di eventuali pericolosità geomorfologiche e la compatibilità tra l'assetto geologico l.s. del sottosuolo e le opere da realizzare.

Lo studio geologico è stato redatto ai sensi della circolare ARTA 3/DRA del 20/06/2014 e del D.M. 17/01/2018 con i seguenti scopi:

- ✓ Fornire un quadro conoscitivo sufficiente per illustrare le caratteristiche geologiche del territorio in esame e identificare le eventuali situazioni locali che presentino livelli di pericolosità geologica tali da poter influenzare, in modo significativo, le scelte progettuali;
- ✓ Indicare le eventuali prescrizioni e gli eventuali accorgimenti tecnici affinché le condizioni di pericolosità non si aggravino o si manifestino nella zona in progetto.

Nello specifico, lo scopo del seguente lavoro è stato il seguente:

- Specificare le condizioni geologiche e idrogeologiche, con particolare riguardo all'accertamento delle condizioni di stabilità della zona e all'individuazione di eventuali processi morfo-dinamici in atto e la loro tendenza evolutiva;
- Delineare gli aspetti geologici e tettonici del territorio e definirne natura e composizione dei litotipi affioranti, nonché la loro geometria e il loro assetto strutturale;
- Ricostruire la locale successione stratigrafica;
- Identificare le situazioni locali che presentino livelli di pericolosità sismica.

Saranno, pertanto, illustrati gli aspetti morfologici, geologici, idrografici e sismici dell'area, inquadrati nella più vasta geologia regionale, con riferimento anche alle condizioni di stabilità.

Per assolvere all'incarico conferitogli, lo scrivente ha eseguito:

- ✓ Il sopralluogo preliminare, al fine di accertare la reale situazione dei luoghi e lo stato delle strutture ivi insediate.
- ✓ La ricerca bibliografica, allo scopo di ricostruire, sulla base degli studi svolti da numerosi autori italiani e stranieri, il quadro generale della storia geologica e strutturale della zona.
- ✓ Il rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, in una zona estesa al contorno, in modo da avere un quadro d'insieme indicativo e, quindi, inquadrare il sito nell'ambito di un contesto geo-litologico e geomorfologico più ampio.
- ✓ L'analisi di n.7 indagini di sismica a rifrazione (identificate con le sigle da RZ1 a RZ7) che ha consentito di individuare le principali discontinuità grazie alla velocità delle onde P e di ricostruire il modello sismo-stratigrafico del sottosuolo in esame.
- ✓ L'analisi di n.7 acquisizioni di sismica MASW (identificate con le sigle da MW1 a MW7) eseguita entro l'area oggetto di studio, ai sensi dell'OPCM n. 3274 del 20/03/2003 (GU n.252 del 29/10/2003) e dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17 Gennaio 2018.



L'ubicazione delle indagini è rappresentata tramite la carta delle indagini allegata al presente studio.

Il lavoro ha inoltre portato alla redazione di allegati cartografici che ne costituiscono parte integrante.

I dati acquisiti sono stati opportunamente elaborati e al fine di una loro esauriente ed immediata comprensione, sono stati sintetizzati in alcune tavole grafiche

<b>ELABORATI CARTOGRAFICI E TECNICI</b>			
<b>Codifica Elaborato</b>	<b>Sigla</b>	<b>Nome</b>	<b>Scala</b>
103a_ECASI_PDF_C_CT_103_a_Carte-Inquadramenti-Relazione-Geologica	Tav. 01	Inquadramento Territoriale	1:25.000
	Tav. 02	Inquadramento I.G.M.	1:25.000
	Tav. 03	Inquadramento C.T.R.	1:10.000
	Tav. 04	Ortofoto	1:10.000
104a_ECASI_PDF_C_CT_104_a_Carte-Geologica-Geomorfologica	Tav. 05	Carta Geologica	1:10.000
	Tav. 06	Tinte Altimetriche	1:20.000
	Tav. 07	Carta delle Pendenze	1:20.000
	Tav. 08	Idrografia Superficiale	1:20.000
105a_ECASI_PDF_C_CT_105_a_Carte-Vincolistica-PAI	Tav. 09	Carta dei Dissesti PAI	1:20.000
	Tav. 10	Carta della Pericolosità Geomorfologica PAI	1:20.000
	Tav. 11	Carta del Rischio Geomorfologico PAI	1:20.000
	Tav. 12	Carta della Pericolosità Idraulica PAI	1:20.000
	Tav. 13	Carta del Rischio Idraulico PAI	1:20.000
102a_ECASI_PDF_C_RS_102_a_Relazione-Sismica	Tav. 14	Carta delle ubicazioni Indagini	1:5.000
104a_ECASI_PDF_C_CT_104_a_Carte-Geologica-Geomorfologica	Tav. 15	Carta Litotecnica	1:10.000

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'areale di progetto, relativamente all'ubicazione degli aerogeneratori e al cavidotto di collegamento (36 kv) si localizzano nei territori comunali di Polizzi Generosa (CS1-CS2-CS3-CS4) e Castellana Sicula (CS5-CS6-CS7) in provincia di Palermo (PA), l'ultimo tratto di cavidotto per circa 2,6 km, il cavidotto di trasformazione di collegamento alla stazione RTN (TERNA s.p.a.) e la cabina di consegna utente interesseranno il territorio comunale di Villalba in provincia di Caltanissetta (Fig. 3.1). L'impianto eolico sarà collegato alla rete elettrica di trasporto nazionale (RTN), come da STMG formalizzata da TERNA S.p.A., attraverso un elettrodotto in media tensione (MT) interrato, che attraverserà i comuni di Polizzi Generosa e Castellana Sicula fino a raggiungere la stazione 36 kV denominata "Caltanissetta 380 kV", interessando così anche il territorio comunale di Villalba (CL).

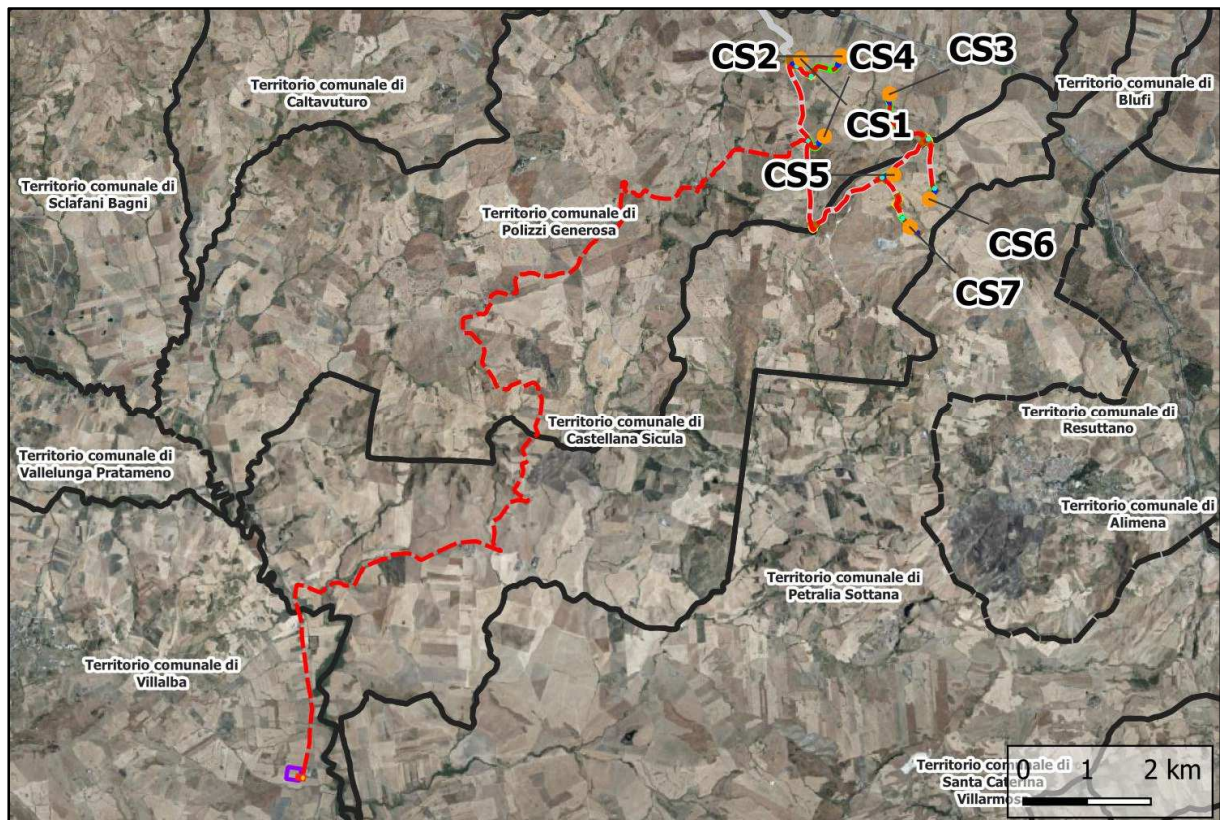
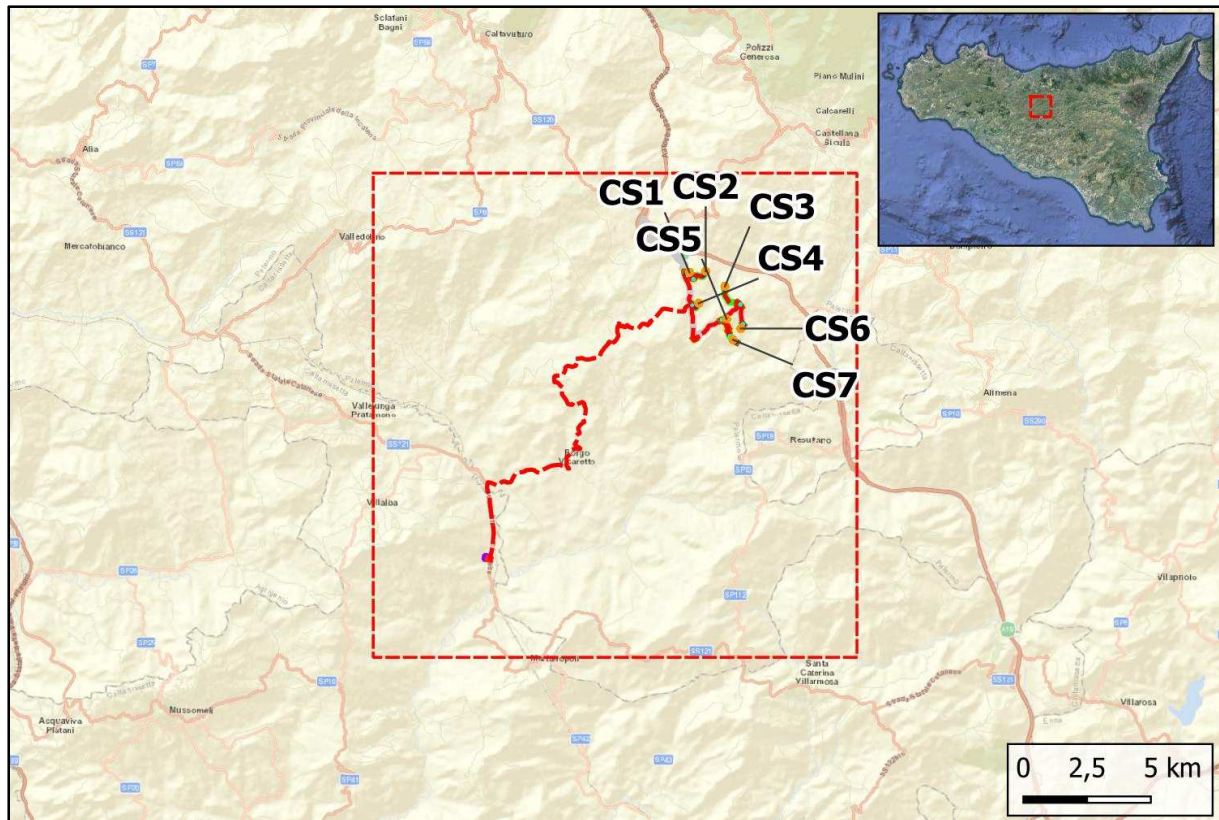


Fig. 3.1 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU ORTOFOTO

WTG SIGLA E-CASI	Coordinate WGS-84 Fuso 33-S		Comune	Fg	P.IIa
	Est	Nord			
<b>CS01</b>	410.435	4.177.139	Polizzi Generosa	52	65
<b>CS02</b>	411.071	4.177.184	Polizzi Generosa	55	509
<b>CS03</b>	411.830	4.176.591	Polizzi Generosa	55	477-51
<b>CS04</b>	410.801	4.175.932	Polizzi Generosa	64	1
<b>CS05</b>	411.889	4.175.326	Castellana Sicula	37	380-381
<b>CS06</b>	412.448	4.174.946	Castellana Sicula	36	137-138
<b>CS07</b>	412.145	4.174.507	Castellana Sicula	37	12

Catastralmente i terreni su cui verranno realizzate le opere per il posizionamento degli aerogeneratori risultano identificati al catasto del Comune di Polizzi Generosa, Castellana Sicula e Villalba (solo la cabina di consegna utente), secondo il piano particellare che fa parte degli elaborati di progetto. Per quanto riguarda la viabilità il sito eolico si trova nelle vicinanze dell'autostrada Palermo - Catania (A19) e precisamente tra le uscite di Tremonzelli e di Irosa, ed è raggiungibile a partire dallo svincolo di Tremonzelli (Fig. 3.2).

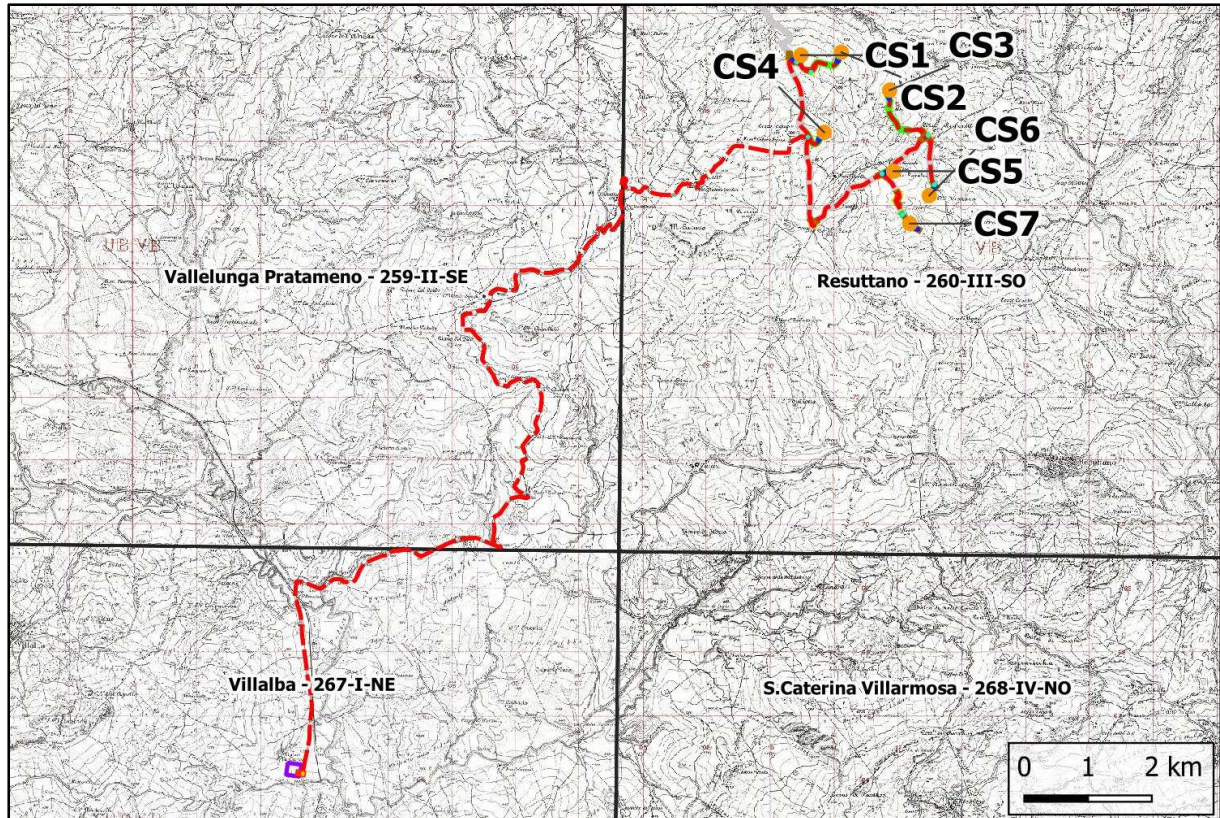
Si evidenzia che l'intero percorso non presenta attraversamenti di centri abitati e non vi sono ostacoli, quali restringimenti, presenza di fabbricati, infrastrutture particolari, ecc. con particolare riferimento ai tratti in curva.



