

PROPONENTE:

# AMBRA SOLARE 5 S.R.L.

ROMA (RM) VIA VENTI SETTEMBRE 1 CAP 00187 ambrasolare5srl@legalmail.it


## REGIONE MOLISE PROVINCIA DI CAMPOBASSO

**COMUNE DI URURI (CB)- SAN MARTINO IN PENSILIS (CB)- ROTELLO (CB)**

**Oggetto:** PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN AGROVOLTAICO CON POTENZA DI PICCO PARI A 61,8 MWp e POTENZA DI IMMISSIONE PARI A 50 MW, UBICATO NEI COMUNI DI URURI (CB), SAN MARTINO IN PENSILIS (CB) E OPERE CONNESSE RICADENTI NEL COMUNE DI ROTELLO (CB)

**ELABORATO:** RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA, IDRAULICA E GEOLOGICA PRELIMINARE

**PROGETTAZIONE:** I-PROJECT S.R.L.

<b>ELABORATO:</b> <b>C.1</b>	<b>Elaborato da:</b> Geol. Fabio Di Feo	<b>Approvato da:</b> Geol. Fabio Di Feo 
<b>SCALA:</b>	<b>Verificato da:</b> Arch. Antonio Manco	
<b>DATA:</b> Maggio 2022		

<b>Prot. int. n°:</b> 0101	<b>Rev.:</b> 1	<b>Mod.:</b> 0
Pratica: Ururi	Archivio File:	

SPAZIO RISERVATO ALL'ENTE PUBBLICO



Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti ad Energia Rinnovabile

Sede Legale: Via Del Vecchio Politecnico, 9 - 20121 Milano (MI) - P.IVA 11092870960-PEC: [i-project@legalmail.it](mailto:i-project@legalmail.it)

Sede Operativa: Via Bisceglie n° 17 - 84044 Albanella (SA) -mail: [a.manco@iprojectsrl.com](mailto:a.manco@iprojectsrl.com)- Cell: 3384117245

INDICE

<b>PREMESSA.....</b>	<b>6</b>
<b>2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>10</b>
2.1- Lineamenti morfologici	10
2.2- lineamenti geologici	11
2.3- Argille di “Montessacco”	12
2.4- Coperture fluvio-lacustre	12
2.5- Tettonica	12
<b>3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>14</b>
3.1- Idrografia	14
3.2- Idrogeologia	16
<b>4 AREA PARCO 1.....</b>	<b>18</b>
4.1 MODELLO GEOLOGICO	19
4.1.1 Stratigrafia locale .....	19
4.1.2 Geomorfologia locale .....	21
4.1.3 Idrogeologia .....	23
4.1.4 Analisi Vincoli PSAI .....	25
4.2 MODELLO GEOTECNICO	26
4.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate .....	26
4.2.2 Aspetti geotecnici del sito d’interesse.....	26
4.3 MODELLO SISMICO	30
4.3.1 Modellazione Sismica .....	30
4.3.2 Risposta sismica locale .....	30
4.3.3 Interpretazione ed analisi dei dati sismici .....	39
4.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE	42
4.5 COMPATIBILITA’ DELLE OPERE	46
<b>5 AREA PARCO 2.....</b>	<b>48</b>
5.1 MODELLO GEOLOGICO	49
5.1.1 Stratigrafia locale .....	49

5.1.2	Geomorfologia locale .....	50
5.1.3	Idrogeologia .....	53
5.1.4	Analisi Vincoli PSAI .....	55
5.2	MODELLO GEOTECNICO .....	56
5.2.1	Programma di indagini geognostiche realizzate .....	56
5.2.2	Aspetti geotecnici del sito d'interesse.....	56
5.3	MODELLO SISMICO .....	59
5.3.1	Modellazione Sismica .....	59
5.3.2	Interpretazione ed analisi dei dati sismici .....	60
5.4	FATTIBILITÀ DELLE OPERE .....	63
5.5	COMPATIBILITA' DELLE OPERE .....	67
<b>6</b>	<b>AREA PARCO 3.....</b>	<b>69</b>
6.1	MODELLO GEOLOGICO .....	70
6.1.1	Stratigrafia locale .....	70
6.1.2	Geomorfologia locale .....	71
6.1.3	Idrogeologia .....	74
6.1.4	Analisi Vincoli PSAI .....	76
6.2	MODELLO GEOTECNICO .....	77
6.2.1	Programma di indagini geognostiche realizzate .....	77
6.2.2	Aspetti geotecnici del sito d'interesse.....	77
6.3	MODELLO SISMICO .....	79
6.3.1	Modellazione Sismica .....	79
6.3.2	Risposta sismica locale .....	79
6.3.3	Interpretazione ed analisi dei dati sismici .....	88
6.4	FATTIBILITÀ DELLE OPERE .....	91
6.5	COMPATIBILITA' DELLE OPERE .....	95
<b>7</b>	<b>AREA PARCO 4.....</b>	<b>97</b>
7.1	MODELLO GEOLOGICO .....	98
7.1.1	Stratigrafia locale .....	98
7.1.2	Geomorfologia locale .....	99

7.1.3	Idrogeologia .....	102
7.1.4	Analisi Vincoli PSAI .....	104
7.2	MODELLO GEOTECNICO .....	105
7.2.1	Programma di indagini geognostiche realizzate .....	105
7.2.2	Aspetti geotecnici del sito d'interesse.....	105
7.3	MODELLO SISMICO .....	107
7.3.1	Modellazione Sismica .....	107
7.3.2	Risposta sismica locale .....	107
7.3.3	Interpretazione ed analisi dei dati sismici .....	116
7.4	FATTIBILITÀ DELLE OPERE .....	119
7.5	COMPATIBILITA' DELLE OPERE .....	123
<b>8</b>	<b>AREA PARCO 5.....</b>	<b>125</b>
8.1	MODELLO GEOLOGICO .....	126
8.1.1	Stratigrafia locale .....	126
8.1.2	Geomorfologia locale .....	128
8.1.3	Idrogeologia .....	130
8.1.4	Analisi Vincoli PSAI .....	132
8.2	MODELLO GEOTECNICO .....	133
8.2.1	Programma di indagini geognostiche realizzate .....	133
8.2.2	Aspetti geotecnici del sito d'interesse.....	133
8.3	MODELLO SISMICO .....	136
8.3.1	Modellazione Sismica .....	136
8.3.2	Risposta sismica locale .....	136
8.3.3	Interpretazione ed analisi dei dati sismici .....	145
8.4	FATTIBILITÀ DELLE OPERE .....	148
8.5	COMPATIBILITA' DELLE OPERE .....	152
<b>9</b>	<b>AREA PARCO 6.....</b>	<b>154</b>
9.1	MODELLO GEOLOGICO .....	155
9.1.1	Stratigrafia locale .....	155
9.1.2	Geomorfologia locale .....	156



9.1.3	Idrogeologia .....	160
9.1.4	Analisi Vincoli PSAI .....	162
9.2	MODELLO GEOTECNICO .....	163
9.2.1	Programma di indagini geognostiche realizzate .....	163
9.2.2	Aspetti geotecnici del sito d'interesse.....	163
9.3	MODELLO SISMICO .....	165
9.3.1	Modellazione Sismica .....	165
9.3.2	Risposta sismica locale .....	165
9.3.3	Interpretazione ed analisi dei dati sismici .....	174
9.4	FATTIBILITÀ DELLE OPERE .....	177
9.5	COMPATIBILITA' DELLE OPERE .....	181
<b>10</b>	<b>AREA CAVIDOTTO INTERRATO .....</b>	<b>183</b>
10.1	MODELLO GEOLOGICO .....	184
10.1.1	Stratigrafia locale .....	184
10.1.2	Geomorfologia locale .....	185
10.1.3	Idrogeologia .....	196
10.1.4	Analisi Vincoli PSAI .....	199
10.2	MODELLO GEOTECNICO .....	201
10.2.1	Programma di indagini geognostiche realizzate .....	201
10.2.2	Aspetti geotecnici del sito d'interesse.....	201
10.3	MODELLO SISMICO .....	202
10.3.1	Modellazione Sismica .....	202
10.3.2	Interpretazione ed analisi dei dati sismici .....	202
10.4	FATTIBILITÀ DELLE OPERE .....	204
10.5	COMPATIBILITA' DELLE OPERE .....	208
<b>11</b>	<b>AREA SOTTO STAZIONE ELETTRICA (SSE).....</b>	<b>210</b>
11.1	MODELLO GEOLOGICO .....	211
11.1.1	Stratigrafia locale .....	211
11.1.2	Geomorfologia locale .....	212
11.1.3	Idrogeologia .....	214

---

11.1.4	Analisi Vincoli PSAI .....	216
11.2	MODELLO GEOTECNICO .....	217
11.2.1	Programma di indagini geognostiche realizzate .....	217
11.2.2	Aspetti geotecnici del sito d'interesse.....	217
11.3	MODELLO SISMICO .....	220
11.3.1	Modellazione Sismica .....	220
11.3.2	Risposta sismica locale .....	220
11.3.3	Interpretazione ed analisi dei dati sismici .....	229
11.4	FATTIBILITÀ DELLE OPERE .....	232
11.5	COMPATIBILITA' DELLE OPERE .....	236
<b>12</b>	<b>ASPETTI IDRAULICI DELL'AREA D'INTERVENTO .....</b>	<b>238</b>
12.1	RETICOLO IDRAULICO .....	240
12.2	VERIFICA CONDIZIONI DI SICUREZZA IDRALICA DELLE OPERE .....	242
12.3	ATTRAVERSAMENTO CON SISTEMA (TOC) – TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA .....	245
<b>CONCLUSIONI.....</b>		<b>247</b>
<b><u>ELABORATI ALLEGATI</u></b>		

## **PREMESSA**

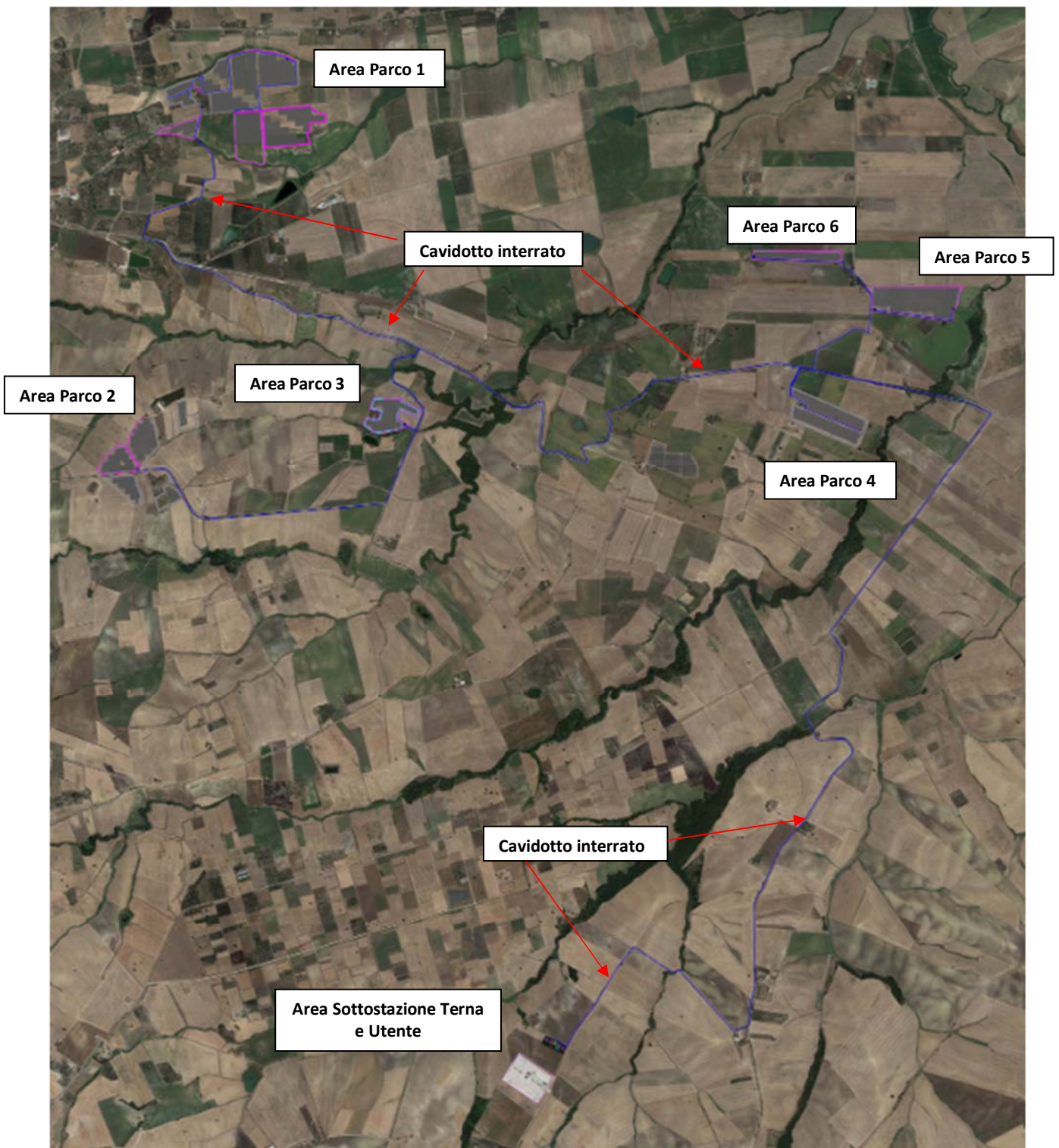
Su incarico ricevuto della società **I-PROJECT S.r.l.** con Sede Legale in Via del Vecchio Politecnico, n°9 MILANO (MI) - P.IVA 1109287960, PEC [I-project@legalmail.it](mailto:I-project@legalmail.it), Sede Operativa: Via Bisceglie, 17 - 84044 Albanella (SA) e per conto della **Ambra Solare 5 srl**, il sottoscritto **dr. geologo Fabio Di Feo** residente in Via Olivella 4/A del comune di Altavilla Silentina (SA), iscritto all'ordine dei geologi della Regione Campania al n.2314, ha effettuato uno studio di compatibilità idrogeologico finalizzato ad attestare le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeolitologiche, geotecniche, e sismiche delle aree interessate dal progetto del parco agro-fotovoltaico in oggetto con potenza pari a 61,8 MWp.

Le aree studio, ricadenti nei Comuni di Ururi (CB), San Martino in Pensilis (CB) e Rotello (CB), sono comprese nel foglio 155 della Carta Geologica d'Italia "**SAN SEVERO**".

Nello specifico, tale impianto agro-fotovoltaico sarà realizzato nei comuni di Ururi e San Martino in Pensilis (CB) in totale **6 aree** che verranno di seguito indicate convenzionalmente con un numero progressivo da 1 a 6 e sono così suddivise nei seguenti comuni:

- Ururi (CB): vi ricadono parte dell'Area 1, l'Area 2 e l'Area 3;
- San Martino in Pensilis (CB): vi ricadono parte dell'Area 1, l'Area 4, l'Area 5 e l'Area 6.

Nel Comune di Rotello (CB) ricade parte del cavidotto fino alla Sotto Stazione Elettrica (SSE) di connessione "Rotello".



Ortofoto con ubicazione opere in progetto

Il parco agro-fotovoltaico sarà realizzato con strutture di sostegno (tracker) in profili metallici (in alluminio o acciaio zincato) e fissate al terreno. L'impianto si configura come impianto ex-novo e pertanto verranno realizzate anche le opportune opere per la connessione.

L'impianto in oggetto sfrutta la tecnologia fotovoltaica che consente di ottenere energia elettrica convertendo, in maniera pulita e rinnovabile, la radiazione solare incidente sui moduli fotovoltaici. Tecnologia su cui oggi è posta sempre più attenzione.

Infatti nel Piano Energetico Nazionale (SEN 2017), l'Italia si pone l'ambizioso obiettivo di incrementare in maniera significativa la produzione di energia da fonte rinnovabile, tra cui il fotovoltaico gioca un ruolo chiave. Lo scopo di un tale intento energetico è duplice, da un lato permetterebbe di affrancarsi da una situazione di dipendenza per la produzione di energia elettrica legata all'importazioni delle fonti fossili, dall'altra avrebbe enormi vantaggi ambientali andando a ridurre le emissioni di gas serra.

In generale l'applicazione della tecnologia fotovoltaica consente:

- la produzione di energia senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- il risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico;
- soluzioni di progettazione compatibili con le esigenze di tutela ambientale (es. impatto visivo);
- la possibilità di ottenere profitto da terreni non usati a scopi agricoli.

L'impianto in oggetto sfrutta la tecnologia fotovoltaica che consente di ottenere energia elettrica convertendo, in maniera pulita e rinnovabile, la radiazione solare incidente sui moduli fotovoltaici.

Lo studio, redatto ai sensi del Decreto Ministeriale del 11-03-1988 e del D.P.R. 328/01 art. 41 Comma 1, è stato eseguito tramite:

- consultazione della bibliografia esistente;
- accurato rilevamento geologico e geomorfologico di campagna di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse;
- analisi delle carte della pericolosità e del rischio, in scala 1:25000, prodotte **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori,**

---

***Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006);***

- ricostruzione della stratigrafia dei terreni di fondazione;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni in esame attraverso l'esecuzione di **n°12 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH) certificate (Geosevi sas)** ed il prelievo di **n°5 Campioni Indisturbati con relative Prove di Laboratorio Certificate (Isogea Srl)**;
- la realizzazione di **n°5 prove sismiche superficiali MASW** (atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018);
- e da **indagini geognostiche pregresse** realizzate in prossimità delle stesse aree in oggetto e dirette dallo scrivente Geol. Di Feo Fabio, consistenti in **N°3 Sondaggi a Carotaggio Continuo corredati da prove sismiche in foro Down-Hole**;

ha permesso di individuare e caratterizzare i principali litotipi e morfotipi, di definire l'assetto geologico e geomorfologico e di valutare la pericolosità geologica del territorio indagato.

Tutti questi elementi di base sono finalizzati alla verifica della compatibilità delle ipotesi di progetto con quanto previsto dalla normativa vigente.



## **2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

L'area in esame si trova nell'entroterra della Regione Molise, nei territori dei Comuni di Ururi, San Martino in Pensilis e Rotello, in Provincia di Campobasso.

L'intero settore di progettazione è caratterizzato da un'orografia con versanti che appaiono dolcemente modellati, morbidi con quote del terreno che si attestano tra i 205 ed i 90 m s.l.m.

Nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, quest'area, ricade nel Foglio N. 155, denominato "San Severo" della carta d'Italia suddivisa in Fogli dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), ed è situata sul versante adriatico della penisola italiana.

### **2.1- Lineamenti morfologici**

L'indagine è stata condotta attraverso numerosi sopralluoghi nelle aree di maggiore interesse e sondaggi geognostici, dove quindi è stato possibile ricostruire le sezioni stratigrafiche. Essa è stata indirizzata al rilievo di tutte le morfologie indicative di tutti quei processi evolutivi naturali ed antropici.

In generale, l'area è ricoperta da terreni di età del Pliocene superiore – Pleistocene inferiore di natura argillosi – marnosi, fluvio – lacustri del Pleistocene medio – superiore e da depositi alluvionali del Recente.

I rilievi collinari raggiungono quote massime di 300 metri s.l.m., la morfologia è dolce ed i fianchi delle colline scendono con moderato pendio, con pendici morbide in basso, fino a degradare del tutto in pianura a causa dell'esistenza di argille variegate.

L'intero paesaggio si presenta ondulato e moderatamente inciso, risultato dell'intensa azione degli agenti esogeni.

I lineamenti morfologici sono blandi dalle forme morbide, plastiche interrotte da costoni rocciosi, la cui costituzione è calcareo – marnosi e rappresentano delle dorsali con andamento NW-SE. Laddove prevalgono versanti a composizione argillosa si riscontrano manifestazioni di fenomeni franosi, di creep e smottamenti, e talvolta anche i sedimenti del Plio-Pleistocene possono essere interessati da fenomeni franosi anche se per lo più di piccola entità.

Localmente, sono visibili gli effetti dell'azione delle acque di deflusso superficiale, che agiscono differenziatamente su di esse, determinando un'azione di alterazione e degrado sulle coltri superficiali, un'azione di erosione e successivo trasporto.

Le strutture predominanti sono i calanchi.

Il territorio del comune di Ururi fa parte di una ampia e profonda depressione, la cosiddetta Avanfossa adriatica allungata in senso NW-SE, che comprende la fascia tra Ururi, Guglionesi e il mare.

Proprio in questa fascia che si sono depositati terreni la cui composizione prevalente è argilloso-sabbiosa del Plio-Pleistocene, dando luogo ad una morfologia abbastanza blanda con versanti morbidi e stabili.

Questi sedimenti, qui depositatesi, testimonio di una azione progressiva di ritiro del mare all'inizio del Quaternario.