**Fig. 3.2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Dal punto di vista cartografico, l'area studiata ricade nella Carta Ufficiale d'Italia edita dall'I.G.M.I. in scala 1:25.000 all'interno delle Tavole F. n° 260 denominata "Resuttano", Quadrante III - Orientazione S.O. (tutti gli aerogeneratori) e F. n°259 Quadrante II Orientazione S.E. parte del cavidotto a 36 kv, e F.n°267 Quadrante I Orientazione N.E. per l'ultimo tratto di cavidotto e la Stazione RTN di collegamento denominata "Caltanissetta" (Fig.3.3).





**Fig. 3.3 - QUADRO UNIONE IGMI - TAVOLETTE 1:25.000**

Nell'ambito della Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000, l'areale di progetto, in particolare gli aerogeneratori CS1-CS2-CS4 ricadono, a est della sezione C.T.R. 621080 denominata "Monte Catuso", CS3 al limite di unione tra la suddetta e la sezione 622050 denominata "Ferrarello", CS5-CS6-CS7 ad ovest di quest'ultima, comprese le opere di connessione. Il cavidotto di collegamento a partire dalla cabina di smistamento attraversa, procedendo verso sud ovest, le sezioni 621080 "Monte Catuso", 621120 "Tudia", 621110 "Villalba", fino al collegamento con la stazione RTN denominata "Caltanissetta" ubicata nella sezione 621150 "Polizzello" (Fig. 3.4).



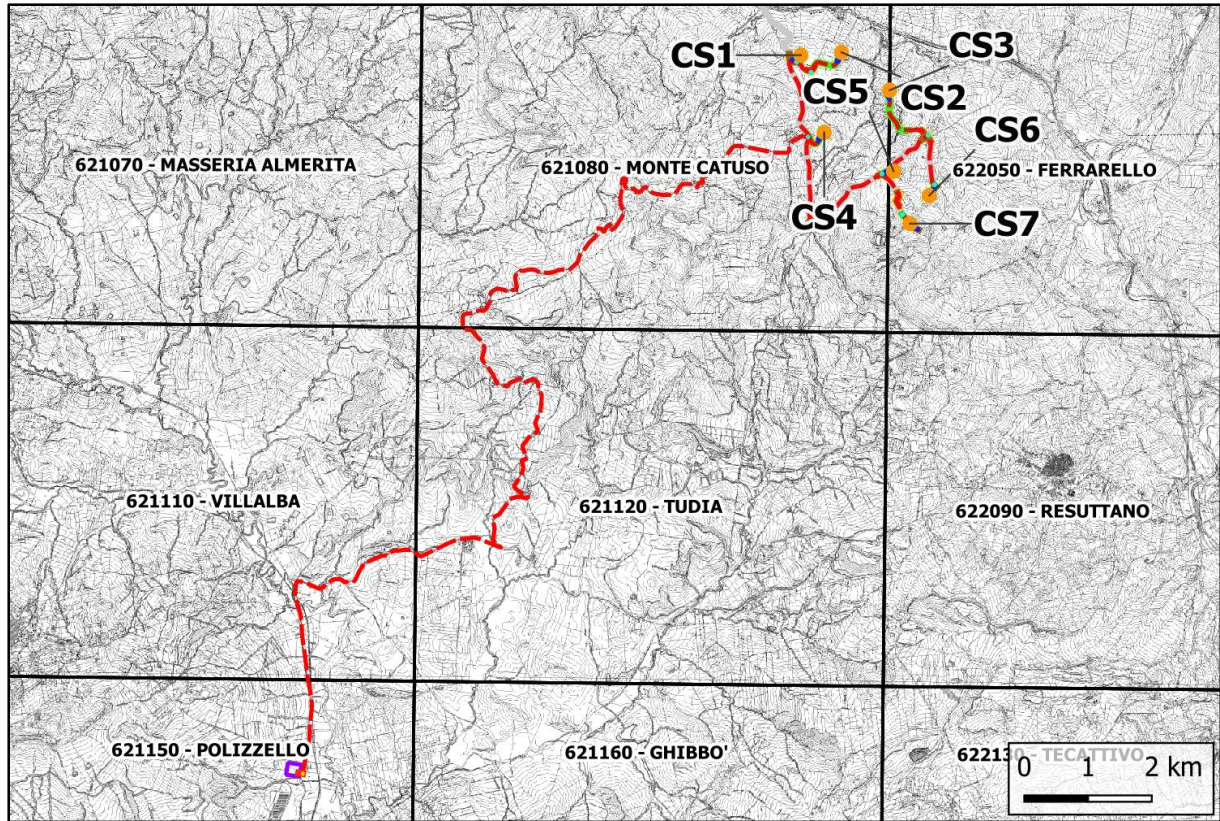


Fig. 3.4 - QUADRO SEZIONI C.T.R. 1:10.000

#### 4. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Gli studi geologici e la redazione della presente relazione sono stati eseguiti seguendo il Quadro Normativo di Riferimento, cui di seguito vengono riportati i riferimenti:

- ✓ Deliberazione della giunta Regionale 24/Febraio2022, n 81 (aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Sicilia).
- ✓ D.A. n.117 del 07 Luglio 2021;
- ✓ D.D.G. n.102 del 23 Giugno 2021;
- ✓ L. R. 13 agosto 2020 n°19;
- ✓ Il D.S.G. n.189/2020;
- ✓ Direttiva dell'Autorità di Bacino (AdB) del 11/10/2019 (Prot.6834);
- ✓ D.M. 17 Gennaio 2018 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- ✓ Circolare ARTA 3/DRA del 20/06/2014;
- ✓ D.M. 14 Gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni; Circolare 2 febbraio 2009, n° 617 – istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- ✓ Delibera della Giunta Regionale della Regione Siciliana n. 408 del 19/12/2003 - “Elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici con i criteri della delibera di Giunta Regionale n.408 del 19 Dicembre 2003” pubblicato sulla GURS n.7 del 13/02/2004”;
- ✓ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003 - “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.”; modificata dall'O.P.C.M. 3431 del 03/05/2005;
- ✓ Norme Tecniche di cui al D.M. 11.03.88 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- ✓ Regio Decreto Legge 30 dicembre 1923, n.3267 - “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”;

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area in studio, considerando un suo intorno significativo, rappresenta la zona di passaggio tra il segmento settentrionale della catena appenninico Maghrebide siciliana e la zona di avanfossa del bacino di Caltanissetta, verso i quadranti meridionali.

L'attuale assetto geologico-strutturale dell'area deriva dalla deformazione compressiva Oligo-Miocenica di successioni carbonatiche Meso-Cenozoiche di Domini Paleogeografici esistenti (Dominio Panormide, Trapanese, Saccense, Ibleo) di ambiente di piattaforma carbonatica e di scarpata e successioni pelagiche di mare profondo dei Domini Paleogeografici (Imerese, Sicano, Sicilide e Numidico).

In particolare l'area progettuale è ubicata nella zona pedemontana a sud delle Madonie centro settentrionali, 4,5 km a nord-ovest dell'abitato di Resuttano e 8,5 km a sud dell'abitato di Polizzi Generosa; pertanto si inquadra nel contesto sedimentario del limitrofo Bacino di Polizzi Generosa e ricade nel Bacino di Resuttano. Tali bacini sono costituiti da depositi terrigeni sintettonici Mio-Pliocenici che ricoprono in discordanza angolare le Unità Tettoniche sottostanti, embriciate, costituite dai terreni carbonatici e silico-clastici di ambiente di piattaforma e di mare profondo, appartenenti agli originari Domini Paleogeografici deformati nella fase tettonica compressiva Oligo-Miocenica (Dominio Sicilide, Panormide, Imerese, e Numidico).

In queste aree, durante la fase compressiva Oligo-Miocenica, la costruzione dell'edificio tettonico siciliano e la progressiva migrazione, dello stesso, verso la parte sud orientale dell'avampaese Ibleo, vede la formazione di bacini periferici, in cui, a partire dal Miocene sup., si depositano successioni sedimentarie silico-clastiche di ambiente fluvio-deltizio, marino e carbonatiche del Tortoniano sup.- Messiniano inf. che ricoprono sotto forma di cunei sedimentari, in discordanza, le sottostanti scaglie tettoniche embriciate della catena siciliana.

Si distinguono pertanto il limitrofo Bacino di Polizzi, che dal punto di vista strutturale risulta una sinclinale asimmetrica con asse orientato NNE-SSO, e il Bacino di Resuttano anch'esso strutturalmente identificato come una sinclinale blanda e asimmetrica con asse orientato NE-SO, costituiti da litofacies conglomeratiche, sabbiose e argillose con rapporti eteropici laterali. In particolare i terreni della Formazione Terravecchia risultano sovrapposti con rapporti di troncatura erosiva e discordanti sulle arenarie e argille sabbiose Serravalliano-Tortoniane afferenti alla Formazione di Castellana Sicula. Tali depositi terrigeni poggiano in parte sulle



scaglie tettoniche della catena già deformata delle argille varicolori Eoceniche-Cretaciche, facenti parte dell'Unità di deformazione del Dominio Sicilide e affiorano in tutta la zona limitrofa dell'abitato di Resuttano fino a Cozzo Terravecchia.

Il limite superiore della Formazione Terravecchia è talora ricoperto in discontinuità e discordanza dalle successioni carbonatiche (biolititi a coralli) più recenti, di ambiente di scogliera della Formazione Baucina (Tortoniano sup.-Messiniano inf.), o dalle gessareniti della Formazione Pasquasia. Tuttavia nella zona di Cozzo Terravecchia affiora il Calcarea di Base che ricopre la Fm. Baucina. Chiudono la serie sedimentaria le successioni marnoso-calcaree Zancleane dei Trubi, di ambiente di mare aperto.

Secondo il quadro stratigrafico-deposizionale dei litotipi affioranti è possibile raggruppare in ordine cronologico le successioni dal basso verso l'alto in:

- Unità derivanti dalla deformazione del Bacino Numidico (Miocene inf.-Oligocene sup.): Alternanze di argilliti nerastre, argille brune e quarzareniti giallastre, con a luoghi addizionati livelli marno-calcarei di colore grigio-biancastro, passanti ad un'alternanza di quarzareniti in grossi banchi e sottili livelli di argille brune (Flysch Numidico).
- Unità derivanti dalla deformazione del Dominio Sicilide (Oligocene-Eocene sup.): Alternanza caotica di argille fissili o scagliettate e marne varicolori, sottili livelli di calcilutiti, intercalazioni di arenarie quarzose, diaspri, lenti di calcareniti, brecciole a macroforaminiferi risedimentati (Fm. Argille varicolori); seguono in successione un'alternanza di calcilutiti e calcisiltiti biancastre, in lamine e strati sottili, talora con liste e noduli di selce, marne bianche con intercalazioni e lenti di biocalciclastiti mal classate a macroforaminiferi (Fm. Polizzi).

Tali Unità Stratigrafiche del Dominio Sicilide durante la fase tettonica deformativa Oligo-Miocenica sono state interessate da uno stress compressivo, embriciandosi e sovrascorrendo sulle Unità del Bacino Numidico. A ricoprire tali Unità Tettoniche sono i terreni che si sono depositi durante la fase tardorogena.

- Terreni Tardorogeni (Messiniano inf.-Tortoniano sup./Pliocene-Pleistocene):

Argille siltoso-marnose di colore grigio, a stratificazione indistinta, con intercalazioni di siltiti e areniti quarzose di colore giallastro (Fm. Castellana Sicula).

Membro pelitico argilloso: marne marine fossilifere e argille debolmente marnose. (Fm. Terravecchia).

Membro conglomeratico: orto e paraconglomerati polimitici grigiastri e giallastri in banchi più o meno cementati che si alternano con sabbie grossolane ciottolose giallastre contenenti lenti conglomeratiche (Fm. Terravecchia).

A luoghi in discordanza si rilevano:

Biolititi a coralli, per lo più grandi colonie di *Porites* sp., con frammenti di briozoi, lamellibranchi, alghe, gasteropodi, echinodermi, eteropiche a brecce carbonatiche, biocalcareni, marne e calcari dolomitici. (Fm. Baucina)

Membro del Calcare di Base (Fm. Cattolica): Calcari cristallini grigio-giallastri, calcari dolomitici e dolomie vacuolari o breccati, stratificati in banchi fino a 2 m, separati da giunti pelitici medio-sottili con livelli sottili di calcilutiti grigie laminate.

Chiudono la successione le marne e i calcari marnosi colore bianco crema, di ambiente pelagico (Trubi).

Dal punto di vista strutturale, le aree bacinali sono caratterizzate da due sistemi di faglie. Il primo distensivo, con orientazione NO-SE e NE-SO, che disloca i terreni Messiniani, il secondo a regime compressivo, con andamento E-O o NE-SO, che coinvolge i terreni Tortoniani. Completano il quadro geologico-strutturale un sistema di pieghe minori con orientazione NE-SO che interessano i conglomerati, e un sistema di pieghe con orientazione SO-NE che interessano i gessi Messiniani.

In conclusione i depositi terrigeni tardorogeni Mio-Pliocenici poggiano in discordanza angolare sulle Unità del Flysch Numidico e Sicilidi del Cretaceo sup.- Eocene / Oligocene - Miocene Inf. e sui terreni Serravalliani - Tortoniani afferenti alla Fm. di Castellana Sicula. Localmente nell'area di Resuttano e limitrofa di Polizzi, si è sviluppata una successione sedimentaria terrigena che ha riempito i bacini sedimentari durante il Miocene-Pliocene, interessati, successivamente, dalla deformazione compressiva dell'edificio tettonico sottostante che migrava in direzione NO-SE verso l'avampaese.

Nell'area in progetto, in particolare nella parte più settentrionale, dove sorgerà l'impianto eolico, affiorano i terreni Tortoniano-Messiniani della Fm. Terravecchia, depositi a grana fine

più o meno coesivi che rappresentano il Membro pelitico argilloso, marne marine fossilifere e argille debolmente marnose (Aerogeneratori CS1-CS2-CS4). Nella parte orientale dell'impianto a quote minori si riconoscono i terreni più antichi del Cretacico superiore-Oligocene inf. caratterizzati dalle argille fissili e marne varicolori delle Unità Sicilidi (Aerogeneratori CS3 e CS7) e argilliti brunastre e quarzareniti del Flysch Numidico in prossimità degli aerogeneratori CS5-CS6. Tali unità litologiche verranno descritte in dettaglio nel capitolo successivo.

Il cavidotto (36kv) attraverserà prevalentemente terreni argilloso marnosi della Formazione Terravecchia (TRV) e argille fissili e marne varicolori della Formazione Argille Varicolori (AV). L'area della cabina consegna utente è interessata da depositi di tipo fluviali-alluvionali del Torrente Belici costituiti da ghiaie e sabbie eterometriche ed eteromorfe con granulometria da media a grossolana.

Per la caratterizzazione geolitologica e sismica dell'area in progetto sono state eseguite n°7 indagini di sismica a Rifrazione e n°7 indagini di sismica Masw (**Cfr. Carta delle ubicazioni indagini Tav.14**) di seguito descritte ed interpretate.

## 5.1 CARATTERISTICHE SISMO-STRATIGRAFICHE DELL'AEROGENERATORE CS1

Scendendo nel dettaglio delle analisi sismiche eseguite, è stato possibile riscontrare grazie all'indagine sismica Rz7 eseguita in prossimità dell'aerogeneratore **CS1**, la presenza, nei primi 13,00 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche  $V_p$  differenti (Fig. 5.1).

### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione  $V_p$ , nell'ordine di 497.10 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati di natura argillo debolmente marnosa leggermente alterati e degradati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,4-2,6 metri dal p.c..

### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una  $V_p$  di 1677,60 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva moderatamente consistenti afferenti alle argille debolmente marnose e marne marine fossilifere e della Formazione Terravecchia.

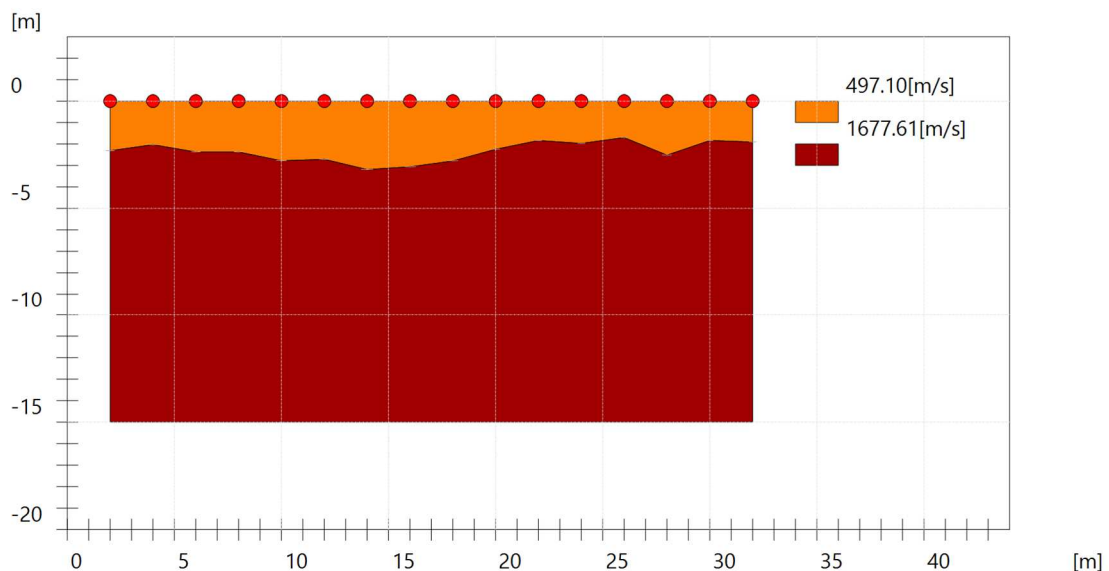


Fig. 5.1: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz7.

In tabella 5.1 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 5.1 – Sintesi dei risultati dell’indagine sismica Rz7.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -2,4/2,6	497,10	Sottile livello di terreno vegetale e coltre alterata argillo-marnosa.
2	Da 2,4/2,6 a 15	1677,60	Argille debolmente marnose e marne marine fossilifere della Formazione Terravecchia.

## 5.2 CARATTERISTICHE SISMO-STRATIGRAFICHE DELL’AEROGENERATORE CS2

In prossimità dell’aerogeneratore **CS2** è stato possibile riscontrare grazie all’interpretazione dell’indagine sismica Rz6, la presenza, nei primi 13 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell’insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica e con un leggero assottigliamento dello stesso verso la parte iniziale dello stendimento in relazione ad una leggera differenza di quota. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 5.2).

### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell’ordine di 368,68 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati di natura argillo debolmente marnosa leggermente alterati e degradati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,2-2,4 metri dal p.c..

### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 1543,07 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva moderatamente consistenti afferenti alle argille debolmente marnose e marne marine fossilifere e della Formazione Terravecchia.

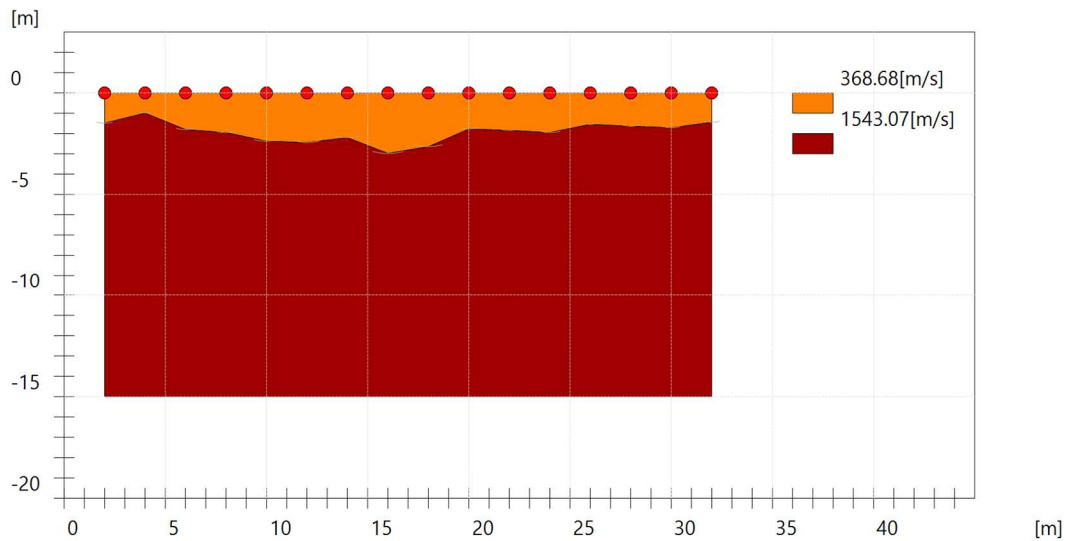


Fig. 5.2: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz6.

In tabella 5.2 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 5.2 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz6.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -2,2/2,4	368.68	Sottile livello di terreno vegetale e coltre alterata argillo-marnosa.
2	Da 2,2/2,4 a 15	1543,07	Argille debolmente marnose e marne marine fossilifere della Formazione Terravecchia.

### 5.3 CARATTERISTICHE SISMO-STRATIGRAFICHE DELL'AEROGENERATORE CS3

In corrispondenza dell'aerogeneratore **CS3** grazie all'interpretazione dell'indagine sismica Rz4 è stato possibile riscontrare, nei primi 13 metri, la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Il rifrattore mostra un aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme un andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica con un leggero ispessimento verso la parte terminale dello stendimento dovuto ad una leggera differenza di quota tra il primo e l'ultimo geofono. Sono stati quindi individuati, nello specifico, n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche  $V_p$  differenti (Fig. 5.3).

#### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione  $V_p$ , nell'ordine di 347.79 m/s, indicativo di un orizzonte costituito da terreno poco addensato e alterato di natura limo-argilloso alterato e degradato. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 1,5-1,6 metri dal p.c..

#### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una  $V_p$  di 1376.20 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva mediamente addensati e consistenti riconducibili alle argille fissili o scagliettate alternate in maniera caotica alle marne varicolori della Formazione Argille Varicolori.

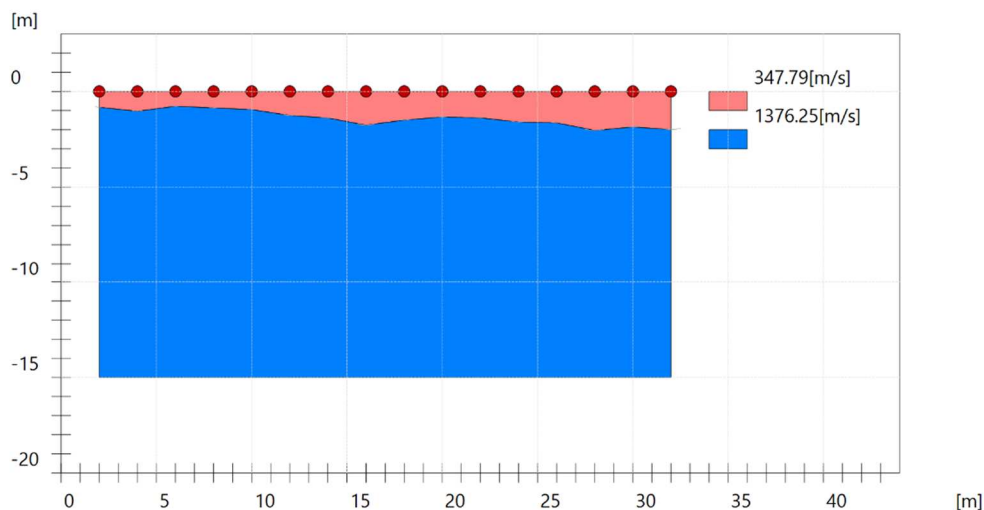


Fig. 5.3: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz4.

In tabella 5.3 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 5.3 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz4.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -1,5/1,6	347.79	Sottile livello di terreno vegetale e coltre alterata limo-argillosa.
2	Da -1,5/1,6 a 15	1376.20	Argille fissili o scagliettate alternate in maniera caotica alle marne varicolori della Formazione Argille Varicolori.

#### 5.4 CARATTERISTICHE SISMO-STRATIGRAFICHE DELL'AEROGENERATORE CS4

In corrispondenza dell'aerogeneratore **CS4** è stato possibile riscontrare, nei primi 13 metri, grazie all'interpretazione dell'indagine sismica Rz5, la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Il rifrattore mostra un aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme un andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. Sono stati quindi individuati, nello specifico, n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 5.4).

##### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell'ordine di 362.19 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati di natura argillo debolmente marnosa leggermente alterati e degradati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,2-2,4 metri dal p.c..

##### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 1619,40 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva moderatamente consistenti afferenti alle argille debolmente marnose e marne marine fossilifere e della Formazione Terravecchia.



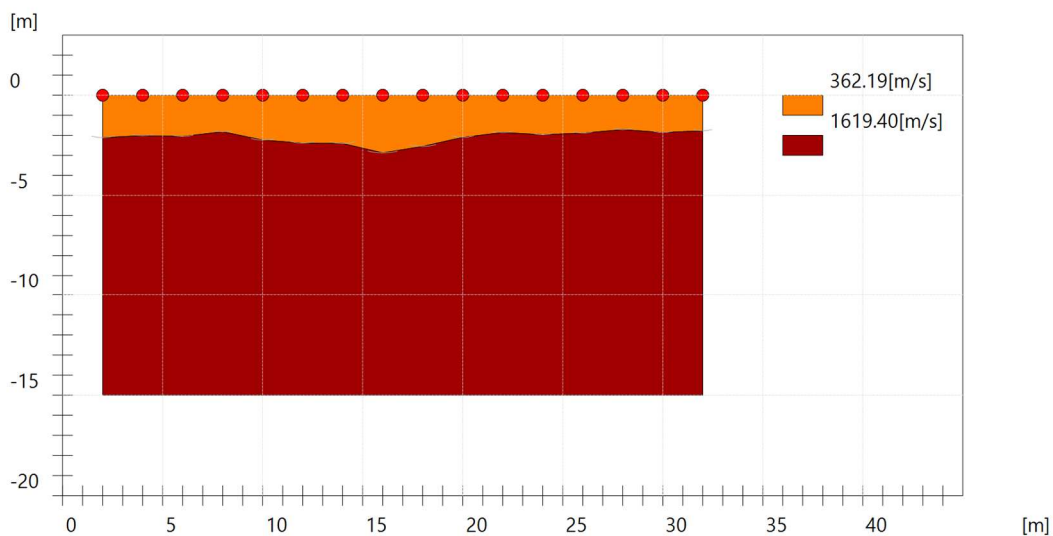


Fig. 5.4: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz5.

In tabella 5.4 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 5.4 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz5.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -2,2/2,4	362.19	Sottile livello di terreno vegetale e coltre alterata argillo-marnosa.
2	Da 2,2/2,4 a 15	1619,40	Argille debolmente marnose e marne marine fossilifere della Formazione Terravecchia.

## 5.5 CARATTERISTICHE SISMO-STRATIGRAFICHE DELL'AEROGENERATORE CS5

In corrispondenza dell'aerogeneratore **CS5** è stato possibile riscontrare, nei primi 13 metri, grazie all'interpretazione dell'indagine sismica Rz2, la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Il rifrattore mostra un aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme un andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. Sono stati quindi individuati, nello specifico, n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche  $V_p$  differenti (Fig. 5.5).

### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione  $V_p$ , nell'ordine di 537.54 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati di natura argilliti e argille brune leggermente alterati e degradati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 1,6-1,7 metri dal p.c..

### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una  $V_p$  di 1346.1 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva moderatamente consistenti afferenti alle argilliti nerastre e argille brune con a luoghi addizionati livelli marno-calcarei di colore grigio-biancastro della Formazione del Flysch Numidico.

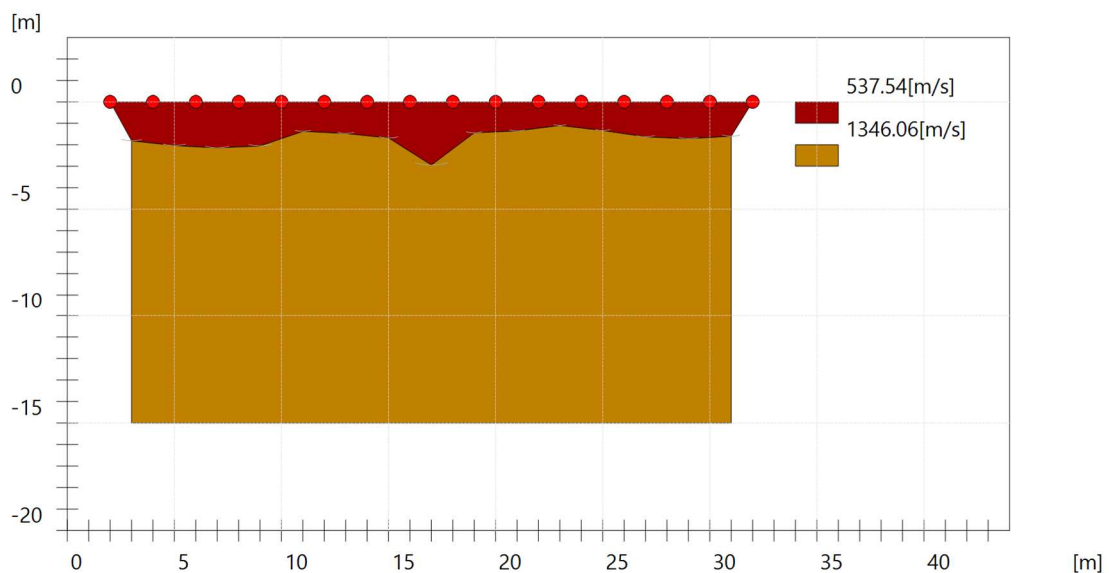


Fig. 5.5: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz2.

In tabella 5.5 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 5.5 – Sintesi dei risultati dell’indagine sismica Rz2.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -1,6/1,7	537.54	Sottile livello di terreno vegetale e argilliti e argille brune leggermente alterati e degradati.
2	Da -1,6/1,7 a 15	1346.10	Argilliti nerastre e argille brune con a luoghi addizionati livelli marno-calcarei di colore grigio-biancastro della Formazione del Flysch Numidico.