Appartengono a questa Era, anche i sedimenti che caratterizzano i bordi dei Fiumi Cigno, Fortore, Saccione e dei loro affluenti. Si tratta di depositi alluvionali che morfologicamente danno vita a superfici ampie e pianeggianti con inclinazione, anche se debole, verso l'alveo dei fiumi.

Sulla base di quanto esposto si può affermare che le condizioni di stabilità complessive locali, appaiono generalmente soddisfacenti infatti, non si riscontrano nell'area strettamente interessata alla progettazione di che trattasi, zone con particolari dissesti morfologici se si escludendo dei creep superficiali impostati su alcuni versanti.

Pertanto, dal punto di vista geomorfologico sono stati ravvisati elementi di generale stabilità che non lasciano prevedere evoluzioni negative degli equilibri esistenti e permettono di definire morfologicamente idonea l'area di progetto.

## **2.2- lineamenti geologici**

Dal rilevamento di campagna, dalle informazioni bibliografiche e dai risultati ottenuti dalle indagini geognostiche, è stata ricostruita la serie stratigrafica che interessa l'area in oggetto del presente lavoro.

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- Argille di Montesacco (Plio-Pleistocene)
- Coperture fluvio-lacustre (Pleistocene Medio-Superiore)



### **2.3- Argille di "Montessacco"**

Si tratta di argille marnose, siltose-sabbiose con una colorazione grigio-azzurre in profondità mentre in superficie appaiono di colore giallastre in seguito ad alterazione, spesso con livelletti di silt e solo raramente si hanno intercalazioni di sabbiose, divenendo sempre più abbondanti nella parte alta della formazione dando luogo ad un altro tipo litologico che sono le soprastanti Sabbie di Serracapriola.

L'età di questa formazione è stata attribuita al Pliocene Medio e Superiore e si estende fino al Calabriano.

### **2.4- Coperture fluvio-lacustre**

Si tratta di depositi alluvionali e lacustri che si ritrovano lungo il corso dei fiumi a varie quote. Questi sedimenti, in base a considerazione di natura morfologica, sono stati suddivisi in quattro ordini di terrazzi.

I depositi che si ritrovano nell'area di studio appartengono al primo e al secondo Ordine di terrazzo la cui età è ascrivibile alla parte alta del Pleistocene, anche se non è da escludere che i livelli più recenti facciano parte dell'Olocene.

Questi sedimenti sono costituiti per lo più da ghiaie più o meno cementate, livelli travertinosi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianche e ricoperti da "terre nere" con un elevato tenore di humus, il cosiddetto paleosuolo forestale.

### **2.5- Tettonica**

La configurazione attuale dell'assetto geologico-strutturale è il risultato di tutti quei processi avvenuti nella fase dell'orogenesi appenninica durante il Mio-Pleistocene che hanno portato come risultato ad un complessa situazione tettonica, deformando e disarticolando le unità tettoniche preesistenti e portando ad un ulteriore complicazione della geometria dei rapporti che poi ha contribuito alla dislocazione dei corpi geologici e all'individuazione delle unità morfologiche attualmente presente sul territorio.

Il tutto è particolarmente complesso in quanto è condizionato da elevati stress tettonici a carattere compressivo determinando strutture di deformazione, accavallamento e traslazione di masse rocciose.

L'assetto geologico-strutturale attuale, riflette l'azione di queste forze orogenetiche che ha portato anche ad una complessità dei rapporti geometrici tra le diverse unità litostratigrafiche, così come anche la complessità giaciturale delle masse prevalentemente argillitiche e i caratteri strutturali delle singole formazioni.

Il territorio è attraversato da importanti linee di dislocazione, ad andamento appenninico (NW-SE), che corrispondono a fronti di sovrascorrimento che hanno dato la sovrapposizione dei sedimenti durante l'orogenesi della catena.

I disturbi tettonici sono pertanto, di difficile individuazione a causa degli imponenti fenomeni franosi che si sono verificati un pò ovunque, ma anche per la plasticità delle formazioni affioranti che hanno così mascherato lo schema tettonico.

### **3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

#### **3.1- Idrografia**

L'idrologia superficiale in generale è caratterizzata da una rete di drenaggio, intesa come una serie di canali costituiti da un corso d'acqua principale e dai suoi affluenti.

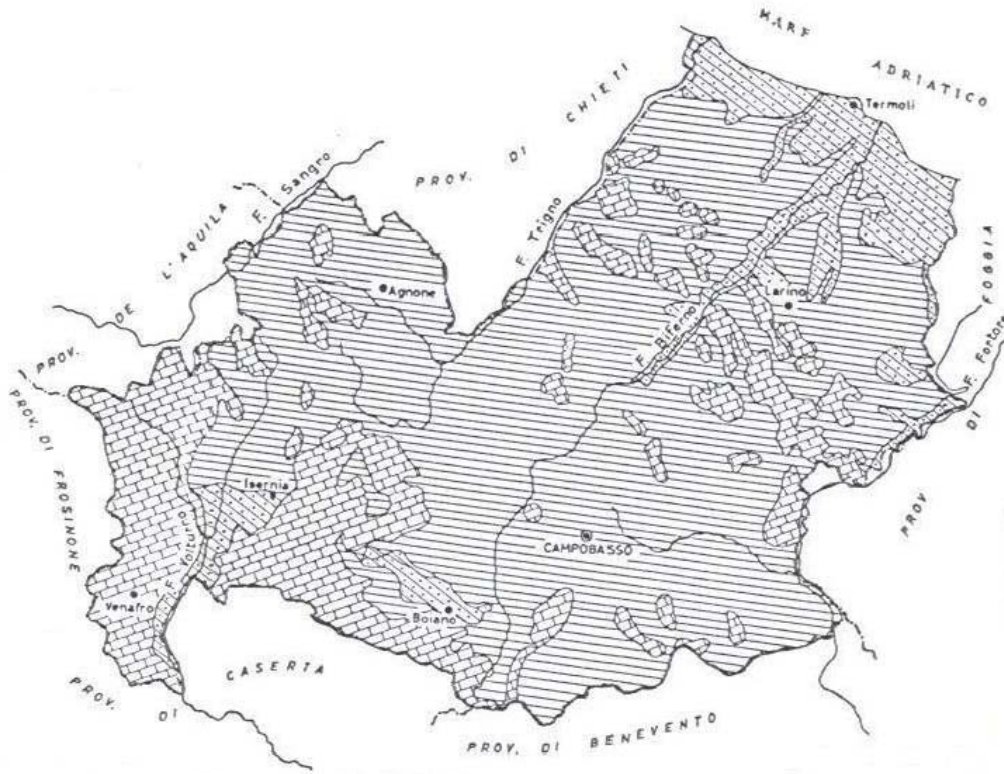
Il reticolo idrografico è strettamente condizionato dalla litologia del territorio, dalla tettonica del territorio e dalla erodibilità, permeabilità dei diversi litotipi affioranti.

In pratica quando le unità litologiche presentano una permeabilità scarsa o nulla il reticolo idrografico appare ben sviluppato presentando diverse diramazioni ed incisioni secondarie, quando invece, si è in presenza di litotipi con permeabilità media o elevata l'idrografia superficiale non è ben sviluppata.

Infatti lo scorrimento delle acque meteoriche è minimo, in quanto quest'ultima, penetra nei terreni, non dando luogo ad una idrografia di superficie sviluppata. Conseguentemente, al contatto con terreni poco permeabili, emergono sorgenti.

Le acque di precipitazione esplicano la loro attività in superficie.

I rilievi collinari argillosi presentano delle incisioni che testimoniano il risultato delle azioni erosive che su di esse esplicano le acque meteoriche.



- Permeabilità elevata
- Permeabilità media
- Permeabilità bassa

CARTA DELLA PERMEABILITÀ (PIANO FORESTALE DELLA REGIONE MOLISE 2002 – 2006)

La formazione delle argille di Montesacco, che costituisce le pendici collinari e anche il sito in questione, sono da considerarsi con una permeabilità praticamente nulla o scarsa, almeno in presenza dei livelli siltosi-sabbiosi, ad eccezione della limitata proprietà di imbibizione, che hanno le argille, interessate peraltro solo a breve profondità rispetto alla superficie di affioramento.

E' proprio quest'ultima, che anche se scarsa può risultare sufficiente ad innescare il processo di plasticizzazione della frazione argillosa.

Risulta pertanto indispensabile non trascurare i caratteri idrogeologici di questa formazione, i quali concorrono allo svilupparsi della morfologia calanchiva e dei fenomeni di "creeps".

In generale, l'idrografia del territorio oggetto di studio, risulta caratterizzata da rilievi che appaiono morbidi che sono interrotte di tanto in tanto da costoni rocciosi, sotto forma di dorsali a composizione per lo più calcareo.

Nel mezzo argilloso si sono insediati, data la facile lavorabilità e lo scorrimento delle acque meteoriche, gli elementi idrografici del territorio che con varie gerarchie lo attraversano. Le forze esogene, sotto questo aspetto, hanno un ruolo determinante, agendo selettivamente sui materiali in base alla loro costituzione e quindi alla loro resistenza a lasciarsi modellare per effetto sia dell'erosione che di varie fenomenologie evolutive.

La zona in esame è solcata da due importanti corsi d'acqua che sono il Saccione e il Cigno, rispettivamente ad Est e ad Ovest dell'area in studio e da tutta una rete di piccoli fossi che confluiscono in questi due fiumi.

Nel complesso tutta l'idrografia rivela una fase di maturità assai avanzata.

### **3.2- Idrogeologia**

- Argille di Montesacco (Plio-Pleistocene)

In questa unità, dove domina la formazione argillosa, la maggior parte delle rocce affioranti presentano una scarsa permeabilità (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee, tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

Infatti, in queste aree non sorgono sorgenti perenni.

- Coperture fluvio-lacustre (Pleistocene Medio-Superiore)

I termini alti della serie pleistocenica sono di natura permeabili, in quanto si tratta per lo più di sabbia e conglomerati sciolti, e quindi adatti ad immagazzinare acqua.

Presentano permeabilità mista dovuta sia alla presenza di fessurazione che a porosità. Questi depositi sono dotati di buona permeabilità, con coefficiente di permeabilità variabile tra  $10^{-3}$  e  $10^{-2}$  cm/sec.

E comunque non esistono, dove affiorano questi sedimenti sorgenti di notevole importanza. Modeste sorgenti si possono trovare invece, al contatto delle formazioni ciottolose e sabbiose della serie plio-plestoceniche con le sottostanti argille marnose.

Infine, si può affermare che l'idrostruttura è stata condizionata dagli effetti della neotettonica quaternaria, che ne caratterizza i vari travasi, le vie di infiltrazione e di flusso preferenziale delle acque meteoriche.

Le acque di precipitazione, seguendo un percorso più o meno articolato secondo le attuali linee di massima pendenza, vanno a confluire in alcune linee di impluvio, che poi vanno ad alimentare i corsi d'acqua più importanti che, nella nostra area sono il Cigno e il Saccione.



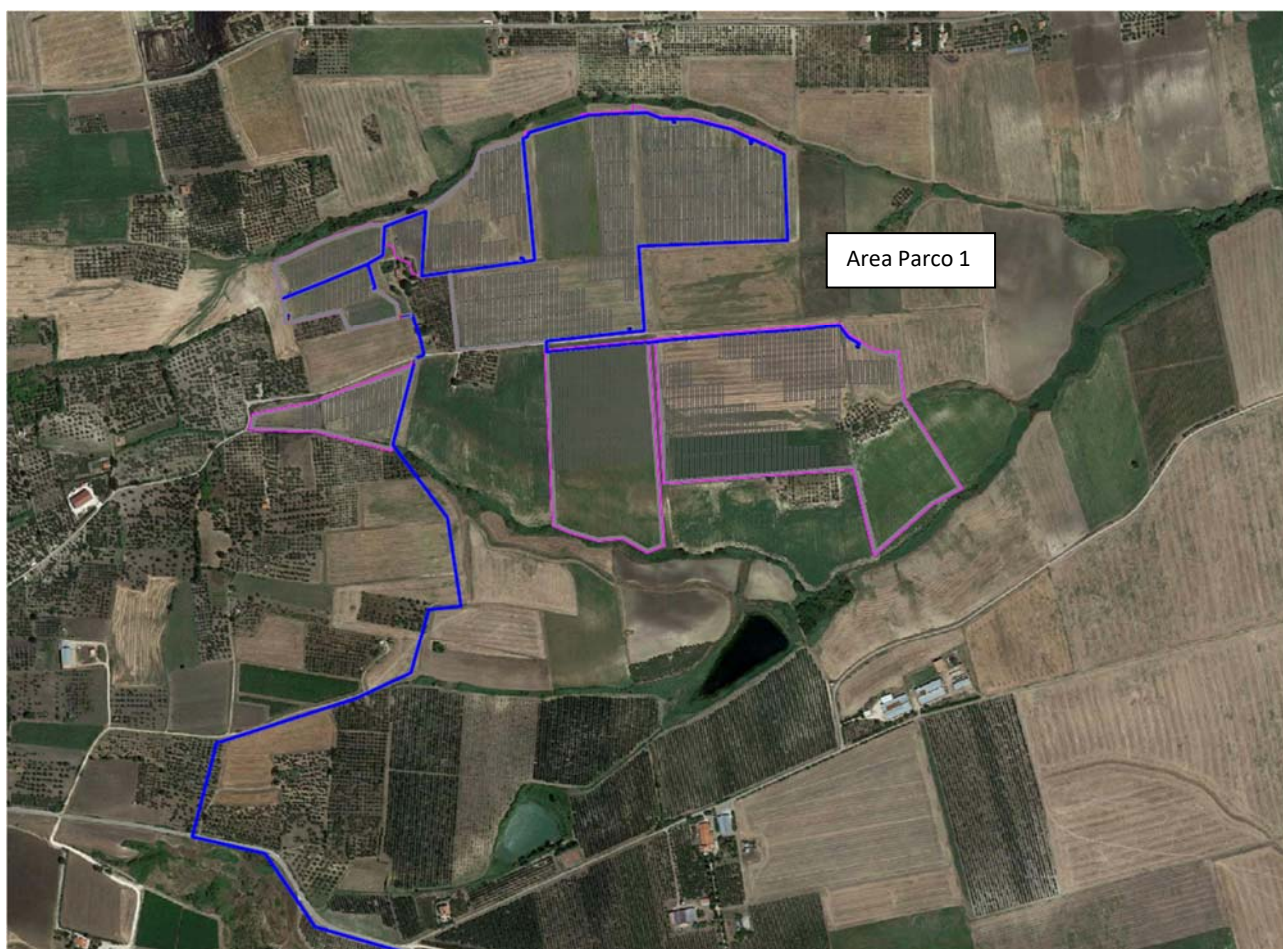
LE SORGENTI DEL MOLISE (PIANO FORESTALE DELLA REGIONE MOLISE 2002 – 2006)



#### 4 AREA PARCO 1

L'Area Parco agro-fotovoltaico 1 sarà realizzato in parte nel Comune di Ururi (CB) e in parte nel Comune di San Martino in Pensilis (CB) e ricoprirà una superficie pari a:

- Area 1: 50,48 ettari circa.



## 4.1 MODELLO GEOLOGICO

### 4.1.1 Stratigrafia locale

Da un accurato rilevamento di campagna, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf* **Tav. C-3 CARTA GEOLITOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- Coperture fluvio-lacustre (Pleistocene Medio-Superiore);
- Argille di Montesacco, "terreni" di origine marina, (Plio-Pleistocene).

Per quanto riguarda l'area di sedime dell'impianto agro-fotovoltaico da realizzare nell'Area Parco 1, attraverso l'esecuzione di **n°3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH)** corredate dal **prelievo di n°1 Campione Indisturbato (e relative Prove di Laboratorio)** e con la realizzazione di **n°1 prove sismiche superficiali MASW** (atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa **D.M. 17/01/2018**) e con l'ausilio dei dati tratti dalle Carte Geolitologiche esistenti, successivamente verificati dal rilevamento geologico, si è potuto constatare che il substrato è costituito da "terreni" di origine fluvio-lacustre che si sovrappongono ai depositi marini, così composti:

- dal piano campagna a 0,6/1,0 m terreno vegetale (copertura agraria) limo-argilloso e sabbioso con clasti litici, colore marrone e dall'odore terroso, sciolto;
- da 0,6/1,0 m a 4,5/8 m alternanze di depositi fluvio-lacustri composti da alternanze di limo-argilloso, limo-sabbioso con ghiaia e ghiaia grossolana a matrice limo-sabbiosa, colore marrone-rosso, mediamente addensate;
- da 4,5/8 m ad oltre 40 m dal p.c. argille marnose, siltose-sabbiose con una colorazione grigio-azzurre in profondità mentre in superficie appaiono di colore giallastre in seguito ad alterazione, spesso con livelletti di silt e solo raramente si hanno intercalazioni di sabbiose, divenendo sempre più abbondanti nella parte alta della formazione (**Argille di Montesacco**).



---

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvergono generalmente strati molli.

#### 4.1.2 Geomorfologia locale

Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

L'Area 1 del Parco agro-fotovoltaico sarà collocata su una vasta area sub-pianeggiante (terrazzo alluvionale antico) sita a quota compresa fra 185 m e circa 140 m s.l.m., bordata da versanti a debole pendenza formati dall'incisione di due corsi d'acqua, Canale Bosco Pontoni e Fosso Favari, i quali nei millenni hanno modellato il terrazzo (*cf. **Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA***).

Di seguito vengono riportate delle immagini rappresentative delle aree oggetto d'intervento.





Per caratterizzare la stabilità sono stati considerati i seguenti parametri dedotti dal rilevamento di campagna e dai dati ottenuti dalle indagini geologico-tecniche:

- pendenza dei versanti,
- giacitura delle formazioni stratificate,
- spessore delle eventuali coperture incoerenti,
- presenza di acqua,

dai quali si evince che le aree presentano pendenze basse, giacitura delle litologie sub-orizzontali, spessore massimo della copertura incoerente compresa fra 0,6/1,0 m e assenza di falde idriche, pertanto si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità.

Da quanto in precedenza descritto le aree di ubicazione del Parco agro-fotovoltaico sono da considerare **stabili sotto il profilo geomorfologico (cfr Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA).**

### 4.1.3 Idrogeologia

I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale (superficiale) e uno di origine marina costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi (cfr **Tav. C-4 CARTA IDROGEOLOGICA**).

- **Complesso detritico-alluvionale**: costituito da depositi sciolti a granulometria variabile dalle sabbie-limose ai conglomerati aventi in quest'area uno spessore pari a circa 2 metri. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per i limi) a elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- **Complesso marino**: costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi che presentano permeabilità per porosità molto scarsa (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni.

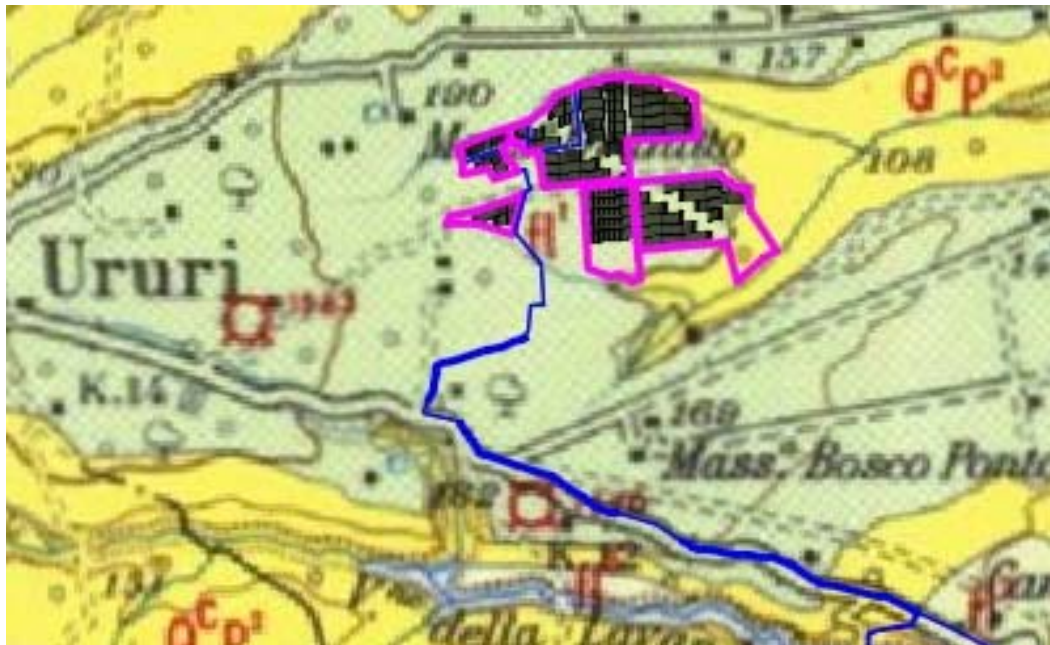
I terreni argillosi, rilevati direttamente dalle indagini geognostiche, risultano essere **saturi**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.