## 5.6 CARATTERISTICHE SISMO-STRATIGRAFICHE DELL'AEROGENERATORE CS6

In corrispondenza dell'aerogeneratore **CS6** è stato possibile riscontrare, nei primi 13 metri, grazie all'interpretazione dell'indagine sismica Rz3, la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Il rifrattore mostra un aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme un andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica con un leggero ispessimento verso la parte terminale dello stendimento dovuto ad una leggera differenza di quota tra il primo e l'ultimo geofono. Sono stati quindi individuati, nello specifico, n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig.5.6).

### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell'ordine di 459.6 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati di natura argilliti e argille brune leggermente alterati e degradati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,6-2,7 metri dal p.c..

### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 1146.8 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva moderatamente consistenti afferenti alle argilliti nerastre e argille brune con a luoghi addizionati livelli marno-calcarei di colore grigio-biancastro della Formazione del Flysch Numidico.

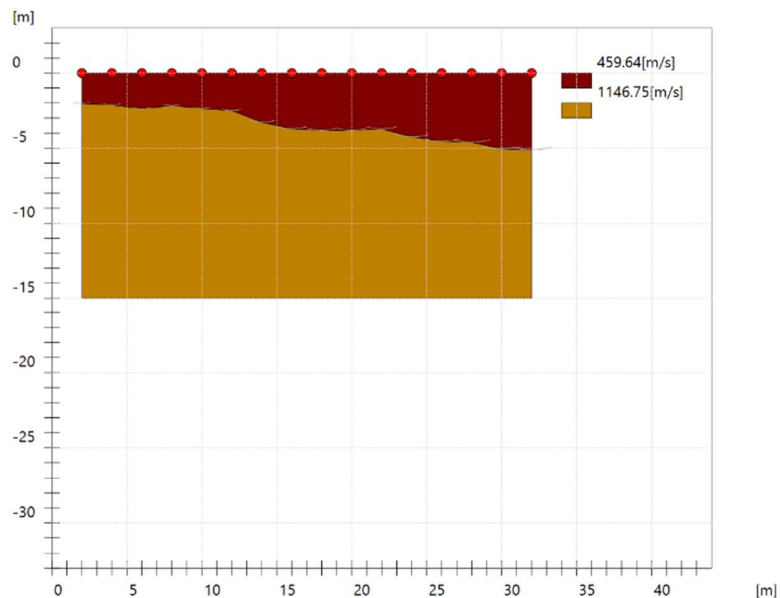


Fig. 5.6: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz3.

In tabella 5.6 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 5.6– Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz3.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -2,6/2,7	459.60	Sottile livello di terreno vegetale e argilliti e argille brune leggermente alterati e degradati.
2	Da -2,6/2,7 a 15	1146.80	Argilliti nerastre e argille brune con a luoghi addizionati livelli marno-calcarei di colore grigio-biancastro della Formazione del Flysch Numidico.

### 5.7 CARATTERISTICHE SISMO-STRATIGRAFICHE DELL'AEROGENERATORE CS7

In corrispondenza dell'aerogeneratore **CS7** grazie all'interpretazione dell'indagine sismica Rz1 è stato possibile riscontrare, nei primi 13 metri, la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Il rifrattore mostra un aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme un andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. Sono stati quindi individuati, nello specifico, n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 6.7).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione  $V_p$ , nell'ordine di 404.3 m/s, indicativo di un orizzonte costituito da terreno poco addensato e alterato di natura limo-argilloso alterato e degradato. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 1,6-1,8 metri dal p.c..

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una  $V_p$  di 1498.4 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva mediamente addensati e consistenti riconducibili alle argille fissili o scagliettate alternate in maniera caotica alle marne varicolori della Formazione Argille Varicolori.

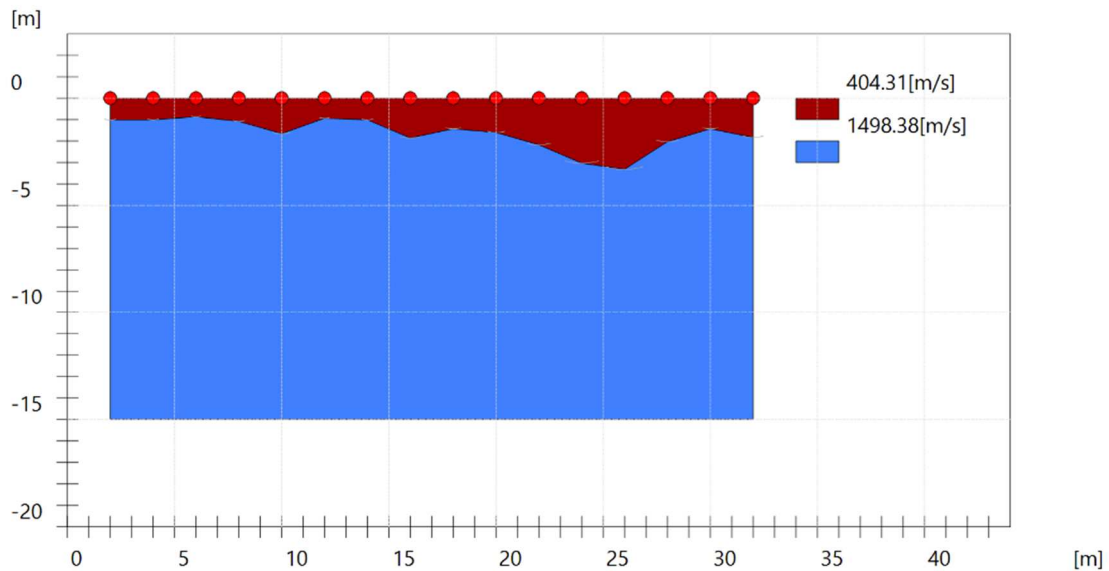


Fig. 5.7: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz1.

In tabella 5.7 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 5.7 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz1.

<b>SINTESI DEI RISULTATI</b>			
<b>SISMOSTRATO</b>	<b>PROFONDITA' (m)</b>	<b>Vp (m/s)</b>	<b>CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE</b>
1	Da 0 a -1,6/1,8	404.30	Sottile livello di terreno vegetale e coltre alterata limo-argillosa.
2	Da -1,6/1,8 a 15	1498.40	Argille fissili o scagliettate alternate in maniera caotica alle marne varicolori della Formazione Argille Varicolori.

## 6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'assetto geomorfologico attuale deriva dall'azione dei processi morfo-selettivi ad opera dell'azione degli agenti esogeni ed endogeni in combinazione all'assetto geologico-strutturale. La tettonica distensiva generata da sistemi di faglie, ha creato un sistema di fagliazione a blocchi interessando i litotipi affioranti, formando alti e bassi strutturali, su cui si sono impostati alti e bassi topografici. I processi di morfo-selezione, hanno agito, aumentando i dislivelli tra le due aree, impostando la loro azione erosiva nei bassi topografico-strutturali, dove affiorano litotipi "teneri" a componente argillosa, marnosa e sabbiosa facenti parte delle Unità sin-orogene Sicilidi e Numidiche, rispetto agli alti topografici costituiti da rocce "dure" quali, successioni carbonatiche di mare profondo della Fm. Polizzi e conglomerati ben cementati della Fm. Terravecchia. Dal punto di vista morfo-climatico l'area è caratterizzata da un clima mediterraneo temperato con inverni miti e umidi e precipitazioni inferiore ai 1000 mm annui ed estati calde e secche.

A grande scala si individua una dorsale montuosa che si estende da NO a SE e caratterizza lo spartiacque idrografico del margine occidentale del Bacino Idrografico del Fiume Imera meridionale.

Scendendo nel dettaglio l'area in studio, inquadrata tra il Bacino di Polizzi a nord, e ricadente nel bacino di Resuttano a sud, è caratterizzata da un assetto geomorfologico in cui si identificano due tipologie di paesaggio; nel settore settentrionale si riconosce un paesaggio di tipo collinare o di bassa montagna caratterizzato da rilievi arrotondati con basse acclività e con quote dai 680 ai 780 m s.l.m. in cui verranno ubicati gli aerogeneratori; le pendenze si aggirano tra i 5-10°; un settore centrale più a sud, caratterizzato da un paesaggio montuoso rappresentato dalle zone più elevate, con forme generalmente più aspre e versanti acclivi con pendenze tra i 15-25° e quote che vanno dagli 850 m a oltre i 1000 m s.l.m., e una zona di bassa collina con quote che decrescono dai 550 fino a 350 m s.l.m. verso i quadranti meridionali e pendenze dell'ordine di 2-5°; il cavidotto di collegamento 36kv attraverserà da NE a SO zone collinari e montane con quote che vanno dagli 850 m riducendosi a 350 m, verso il settore meridionale, in cui sorgerà la stazione elettrica di collegamento "Caltanissetta 380kv", dove le pendenze si riducono a valori inferiori a 2°.

Da un punto di vista idrografico in queste aree si individuano piccole vallecole, zona di incanalamento delle acque piovane che non interferiscono con l'area di impianto, alimentando il sottomesso Torrente Alberi nel Vallone Passo di Mattina lungo la parte settentrionale. Nel settore sud orientale si sviluppa un reticolo idrografico dendritico caratterizzato da impluvi di ordine minore che alimentano il vallone San Giorgio fino a convogliare le acque nel Fiume Imera meridionale. Lo sviluppo di questo tipo di reticolo è la testimonianza dell'affiorare dei litotipi argillosi poco permeabili che permettono il modellamento del paesaggio e l'incanalamento delle acque. Nel settore centrale non si sviluppa un particolare reticolo idrografico se non impluvi a carattere torrentizio e stagionale che alimentano i valloni impostati sui litotipi teneri affioranti (Vallone Tudia). Nei quadranti meridionali nell'area della Cabina di Consegna Utente, si sviluppano impluvi di scarsa rilevanza con orientazione O-E che alimentano il sottostante Torrente Belici.

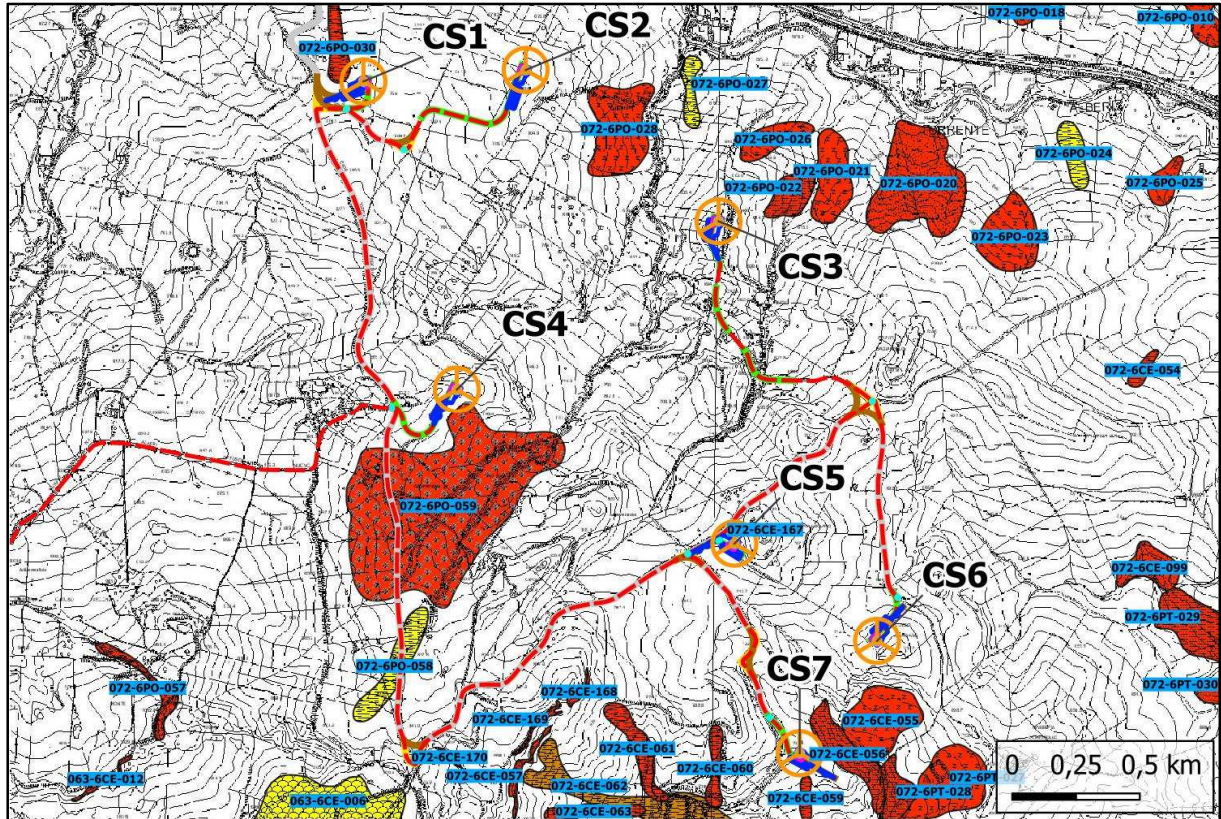
Per la conoscenza globale dello stato di dissesto idrogeologico del territorio, sono state consultate le carte redatte per il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (Bacino Idrografico del Fiume Imera Meridionale e del Bacino Idrografico del Fiume Platani). Dalle relative cartografie P.A.I. (**Cfr. Tavole 09-10-11, carte dei Dissesti PAI, Carta della Pericolosità Geomorfologica PAI, Carta del Rischio Geomorfologico PAI**) sono state riprodotte le carte relative ai dissesti e delle pericolosità e rischio geomorfologico e idraulico. Le verifiche dirette attraverso sopralluoghi, integrate con gli studi e le indagini specifiche, non hanno evidenziato situazioni di rischio o individuato pericolosità connesse ai dissesti sui versanti o pericolosità idrauliche o idrologiche in corrispondenza delle aree di installazione degli aerogeneratori e delle opere di utenza.

Gli unici aspetti di rilievo, censiti anche in seno alla cartografia PAI, sono collegati a fenomeni di erosione diffusa e incanalata che si localizzano lungo i ripidi fianchi delle incisioni torrentizie e degli impluvi minori ed aree ad erosione superficiale lenta. Trattasi, essenzialmente, di dissesti attivi che determinano una pericolosità geomorfologica P2 e che non interferiscono con i siti di installazione degli aerogeneratori.