Stralcio del Foglio n° 155 della **Carta Geologica d'Italia**



(SAN SEVERO), scala 1:100000



**Legenda**

Pleistocene	ff <sup>2</sup>		Coperture fluviali (e lacustri?) del II ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da "terre nere" ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	ff <sup>1</sup>		Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi, ricoperti in generale da «terre nere» ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	Q <sup>1</sup>		Sabbie e argille sabbiose con lenti di ciottoli comprese fra la falesia e la spiaggia attuale (Termoli). <b>TIRRENIANO?</b>
Pliocene	Q <sup>c</sup> P <sup>1</sup>		ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi ( <i>Chlamys opercularis</i> L., <i>C. flexuosa</i> POLI, <i>Glycymeris</i> , ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a <i>Valvulineria bradyana</i> (FORN.), <i>Bolivina superba</i> EM., <i>B. catanensis</i> SEG. e <i>Bulimina elegans</i> D'ORB., nella parte inferiore, a <i>Globorotalia crassaformis</i> (GALL. e WISS.) e <i>G. scitula</i> (BRADY). CALABRIANO ?- PLIOCENE MEDIO.
	P <sup>1</sup> M <sup>1</sup>		FORMAZIONE DEL TONA – Argille siltose grigio-azzurrine, molasse gialle e giallo-brunastre, in grossi banchi, con livelli fortemente cementati e rare intercalazioni di argille verdastre; molasse brunastre con intercalazioni di argille sabbiose; fauna a <i>Panopaea</i> , <i>Pecten</i> , <i>Mactra</i> e foraminiferi: <i>Bolivina leonardii</i> ACC. e SELL. <i>Globorotalia puncticulata</i> (d'ORB.), <i>G. hirsuta</i> (d'ORB.), <i>Sphaeroidinella seminulina</i> (SCHW.); localmente gessi, diatomiti, argille bituminose nerastre, calcari listati grigi, molasse con intercalazioni argillose; microfauna a <i>Globigerinoides obliqua</i> BOLLI, <i>Bolivina dilatata</i> REUSS, <i>Bulimina elongata</i> d'ORB.. PLIOCENE INF. - MESSINIANO.

#### 4.1.4 Analisi Vincoli PSAI

L'area studio, ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex ADB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006) in una zona classificata come:

1. Pericolosità da Frana: Pericolosità Nulla e Moderata (cfr. Tav. C-6 CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA);
2. Rischio da Frana: Nullo (cfr. Tav. C-7 CARTA DEL RISCHIO DA FRANA);
3. Pericolosità Idraulica: NULLA (cfr. Tav. C-8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA);
4. Rischio idraulico: NULLO (cfr. Tav. C-9 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO),

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, indicano che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per i motivi fin qui considerati e dal Testo Unico coordinato delle NTA dello PSAI (adottato a settembre 2006) in base agli:

- Art. 27 e 28 Parte III;

*si esprime valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area, in quanto sono opere di pubblico interesse ed inoltre:*

- **Si tratta di servizi essenziali non delocalizzabili;**
- **Non pregiudicano la realizzazione di eventuali interventi del PAI;**
- **Non concorrono ad aumentare il carico insediativo;**
- **Saranno realizzati con idonei accorgimenti costruttivi;**
- **Risultano coerenti con le misure di protezione civile di cui al PAI e ai piani comunali di settore.**

## **4.2 MODELLO GEOTECNICO**

### **4.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate**

Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche (*cfr. Tav. C-2 CARTA della UBICAZIONE delle INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI e Tav. C-1-b FASCICOLO delle INDAGINI GEOGNOSTICHE*):

- n°3 prove penetrometriche pesanti DPSH (DPSH.1, DPSH.2, DPSH.3) con prelievo di n°1 Campione Indisturbato P3C1 (Geosevi s.a.s.);
- analisi di laboratorio sul Campione Indisturbato (Isogea Srl)
- la realizzazione di n°1 prova sismica MASW (mw1) (*atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018*) (Geosevi s.a.s.)

### **4.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse**

Dalle elaborazioni delle *indagini dirette in sito* sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche. Di seguito vengono riportate le elaborazioni.



**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.1**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
 Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
 Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 21/07/2021  
 - quota inizio : p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	1,00	N	8,0	4	13	6,0	---	---	---	8	1,52	12
			Rpd	58,5	30	97	44,1	---	---	---	59		
2	1,00	2,00	N	6,8	5	8	5,9	---	---	---	7	1,52	11
			Rpd	46,3	35	55	40,4	---	---	---	48		
3	2,00	4,20	N	25,7	13	35	19,4	7,2	18,5	33,0	26	1,52	40
			Rpd	157,9	74	211	115,8	45,5	112,4	203,4	160		
4	4,20	8,00	N	11,1	8	15	9,5	2,0	9,0	13,1	11	1,52	17
			Rpd	56,2	45	72	50,7	7,2	49,0	63,3	56		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 1**

n°	H1	H2	Nspt	Vs	G	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				Litologia		
						Dr	φ'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed	Ysat		W	e
1	0,00	1,00	12	---	88	38	30	84	1,82	1,40	---	---	---	---	---	Terreno agrario
2	1,00	2,00	11	---	78	---	23	66	1,84	1,40	0,15	66	1,91	32,1	0,867	Limo Argilloso deb.Sabbioso
3	2,00	4,20	40	---	202	75	28	240	2,00	1,65	0,42	240	2,26	12,8	0,347	Limo Argilloso con pezzame ghiaioso
4	4,20	8,00	17	---	107	---	23	102	1,86	1,45	0,19	102	1,98	27,0	0,729	Argilla con Limo deb. Ghiaiosa

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa φ' (°) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972





**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.2**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
 Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
 Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 21/07/2021  
 - quota inizio : p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	0,80	N	3,0	1	8	2,0	---	---	---	3	1,52	5
			Rpd	22,3	7	60	14,9	---	---	---	22		
2	0,80	2,20	N	9,0	7	11	8,0	1,4	7,6	10,4	9	1,52	14
			Rpd	60,9	48	71	54,6	9,2	51,6	70,1	61		
3	2,20	4,40	N	22,4	13	39	17,7	8,5	13,9	30,9	22	1,52	33
			Rpd	133,9	84	235	108,8	48,8	85,1	182,7	132		
4	4,40	8,00	N	12,4	7	16	9,7	2,7	9,7	15,2	12	1,52	18
			Rpd	62,9	37	77	50,2	11,3	51,6	74,2	61		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 2**

n°	H1	H2	Nspt	Vs	G	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Litologia
						Dr	ø'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed	Ysat	W	e	
1	0,00	0,80	5	---	43	18	25	54	1,76	1,30	---	---	---	---	---	Terreno agrario
2	0,80	2,20	14	---	93	---	22	84	1,85	1,45	0,20	84	1,95	29,5	0,795	Limo Argilloso deb.Sabbioso
3	2,20	4,40	33	---	175	---	28	198	1,98	1,60	0,39	198	2,18	16,4	0,444	Limo Argilloso con pezzame ghiaioso
4	4,40	8,00	18	---	112	---	23	108	1,90	1,48	0,19	108	2,00	26,2	0,708	Argilla con Limo deb. Ghiaiosa

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972



**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.3**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
 Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
 Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 21/07/2021  
 - quota inizio : p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	β	Nspt
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s				
1	0,00 0,80	N	4,8	2	9	3,4	---	---	---	5	1,52	8	
		Rpd	35,4	15	67	25,1	---	---	---	37			
2	0,80 8,00	N	11,9	7	18	9,4	3,0	8,9	14,9	12	1,52	18	
		Rpd	66,6	45	111	55,8	13,5	53,1	80,1	67			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 3**

n°	H1	H2	NATURA GRANULARE						NATURA COESIVA					Litologia		
			Nspt	Vs	G	Dr	ø'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed	Ysat		W	e
1	0,00	0,80	8	---	63	28	28	64	1,80	1,34	---	---	---	---	---	Terreno agrario
2	0,80	8,00	18	---	112	---	25	108	1,90	1,50	0,20	108	2,00	26,2	0,708	Limo Argilloso deb.Sabbioso

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (\*) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972





## **4.3 MODELLO SISMICO**

### **4.3.1 Modellazione Sismica**

Per la modellazione sismica dell'Area Parco 1 agro-fotovoltaico è stata realizzata n°1 prove sismica **MASW (mw.1)**, al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).



### **4.3.2 Risposta sismica locale**

La valutazione della risposta sismica locale è stata effettuata secondo i dettami del recente D.M. del 17 gennaio 2018, tramite l'utilizzo del software sperimentale SPETTRI NTC 1.0.3 sviluppato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ed utilizzando le risultanze della prospezione sismica MASW precedentemente descritta.

Gli spettri di risposta ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio SLD (Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita).

In un primo stadio è stata individuata la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) (Tab. 5; Fig. 7).

In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della

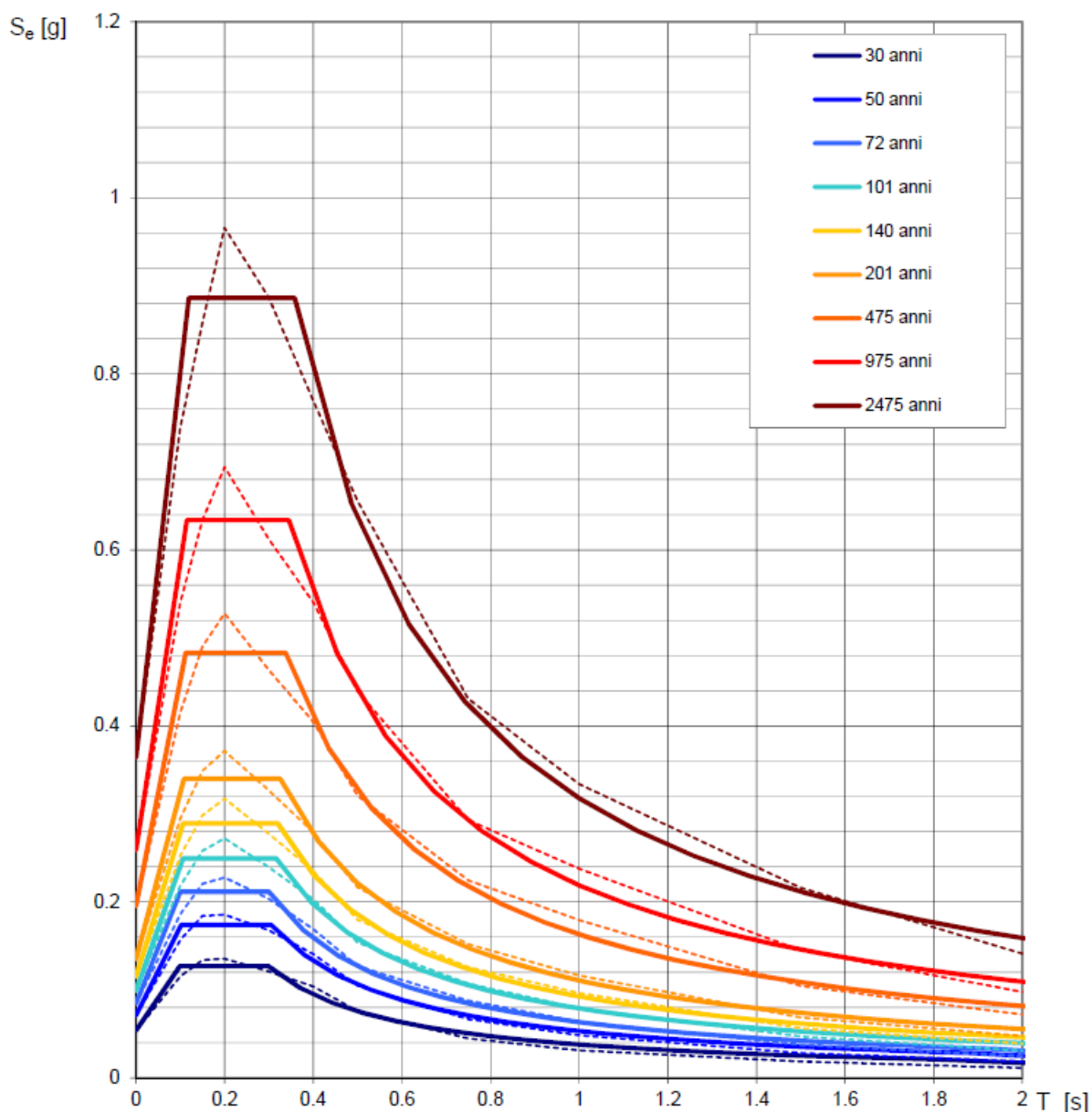
costruzione - CU = 1 – Classe d'uso della costruzione II) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV) (Tabb. 6 – 9; Figg. 8 – 9).

Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito (categoria di sottosuolo C – categoria topografica T1) individuata nell'area oggetto di indagine.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO  
PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A  
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.047976 – LAT. 41.824006 (IN GRADI DECIMALI)**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.054	2.357	0.298
50	0.071	2.447	0.305
72	0.085	2.495	0.300
101	0.099	2.509	0.317
140	0.115	2.509	0.319
201	0.135	2.510	0.325
475	0.196	2.467	0.337
975	0.259	2.444	0.345
2475	0.364	2.434	0.358

Tab. 5 - Prospetto dei valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;  $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  $T_C$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

**Fig. 7 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_r$  di riferimento per categoria di sottosuolo A.**

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C  
 E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1**

**PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.047976 – LAT. 41.824006 (IN GRADI DECIMALI)**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.071 g
$F_o$	2.447
$T_c$	0.305 s
$S_s$	1.500
$C_c$	1.554
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.158 s
$T_C$	0.474 s
$T_D$	1.885 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_g(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.107
$T_B \leftarrow$	0.158	0.262
$T_C \leftarrow$	0.474	0.262
	0.541	0.229
	0.608	0.204
	0.675	0.183
	0.743	0.167
	0.810	0.153
	0.877	0.141
	0.944	0.131
	1.011	0.123
	1.079	0.115
	1.146	0.108
	1.213	0.102
	1.280	0.097
	1.347	0.092
	1.415	0.088
	1.482	0.084
	1.549	0.080
	1.616	0.077
	1.683	0.074
	1.751	0.071
	1.818	0.068
$T_D \leftarrow$	1.885	0.066
	1.986	0.059
	2.086	0.054
	2.187	0.049
	2.288	0.045
	2.389	0.041
	2.489	0.038
	2.590	0.035
	2.691	0.032
	2.791	0.030
	2.892	0.028
	2.993	0.026
	3.094	0.024
	3.194	0.023
	3.295	0.022
	3.396	0.020
	3.496	0.019
	3.597	0.018
	3.698	0.017
	3.799	0.016
	3.899	0.015
	4.000	0.015

**Tab. 6 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0.026 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0.882
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

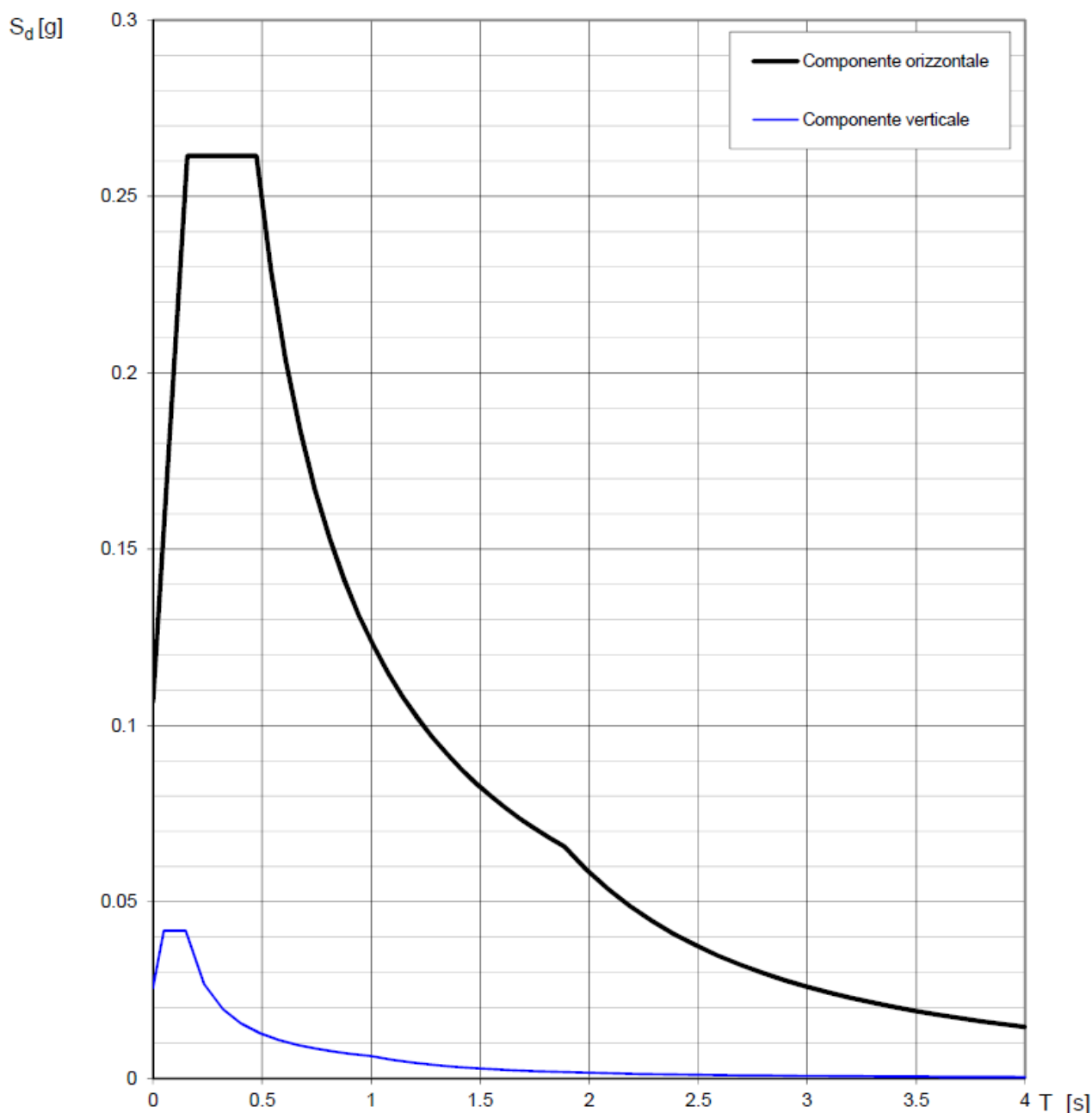
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.026
$T_B \leftarrow$	0.050	0.042
$T_C \leftarrow$	0.150	0.042
	0.235	0.027
	0.320	0.020
	0.405	0.016
	0.490	0.013
	0.575	0.011
	0.660	0.010
	0.745	0.008
	0.830	0.008
	0.915	0.007
$T_D \leftarrow$	1.000	0.006
	1.094	0.005
	1.188	0.004
	1.281	0.004
	1.375	0.003
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.002
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

**Tab. 7 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**





**Fig. 8 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.196 g
$F_o$	2.467
$T_c$	0.337 s
$S_s$	1.410
$C_c$	1.503
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.410
$\eta$	1.000
$T_B$	0.169 s
$T_C$	0.507 s
$T_D$	2.383 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \zeta)} \geq 0,55; \eta = 1 / q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.276
$T_B \leftarrow$	0.169	0.681
$T_C \leftarrow$	0.507	0.681
	0.596	0.579
	0.686	0.504
	0.775	0.445
	0.864	0.399
	0.954	0.362
	1.043	0.331
	1.132	0.305
	1.222	0.283
	1.311	0.263
	1.400	0.247
	1.490	0.232
	1.579	0.219
	1.668	0.207
	1.758	0.196
	1.847	0.187
	1.936	0.178
	2.026	0.170
	2.115	0.163
	2.204	0.157
	2.294	0.151
$T_D \leftarrow$	2.383	0.145
	2.460	0.136
	2.537	0.128
	2.614	0.120
	2.691	0.114
	2.768	0.107
	2.845	0.102
	2.922	0.096
	2.999	0.091
	3.076	0.087
	3.153	0.083
	3.230	0.079
	3.307	0.075
	3.384	0.072
	3.461	0.069
	3.538	0.066
	3.615	0.063
	3.692	0.060
	3.769	0.058
	3.846	0.056
	3.923	0.053
	4.000	0.051

**Tab. 8 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0.117 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.473
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

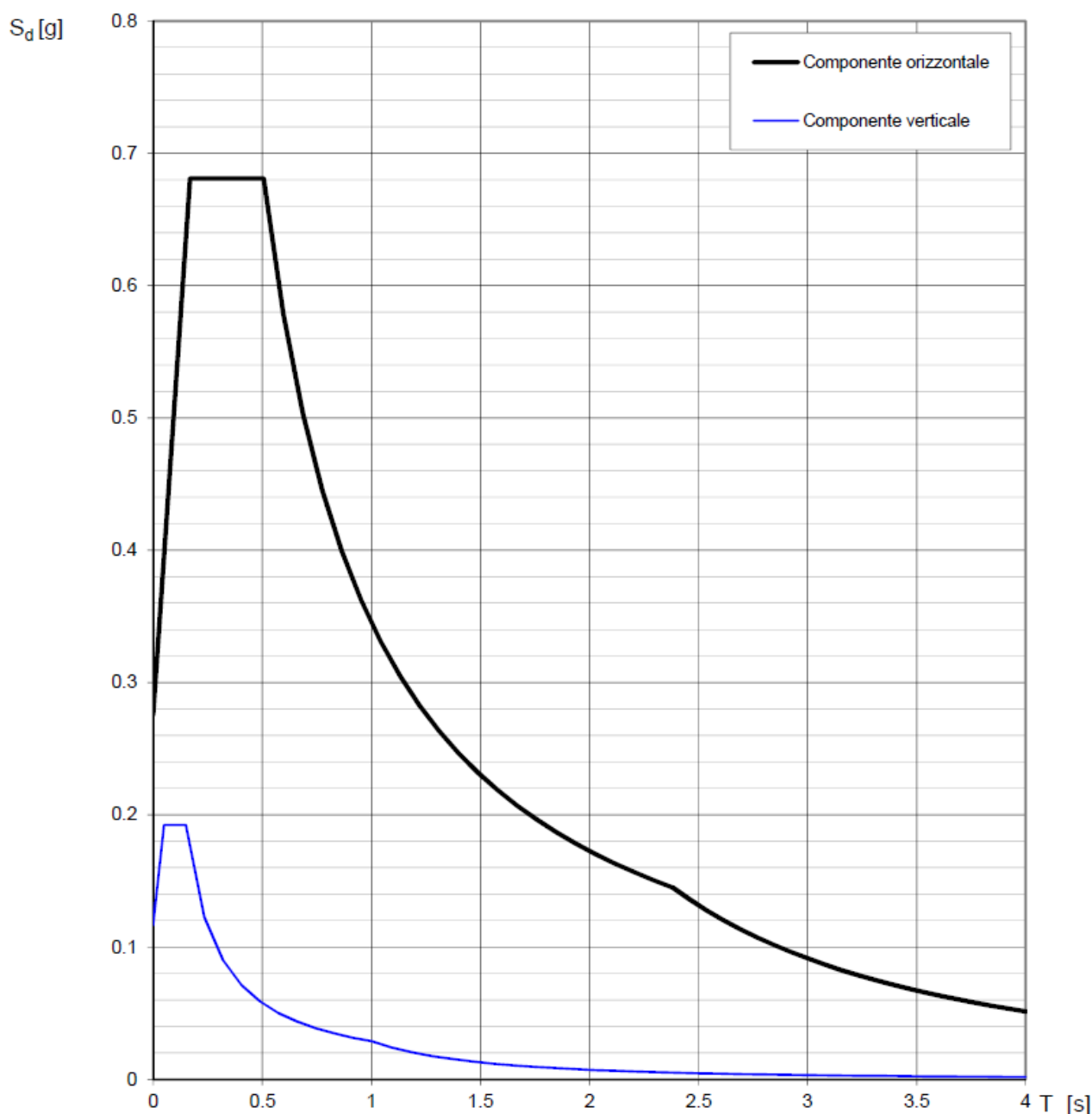
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.117
$T_B \leftarrow$	0.050	0.192
$T_C \leftarrow$	0.150	0.192
	0.235	0.123
	0.320	0.090
	0.405	0.071
	0.490	0.059
	0.575	0.050
	0.660	0.044
	0.745	0.039
	0.830	0.035
	0.915	0.032
$T_D \leftarrow$	1.000	0.029
	1.094	0.024
	1.188	0.020
	1.281	0.018
	1.375	0.015
	1.469	0.013
	1.563	0.012
	1.656	0.011
	1.750	0.009
	1.844	0.008
	1.938	0.008
	2.031	0.007
	2.125	0.006
	2.219	0.006
	2.313	0.005
	2.406	0.005
	2.500	0.005
	2.594	0.004
	2.688	0.004
	2.781	0.004
	2.875	0.003
	2.969	0.003
	3.063	0.003
	3.156	0.003
	3.250	0.003
	3.344	0.003
	3.438	0.002
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.002

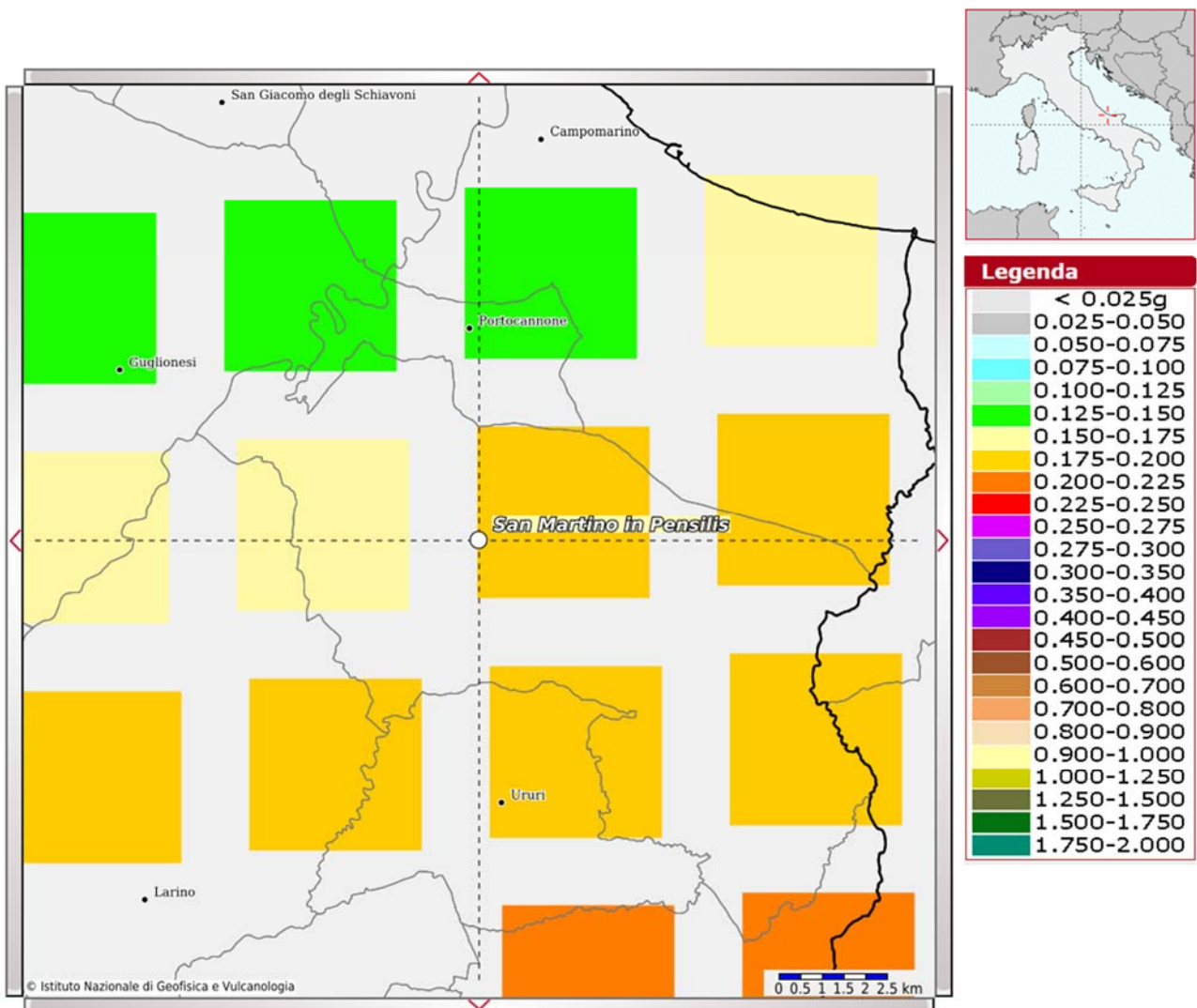
**Tab. 9 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**



**Fig. 9 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

### 4.3.3 Interpretazione ed analisi dei dati sismici

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 10), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di San Martino in Pensilis (CB) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.125 e 0.225 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



**Fig. 10 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria **C** (vedi par. 4), con valori di  $V_{S,eq}$  calcolati pari a (Tab. 10):

<i>Prospezione sismica</i>	<i><math>V_{S\ 0-30}</math> (m/s)</i>	<i><math>V_{S\ 1-31}</math> (m/s)</i>
<i>MASW n. 1</i>	<i>[298]</i>	<i>[306]</i>

**Tab. 10 – Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.**

Proprio in funzione della categoria di sottosuolo C e della categoria topografica T1 sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 5).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ) (Tabb. 6 – 8 – 11), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i><math>a_g</math> SLD</i>	<i><math>a_g</math> SLV</i>	<i><math>S_e</math> [g] SLD</i>	<i><math>S_e</math> [g] SLV</i>
<i>[0.071]</i>	<i>[0.196]</i>	<i>[0.262]</i>	<i>[0.681]</i>

**Tab. 11 – Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**



Di seguito si riportano i valori di  $V_s$  per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica MASW (Tab. 12).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i><math>V_s</math> (m/s)</i>
S1	0.0 – 3.9	204
S2	3.9 – 15.3	264
S3	15.3 – 26.2	360
S4	26.2 – 32.7	510

**Tab. 12 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_s$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW.**

#### **4.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE**

Per determinare la fattibilità dell'opera da realizzare vengono analizzati i seguenti aspetti:

##### **STABILITA' D'INSIEME**

Per caratterizzare la stabilità dell'area in esame, sono stati considerati i seguenti parametri, inoltre l'esame è stato esteso ad una vasta area circostante:

- pendenza dei versanti;
- giacitura delle formazioni stratificate;
- fratturazione delle masse rocciose;
- spessore delle eventuali coperture incoerenti;
- presenza di acqua.

***L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da pendenze medio-basse (sub-pianeggiante), litologie ben addensate, è stata classificata come stabile infatti si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità nelle aree di sedime dell'opera da realizzare.***

##### **FENOMENI DI LIQUEFAZIONE**

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante.

***Nei casi in oggetto le litologie di fondazione (limo-argilloso, sabbia, limo e ghiaia ben addensate e argilla) sono assolutamente stabili e non possono dar luogo a eventi di liquefazione in quanto hanno una granulometria eterometrica che va dalle argille alle breccie subangolari che raggiungono anche la dimensione di oltre 10 cm di diametro, sono ben addensati, e, non è presente alcuna falda idrica superficiale, quindi non si può presentare la condizione di saturazione. In definitiva, si afferma che non sussistono le condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni di fondazione.***

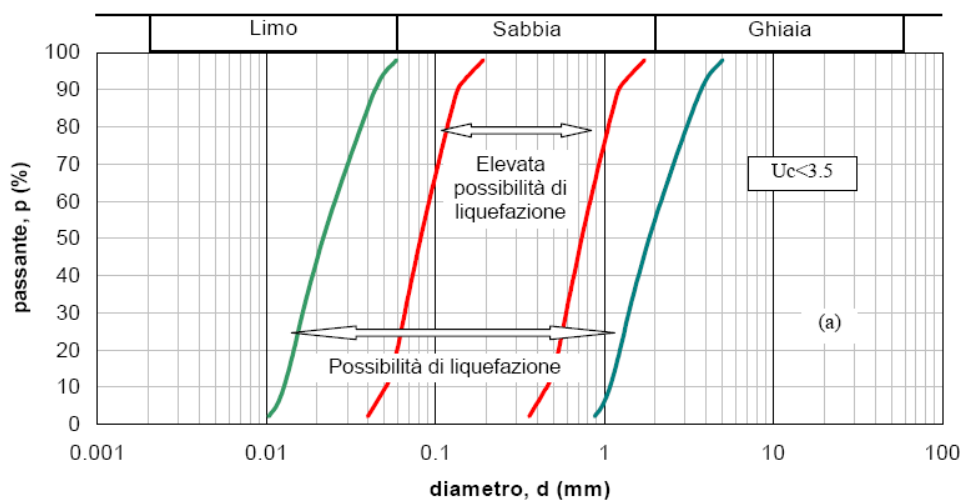
Si specifica inoltre che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi nei terreni omogenei, prevalentemente sabbiosi e saturi e solo in determinati casi, di seguito elencati.

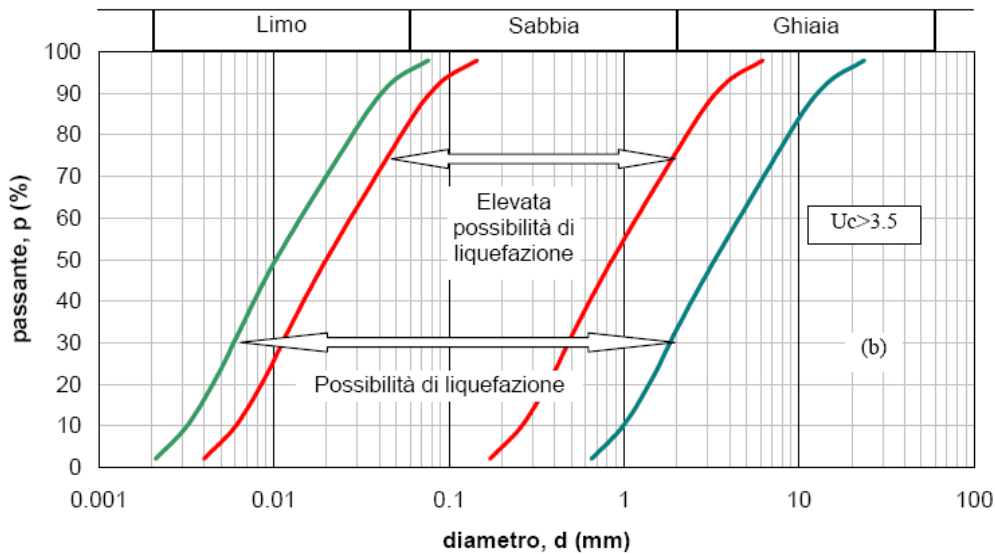
La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine  $FC$ , superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: in cui il coefficiente  $C_N$  è ricavabile dall'espressione essendo  $p_a$  la pressione atmosferica e  $\sigma'_v$  la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità  $U_c > 3.5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.





**Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella **categoria C**, con valori di  $V_{Seq}$  calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	$V_{S\ 1-31}$ (m/s)
<i>MASW n. 1</i>	[298]	[306]

Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Cautelativamente, in funzione della **categoria di suolo C** e categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

$a_g$ SLD	$a_g$ SLV	$S_e$ [g] SLD	$S_e$ [g] SLV
[0.071]	[0.196]	[0.262]	[0.681]

Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .

### **ADDENSAMENTO**

Il terreno in oggetto, dalle indagini geognostiche effettuate consistenti in prove di laboratorio su Campioni Indisturbati e delle prove penetrometriche dinamiche DPSH, risulta essere da mediamente a molto addensato.

**Per i motivi fin qui considerati *si esprime valutazione positiva sulla fattibilità dell'intervento in progetto, in quanto i terreni sono addensati, non ci sono le condizioni predisponenti ad eventuali fenomeni di liquefazione e di instabilità dei versanti (area stabile).***

**In conclusione, le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.**



#### **4.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE**

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, ne conviene che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per giungere a dimostrare la compatibilità delle opere da progetto è necessario effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, sia alla tipologia degli interventi e modalità esecutive previste.

E' da segnalare che i manufatti da realizzare si inseriscono in un contesto morfologico caratterizzato da **medio-basse pendenze** e non necessita di interventi di sostanziale modificazione della geometria dell'area.

Dopo avere inquadrato i tratti caratteristici dell'intervento è utile confrontare l'opera di progetto con l'assetto idrogeologico e le condizioni di rischio del sito.

Per quanto attiene le aree di sedime in esame classificate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele adottato **dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)**, per quanto riguarda il rischio frana, in una zona classificata a **"Pericolosità da frana Nulla e Moderata"** e a **"Rischio da frana Nullo"** e, per il rischio idrogeologico in una zona classificata a **"Rischio idraulico Nullo"** e a **"Pericolosità idraulica Nulla"**, sono caratterizzate da condizioni idrogeologiche, litologiche e geotecniche confortanti in virtù della mancanza sia di materiali mobilizzabili sia di condizioni morfologiche predisponenti al dissesto.

Inoltre:

- Dalla **sovrapposizione del LAYOUT del Progetto (previsione urbanistica degli interventi a farsi) con Carta Geomorfologica tutte le opere di progetto sono ubicate su una superficie stabile.**
- I lavori previsti non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza,

potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della pericolosità da frana;

- La loro tipologia non apporta variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
- La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
- Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente;
- La struttura in progetto si integrerà perfettamente nel contesto paesaggistico-ambientale.

In definitiva, in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)** (nel caso specifico al Art. 27 e 28 Parte III), si afferma che:

- Il presente studio di Compatibilità idrogeologica è supportato da dati oggettivi derivanti da indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel sito d'interesse;
- Tali indagini, consistenti in **n°3 prove penetrometriche DPSH con prelievo di n°1 Campione Indisturbato (Geosevi s.a.s.) con relative Prove di Laboratorio Certificate (Isogea srl) e la realizzazione di n°1 prova sismica superficiale MASW**, hanno definito in maniera approfondita la geometria superficiale e sotterranea dal punto di vista geofisico, litotecnico e geomeccanico;
- La realizzazione delle opere in progetto verrà effettuata adottando tutte le misure tecnico-costruttive per la mitigazione della vulnerabilità e la riduzione delle condizioni di rischio;
- Verrà adottato un corretto sistema di deflusso delle acque superficiali e sotterranee.

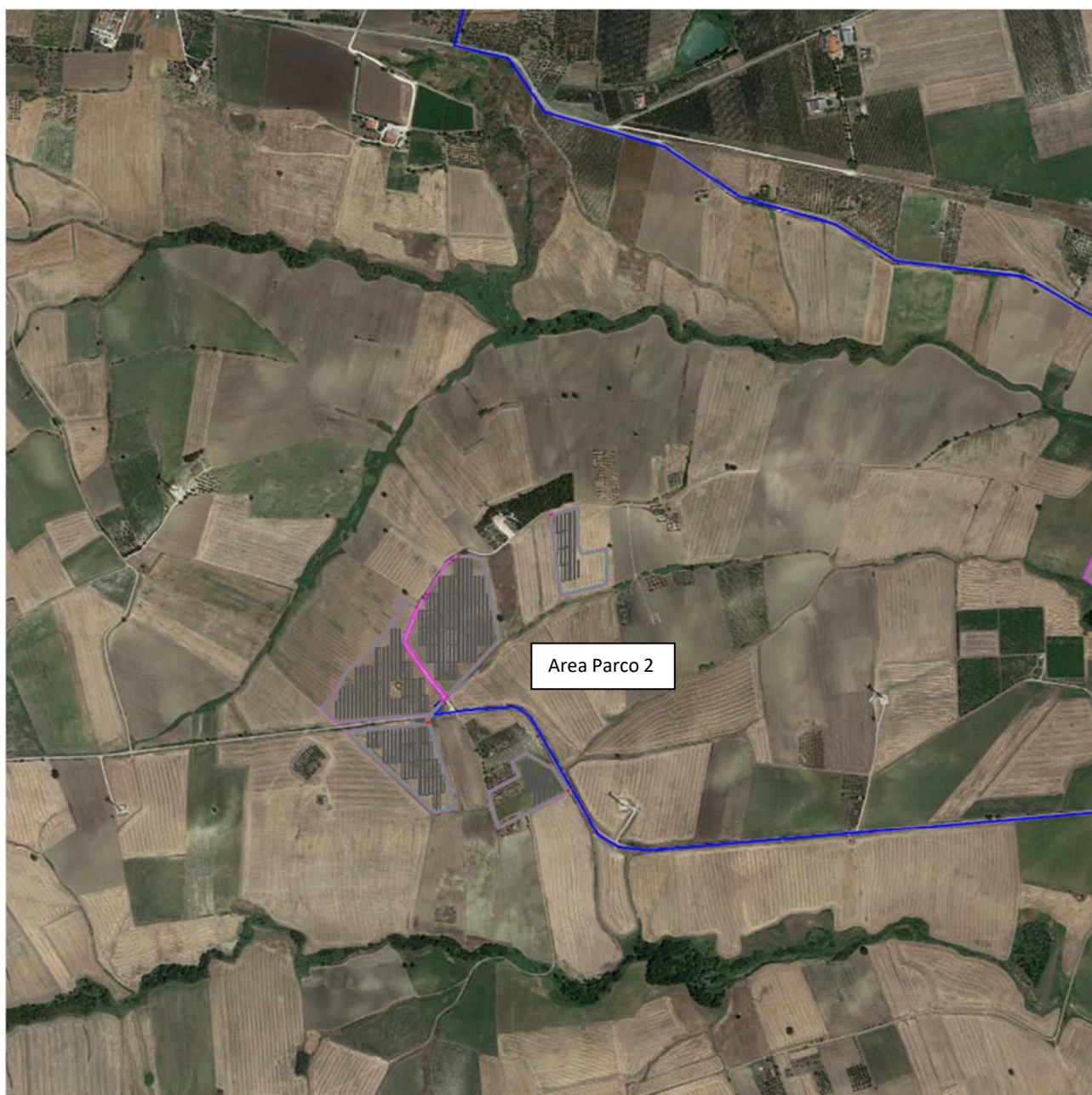
Dal presente studio, quindi, risulta che **non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità** (rischio sostenibile).