In sintesi sono stati osservati, in prossimità delle aree di installazione degli aerogeneratori, ricadenti nel Bacino Idrografico del Fiume Imera meridionale, identificato con cod. **PAI 072**, i seguenti processi morfo-evolutivi:

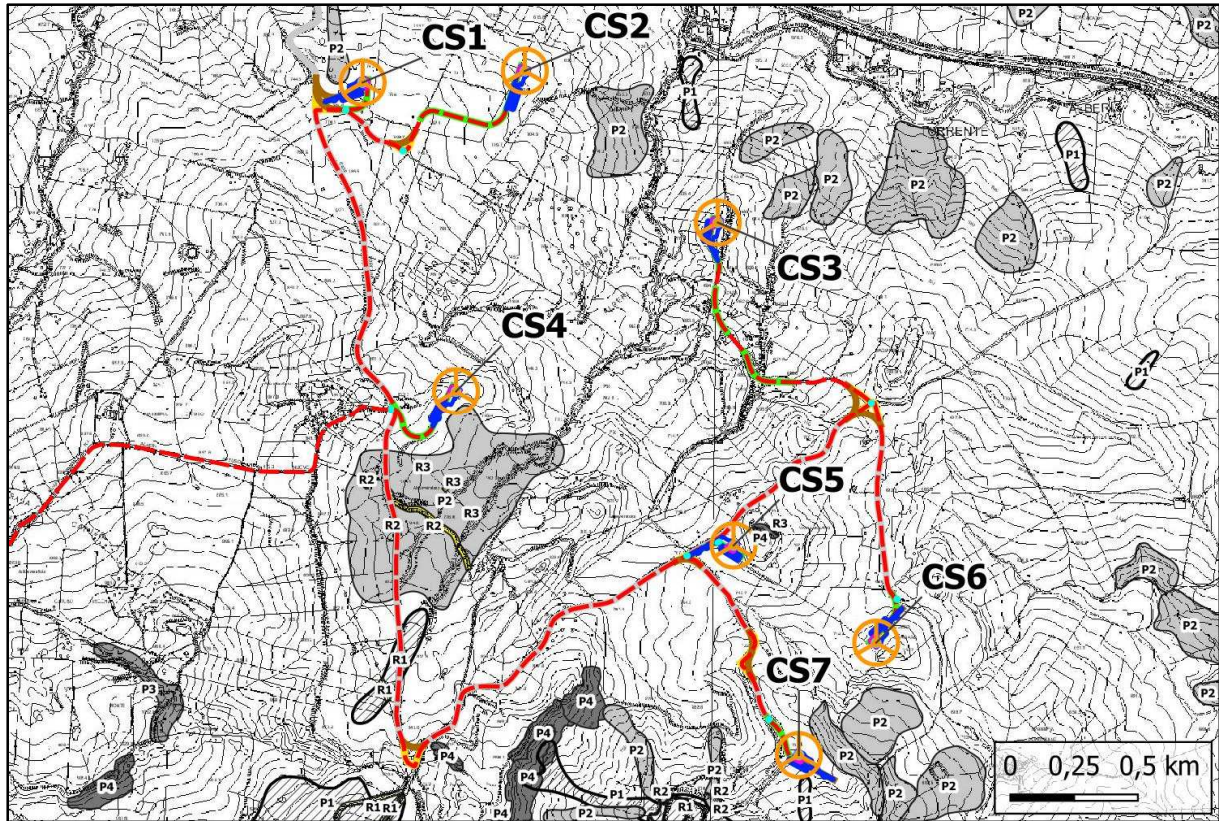


- a) Dissesto geomorfologico attivo identificato con il codice **072-6PO-030** che determina una pericolosità geomorfologica P2 (media) legata a processi di colamento lento (Fig.6.1 e 6.2)



**Fig. 6.1: Stralcio della Carta dei Dissesti (Area Impianto)**





**Fig.6.2: Stralcio della Carta delle Pericolosità e del Rischio Geomorfologico (Area Impianto)**

Relativamente al cavidotto di collegamento (36kv), che attraverserà una porzione più estesa del territorio, ricadendo a nord nel Bacino del Fiume Imera meridionale (**cod. PAI 072**) e più a sud nel Bacino del Fiume Platani (**cod. PAI 063**) si rileva:

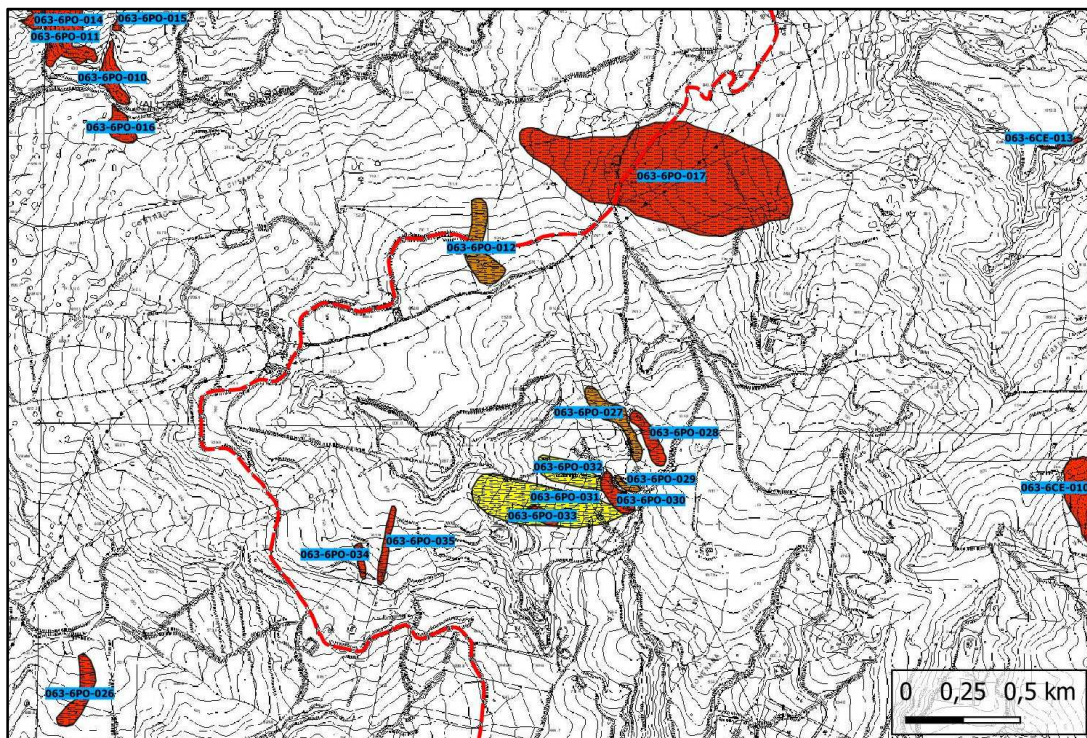
1) nel settore nord orientale, nella zona pedemontana di Monte Catuso, un dissesto attivo identificato come area a franosità diffusa, con evoluzione morfologica SO-NE, censito con codice **072-6PO-059**, che interessa il cavidotto 36kv poco a sud dell'aerogeneratore CS4 per un tratto di circa 580 m; tale dissesto si sviluppa sui rami di testa del Torrente Alberi in prossimità del Vallone Passo di Mattina assumendo livelli di pericolosità e rischio geomorfologico P2-R2.

2) poco più a sud del dissesto 072-6PO-059 prima descritto, un secondo dissesto quiescente per colamento lento, censito con codice **072-6PO-058**, che si estende in direzione SO-NE, interessando il cavidotto per circa 200 m; tale dissesto è associato a livelli di pericolosità e rischio geomorfologico P1-R1.

3) nella parte sud occidentale di Monte Catuso, un dissesto attivo dovuto a erosione accelerata censito con il codice **063-6PO-017**. Tale dissesto che determina livelli medi di Pericolosità e Rischio Geomorfologico (P2-R2), interferisce col cavidotto per un tratto di 450 metri, da nord a sud, e risulta avere un'evoluzione morfologica E-O.

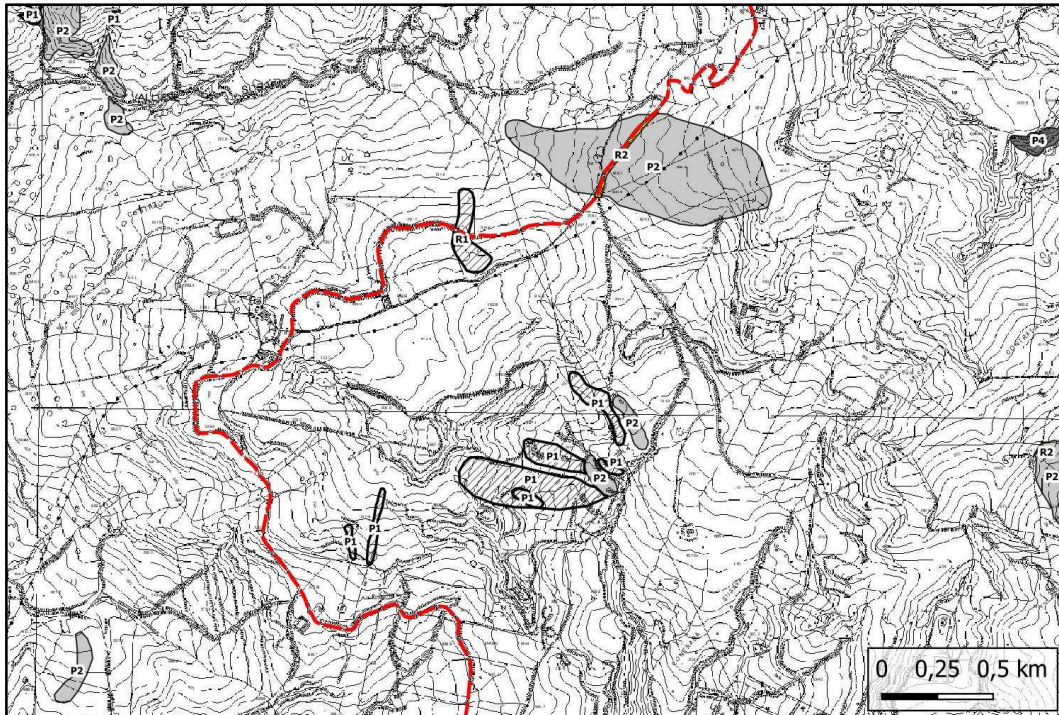
4) A sud ovest si identifica un secondo dissesto interferente, censito con codice **063-6PO-012** (Fig. 6.3-6.4) che risulta essere inattivo, con associati livelli di Pericolosità e Rischio Geomorfologico moderati (P1-R1).

Si rappresenta che il tracciato del cavidotto si imposta su strada esistente, pertanto la sua realizzazione non andrà ad alterare l'equilibrio idro-morfologico dei luoghi.



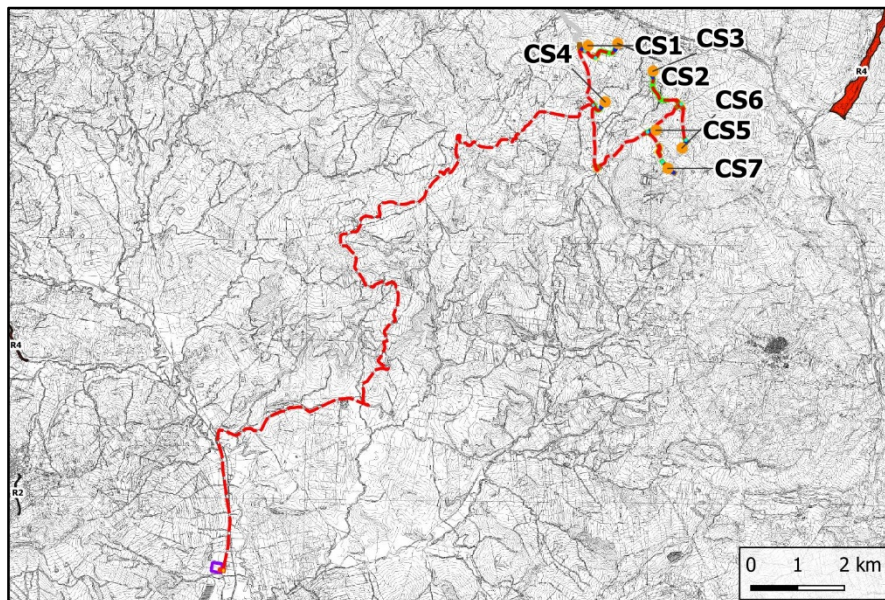
**Fig. 6.3: Stralcio della Carta dei Dissesti (Cavidotto 36kv)**





**Fig. 6.4: Stralcio della Carta della Pericolosità e Rischio Geomorfologico (Cavidotto 36kv)**

Dal punto di vista idraulico, come si evince dallo Stralcio della Carta della Pericolosità e Rischio Idraulico (Fig. 6.5) non si identificano particolari livelli di pericolosità e rischio.



**Fig. 6.5: Stralcio della Carta delle Pericolosità e del Rischio Idraulico (Cavidotto 36kv)**

Pertanto per le aree in dissesto rilevate ed interferenti col cavidotto, bisognerà valutare in sede di progettazione esecutiva, attraverso mirate indagini geognostiche, la stabilità delle stesse ed eventualmente valutare l'alternativo utilizzo di tecnologia TOC (Trivellazione orizzontale controllata) che consentirebbe di limitare notevolmente i lavori di scavo a cielo aperto, a quelli connessi ed indispensabili all'impiego della suddetta tecnologia.

Si rappresenta, infine, che tali fenomeni non interessano in alcun modo le aree dove verranno realizzati gli aerogeneratori e la cabina di consegna utente che risultano, peraltro, scevri da fenomeni di instabilità in atto o potenziali. Bisognerà prestare, comunque, particolare attenzione progettuale, in fase esecutiva, alle opere di regimentazione delle acque superficiali provenienti dalle piazzole e quelle relative alle viabilità per garantirne la stabilità generale.

In conclusione l'assetto generale del territorio studiato appartiene alla Categoria Topografica T2 (ai sensi delle NTC 2018); in essa non si evidenzia, allo stato attuale e delle conoscenze progettuali, l'esistenza di processi morfodinamici in atto, tanto meno nello stretto ambito dell'area di competenza, né sono stati individuati gravi agenti geodinamici che possano turbare, anche in futuro, le attuali condizioni di equilibrio.

Dai rilievi geomorfologici preliminari, effettuati nell'area in esame e in un suo intorno significativo lo scrivente può asserire che:

-nell'area oggetto di studio, non si riconoscono particolari morfologie (creste rocciose, cocuzzoli, dorsali scarpate, ecc) dove possono verificarsi localizzazioni dell'energia sismica incidente, con conseguente esaltazione dell'ampiezza delle onde;

-non si riscontrano problemi connessi con fenomeni di stabilità di vario tipo con attivazione e riattivazione di frane potenziali o quiescenti e crolli di massi da pareti rocciose, che possono comportare un rischio per l'opera in progetto e per l'ambiente.

Pertanto allo stato attuale delle conoscenze, alla luce delle indagini eseguite e delle indicazioni suggerite, che comunque andranno affinate in sede di progettazione esecutiva, è possibile affermare che l'area in progetto risulta zona stabile scevra da potenziali scenari di pericolosità geologiche e/o geomorfologiche non essendo stati rilevati, all'atto delle indagini, fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali, tali da essere in contrasto con il progetto proposto, risultando compatibile con il territorio in esame.



## 6.1 ANALISI SUL VINCOLO IDROGEOLOGICO (R.D. 3267 DEL 30 DICEMBRE 1923)

Relativamente agli aspetti legati al vincolo idrogeologico, ai sensi del R.D.L. n.3267 del 30/12/1923, si evidenzia che i siti in cui verranno installati gli aerogeneratori CS5, CS6 e CS7, le strade di nuova realizzazione di accesso agli stessi nonché il tratto iniziale del cavidotto ricadranno all'interno di aree sottoposte a vincolo idrogeologico (vedi Fig. 6.1.1).

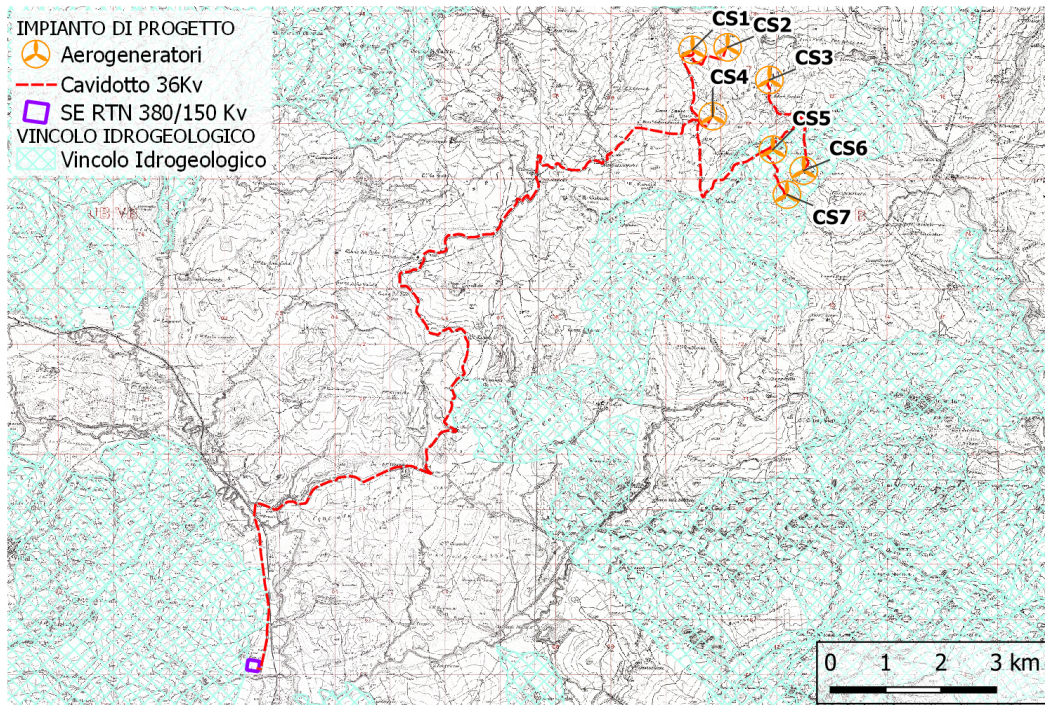


Fig. 6.1.1: Sovrapposizione area di progetto e aree sottoposte a vincolo idrogeologico

Gli stessi siti non interessano aree e terreni boscati (in quanto non sono classificabili come bosco ai sensi dell'art.1 della L.R. 16/96 e successive modifiche ed integrazioni), dune costiere, zone umide, zone ricadenti negli ambiti soggetti a rischio Idraulico, zone percorse dal fuoco o sede di movimenti franosi nonché in area ricadenti all'interno di SIC e ZPS. Si rappresenta, a riguardo, che i movimenti di terreno necessari alla realizzazione delle opere in progetto **non risultano** lesivi all'assetto idrogeologico dei luoghi, non pregiudicheranno la stabilità della stessa e non andranno ad alterare la corretta regimentazione delle acque di scorrimento superficiale. In ogni caso si suggerisce, in fase di costruzione, di evitare scavi in condizioni meteorologiche avverse e di adottare idonee misure mitigative per contenere, eventuali fronti di scavo, in terreni incoerenti e/o pseudocoerenti. Occorrerà, infine, adottare ogni cautela necessaria al fine di evitare alterazioni dell'assetto idrogeologico dei luoghi oggetto dei lavori.

## 7. IDROGEOLOGIA E PERMEABILITA' DEI LITOTIPI AFFIORANTI

Le caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti, nell'area progettuale, possono essere dedotte da una prima osservazione qualitativa dei loro aspetti macroscopici.

Tali aspetti riguardano le condizioni fisiche e chimiche dei terreni e delle rocce, come porosità che è legata alla configurazione dei grani e percentuale di matrice che compongono i terreni; la fratturazione connessa al grado di cementazione nonché alla resistenza che una roccia oppone agli stress deformativi fino a fratturarsi, ed infine, la fessurazione causata da processi chimico-fisici di dissoluzione delle rocce ad opera delle acque dilavanti (carsismo) e dalla composizione chimico-fisica delle stesse. Pertanto si possono distinguere terreni o rocce che presentano differenti gradi di permeabilità per porosità, porosità/fratturazione, fessurazione/fratturazione, e raggrupparli in complessi idrogeologici. Le loro caratteristiche idrogeologiche dipendono oltre che dal grado e tipologia di permeabilità anche dal loro assetto geologico-strutturale, che ne hanno delineato i limiti idrogeologici determinandone la circolazione idrica interna.

Relativamente all'area progettuale sono stati analizzati differenti litotipi affioranti, ed in base alle caratteristiche osservate è stato possibile suddividerli in 3 complessi idrogeologici principali:

- **Complesso idrogeologico impermeabile:** interessa essenzialmente i litotipi presenti nell'area di installazione degli aerogeneratori, in particolare le argille scagliose e varicolori del Dominio Sicilide e le argilliti brune e quarzareniti del Flysch Numidico. Questa tipologia di terreni presentano una granulometria molto fine e una coesione molto elevata, che ne annulla la permeabilità.
- **Complesso idrogeologico con una permeabilità da media a bassa** per porosità/fratturazione che interessa i litotipi sabbiosi e conglomeratico - sabbiosi della Fm. Terravecchia e le argille siltoso-marnose della Fm. Di Castellana Sicula. Si passa da una granulometria media con una discreta porosità nei livelli sabbiosi a fratture nei livelli conglomeratici, che favoriscono una permeabilità media. Nelle argille siltoso-marnose si ha una diminuzione delle permeabilità a causa della riduzione della taglia granulometrica e della maggiore coesione.
- **Complesso idrogeologico con un alto grado di permeabilità** per porosità che interessa terreni ghiaioso-sabbiosi a granulometria eterometrica e eteromorfa, da

media a grossolana, affioranti nell'area della stazione elettrica, in prossimità del Torrente Belici. Questo tipo di terreni associabili a depositi di tipo fluviale/torrentizio, presentano una configurazione granulometrica variabile e una elevata porosità data dalla variabile forma e dimensione dei grani, la cui disposizione crea all'interno dei terreni delle vie preferenziali per la circolazione delle acque.

Dall'analisi dell'idrografia superficiale e dei processi morfo-selettivi, che si sviluppano nell'areale durante i periodi più piovosi nella stagione invernale, si riesce a comprendere come nel complesso impermeabile, le acque tendano a scorrere lungo i versanti con una percentuale di infiltrazione quasi nulla; laddove le acque incontrano i litotipi dei complessi sabbioso-conglomeratici tendono a infiltrarsi maggiormente grazie sia alla porosità delle sabbie che alla fratturazione dei conglomerati, legata anche all'assetto geologico-strutturale raggiunto dopo le fasi deformative. Infine il complesso idrogeologico ghiaioso-sabbioso, individuato nell'area della stazione elettrica, presenta una configurazione interna di grani/matrice che ne favorisce una maggiore porosità, nonché una permeabilità mediamente più alta.

Dall'analisi dell'assetto idrogeologico descritto, si riconosce una configurazione del tipo acquitardo in cui i depositi terrigeni tardorogeni, con una permeabilità media per porosità nelle porzioni più sabbiose e media per fratturazione nei livelli conglomeratici, si riduce a valori minori nei livelli più argilloso-siltoso-marnosi, fino ad annullarsi in corrispondenza del limite idrogeologico impermeabile rappresentato dai sottostanti litotipi argillosi.

Da queste considerazioni e dalle analisi in loco si deduce che:

- L'area non presenta particolari problematiche legate a fenomeni di allagamento;
- Non è stata rilevata una falda superficiale o sub-superficiale o con bassa soggiacenza tale da creare, nei periodi di maggiore piovosità, un sollevamento o l'innescarsi di condizioni critiche tali da provocare l'emersione della superficie piezometrica, in relazione alla natura litologica dei terreni, loro morfologia e l'assetto geologico-strutturale.

Ciò nonostante è consigliabile, in via cautelativa, durante la realizzazione delle opere temporanee di cantiere e in fase esecutiva, evitare eccessivi movimenti terra per non turbare l'assetto idrogeologico dei luoghi.

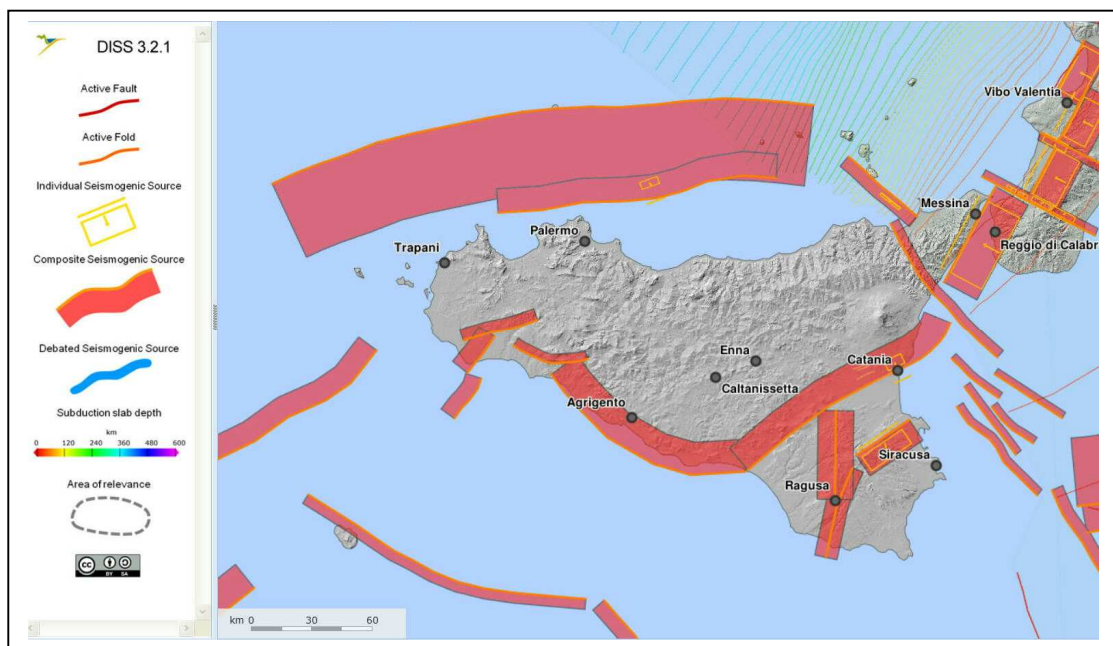


## 8. CLASSIFICAZIONE SISMICA

### 8.1 CENNI SULLA STORIA SISMICA DEL TERRITORIO

Il reticolo di punti che permette di valutare la pericolosità sismica di base è frutto sia dello studio delle sorgenti e delle strutture sismogenetiche sul territorio italiano, sia dell'analisi storica dei terremoti. La figura 8.1 mostra la mappa delle sorgenti e strutture sismiche per l'intero territorio siciliano presenti nel database DISS 3.2.1, sviluppato all'interno del progetto nazionale S2 è frutto della collaborazione tra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DNPC) e l'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV);

il database è liberamente consultabile informato Web-Gis all'indirizzo web: <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.



**Fig. 8.1: Sorgenti sismogenetiche Sicilia. Fonte INGV.**

Dal sito stesso dell'INGV è possibile sfogliare il database sui terremoti storici presenti sul territorio italiano (aggiornato alla versione DBMI15) consultabile all'indirizzo <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>. Dall'interrogazione del database è possibile valutare la serie dei principali terremoti che hanno interessato in passato il territorio in esame con *Intensità* maggiore di 2 Mw (magnitudo).

## 8.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base rappresenta, sostanzialmente, la probabilità che un evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, ovvero la previsione probabilistica dello scuotimento del suolo in un sito con riferimento ad un terremoto standard di riferimento; in pratica fornisce i valori significativi delle accelerazioni massime attese al suolo (*PGA* - peak ground acceleration) riferite ad una situazione ideale con suolo rigido ed omogeneo ( $V_s > 800$  m/s; *categoria A* nelle NTC 18). Già con l'ordinanza O.P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 l'intero territorio italiano era stato riclassificato con l'individuazione di 4 categorie sismiche in funzione dei valori significativi delle accelerazioni massime attese al suolo riferite a suolo rigido ed omogeneo ( $V_s > 800$  m/s) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e con periodo di ritorno di 495 anni. In riferimento a tale macrozonazione sismica) l'area in esame ricade in zona 2 ( $0,15 < a_g \leq 0,25$  g).

Nella nuova normativa, invece, poiché l'azione sismica viene definita facendo riferimento ad un reticolo i cui punti sono riportati in termini di latitudine e longitudine, di fatto può presentare una discreta variabilità anche all'interno di uno stesso territorio molto ristretto; più nello specifico l'azione sismica viene definita in funzione dei parametri ( $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ ) che, secondo differenti tempi di ritorno ( $T_R$ ), definiscono le forme spettrali e quindi la "pericolosità sismica di base" che assieme al fattore suolo ( $S$ ), legato agli effetti di amplificazione locale (stratigrafica e topografica), andrà in definitiva a caratterizzare la "risposta sismica locale".

In riferimento al vigente D.M. 17/01/2018, pertanto, al fine di ricavare i parametri di riferimento per l'azione sismica di base, si devono, innanzitutto, individuare le *coordinate di sito* tramite rilevatore satellitare WGS 84 - ETRF89.

A partire da queste ultime coordinate, tramite il foglio di calcolo rilasciato dal C.S. LL.PP. "Spettri NTC vers. 1.03" si possono ricavare i parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i vari periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascun *Stato Limite*, ipotizzando come tipologia un'opera ordinaria con  $V_N = 50$  anni e classe d'uso IV. Si rimanda alla relazione geotecnica per le tabelle ed i grafici associati per ogni stato limite.

### 8.3 PERICOLOSITÀ LOCALE

La Pericolosità sismica locale, rappresenta una valutazione, a scala di dettaglio, delle variazioni della pericolosità sismica di base per effetto delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito specifico (condizioni locali). È ormai cosa acclarata e confermata da innumerevoli studi, che la struttura geologica sovrastante il bedrock assume un ruolo determinante nella modifica del treno di onde sismiche con *fenomeni di amplificazione* o di smorzamento; sicché, ad esempio, quando si passa dal bedrock rigido ad un terreno più superficiale con minore rigidità (variazione di *impedenza*) le onde sismiche subiscono un rallentamento e, per la legge della conservazione dell'energia, la loro ampiezza aumenta. Ne consegue un'amplificazione del moto sismico con danni all'edificato superiori rispetto ad aree circostanti poggianti su un terreno di copertura più rigido.

Citando la casistica espressa nelle varie circolari A.R.T.A. relative ai piani di revisione dei PRG, situazioni che portano ad una amplificazione dell'azione sismica sono legate per esempio a *zone di ciglio* (con  $H > 10$  mt), *zone di cresta rocciosa* o di dorsale, *aree di fondovalle con presenza di alluvioni incoerenti*, zone pedemontane di *falda di detrito*, zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse o zone con *terreni di fondazione particolarmente scadenti*; oltre a questa casistica vengono ugualmente prese in considerazione quelle situazioni che possono portare all'accentuazione di fenomeni di instabilità già in atto in occasione di eventi sismici quali zone caratterizzate da movimenti *franosì quiescenti* o *zone con elevata acclività associate a copertura detritica* o ancora ammassi rocciosi con acclività  $> 50\%$  ed una giacitura sfavorevole degli strati.

In fase di progettazione esecutiva la risposta sismica locale viene valutata o mediante analisi specifiche, come indicate al paragrafo 7.11.3 delle NTC 2018 o facendo riferimento alla procedura semplificata (qui utilizzata per la progettazione definitiva) descritta al paragrafo 8.4.

### 8.4 RISULTATI DEL CALCOLO

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 1 Hz e 60 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione

diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati.

I risultati delle inversioni hanno fornito valori di categoria suolo fondazione C per il sito in progetto. Le indagini geofisiche eseguite, hanno consentito, dunque, di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di taglio al fine di valutare il valore del parametro  $V_{Seq}$  e quindi stabilire la categoria di appartenenza del sottosuolo come da D.M. 17/01/2018. Dalla individuazione delle onde di taglio generate in corrispondenza del punto di indagine è stato possibile determinare la velocità di propagazione media di tali onde entro i primi 30 metri di terreno attraversato; successivamente, attraverso questo parametro ed ai sensi della normativa vigente in materia antisismica, Ordinanza 3274 – Nuova Normativa Antisismica del 20/03/2003, richiamata dal D.M. 17/01/2018, è stato possibile classificare tali terreni.