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato.**

## 5 AREA PARCO 2

L'Area Parco agro-fotovoltaico 2 sarà realizzata nel Comune di Ururi (CB) e ricoprirà una superficie pari a:

- Area 2: 15,76 ettari circa.



## 5.1 MODELLO GEOLOGICO

### 5.1.1 Stratigrafia locale

Da un accurato rilevamento di campagna, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf* **Tav. C-3 CARTA GEOLITOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- Coperture fluvio-lacustre (Pleistocene Medio-Superiore);
- Argille di Montesacco, "terreni" di origine marina, (Plio-Pleistocene).

Per quanto riguarda l'area di sedime dell'impianto agro-fotovoltaico da realizzare nell'Area Parco 1, attraverso l'esecuzione di **n°2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH)** corredate da indagini geognostiche pregresse realizzate nella stessa area in oggetto e dirette dallo scrivente Geol. Di Feo Fabio, consistenti in **N°3 Sondaggi a Carotaggio Continuo corredate da prove sismiche in foro Down-Hole** e con l'ausilio dei dati tratti dalle Carte Geolitologiche esistenti, successivamente verificati dal rilevamento geologico, si è potuto constatare che il substrato è costituito da "terreni" di origine fluvio-lacustre che si sovrappongono ai depositi marini, così composti:

- dal piano campagna a 0,6/0,8 m terreno vegetale (copertura agraria) limoso con clasti litici, colore marrone, sciolto;
- da 0,6/0,8 m ad un massimo di 4,3 m alternanze di depositi fluvio-lacustri composti da alternanze di limo-sabbioso con ghiaia e ghiaia grossolana a matrice limo-sabbiosa, colore marrone-rosso, mediamente addensate;
- da 4,3 m ad oltre 40 m dal p.c. argille marnose, siltose-sabbiose con una colorazione grigio-azzurra in profondità mentre in superficie appaiono di colore giallastre in seguito ad alterazione, spesso con livelletti di silt e solo raramente si hanno intercalazioni di sabbiose, divenendo sempre più abbondanti nella parte alta della formazione (**Argille di Montesacco**).

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvencono generalmente strati molli.



### 5.1.2 Geomorfologia locale

Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

L'Area 2 del Parco agro-fotovoltaico sarà collocata su una vasta area sub-pianeggiante (terrazzo alluvionale antico) sita a quota compresa fra 199 m e circa 170 m s.l.m., incisa dalle acque del Fosso Camarelle che nel tempo ha creato dei blandi versanti a debole pendenza (*cfr Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA*).

Di seguito vengono riportate delle immagini rappresentative delle aree oggetto d'intervento.







---

Per caratterizzare la stabilità sono stati considerati i seguenti parametri dedotti dal rilevamento di campagna e dai dati ottenuti dalle indagini geologico-tecniche:

- pendenza dei versanti,
- giacitura delle formazioni stratificate,
- spessore delle eventuali coperture incoerenti,
- presenza di acqua,

dai quali si evince che le aree presentano pendenze basse, giacitura delle litologie sub-orizzontali, spessore massimo della copertura incoerente compresa fra 0,6/0,8 m e assenza di falde idriche, pertanto si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità.

Da quanto in precedenza descritto le aree di ubicazione del Parco agro-fotovoltaico sono da considerare **stabili sotto il profilo geomorfologico (cfr Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA)**.

### 5.1.3 Idrogeologia

I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale (superficiale) e uno di origine marina costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi (cfr **Tav. C-4 CARTA IDROGEOLOGICA**).

- Complesso detritico-alluvionale: costituito da depositi sciolti a granulometria variabile dalle sabbie-limose ai conglomerati aventi in quest'area uno spessore pari a circa 2 metri. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per i limi) a elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- Complesso marino: costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi che presentano permeabilità per porosità molto scarsa (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni.

I terreni argillosi, rilevati direttamente dalle indagini geognostiche, risultano essere **saturo**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.

Stralcio del Foglio n° 155 della Carta Geologica d'Italia

(SAN SEVERO), scala 1:100000



**Legenda**

<b>Pleistocene</b>	<b>fl<sup>2</sup></b>		Coperture fluviali (e lacustri?) del II ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da "terre nere" ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	<b>fl<sup>1</sup></b>		Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi, ricoperti in generale da «terre nere» ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	<b>Q<sup>7</sup></b>		Sabbie e argille sabbiose con lenti di ciottoli comprese fra la falesia e la spiaggia attuale (Termoli). <b>TIRRENIANO?</b>
<b>Pliocene</b>	<b>Q<sup>2</sup>P<sup>2</sup></b>		ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi ( <i>Chlamys opercularis</i> L., <i>C. flexuosa</i> POLI, <i>Glycymeris</i> , ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a <i>Valvulineria bradyana</i> (FORN.), <i>Bolivina superba</i> EM., <i>B. catanensis</i> SEG. e <i>Bulimina elegans</i> D'ORB., nella parte inferiore, a <i>Globorotalia crassaformis</i> (GALL. e WISS.) e <i>G. scitula</i> (BRADY). <b>CALABRIANO ? - PLIOCENE MEDIO.</b>
	<b>P<sup>1</sup>M<sup>1</sup></b>		FORMAZIONE DEL TONA – Argille siltose grigio-azzurrine, molasse gialle e giallo-brunastre, in grossi banchi, con livelli fortemente cementati e rare intercalazioni di argille verdastre; molasse brunastre con intercalazioni di argille sabbiose; fauna a <i>Panopaea</i> , <i>Pecten</i> , <i>Macra</i> e foraminiferi: <i>Bolivina leonardii</i> ACC. e SELL. <i>Globorotalia punctulata</i> (d'ORB.), <i>G. hirsuta</i> (d'ORB.), <i>Sphaeroidinella seminulina</i> (SCHW.); localmente gessi, diatomiti, argille bituminose nerastre, calcari listati grigi, molasse con intercalazioni argillose; microfauna a <i>Globigerinoides obliqua</i> BOLLI, <i>Bolivina dilatata</i> REUSS, <i>Bulimina elongata</i> d'ORB., <b>PLIOCENE INF. - MESSINIANO.</b>

#### 5.1.4 Analisi Vincoli PSAI

L'area studio, ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006) in una zona classificata come:

5. Pericolosità da Frana: Pericolosità Nulla (cfr. Tav. C-6 CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA);
6. Rischio da Frana: Nullo (cfr. Tav. C-7 CARTA DEL RISCHIO DA FRANA);
7. Pericolosità Idraulica: NULLA (cfr. Tav. C-8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA);
8. Rischio idraulico: NULLO (cfr. Tav. C-9 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO),

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, indicano che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per i motivi fin qui considerati e dal Testo Unico coordinato delle NTA dello PSAI (adottato a settembre 2006) in base agli:

- Art. 28 Parte III;

*si esprime valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area, in quanto sono opere di pubblico interesse ed inoltre:*

- **Si tratta di servizi essenziali non delocalizzabili;**
- **Non pregiudicano la realizzazione di eventuali interventi del PAI;**
- **Non concorrono ad aumentare il carico insediativo;**
- **Saranno realizzati con idonei accorgimenti costruttivi;**
- **Risultano coerenti con le misure di protezione civile di cui al PAI e ai piani comunali di settore.**



## **5.2 MODELLO GEOTECNICO**

### **5.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate**

Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche (*cf. Tav. C-2 CARTA della UBICAZIONE delle INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI e Tav. C-1-b FASCICOLO delle INDAGINI GEOGNOSTICHE*):

- n°2 prove penetrometriche pesanti DPSH (DPSH.4, DPSH.5);
- indagini geognostiche pregresse realizzate in prossimità dell'area in oggetto e dirette dallo scrivente Geol. Di Feo Fabio, consistenti in N°3 Sondaggi a Carotaggio Continuo corredati da prove sismiche in foro Down-Hole.

### **5.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse**

Dalle elaborazioni delle indagini dirette in sito sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche. Di seguito vengono riportate le elaborazioni.

**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.4**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 21/07/2021  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,80	N	6,0	3	9	4,5	---	---	---	6	1,52	9
			Rpd	44,7	22	67	33,5	---	---	---	45		
2	0,80	2,80	N	9,2	5	16	7,1	3,3	5,9	12,5	9	1,52	14
			Rpd	61,0	35	103	47,8	20,9	40,1	81,9	60		
3	2,80	3,60	N	62,0	28	90	45,0	---	---	---	62	1,52	94
			Rpd	373,5	169	542	271,1	---	---	---	374		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico β = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 4**

n°	H1 H2		NATURA GRANULARE			NATURA COESIVA					Litologia					
	Nspt	Vs	G	Dr	φ'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed		Ysat	W	e		
1	0,00	0,80	9	---	70	31	29	80	1,82	1,38	---	---	---	---	---	Terreno agrario
2	0,80	2,80	14	---	93	---	22	84	1,86	1,42	0,17	84	1,95	29,5	0,795	Limo Argilloso deb.Sabbioso
3	2,80	3,60	94	---	381	---	29	564	2,12	1,90	0,98	564	2,92	-4,2	-0,113	Limo Argilloso con pezzame ghiaioso

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa φ' (°) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972



**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.5**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 21/07/2021  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	β	Nspt
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s				
1	0,00 0,80	N	2,8	2	5	2,4	---	---	---	3	1,52	5	
		Rpd	20,5	15	37	17,7	---	---	---	22			
2	0,80 2,00	N	12,3	9	18	10,7	3,5	8,8	15,8	12	1,52	18	
		Rpd	83,7	62	116	72,9	21,5	62,2	105,3	82			
3	2,00 3,60	N	42,9	29	90	35,9	19,7	23,2	62,5	43	1,52	65	
		Rpd	265,3	187	542	225,9	115,2	150,0	380,5	266			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico gt = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 5**

n°	H1	H2	NATURA GRANULARE							NATURA COESIVA					Litologia	
			Nspt	Vs	G	Dr	ø'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed	Ysat	W		e
1	0,00	0,80	5	---	43	18	25	52	1,78	1,32	---	---	---	---	---	Terreno agrario
2	0,80	2,00	18	---	112	---	23	108	1,89	1,45	0,37	108	2,00	26,2	0,708	Limo Argilloso deb. Sabbioso
3	2,00	3,60	65	---	290	---	28	390	2,10	1,78	0,81	390	2,57	3,2	0,086	Limo Argilloso con pezzame ghiaioso

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

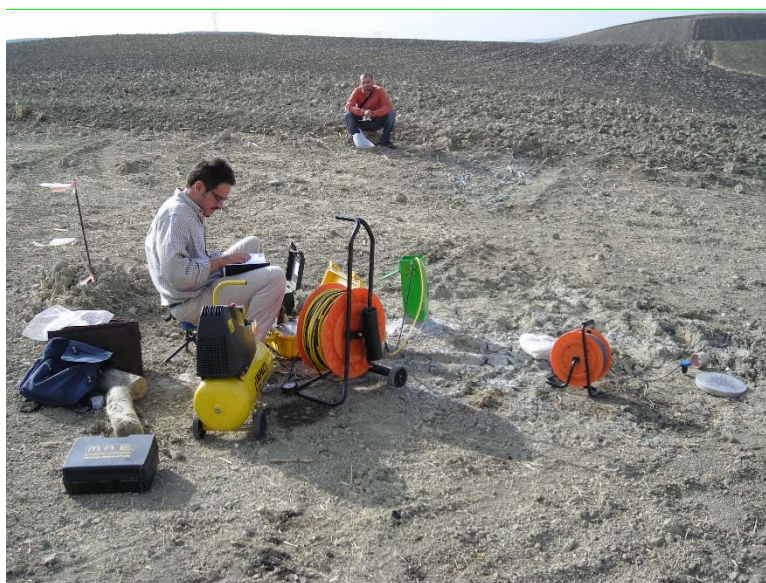




## 5.3 MODELLO SISMICO

### 5.3.1 Modellazione Sismica

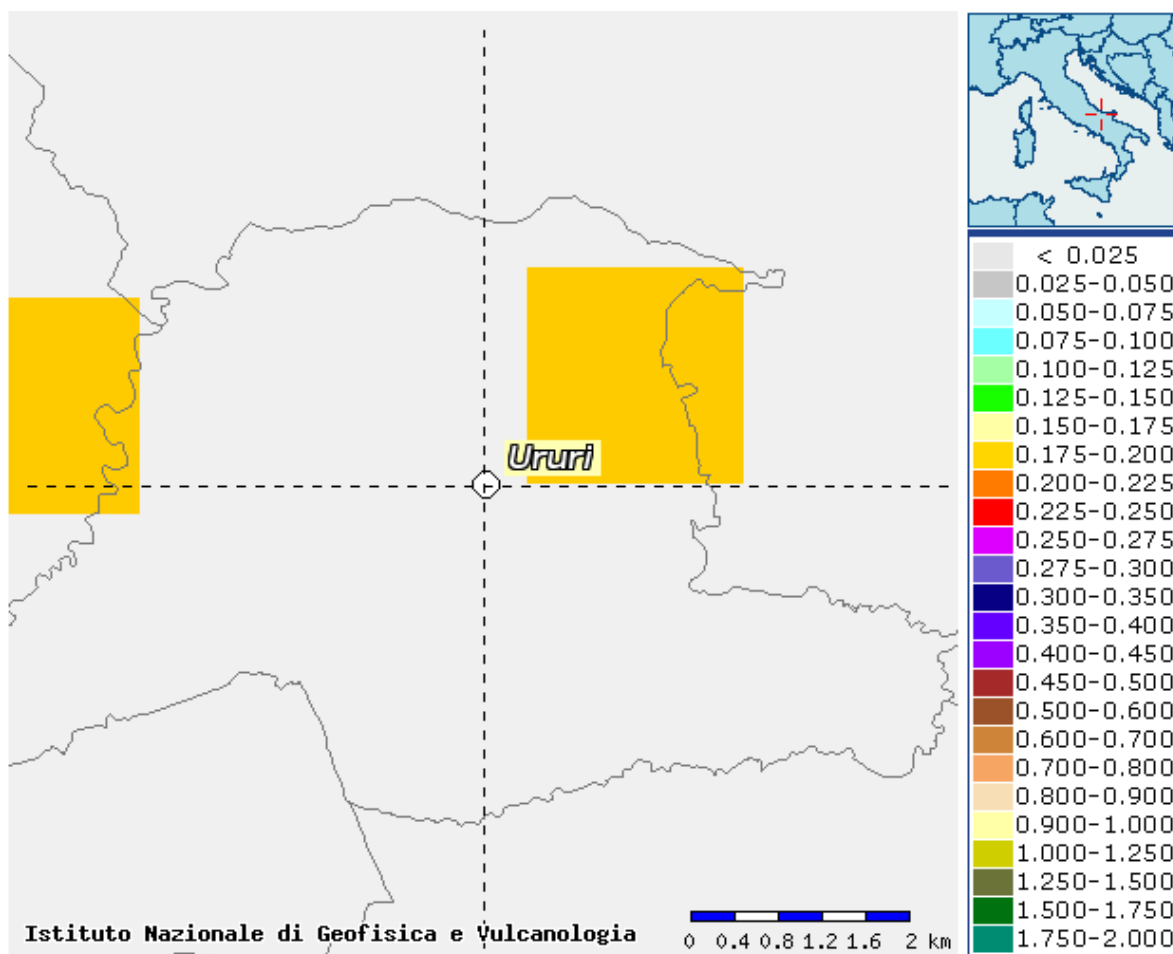
Per la modellazione sismica dell'Area Parco 2 agro-fotovoltaico sono state considerate le n°3 prove sismiche in foro Down-Hole realizzate nelle vicinanze per altri progetti e dirette dallo scrivente Geol. Di Feo Fabio.



### 5.3.2 Interpretazione ed analisi dei dati sismici

Il territorio comunale di Ururi (CB) a seguito della riclassificazione sismica effettuata dalla Regione Molise, con L.R. 20 maggio 2004, n. 13 "Riclassificazione sismica del territorio regionale e nuova normativa sismica" (Pubblicata sul BURM n. 11 del 1° giugno 2004), è stato classificato in II categoria  $a_g = 0.25g$ .

Inoltre, la Mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 8), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, , indica che il territorio comunale di Ururi rientra nella cella contraddistinta da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.175 e 0.200 (Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; Percentile 50).



**Fig. 8 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; Percentile 50.**

Le indagini sismiche down hole effettuate hanno fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria C del D.M. 14 gennaio 2008 .



<i>Prospezione sismica</i>	<i><math>V_{S30}</math> (m/s)</i>	<i>Categoria Suoli di Fondazione</i>	<i>Categoria Topografica</i>
<i>DH-S18</i>	<i>[321]</i>	<u><i>C</i></u>	<u><i>T1</i></u>
<i>DH-S19</i>	<i>[293]</i>	<u><i>C</i></u>	<u><i>T1</i></u>
<i>DH-S20</i>	<i>[338]</i>	<u><i>C</i></u>	<u><i>T1</i></u>

Categorie Suolo di fondazione e topografica relative alle prospezioni sismiche down hole effettuate.

Note le velocità  $V_P$  e  $V_S$  ottenute dalle indagini sismiche, e attribuiti i valori di densità noti dai sondaggi geognostici eseguiti e da bibliografia, sono stati ricavati inoltre i moduli dinamici (Tabb. 3 - 15), quali il modulo di Young o modulo elastico  $E$ , il modulo di taglio o modulo di rigidità  $G$ , il coefficiente di Poisson  $\nu$  e il modulo di incompressibilità  $k$  dei sismostrati individuati.

Sismostrato	Profondità (m)	$V_P$ (m/s)	$V_S$ (m/s)	Densità $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson $\nu$ (-)	Modulo di taglio $G$ (kPa)	Modulo di Young $E$ (kPa)	Modulo di incompressibilità $k$ (kPa)
S1	0.00 – 4.00	597	229	1900	0.37	100073	275197	367507
S2	4.00 – 14.00	1382	261	2000	0.47	136242	400551	2225283
S3	14.00 – 24.00	1184	403	2100	0.40	341058	954962	1591603
S4	24.00 – 30.00	1380	464	2100	0.40	452129	1270445	2234446

**Tab. 13 - Prospetto delle determinazioni dei moduli dinamici per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica DH-S18.**

Sismostrato	Profondità (m)	$V_P$ (m/s)	$V_S$ (m/s)	Densità $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson $\nu$ (-)	Modulo di taglio $G$ (kPa)	Modulo di Young $E$ (kPa)	Modulo di incompressibilità $k$ (kPa)
S1	0.00 – 4.00	638	147	1900	0.45	41337	119877	399589
S2	4.00 – 10.00	1990	181	2000	0.49	65885	196337	3272286
S3	10.00 – 16.00	1430	357	2100	0.45	268393	778339	2594462
S4	16.00 – 30.00	1934	549	2100	0.43	632950	1810237	4310087

**Tab. 14 - Prospetto delle determinazioni dei moduli dinamici per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica DH-S19.**

Sismostrato	Profondità (m)	$V_P$ (m/s)	$V_S$ (m/s)	Densità $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente di Poisson $\nu$ (-)	Modulo di taglio $G$ (kPa)	Modulo di Young $E$ (kPa)	Modulo di incompressibilità $k$ (kPa)
S1	0.00 – 6.00	627	203	1900	0.41	78683	221887	410901
S2	6.00 – 16.00	2250	315	2100	0.48	208372	616781	5139838
S3	16.00 – 30.00	1764	507	2100	0.43	540872	1546895	3683083

**Tab. 15 - Prospetto delle determinazioni dei moduli dinamici per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica DH-S20.**

## **5.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE**

Per determinare la fattibilità dell'opera da realizzare vengono analizzati i seguenti aspetti:

### **STABILITA' D'INSIEME**

Per caratterizzare la stabilità dell'area in esame, sono stati considerati i seguenti parametri, inoltre l'esame è stato esteso ad una vasta area circostante:

- pendenza dei versanti;
- giacitura delle formazioni stratificate;
- fratturazione delle masse rocciose;
- spessore delle eventuali coperture incoerenti;
- presenza di acqua.

***L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da pendenze medio-basse (sub-pianeggiante), litologie ben addensate, è stata classificata come stabile infatti si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità nelle aree di sedime dell'opera da realizzare.***

### **FENOMENI DI LIQUEFAZIONE**

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante.