Lo studio sugli effetti di sito è un aspetto fondamentale nella valutazione e mitigazione del rischio sismico. Tale studio si effettua in termini di risposta sismica locale, partendo dal concetto di amplificazione del moto sismico che si origina dal basamento roccioso (definito bedrock sismico) e che si propaga all'interno di un deposito sino a raggiungere la superficie. Valutare questi effetti non è sempre del tutto facile anche perché, in molti casi, l'amplificazione è dovuta ai cosiddetti fenomeni di risonanza nei terreni stratificati posti al di sopra del bedrock, di riflessione e rifrazione delle onde sismiche nelle interfacce di discontinuità e tra mezzi a diversa densità, dove le onde vengono per così dire "intrappolate" e successivamente trasmesse allo strato più superficiale generando così onde di tipo Love e di Rayleigh. A questi, poi, si aggiunge l'effetto di focalizzazione del raggio sismico nelle zone morfologicamente più acclive. Sul territorio italiano la valutazione degli effetti della risposta sismica locale viene fatta sulla base delle vigenti norme tecniche per le costruzioni pubblicate in GU n.42 del 20/02/2018 - Suppl. Ordinario n. 8. In particolare per situazioni riconducibili alle categorie definite in Tab. 3.2.II di cui al § 3.2.2 si può fare riferimento ad un approccio semplificato basato sui valori di velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ , che costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo di cui al § 6.2.2. In tal caso si calcola la velocità equivalente con la seguente espressione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

con:  $h_i$  = Spessore in metri dello strato  $i$ -esimo (in m),  $V_s$  = Velocità dell'onda di taglio  $i$ -esimo strato,  $N$  = Numero di strati,  $H$  = profondità del substrato sismico (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

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  $V_{Seq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H = 30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

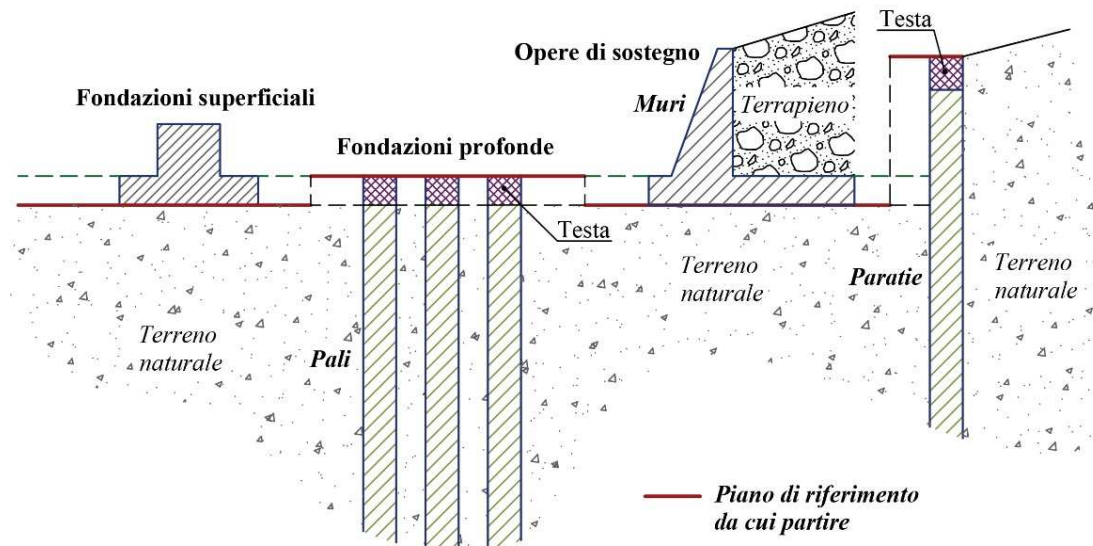


Figura 8.4.1: Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018.

Mentre per tutti quei casi non rientranti è richiesta una specifica analisi della risposta sismica locale, così come previsto al § 7.11.3.

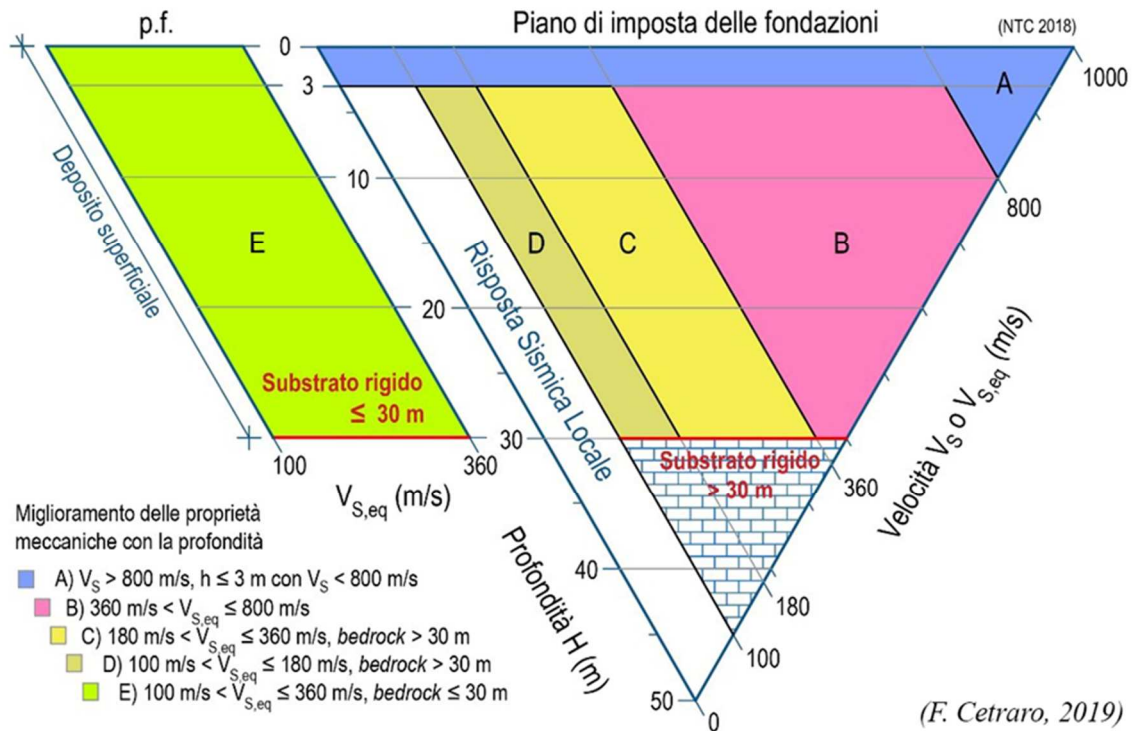


Figura 8.4.2: Diagramma categorie di sottosuolo secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018.

## 8.5 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS1

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS1 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw7.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 5 Hz e 55 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

Strato n°1:  $V_s = 136.7$  m/s; spessore medio 3.23 metri.

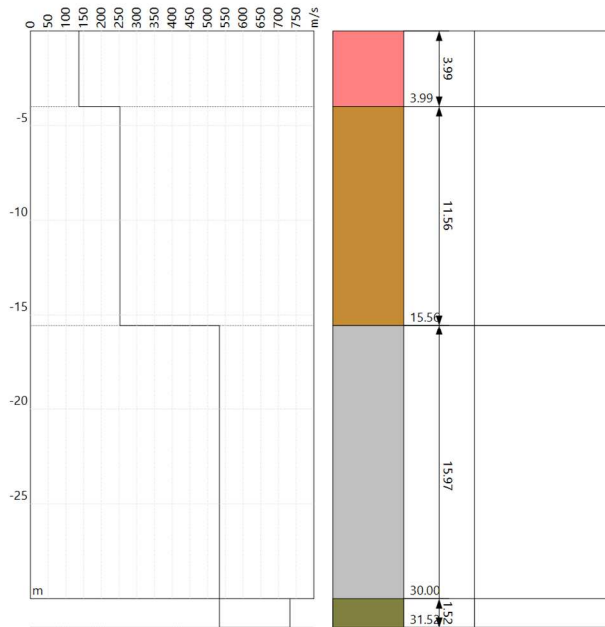
Strato n°2:  $V_s = 252.6$  m/s; spessore medio 11.56 metri.

Strato n°3:  $V_s = 533.3$ m/s; spessore medio 15.97 metri

Strato n°4:  $V_s = 732.3$ m/s; spessore oo.



Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato,

**VS,eq = 293.91 m/s**, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come **sottosuolo di tipo C**.

## 8.6 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS2

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS2 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw6. Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 5 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

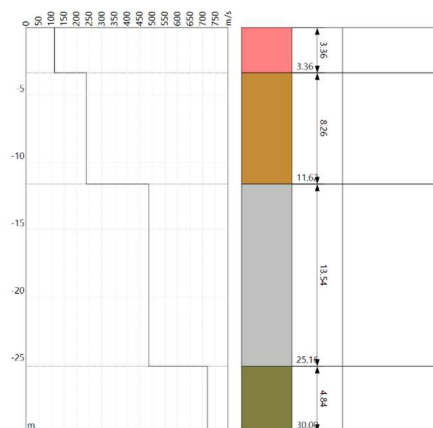
Strato n°1:  $V_s = 112.7$  m/s; spessore medio 3.36 metri.

Strato n°2:  $V_s = 238.8$  m/s; spessore medio 8.26 metri.

Strato n°3:  $V_s = 485.8$  m/s; spessore medio 13.54 metri

Strato n°4:  $V_s = 718.5$  m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato,  **$V_{S,eq} = 302.99$  m/s**, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle  $V_s$ , il sottosuolo in esame risulta classificabile come **sottosuolo di tipo C**.

## 8.7 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS3

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS3 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw4. Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 3 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

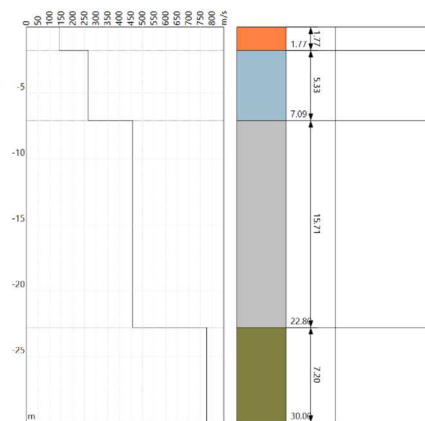
Strato n°1:  $V_s = 140.9$  m/s; spessore medio 1.77 metri.

Strato n°2:  $V_s = 266.0$  m/s; spessore medio 5.33 metri.

Strato n°3:  $V_s = 456.8$  m/s; spessore medio 15.71 metri

Strato n°4:  $V_s = 776.5$  m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato,  **$V_{S,eq} = 393.60$  m/s**, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle  $V_s$ , il sottosuolo in esame risulta classificabile come **sottosuolo di tipo B**.

## 8.8 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS4

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS4 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw5. Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 2 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

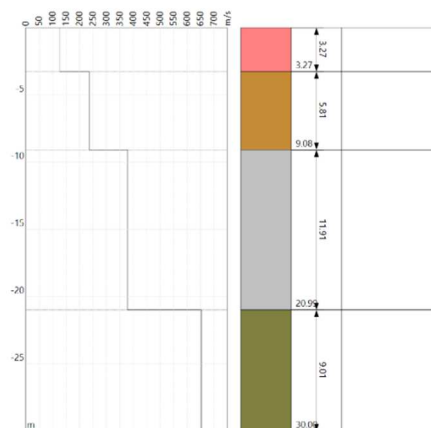
Strato n°1:  $V_s = 127.2$  m/s; spessore medio 3.27 metri.

Strato n°2:  $V_s = 236.0$  m/s; spessore medio 5.81 metri.

Strato n°3:  $V_s = 378.2$  m/s; spessore medio 11.91 metri

Strato n°4:  $V_s = 653.6$  m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato,  **$V_{S,eq} = 313.73$  m/s**, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle  $V_s$ , il sottosuolo in esame risulta classificabile come **sottosuolo di tipo C**.

## 8.9 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS5

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS5 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw2. Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 3 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

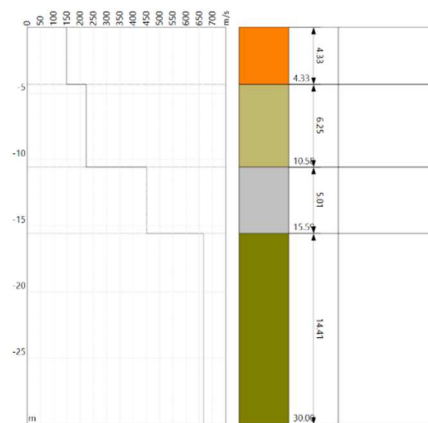
Strato n°1:  $V_s = 149.0$  m/s; spessore medio 4.33 metri.

Strato n°2:  $V_s = 223.3$  m/s; spessore medio 6.25 metri.

Strato n°3:  $V_s = 450.4$  m/s; spessore medio 5.01 metri

Strato n°4:  $V_s = 665.4$  m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato,  **$V_{s,eq} = 333.94$  m/s**, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle  $V_s$ , il sottosuolo in esame risulta classificabile come **sottosuolo di tipo C**.

## 8.10 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS6

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS6 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw3. Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 4 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

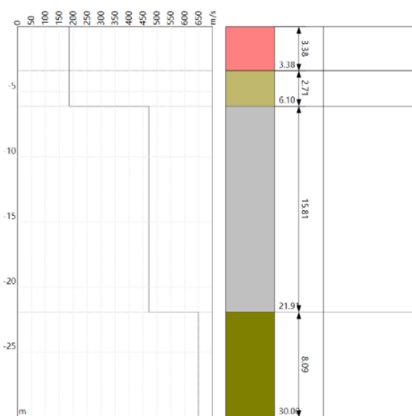
Strato n°1:  $V_s = 185.3 \text{ m/s}$ ; spessore medio 3.38 metri.

Strato n°2:  $V_s = 185.5 \text{ m/s}$ ; spessore medio 2.71 metri.

Strato n°3:  $V_s = 470.6 \text{ m/s}$ ; spessore medio 18.81 metri

Strato n°4:  $V_s = 648.6 \text{ m/s}$ ; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato,  **$V_{s,eq} = 379.93 \text{ m/s}$** , unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle  $V_s$ , il sottosuolo in esame risulta classificabile come **sottosuolo di tipo B**.

### 8.11 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS7

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS7 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw1.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 5 Hz e 55 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.



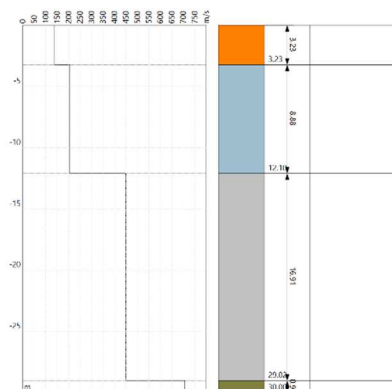
Strato n°1:  $V_s = 138.8 \text{ m/s}$ ; spessore medio 3.23 metri.

Strato n°2:  $V_s = 204.7 \text{ m/s}$ ; spessore medio 8.88 metri.

Strato n°3:  $V_s = 449.5 \text{ m/s}$ ; spessore medio 16.91 metri

Strato n°4:  $V_s = 706.6 \text{ m/s}$ ; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato,  **$V_{S,eq} = 283.96 \text{ m/s}$** , unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle  $V_s$ , il sottosuolo in esame risulta classificabile come **sottosuolo di tipo C**.

## 9. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

In questo capitolo vengono analizzate le caratteristiche fisico-meccaniche della litofacies che caratterizzeranno il sedime di fondazione dell'area oggetto di studio.

Questa fase del lavoro ha consentito di indagare sia le unità di copertura che il substrato. Tutti i dati ottenuti hanno permesso di effettuare una ricostruzione della litostratigrafia dell'area e di creare dei modelli rappresentativi, corredati dai parametri geotecnici medi indicativi.

Occorre tuttavia considerare che la natura geologica dei terreni indagati, mostra una spiccata variabilità litologica.

Si riportano a scopo puramente indicativo, alcuni parametri derivanti da prove geotecniche in situ e di laboratorio eseguite in aree poco distanti e che hanno interessato le medesime facies petrografiche (**Cfr. Tav. 15 Carta Litotecnica**). I dati di seguito riportati comprendono, anche, dei valori di angolo d'attrito in ragione di una componente incoerente che, a luoghi, potrebbe essere rilevante, incidendo sul comportamento geomeccanico.

In particolare gli aerogeneratori ricadono all'interno di quattro unità litotecniche che sono state definite secondo quanto definito dall'allegato D della Circolare 3/ DRA del 20.06.2014. In particolare vengono catalogati in due gruppi, in cui, il primo comprende i litotipi che costituiscono i terreni di copertura e l'altro quelli che caratterizzano i terreni del substrato.

### UNITA' DI COPERTURA

#### **UNITA' LITOTECNICA A – *Depositi sciolti a grana medio-grossa (F1-G1)***

Trattasi di sabbie e ghiaie a clasti poligenici ed eterometrici, a grana da media a grossolana, inquadabili nell'area progettuale del tratto terminale del cavidotto e delle opere di utenza.

Per tale litotipo è possibile attribuire le seguenti caratteristiche geotecniche medie indicative:

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0$$

$$\Phi = 24^\circ\text{-}26^\circ$$

$$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,7$$

### UNITA' DI SUBSTRATO

#### **UNITA' LITOTECNICA B – *Depositi a grana fine più o meno coesivi (H1)***

Tale unità è riferita litologicamente alle argille debolmente marnose e marne marine fossilifere del "membro pelitico argilloso" della Formazione Terravecchia. (Aerogeneratori CS1-CS2-CS4)

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0,7-1,3 \quad \Phi = 24^\circ-26^\circ \quad \gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,9-2,1$$

**UNITA' LITOTECNICA C – Successioni a struttura caotica con alternanza di litotipi diversi: argille, rocce calcaree e arenarie (B1)**

Tale unità è costituita da un'alternanza caotica di argille fissili o scagliettate e marne varicolori con alternanza di calcilutiti e arenarie (Aerogeneratore CS3); di seguito si riportano una stima prudenziale dei valori geotecnici medi indicativi:

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0,5-0,7 \quad \Phi = 24^\circ-26^\circ \quad \gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,9-2,0$$

**UNITA' LITOTECNICA D – Successioni ordinate con alternanza di litotipi in prevalenza argillosi e lapidei (B4)**

L'Unità litotecnica è associabile ad argilliti nerastre e argille brune e quarzareniti giallastre, con a luoghi addizionati livelli marnoso-calcarei di colore grigio-biancastro. (CS5-CS6). I parametri geotecnici indicativi

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0,5-0,7 \quad \Phi = 24^\circ-26^\circ \quad \gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,9-2,0$$

Pertanto per una preliminare valutazione, sulla tipologia e dimensionamento delle fondazioni possono essere usati i parametri nominali indicati anche se gli aspetti geotecnici dovranno essere implementati in sede di progettazione esecutiva, attraverso mirate campagne di indagini geognostiche in situ e prove di laboratorio.

## 10. CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto conformemente ai contenuti tecnici della circolare ARTA 3/DRA del 20/06/2014 ed in ottemperanza al D.M. 17/01/2018.

La finalità dello stesso è stata quella di accertare la compatibilità geomorfologica delle opere in progetto con il territorio in esame, attraverso rilievi geologici di dettaglio estesi ad una fascia perimetrale esterna rispetto a quella di stretto interesse. In particolare è stata eseguita una campagna di indagini di sito specifiche, così come disposto dall'art. 6.12.1 del N.T.C 2018, che hanno incluso tecniche di sismica a Rifrazione e sismica Masw, il cui numero è apparso congruo in funzione sia dell'attuale livello di approfondimento progettuale sia della copertura litologica dell'area di interesse. In fase esecutiva si dovranno, comunque, prevedere un supplemento di indagini, attraverso mirate campagne di indagini geognostiche e prove di laboratorio, al fine di potere approfondire le conoscenze circa le stratigrafie presenti e la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Alla luce di quanto precedentemente esposto circa le condizioni morfologiche, geologiche, idrogeologiche, meccaniche e sismiche dei terreni di progetto, si ritiene di poter esporre le seguenti considerazioni conclusive:

### **Analisi Geologica**

Dal punto di vista geolitologico, in relazione alla litostratigrafia riconosciuta in base ai rilievi geologici e correlando i dati derivanti dalle analisi sismiche effettuate, si può affermare che l'areale di progetto è caratterizzato da:

Terreni Tortoniano-Messiniani della Fm. Terravecchia associati a depositi a grana fine più o meno coesivi che rappresentano il Membro pelitico argilloso, marne marine fossilifere e argille debolmente marnose (Aerogeneratori CS1-CS2-CS4). I terreni più antichi del Cretacico superiore-Oligocene inf. rappresentati dalle argille fissili e marne varicolori in corrispondenza degli Aerogeneratori CS3 e CS7 e argilliti brunastre e quarzareniti del Flysch Numidico in prossimità degli aerogeneratori CS5-CS6.

Relativamente all'area di attraversamento del cavidotto 36kv si riscontrano i terreni argilloso marnosi della formazione Terravecchia (TRV) e le argille fissili e marne varicolori della formazione Argille Varicolori (AV). L'area della cabina di consegna utente invece risulta



interessata da depositi di tipo fluviali-alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie eterometriche ed eteromorfe con granulometria da media a grossolana.

Dalle indagini di sismica a rifrazione eseguite riscontriamo una discontinuità sismica intorno ai 2,2-2,6 metri dal p.c. che può essere ricondotta in corrispondenza degli aerogeneratori CS1, CS2 E CS4 che rappresentano il contatto tra le porzioni di terreno agrario e/o del sub-strato alterato con i sottostanti depositi argillosi debolmente marnosi della Formazione Terravecchia. Le indagini sismiche condotte lungo gli aerogeneratori CS5 e CS6 mostrano una discontinuità sismica a profondità variabile tra 1,6/1,7 m dal p.c. (in CS5) e 2,6/2,7 m dal p.c., legato presumibilmente alla presenza di una coltre di riporto in CS6, al di sotto del quale si rinvenivano le argille nerastre del Flysch Numidico. Infine lungo gli aerogeneratori CS3 e CS7 è stata rilevata una superficie di discontinuità più meno alla stessa profondità che si attesta intorno a 1,5-1,8 m dal p.c. attribuibile all'interfaccia tra un areato superficiale alterato con le sottostanti Argille fissili della Formazione Argille Varicolori.

### **Analisi Morfologica**

L'assetto geomorfologico dell'areale di progetto, risulta caratterizzato da tre paesaggi differenti dipendenti dalla variabilità delle caratteristiche fisico-chimiche dei litotipi affioranti e conseguente azione morfoselettiva da parte degli agenti esogeni, in particolare delle acque dilavanti nei periodi climatici più piovosi. L'azione delle acque si esplica nelle zone di basso e alto strutturale, generatosi a causa dell'assetto geologico-strutturale raggiunto conseguentemente ai processi deformativi che hanno interessato le differenti litologie.

Si riconosce un settore settentrionale, dove sorgeranno gli aerogeneratori (CS1 a CS7) caratterizzato da un paesaggio collinare o di bassa montagna con quote variabili tra i 680 e i 780 metri e versanti poco acclivi con pendenze dell'ordine dei 5-10°, caratterizzati da litotipi argillosi debolmente marnosi (Fm. Terravecchia), argille fissili e scagliettate e marne varicolori, e argilliti nerastre e argille brune alternate a quarzareniti del Flysch Numidico; il paesaggio viene modellato dalle acque dilavanti che in corrispondenza delle litologie meno permeabili si incanalano creando un'idrografia con impluvi di scarsa rilevanza, esercitando una moderata azione erosiva in corrispondenza dei bassi topografici limitatamente alle sole zone di impluvio; un settore centrale, zona di attraversamento del cavidotto 36 kv, con quote variabili dai 780 ai 1000 metri e versanti generalmente più acclivi con pendenze tra i 15-25°, in cui il maggior dislivello tra gli alti e bassi strutturali viene influenzato dall'azione erosiva dell'incanalamento

delle acque e fenomeni di erosione accelerata con un idrografia di carattere torrentizio, ed infine un quadrante meridionale, interessato dall'attraversamento di una parte del cavidotto fino al collegamento con la cabina di consegna utente, caratterizzato da un paesaggio di bassa collina, con versanti addolciti e quote che decrescono fino a raggiungere i 350 metri e pendenze inferiori ai 2°. In queste aree dominano i depositi fluviali eterometrici e eteromorfi con granulometria variabile da media a grossolana.

Per la conoscenza globale dello stato di dissesto idrogeologico del territorio, sono state consultate le carte redatte per il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (Bacino Idrografico del Fiume Imera Meridionale e Bacino del Fiume Platani). Dalle relative cartografie P.A.I. sono state riprodotte le carte relative ai dissesti ed alla pericolosità geomorfologica. Le verifiche dirette attraverso sopralluoghi, integrate con gli studi e le indagini specifiche, non hanno evidenziato situazioni di rischio o individuato pericolosità connesse ai dissesti sui versanti o pericolosità idrauliche o idrologiche in corrispondenza delle aree di installazione degli aerogeneratori. Gli unici aspetti di rilievo, censiti anche in seno alla cartografia PAI, sono collegati a fenomeni di erosione diffusa e incanalata che si localizzano lungo i ripidi fianchi delle incisioni torrentizie e degli impluvi minori ed aree ad erosione superficiale lenta. Trattasi, essenzialmente, di dissesti attivi che determinano una pericolosità geomorfologica P2 e che non interferiscono con i siti di installazione degli aerogeneratori.

In sintesi è stato osservato, in prossimità delle aree di installazione degli aerogeneratori, ricadenti nel Bacino Idrografico del Fiume Imera meridionale (cod. **PAI 072**) un dissesto geomorfologico attivo identificato con il codice **072-6PO-030** che determina una pericolosità geomorfologica P2 (media) legata a processi di colamento lento.

Relativamente al cavidotto che attraversa delle aree più estese sono stati rilevati: nel settore nord orientale, nella zona pedemontana di Monte Catuso, un dissesto attivo identificato come area a franosità diffusa, con evoluzione morfologica SO-NE, censito con codice **072-6PO-059**, che interessa il cavidotto 36kv poco a sud dell'aerogeneratore CS4 per un tratto di circa 580 m; tale dissesto si sviluppa sui rami di testa del Torrente Alberi in prossimità del Vallone Passo di Mattina assumendo livelli di pericolosità e rischio geomorfologico P2-R2; poco più a sud del dissesto 072-6PO-059 prima descritto, un secondo dissesto quiescente per colamento lento, censito con codice **072-6PO-058**, che si estende in direzione SO-NE, interessando il

cavidotto per circa 200 m; tale dissesto è associato a livelli di pericolosità e rischio geomorfologico P1-R1.

Per quanto riguarda il tratto di attraversamento del cavidotto, ricadente nei quadranti più meridionali, nel Bacino Idrografico del Fiume Platani (cod. **PAI 063**) si segnala la presenza di un dissesto attivo dovuto a erosione accelerata censito con codice **063-6PO-017**. Tale dissesto che determina livelli medi di Pericolosità e Rischio Geomorfologico (P2-R2), interferisce col cavidotto per un tratto di 450 metri, con un'evoluzione morfologica E-O. Un ulteriore dissesto si rileva poco più a sud (**063-6PO-012**) risultante inattivo, con associati livelli di Pericolosità e Rischio Geomorfologico moderati (P1-R1).

Pertanto per le aree in dissesto rilevate ed interferenti col cavidotto, bisognerà valutare in sede di progettazione esecutiva, attraverso mirate indagini geognostiche, la stabilità delle stesse ed eventualmente valutare l'alternativo utilizzo di tecnologia TOC (Trivellazione orizzontale controllata) che consentirebbe di limitare notevolmente i lavori di scavo a cielo aperto, a quelli connessi ed indispensabili all'impiego della suddetta tecnologia.

Si rappresenta, infine, che tali fenomeni non interessano in alcun modo le aree dove verranno realizzati gli aerogeneratori e la cabina di consegna utente che risultano, peraltro, scevri da fenomeni di instabilità in atto o potenziali. Bisognerà prestare, comunque, particolare attenzione progettuale, in fase esecutiva, alle opere di regimentazione delle acque superficiali provenienti dalle piazzole e quelle relative alle viabilità per garantirne la stabilità generale.

In conclusione l'assetto generale del territorio studiato appartiene alla Categoria Topografica T2 (ai sensi delle NTC 2018); in essa non si evidenzia, allo stato attuale e delle conoscenze progettuali, l'esistenza di processi morfodinamici in atto, tanto meno nello stretto ambito dell'area di competenza, né sono stati individuati gravi agenti geodinamici che possano turbare, anche in futuro, le attuali condizioni di equilibrio.

### **Analisi Idrogeologica- Idraulica**

Sulla base delle litologie individuate, delle loro caratteristiche macroscopiche e in relazione ai loro limiti idrogeologici, è stato individuato, relativamente all'area di installazione degli aerogeneratori, un complesso idrogeologico impermeabile che raggruppa terreni con granulometria molto fine e coesione molto elevata, che ne determina una bassissima permeabilità (argille scagliose e varicolori del Dominio Sicilide e le argilliti brune e quarzareniti

del Flysch Numidico); verso i quadranti meridionali in prossimità dell'area di installazione delle opere di utenza si è riconosciuto un complesso idrogeologico, ad elevata permeabilità per porosità, che interessa i terreni ghiaioso-sabbiosi a granulometria eterometrica ed eteromorfa, da media a grossolana, rappresentato dai depositi alluvionali. Non si rileva una falda sub-superficiale o con bassa soggiacenza tale da creare condizioni critiche di allagamento per affioramento della superficie piezometrica. Dal punto di vista idraulico, l'area oggetto di intervento **non ricade** in aree vincolate come si evince dalla cartografia allegata al PAI.

### **Valutazioni litotecniche**

Dal punto di vista litotecnico l'area in progetto è contraddistinta da quattro unità litotecniche (F1-G1, H1, B1 e B4) che sono state definite secondo quanto indicato nell'allegato D della Circolare 3/ DRA del 20.06.2014.

In base ai risultati delle indagini sismiche MASW eseguite nel sito in progetto, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (ai sensi del D.M. 17/01/2018), il terreno di fondazione rientra nella **categoria di sottosuolo di tipo B per gli aerogeneratori CS3 E CS6 e di tipo C per gli aerogeneratori restanti CS1-CS2-CS4-CS5-CS7, e categoria Topografica T2.**

Per una preliminare valutazione, infine, sulla tipologia e dimensionamento delle fondazioni possono essere usati i parametri nominali indicati nel paragrafo dedicato alla caratterizzazione geotecnica.

**Pertanto allo stato attuale delle conoscenze ed alla luce delle indagini eseguite, che comunque andranno affinate in sede di progettazione esecutiva, è possibile affermare che l'area in progetto risulta zona stabile scevra da potenziali scenari di pericolosità geologiche e/o geomorfologiche non essendo stati rilevati, all'atto delle indagini, fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali, tali da essere in contrasto con il progetto proposto, risultando compatibile con il territorio in esame.**

Palermo, Dicembre 2022

***IL PROFESSIONISTA***

Dott. Geol. Michele Ognibene