***Nei casi in oggetto le litologie di fondazione (limo-argilloso, sabbia, limo e ghiaia ben addensate e argilla) sono assolutamente stabili e non possono dar luogo a eventi di liquefazione in quanto hanno una granulometria eterometrica che va dalle argille alle breccie subangolari che raggiungono anche la dimensione di oltre 10 cm di diametro, sono ben addensati, e, non è presente alcuna falda idrica superficiale, quindi non si può presentare la condizione di saturazione. In definitiva, si afferma che non sussistono le condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni di fondazione.***

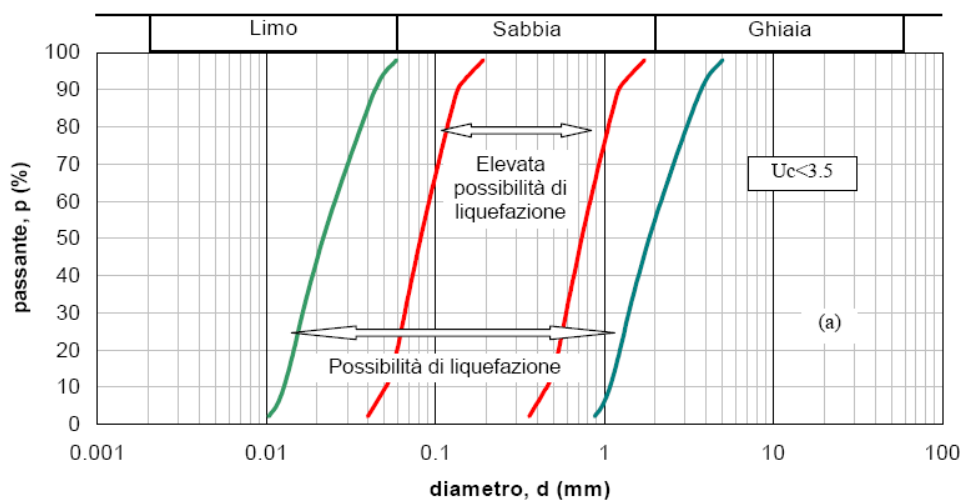
Si specifica inoltre che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi nei terreni omogenei, prevalentemente sabbiosi e saturi e solo in determinati casi, di seguito elencati.

La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine  $FC$ , superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: in cui il coefficiente  $C_N$  è ricavabile dall'espressione essendo  $p_a$  la pressione atmosferica e  $\sigma'_v$  la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità  $U_c > 3.5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.



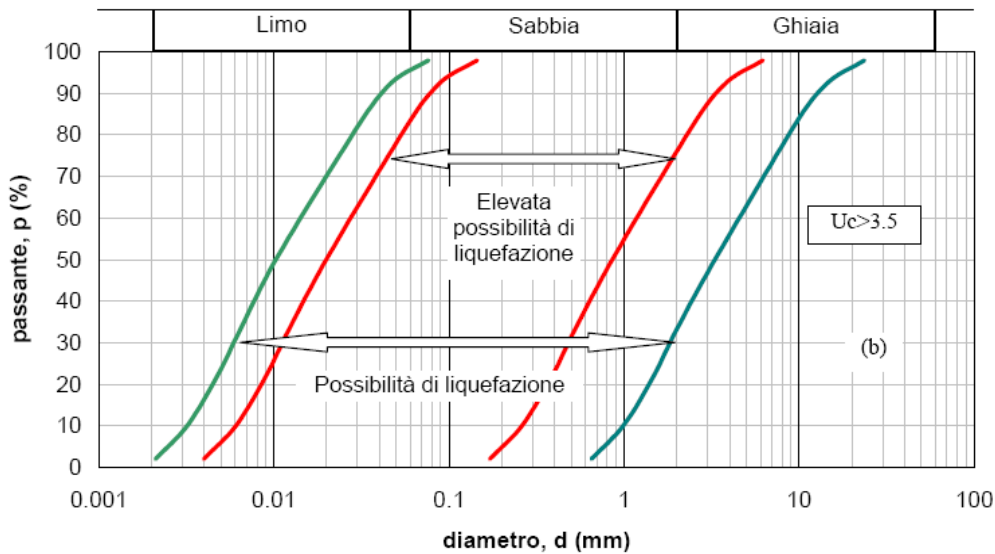


Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)

I risultati forniti dall'indagine sismica D-H effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella **categoria C**, con valori di  $V_{Seq}$  calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S30}$ (m/s)	<i>Categoria Suoli di Fondazione</i>	<i>Categoria Topografica</i>
<b>DH-S18</b>	<b>[321]</b>	<b>C</b>	<b>T1</b>
<b>DH-S19</b>	<b>[293]</b>	<b>C</b>	<b>T1</b>
<b>DH-S20</b>	<b>[338]</b>	<b>C</b>	<b>T1</b>

Categorie Suolo di fondazione e topografica relative alle prospezioni sismiche down hole effettuate.

Cautelativamente, in funzione della **categoria di suolo C** e categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:



$a_g$ SLD	$a_g$ SLV	$S_e$ [g] SLD	$S_e$ [g] SLV
[0.071]	[0.196]	[0.262]	[0.681]

Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .

### ADDENSAMENTO

Il terreno in oggetto, dalle indagini geognostiche effettuate consistenti in prove di laboratorio su Campioni Indisturbati e delle prove penetrometriche dinamiche DPSH, risulta essere da mediamente a molto addensato.

Per i motivi fin qui considerati si esprime valutazione positiva sulla fattibilità dell'intervento in progetto, in quanto i terreni sono addensati, non ci sono le condizioni predisponenti ad eventuali fenomeni di liquefazione e di instabilità dei versanti (area stabile).

In conclusione, le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.

## 5.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, ne conviene che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per giungere a dimostrare la compatibilità delle opere da progetto è necessario effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, sia alla tipologia degli interventi e modalità esecutive previste.

E' da segnalare che i manufatti da realizzare si inseriscono in un contesto morfologico caratterizzato da **medio-basse pendenze** e non necessita di interventi di sostanziale modificazione della geometria dell'area.

Dopo avere inquadrato i tratti caratteristici dell'intervento è utile confrontare l'opera di progetto con l'assetto idrogeologico e le condizioni di rischio del sito.

Per quanto attiene le aree di sedime in esame classificate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele adottato **dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)**, per quanto riguarda il rischio frana, in una zona classificata a **"Pericolosità da frana Nulla"** e a **"Rischio da frana Nullo"**e, per il rischio idrogeologico in una zona classificata a **"Rischio idraulico Nullo"** e a **"Pericolosità idraulica Nulla"**, sono caratterizzate da condizioni idrogeologiche, litologiche e geotecniche confortanti in virtù della mancanza sia di materiali mobilizzabili sia di condizioni morfologiche predisponenti al dissesto.

Inoltre:

- Dalla **sovrapposizione del LAYOUT del Progetto (previsione urbanistica degli interventi a farsi) con Carta Geomorfologica tutte le opere di progetto sono ubicate su una superficie stabile.**
- I lavori previsti non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della pericolosità da frana;

- La loro tipologia non apporta variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
- La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
- Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente;
- La struttura in progetto si integrerà perfettamente nel contesto paesaggistico-ambientale.

In definitiva, in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)** (nel caso specifico al Art. 27 e 28 Parte III), si afferma che:

- Il presente studio di Compatibilità idrogeologica è supportato da dati oggettivi derivanti da indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel sito d'interesse;
- Tali indagini, consistenti in **n°2 prove penetrometriche DPSH** hanno definito in maniera approfondita la geometria superficiale e sotterranea dal punto di vista geofisico, litotecnico e geomeccanico;
- La realizzazione delle opere in progetto verrà effettuata adottando tutte le misure tecnico-costruttive per la mitigazione della vulnerabilità e la riduzione delle condizioni di rischio;
- Verrà adottato un corretto sistema di deflusso delle acque superficiali e sotterranee.

Dal presente studio, quindi, risulta che **non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità** (rischio sostenibile).

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato.**

## 6 AREA PARCO 3

L'Area Parco agro-fotovoltaico 3 sarà realizzato nel Comune di Ururi (CB) e ricoprirà una superficie pari a:

- Area 3: 6,45 ettari circa.



## 6.1 MODELLO GEOLOGICO

### 6.1.1 Stratigrafia locale

Da un accurato rilevamento di campagna, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf* **Tav. C-3 CARTA GEOLITOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- Coperture fluvio-lacustre (Pleistocene Medio-Superiore);
- Argille di Montesacco, "terreni" di origine marina, (Plio-Pleistocene).

Per quanto riguarda l'area di sedime dell'impianto agro-fotovoltaico da realizzare nell'Area Parco 1, attraverso l'esecuzione di **n°1 prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH)** corredata dal **prelievo di n°1 Campione Indisturbato (e relative Prove di Laboratorio)** e con la realizzazione di **n°1 prove sismiche superficiali MASW** (atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa **D.M. 17/01/2018**) e con l'ausilio dei dati tratti dalle Carte Geolitologiche esistenti, successivamente verificati dal rilevamento geologico, si è potuto constatare che il substrato è costituito da "terreni" di origine fluvio-lacustre che si sovrappongono ai depositi marini, così composti:

- dal piano campagna a 0,8 m terreno vegetale (copertura agraria) limo-argilloso e sabbioso con clasti litici, colore marrone e dall'odore terroso, sciolto;
- da 0,8 m a circa 8,5 m alternanze di depositi fluvio-lacustri composti da alternanze di limo-argilloso, limo-sabbioso con piccoli clasti calcarei, colore marrone-rosso, mediamente addensate;
- da circa 8,5 m ad oltre 40 m dal p.c. argille marnose, siltose-sabbiose con una colorazione grigio-azzurra in profondità mentre in superficie appaiono di colore giallastre in seguito ad alterazione, spesso con livelletti di silt e solo raramente si hanno intercalazioni di sabbiose, divenendo sempre più abbondanti nella parte alta della formazione (**Argille di Montesacco**).

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvenivano generalmente strati molli.



### 6.1.2 Geomorfologia locale

Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

L'Area 3 del Parco agro-fotovoltaico sarà collocata su una vasta area sub-pianeggiante (terrazzo alluvionale antico) sita a quota compresa fra 113 m e circa 90 m s.l.m., bordata da versanti a debole pendenza formati dall'incisione di due corsi d'acqua, Vallone della Lavandaia e Fosso Camarelle, i quali nei millenni hanno modellato il terrazzo (*cf. **Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA***).

Di seguito vengono riportate delle immagini rappresentative delle aree oggetto d'intervento.





Per caratterizzare la stabilità sono stati considerati i seguenti parametri dedotti dal rilevamento di campagna e dai dati ottenuti dalle indagini geologico-tecniche:

- pendenza dei versanti,
- giacitura delle formazioni stratificate,

- spessore delle eventuali coperture incoerenti,
- presenza di acqua,

dai quali si evince che le aree presentano pendenze basse, giacitura delle litologie sub-orizzontali, spessore massimo della copertura incoerente compresa fra 0,8/1,0 m e assenza di falde idriche, pertanto si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità.

Da quanto in precedenza descritto le aree di ubicazione del Parco agro-fotovoltaico sono da considerare **stabili sotto il profilo geomorfologico (cfr Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA)**.

### 6.1.3 Idrogeologia

I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale (superficiale) e uno di origine marina costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi (cfr **Tav. C-4 CARTA IDROGEOLOGICA**).

- **Complesso detritico-alluvionale:** costituito da depositi sciolti a granulometria variabile dalle sabbie-limose ai conglomerati aventi in quest'area uno spessore pari a circa 2 metri. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per i limi) a elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- **Complesso marino:** costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi che presentano permeabilità per porosità molto scarsa (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

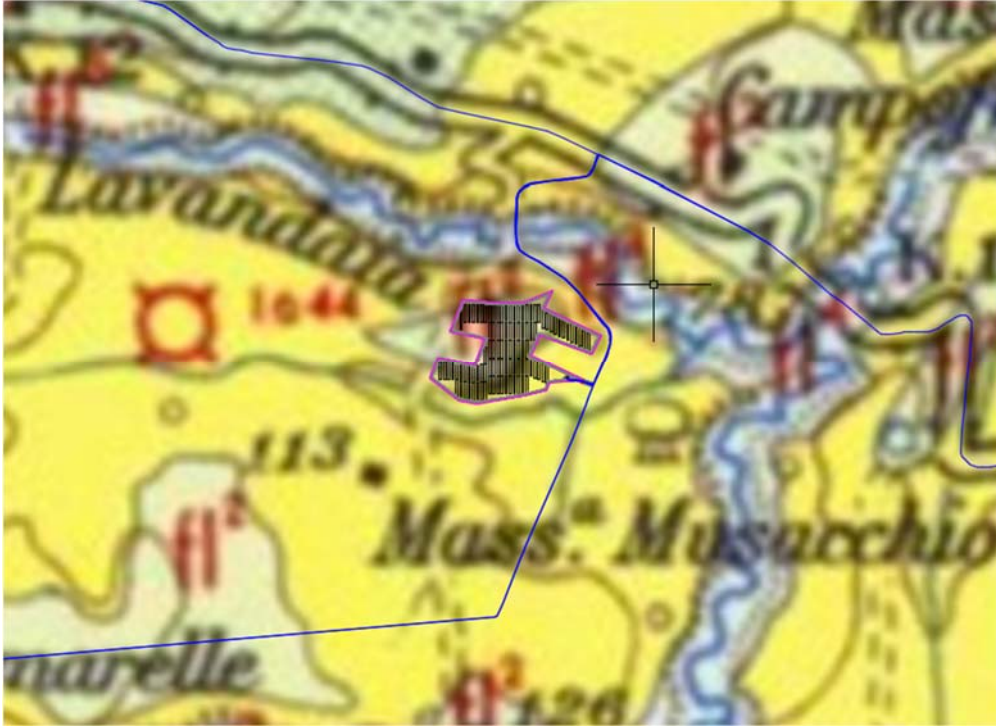
Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni.

I terreni argillosi, rilevati direttamente dalle indagini geognostiche, risultano essere **saturi**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.

Stralcio del Foglio n° 155 della Carta Geologica d'Italia

(SAN SEVERO), scala 1:100000



**Legenda**

**Pleistocene**

	<b>ff<sup>2</sup></b>	Coperture fluviali (e lacustri?) del II ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da "terre nere" ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	<b>ff<sup>1</sup></b>	Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi, ricoperti in generale da «terre nere» ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	<b>Q<sup>2</sup></b>	Sabbie e argille sabbiose con lenti di ciottoli comprese fra la falesia e la spiaggia attuale (Termoli). <b>TIRRENIANO?</b>

**Pliocene**

	<b>Q<sup>2</sup>P<sup>2</sup></b>	ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi ( <i>Chlamys opercularis</i> L., <i>C. flexuosa</i> POLI, <i>Glycymeris</i> , ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a <i>Valvulineria bradyana</i> (FORN.), <i>Bolivina superba</i> EM., <i>B. catanensis</i> SEG. e <i>Bulimina elegans</i> D'ORB., nella parte inferiore, a <i>Globorotalia crassaformis</i> (GALL. e WISS.) e <i>G. scitula</i> (BRADY). CALABRIANO ? - PLIOCENE MEDIO.
	<b>P<sup>1</sup>M<sup>1</sup></b>	FORMAZIONE DEL TONA – Argille siltose grigio-azzurrine, molasse gialle e giallo-brunastre, in grossi banchi, con livelli fortemente cementati e rare intercalazioni di argille verdastre; molasse brunastre con intercalazioni di argille sabbiose; fauna a <i>Panopaea</i> , <i>Pecten</i> , <i>Maetra</i> e foraminiferi: <i>Bolivina leonardii</i> ACC. e SELL. <i>Globorotalia puncticulata</i> (d'ORB.), <i>G. hirsuta</i> (d'ORB.), <i>Sphaeroidinella seminulina</i> (SCHW.); localmente gessi, diatomiti, argille bituminose nerastre, calcari listati grigi, molasse con intercalazioni argillose; microfauna a <i>Globigerinoides obliqua</i> BOLLI, <i>Bolivina dilatata</i> REUSS, <i>Bulimina elongata</i> d'ORB.. PLIOCENE INF. - MESSINIANO.
	<b>M<sup>1</sup></b>	



#### 6.1.4 Analisi Vincoli PSAI

L'area studio, ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006) in una zona classificata come:

9. Pericolosità da Frana: Pericolosità Nulla (cfr. Tav. C-6 CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA);
10. Rischio da Frana: Nullo (cfr. Tav. C-7 CARTA DEL RISCHIO DA FRANA);
11. Pericolosità Idraulica: NULLA (cfr. Tav. C-8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA);
12. Rischio idraulico: NULLO (cfr. Tav. C-9 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO),

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, indicano che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per i motivi fin qui considerati e dal Testo Unico coordinato delle NTA dello PSAI (adottato a settembre 2006) in base agli:

- Art. 28 Parte III;

*si esprime valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area, in quanto sono opere di pubblico interesse ed inoltre:*

- **Si tratta di servizi essenziali non delocalizzabili;**
- **Non pregiudicano la realizzazione di eventuali interventi del PAI;**
- **Non concorrono ad aumentare il carico insediativo;**
- **Saranno realizzati con idonei accorgimenti costruttivi;**
- **Risultano coerenti con le misure di protezione civile di cui al PAI e ai piani comunali di settore.**

## 6.2 MODELLO GEOTECNICO

### 6.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate

Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche (*cfr. Tav. C-2 CARTA della UBICAZIONE delle INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI e Tav. C-1-b FASCICOLO delle INDAGINI GEOGNOSTICHE*):

- n°1 prova penetrometrica pesante DPSH (DPSH.6) con prelievo di n°1 Campione Indisturbato P6C2 (Geosevi s.a.s.);
- analisi di laboratorio sul Campione Indisturbato (Isogea Srl)
- la realizzazione di n°1 prova sismica MASW (mw2) (*atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018*) (Geosevi s.a.s.)

### 6.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse

Dalle elaborazioni delle indagini dirette in sito sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche. Di seguito vengono riportate le elaborazioni.

**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.6**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 21/07/2021  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,80	N	4,3	3	5	3,6	---	---	---	4	1,52	6
			Rpd	31,7	22	37	27,0	---	---	---	30		
2	0,80	8,00	N	12,9	8	23	10,5	4,0	8,9	16,9	13	1,52	20
			Rpd	72,1	51	123	61,5	17,6	54,5	89,7	73		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico β<sub>t</sub> = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 6**

n°	H1	H2	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Litologia			
			Nspt	Vs	G	Dr	ø'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed		Ysat	W	e
1	0,00	0,80	6	---	50	21	26	58	1,80	1,30	---	---	---	---	---	Terreno agrario
2	0,80	8,00	20	---	121	---	24	120	1,90	1,50	0,23	120	2,02	24,7	0,667	Limo Argilloso deb.Sabbioso

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972



## 6.3 MODELLO SISMICO

### 6.3.1 Modellazione Sismica

Per la modellazione sismica dell'Area Parco 3 agro-fotovoltaico è stata realizzata n°1 prove sismica **MASW (mw.2)**, al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).



### 6.3.2 Risposta sismica locale

La valutazione della risposta sismica locale è stata effettuata secondo i dettami del recente D.M. del 17 gennaio 2018, tramite l'utilizzo del software sperimentale SPETTRI NTC 1.0.3 sviluppato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ed utilizzando le risultanze della prospezione sismica MASW precedentemente descritta.

Gli spettri di risposta ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio SLD (Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita).

In un primo stadio è stata individuata la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) (Tab. 5; Fig. 7).

In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  - Classe d'uso della costruzione II) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV) (Tabb. 6 – 9; Figg. 8 – 9).

Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito (categoria di sottosuolo **C** – categoria topografica **T1**) individuata nell'area oggetto di indagine.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO**

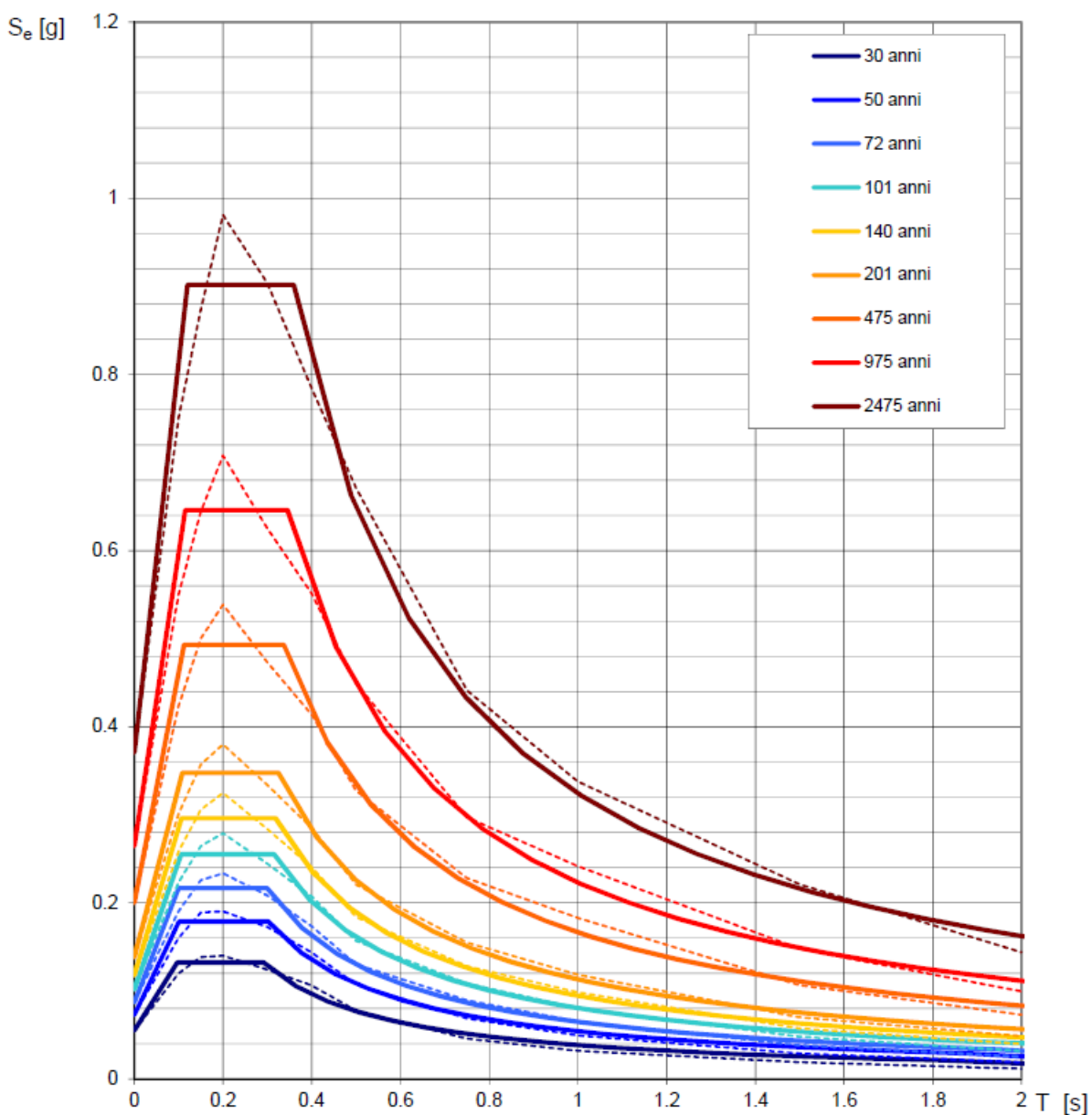
**PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A**

**PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.058973 – LAT. 41.801901 (IN GRADI DECIMALI)**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.055	2.404	0.291
50	0.073	2.455	0.302
72	0.087	2.491	0.299
101	0.102	2.504	0.315
140	0.118	2.508	0.319
201	0.139	2.506	0.325
475	0.200	2.464	0.337
975	0.265	2.442	0.345
2475	0.371	2.432	0.359

Tab. 5 - Prospetto dei valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;  $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  $T_C$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.





NOTA:  
 Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

**Fig. 7 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_r$  di riferimento per categoria di sottosuolo A.**

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C**

**E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1**

**PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.058973 – LAT. 41.801901 (IN GRADI DECIMALI)**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.073 g
$F_o$	2.456
$T_c$	0.302 s
$S_s$	1.500
$C_c$	1.558
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.157 s
$T_C$	0.471 s
$T_D$	1.892 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.109
$T_B \leftarrow$	0.157	0.269
$T_C \leftarrow$	0.471	0.269
	0.539	0.235
	0.606	0.209
	0.674	0.188
	0.742	0.171
	0.809	0.156
	0.877	0.144
	0.945	0.134
	1.012	0.125
	1.080	0.117
	1.148	0.110
	1.215	0.104
	1.283	0.099
	1.351	0.094
	1.418	0.089
	1.486	0.085
	1.554	0.081
	1.621	0.078
	1.689	0.075
	1.757	0.072
	1.824	0.069
$T_D \leftarrow$	1.892	0.067
	1.992	0.060
	2.093	0.055
	2.193	0.050
	2.293	0.046
	2.394	0.042
	2.494	0.038
	2.595	0.036
	2.695	0.033
	2.795	0.031
	2.896	0.029
	2.996	0.027
	3.096	0.025
	3.197	0.023
	3.297	0.022
	3.398	0.021
	3.498	0.020
	3.598	0.018
	3.699	0.018
	3.799	0.017
	3.900	0.016
	4.000	0.015

**Tab. 6 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d’uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0.027 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0.896
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

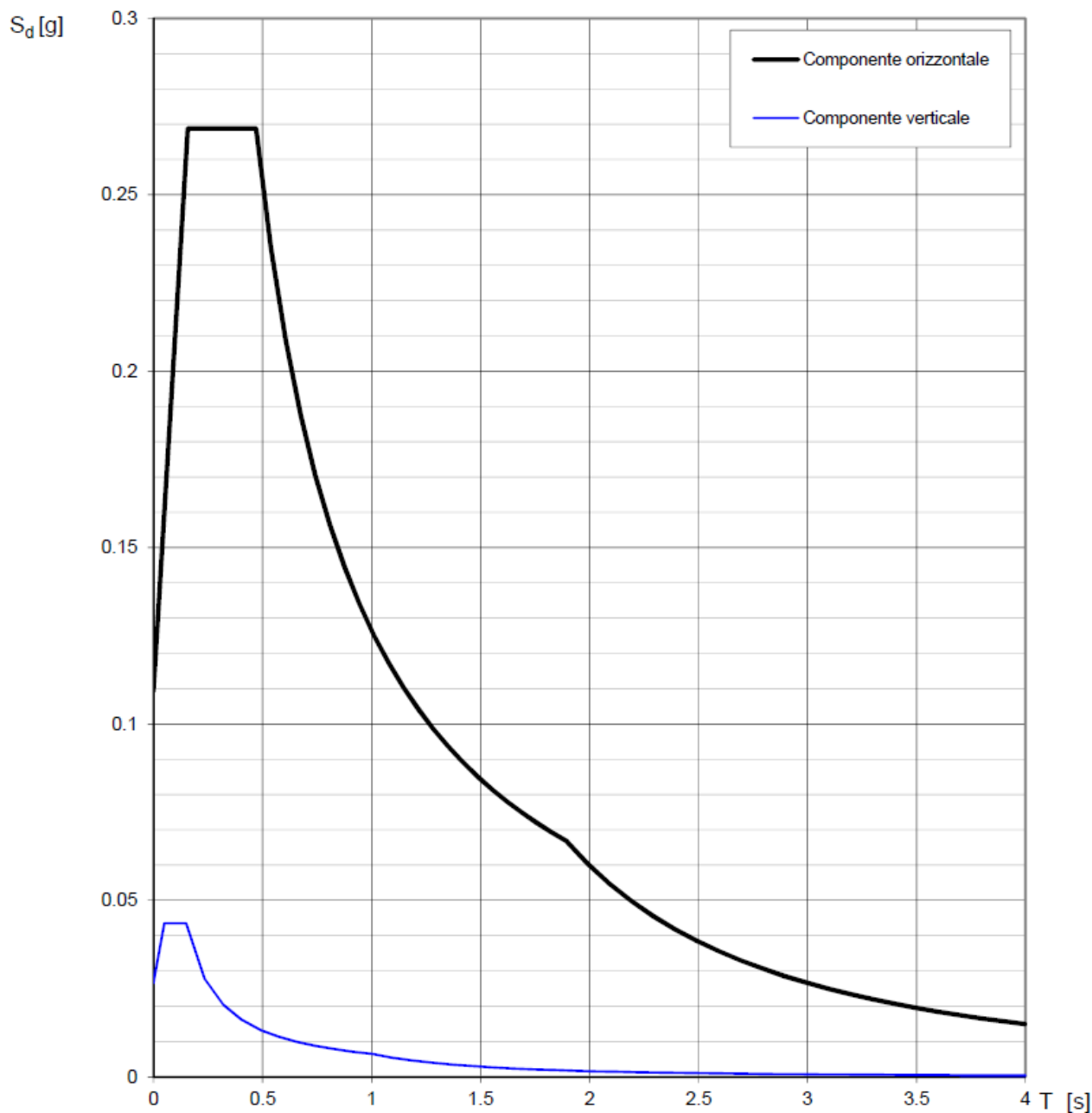
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.027
$T_B \leftarrow$	0.050	0.044
$T_C \leftarrow$	0.150	0.044
	0.235	0.028
	0.320	0.020
	0.405	0.016
	0.490	0.013
	0.575	0.011
	0.660	0.010
	0.745	0.009
	0.830	0.008
	0.915	0.007
$T_D \leftarrow$	1.000	0.007
	1.094	0.005
	1.188	0.005
	1.281	0.004
	1.375	0.003
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.002
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 7 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .



**Fig. 8 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d’uso della costruzione -  $C_u = 1$  – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.200 g
$F_o$	2.464
$T_c$	0.337 s
$S_s$	1.404
$C_c$	1.503
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.404
$\eta$	1.000
$T_B$	0.169 s
$T_C$	0.507 s
$T_D$	2.400 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.281
$T_B$ ←	0.169	0.692
$T_C$ ←	0.507	0.692
	0.597	0.588
	0.687	0.511
	0.777	0.451
	0.867	0.404
	0.958	0.366
	1.048	0.335
	1.138	0.308
	1.228	0.286
	1.318	0.266
	1.408	0.249
	1.499	0.234
	1.589	0.221
	1.679	0.209
	1.769	0.198
	1.859	0.189
	1.949	0.180
	2.040	0.172
	2.130	0.165
	2.220	0.158
	2.310	0.152
$T_D$ ←	2.400	0.146
	2.476	0.137
	2.553	0.129
	2.629	0.122
	2.705	0.115
	2.781	0.109
	2.857	0.103
	2.933	0.098
	3.010	0.093
	3.086	0.088
	3.162	0.084
	3.238	0.080
	3.314	0.077
	3.391	0.073
	3.467	0.070
	3.543	0.067
	3.619	0.064
	3.695	0.062
	3.771	0.059
	3.848	0.057
	3.924	0.055
	4.000	0.053

**Tab. 8 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d’uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0.121 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.488
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

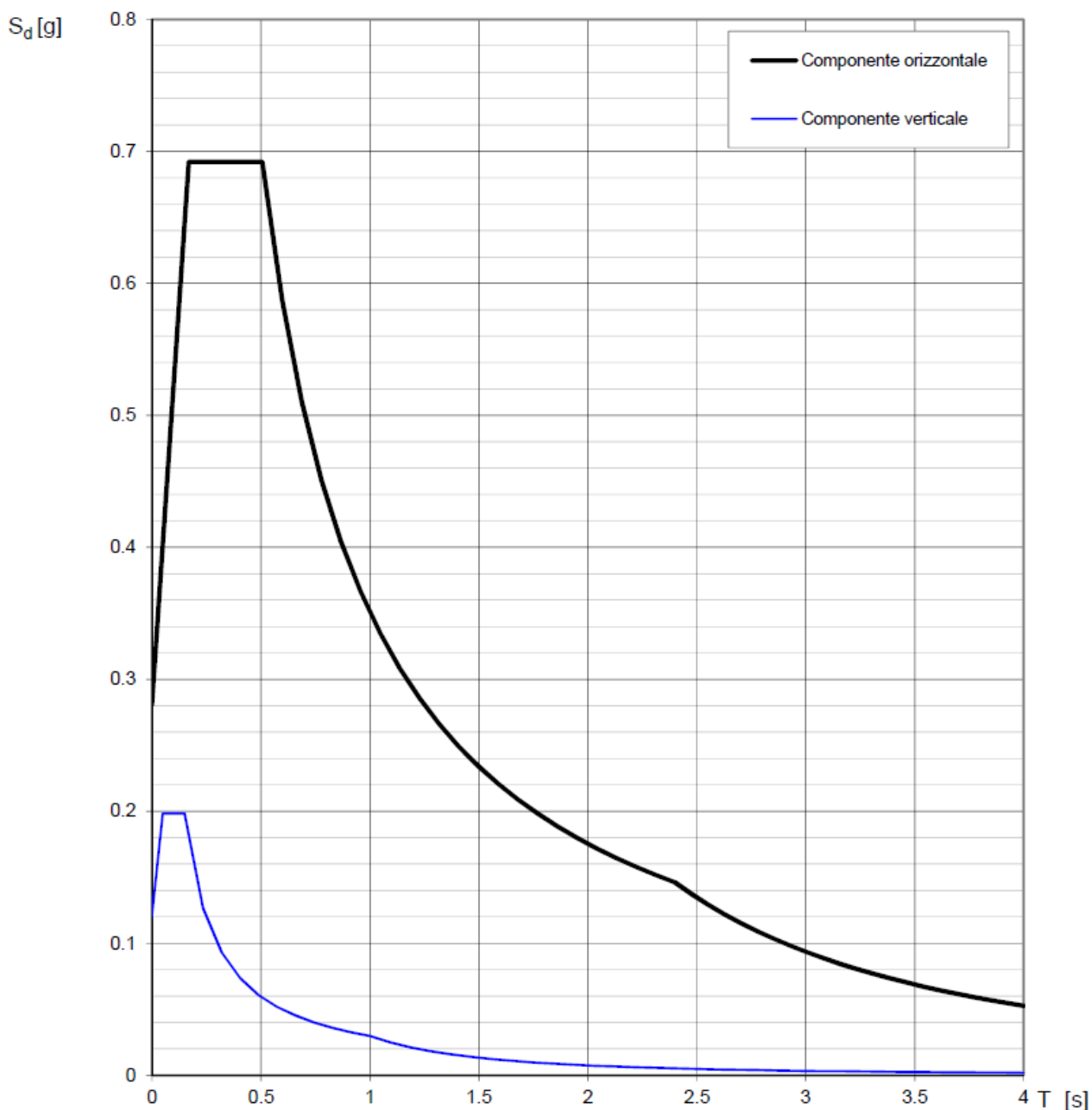
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.121
$T_B$ ←	0.050	0.198
$T_C$ ←	0.150	0.198
	0.235	0.127
	0.320	0.093
	0.405	0.073
	0.490	0.061
	0.575	0.052
	0.660	0.045
	0.745	0.040
	0.830	0.036
	0.915	0.033
$T_D$ ←	1.000	0.030
	1.094	0.025
	1.188	0.021
	1.281	0.018
	1.375	0.016
	1.469	0.014
	1.563	0.012
	1.656	0.011
	1.750	0.010
	1.844	0.009
	1.938	0.008
	2.031	0.007
	2.125	0.007
	2.219	0.006
	2.313	0.006
	2.406	0.005
	2.500	0.005
	2.594	0.004
	2.688	0.004
	2.781	0.004
	2.875	0.004
	2.969	0.003
	3.063	0.003
	3.156	0.003
	3.250	0.003
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.002

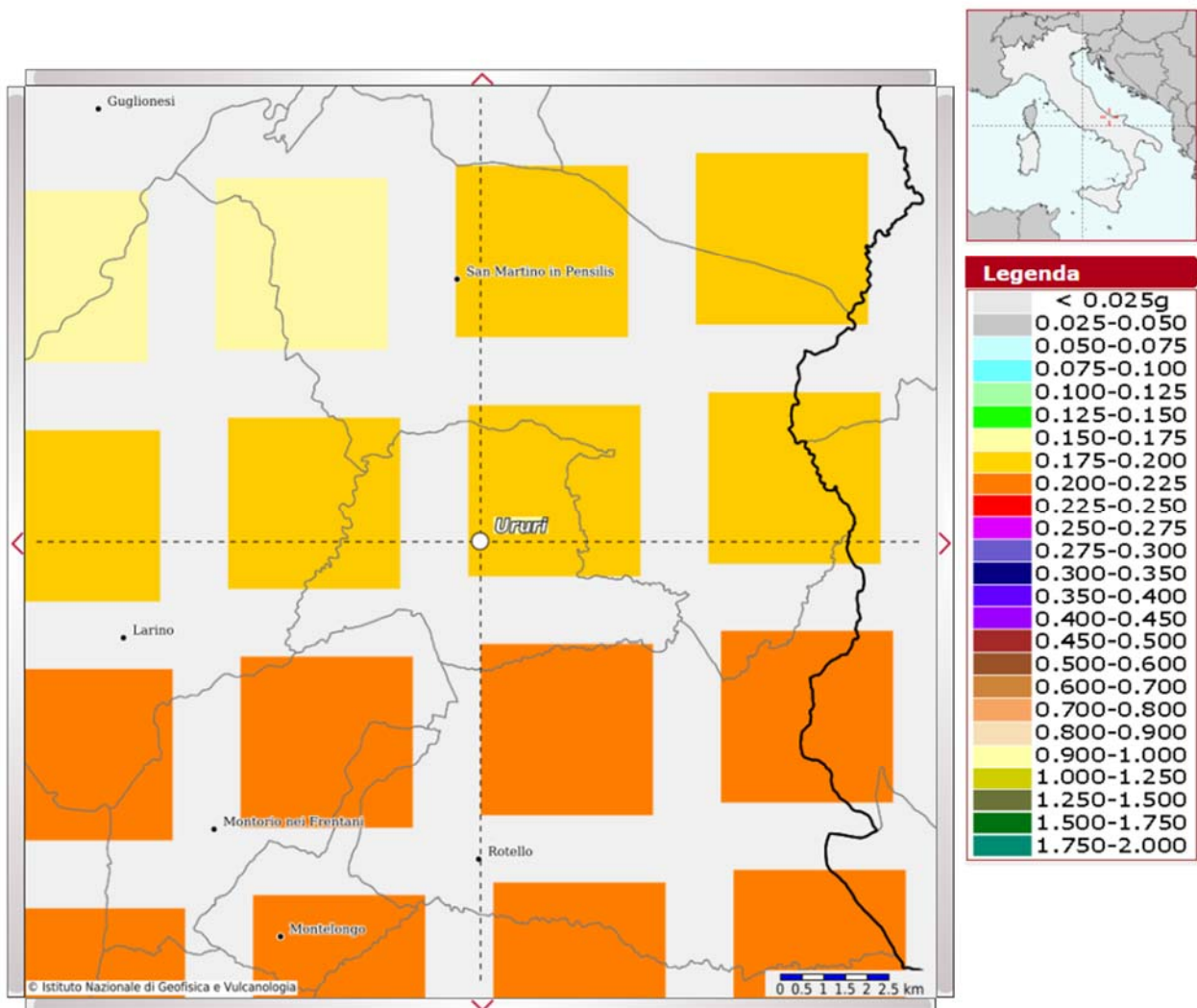
Tab. 9 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .



**Fig. 9 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

### 6.3.3 Interpretazione ed analisi dei dati sismici

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 10), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di Ururi (CB) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.175 e 0.225 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



**Fig. 10 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria C (vedi par. 4), con valori di  $V_{S,eq}$  calcolati pari a (Tab. 10):

<i>Prospezione sismica</i>	<i><math>V_{S\ 0-30}</math> (m/s)</i>	<i><math>V_{S\ 1-31}</math> (m/s)</i>
<i>MASW n. 2</i>	<i>[298]</i>	<i>[311]</i>

**Tab. 10 – Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.**

Proprio in funzione della categoria di sottosuolo **C** e della categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 5).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ) (Tabb. 6 – 8 – 11), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i><math>a_g</math> SLD</i>	<i><math>a_g</math> SLV</i>	<i><math>S_e</math> [g] SLD</i>	<i><math>S_e</math> [g] SLV</i>
<i>[0.073]</i>	<i>[0.200]</i>	<i>[0.269]</i>	<i>[0.692]</i>

**Tab. 11 – Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

Di seguito si riportano i valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica MASW (Tab. 12).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i><math>V_S</math> (m/s)</i>
S1	0.0 – 1.0	160
S2	1.0 – 2.3	215
S3	2.3 – 3.9	400
S4	3.9 – 5.9	318
S5	5.9 – 8.4	151
S6	8.4 – 11.5	230
S7	11.5 – 26.4	364
S8	26.4 – 33.0	504

**Tab. 12 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.2.**



## **6.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE**

Per determinare la fattibilità dell'opera da realizzare vengono analizzati i seguenti aspetti:

### **STABILITA' D'INSIEME**

Per caratterizzare la stabilità dell'area in esame, sono stati considerati i seguenti parametri, inoltre l'esame è stato esteso ad una vasta area circostante:

- pendenza dei versanti;
- giacitura delle formazioni stratificate;
- fratturazione delle masse rocciose;
- spessore delle eventuali coperture incoerenti;
- presenza di acqua.

***L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da pendenze medio-basse (sub-pianeggiante), litologie ben addensate, è stata classificata come stabile infatti si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità nelle aree di sedime dell'opera da realizzare.***

### **FENOMENI DI LIQUEFAZIONE**

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante.

***Nei casi in oggetto le litologie di fondazione (limo-argilloso, sabbia, limo e ghiaia ben addensate e argilla) sono assolutamente stabili e non possono dar luogo a eventi di liquefazione in quanto hanno una granulometria eterometrica che va dalle argille alle breccie subangolari che raggiungono anche la dimensione di oltre 10 cm di diametro, sono ben addensati, e, non è presente alcuna falda idrica superficiale, quindi non si può presentare la condizione di saturazione. In definitiva, si afferma che non sussistono le condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni di fondazione.***

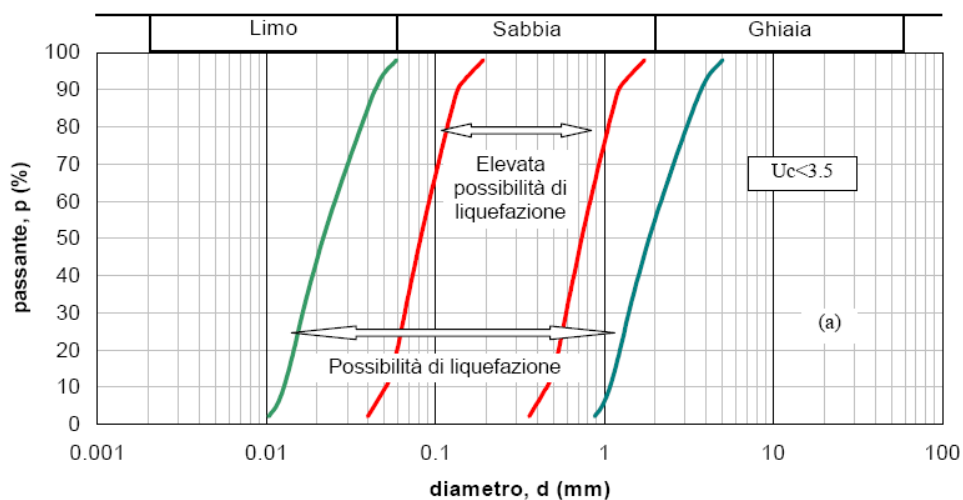
Si specifica inoltre che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi nei terreni omogenei, prevalentemente sabbiosi e saturi e solo in determinati casi, di seguito elencati.

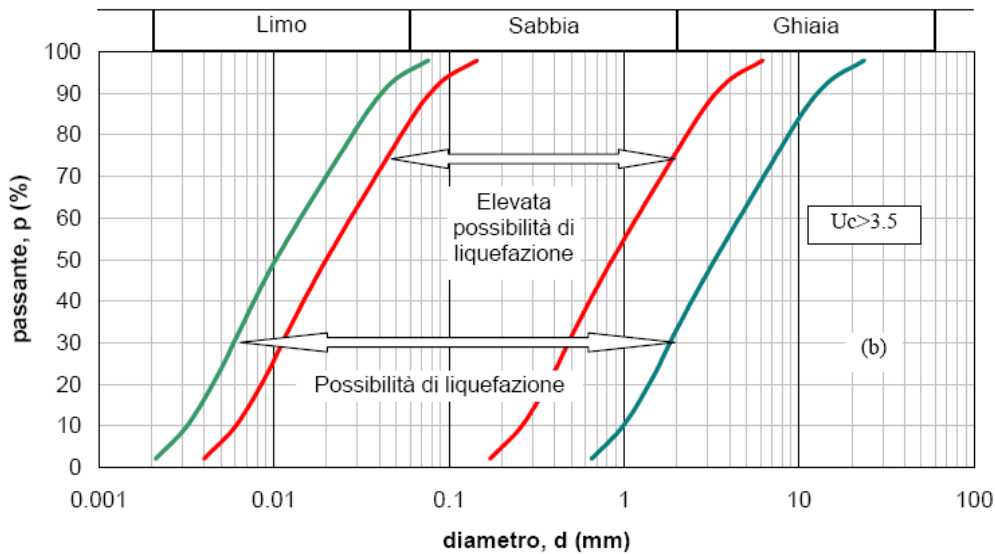
La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine  $FC$ , superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: in cui il coefficiente  $C_N$  è ricavabile dall'espressione essendo  $p_a$  la pressione atmosferica e  $\sigma'_v$  la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità  $U_c > 3.5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.





**Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella **categoria C**, con valori di  $V_{Seq}$  calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	$V_{S\ 1-31}$ (m/s)
<i>MASW n. 2</i>	[298]	[311]

Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Cautelativamente, in funzione della **categoria di suolo C** e categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

$a_g$ SLD	$a_g$ SLV	$S_e$ [g] SLD	$S_e$ [g] SLV
[0.073]	[0.200]	[0.269]	[0.692]

Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .

### ADDENSAMENTO

Il terreno in oggetto, dalle indagini geognostiche effettuate consistenti in prove di laboratorio su Campioni Indisturbati e delle prove penetrometriche dinamiche DPSH, risulta essere da mediamente a molto addensato.

Per i motivi fin qui considerati *si esprime valutazione positiva sulla fattibilità dell'intervento in progetto, in quanto i terreni sono addensati, non ci sono le condizioni predisponenti ad eventuali fenomeni di liquefazione e di instabilità dei versanti (area stabile).*

In conclusione, le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.

## 6.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, ne conviene che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per giungere a dimostrare la compatibilità delle opere da progetto è necessario effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, sia alla tipologia degli interventi e modalità esecutive previste.

E' da segnalare che i manufatti da realizzare si inseriscono in un contesto morfologico caratterizzato da **medio-basse pendenze** e non necessita di interventi di sostanziale modificazione della geometria dell'area.

Dopo avere inquadrato i tratti caratteristici dell'intervento è utile confrontare l'opera di progetto con l'assetto idrogeologico e le condizioni di rischio del sito.

Per quanto attiene le aree di sedime in esame classificate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele adottato **dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)**, per quanto riguarda il rischio frana, in una zona classificata a "Pericolosità da frana Nulla" e a "Rischio da frana Nullo"e, per il rischio idrogeologico in una zona classificata a "Rischio idraulico Nullo" e a "Pericolosità idraulica Nulla", sono caratterizzate da condizioni idrogeologiche, litologiche e geotecniche confortanti in virtù della mancanza sia di materiali mobilizzabili sia di condizioni morfologiche predisponenti al dissesto.

Inoltre:

- Dalla ***sovrapposizione del LAYOUT del Progetto (previsione urbanistica degli interventi a farsi) con Carta Geomorfologica tutte le opere di progetto sono ubicate su una superficie stabile.***
- I lavori previsti non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della



pericolosità da frana;

- La loro tipologia non apporta variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
- La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
- Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente;
- La struttura in progetto si integrerà perfettamente nel contesto paesaggistico-ambientale.

In definitiva, in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)** (nel caso specifico al Art. 28 Parte III), si afferma che:

- Il presente studio di Compatibilità idrogeologica è supportato da dati oggettivi derivanti da indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel sito d'interesse;
- Tali indagini, consistenti in **n°1 prova penetrometrica DPSH con prelievo di n°1 Campione Indisturbato (Geosevi s.a.s.) con relative Prove di Laboratorio Certificate (Isogea srl) e la realizzazione di n°1 prova sismica superficiale MASW**, hanno definito in maniera approfondita la geometria superficiale e sotterranea dal punto di vista geofisico, litotecnico e geomeccanico;
- La realizzazione delle opere in progetto verrà effettuata adottando tutte le misure tecnico-costruttive per la mitigazione della vulnerabilità e la riduzione delle condizioni di rischio;
- Verrà adottato un corretto sistema di deflusso delle acque superficiali e sotterranee.

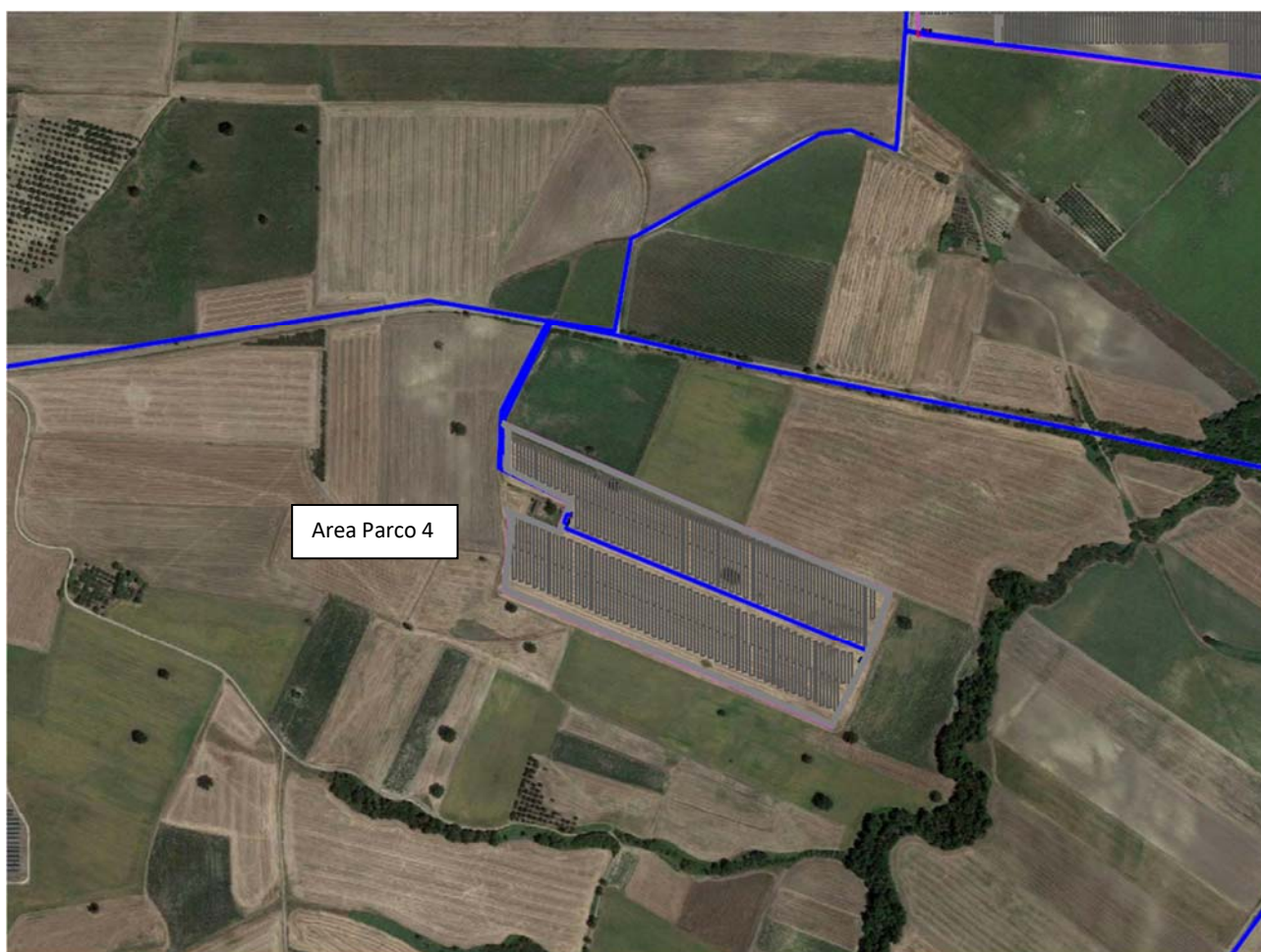
Dal presente studio, quindi, risulta che **non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità** (rischio sostenibile).

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato.**

## 7 AREA PARCO 4

L'Area Parco agro-fotovoltaico 4 sarà realizzato nel Comune di San Martino in Pensilis (CB) e ricoprirà una superficie pari a:

- Area 4: 6,09 ettari circa.



## 7.1 MODELLO GEOLOGICO

### 7.1.1 Stratigrafia locale

Da un accurato rilevamento di campagna, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf* **Tav. C-3 CARTA GEOLITOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- Coperture fluvio-lacustre (Pleistocene Medio-Superiore);
- Argille di Montesacco, "terreni" di origine marina, (Plio-Pleistocene).

Per quanto riguarda l'area di sedime dell'impianto agro-fotovoltaico da realizzare nell'**Area Parco 1**, attraverso l'esecuzione di **n°1 prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH)** corredata dal **prelievo di n°1 Campione Indisturbato (e relative Prove di Laboratorio)** e con la realizzazione di **n°1 prove sismiche superficiali MASW** (atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa **D.M. 17/01/2018**) e con l'ausilio dei dati tratti dalle Carte Geolitologiche esistenti, successivamente verificati dal rilevamento geologico, si è potuto constatare che il substrato è costituito da "terreni" di origine fluvio-lacustre che si sovrappongono ai depositi marini, così composti:

- dal piano campagna a 1 m terreno vegetale (copertura agraria) limo-argilloso e sabbioso con clasti litici, colore marrone e dall'odore terroso, sciolto;
- da 1 m a circa 9 m alternanze di depositi fluvio-lacustri composti da alternanze di limo-argilloso, limo-argilloso e argilla-limosa con clasti calcarei, colore marrone-rosso, mediamente addensate;
- da circa 9 m ad oltre 40 m dal p.c. argille marnose, siltose-sabbiose con una colorazione grigio-azzurra in profondità mentre in superficie appaiono di colore giallastre in seguito ad alterazione, spesso con livelletti di silt e solo raramente si hanno intercalazioni di sabbiose, divenendo sempre più abbondanti nella parte alta della formazione (**Argille di Montesacco**).

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvencono generalmente strati molli.

### 7.1.2 Geomorfologia locale

Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

L'Area 4 del Parco agro-fotovoltaico sarà collocata su una vasta area sub-pianeggiante e/o a bassa pendenza, rappresentante un antico terrazzo alluvionale, blandamente inclinato verso il fiume, sita a quota compresa fra 121 m e circa 85 m s.l.m. e debolmente modellata dalle acque di ruscellamento superficiale (*cfr **Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA***).

Di seguito vengono riportate delle immagini rappresentative delle aree oggetto d'intervento.









---

Per caratterizzare la stabilità sono stati considerati i seguenti parametri dedotti dal rilevamento di campagna e dai dati ottenuti dalle indagini geologico-tecniche:

- pendenza dei versanti,
- giacitura delle formazioni stratificate,
- spessore delle eventuali coperture incoerenti,
- presenza di acqua,

dai quali si evince che le aree presentano pendenze basse, giacitura delle litologie sub-orizzontali, spessore massimo della copertura incoerente compresa fra 1/1,2 m e assenza di falde idriche, pertanto si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità.

Da quanto in precedenza descritto le aree di ubicazione del Parco agro-fotovoltaico sono da considerare **stabili sotto il profilo geomorfologico (cfr Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA)**.

### 7.1.3 Idrogeologia

I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale (superficiale) e uno di origine marina costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi (cfr **Tav. C-4 CARTA IDROGEOLOGICA**).

- **Complesso detritico-alluvionale:** costituito da depositi sciolti a granulometria variabile dalle sabbie-limose ai conglomerati aventi in quest'area uno spessore pari a circa 2 metri. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per i limi) a elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- **Complesso marino:** costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi che presentano permeabilità per porosità molto scarsa (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni.

I terreni argillosi, rilevati direttamente dalle indagini geognostiche, risultano essere **saturi**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.

Stralcio del Foglio n° 155 della **Carta Geologica d'Italia**

(**SAN SEVERO**), scala 1:100000



**Legenda**

Pleistocene	<b>fl<sup>2</sup></b>		Coperture fluviali (e lacustri?) del II ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da "terre nere" ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	<b>fl<sup>1</sup></b>		Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi, ricoperti in generale da «terre nere» ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	<b>Q<sup>T</sup></b>		Sabbie e argille sabbiose con lenti di ciottoli comprese fra la falesia e la spiaggia attuale (Termoli). <b>TIRRENIANO?</b>
Pliocene	<b>Q<sup>P</sup></b>		ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi ( <i>Chlamys opercularis</i> L., <i>C. flexuosa</i> POLI, <i>Glycymeris</i> , ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a <i>Valvulineria bradyana</i> (FORN.), <i>Bolivina superba</i> EM., <i>B. catanensis</i> SEG. e <i>Bulimina elegans</i> D'ORB., nella parte inferiore, a <i>Globorotalia crassaformis</i> (GALL. e WISS.) e <i>G. scitula</i> (BRADY). CALABRIANO ?-PLIOCENE MEDIO.
	<b>P<sup>M</sup></b>		FORMAZIONE DEL TONA – Argille siltose grigio-azzurre, molasse gialle e giallo-brunastre, in grossi banchi, con livelli fortemente cementati e rare intercalazioni di argille verdastre; molasse brunastre con intercalazioni di argille sabbiose; fauna a <i>Panopaea</i> , <i>Pecten</i> , <i>Mactra</i> e foraminiferi: <i>Bolivina leonardii</i> ACC. e SELL. <i>Globorotalia puncticulata</i> (d'ORB.), <i>G. hirsuta</i> (d'ORB.), <i>Sphaeroidinella seminulina</i> (SCHW.); localmente gessi, diatomiti, argille bituminose nerastre, calcari listati grigi, molasse con intercalazioni argillose; microfauna a <i>Globigerinoides obliqua</i> BOLL., <i>Bolivina dilatata</i> REUSS, <i>Bulimina elongata</i> d'ORB.. PLIOCENE INF. -MES-SINIANO.
	<b>M<sup>A</sup></b>		

#### 7.1.4 Analisi Vincoli PSAI

L'area studio, ricadente nel territorio di competenza **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione)** (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006) in una zona classificata come:

13. **Pericolosità da Frana: Pericolosità Nulla** (cfr. Tav. C-6 CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA);
14. **Rischio da Frana: Nullo** (cfr. Tav. C-7 CARTA DEL RISCHIO DA FRANA);
15. **Pericolosità Idraulica: NULLA** (cfr. Tav. C-8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA);
16. **Rischio idraulico: NULLO** (cfr. Tav. C-9 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO),

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, indicano che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per i motivi fin qui considerati e dal **Testo Unico coordinato delle NTA dello PSAI (adottato a settembre 2006)** in base agli:

- Art. 28 Parte III;

*si esprime valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area, in quanto sono opere di pubblico interesse ed inoltre:*

- **Si tratta di servizi essenziali non delocalizzabili;**
- **Non pregiudicano la realizzazione di eventuali interventi del PAI;**
- **Non concorrono ad aumentare il carico insediativo;**
- **Saranno realizzati con idonei accorgimenti costruttivi;**
- **Risultano coerenti con le misure di protezione civile di cui al PAI e ai piani comunali di settore.**

## **7.2 MODELLO GEOTECNICO**

### **7.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate**

Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche (*cfr. Tav. C-2 CARTA della UBICAZIONE delle INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI e Tav. C-1-b FASCICOLO delle INDAGINI GEOGNOSTICHE*):

- n°1 prova penetrometrica pesante DPSH (DPSH.7) con prelievo di n°1 Campione Indisturbato P7C3 (Geosevi s.a.s.);
- analisi di laboratorio sul Campione Indisturbato (Isogea Srl)
- la realizzazione di n°1 prova sismica MASW (mw1) (*atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018*) (Geosevi s.a.s.)

### **7.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse**

Dalle elaborazioni delle *indagini dirette in sito* sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche. Di seguito vengono riportate le elaborazioni.



**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.7**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 21/07/2021  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	1,00	N	3,6	1	9	2,3	---	---	---	4	1,52	6
			Rpd	25,8	7	62	16,6	---	---	---	29		
2	1,00	6,20	N	9,0	5	14	7,0	2,8	6,1	11,8	9	1,52	14
			Rpd	52,5	32	83	42,3	14,2	38,3	66,6	53		
3	6,20	9,00	N	25,2	18	36	21,6	5,6	19,6	30,8	25	1,52	38
			Rpd	119,2	86	182	102,8	25,8	93,4	144,9	118		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 7**

n°	H1	H2	Nspt	Vs	G	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Litologia
						Dr	ø'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed	Ysat	W	e	
1	0,00	1,00	6	---	50	21	26	58	1,80	1,32	---	---	---	---	---	Terreno agrario
2	1,00	6,20	14	---	93	---	22	84	1,85	1,41	0,15	84	1,95	29,5	0,795	Limo Argilloso deb.Sabbioso
3	6,20	9,00	38	---	195	---	27	228	2,00	1,63	0,39	228	2,24	13,8	0,373	Limo Argilloso con pezzame ghiaioso

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972



## 7.3 MODELLO SISMICO

### 7.3.1 Modellazione Sismica

Per la modellazione sismica dell'Area Parco 4 agro-fotovoltaico è stata realizzata n°1 prove sismica **MASW (mw.3)**, al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).



### 7.3.2 Risposta sismica locale

La valutazione della risposta sismica locale è stata effettuata secondo i dettami del recente D.M. del 17 gennaio 2018, tramite l'utilizzo del software sperimentale SPETTRI NTC 1.0.3 sviluppato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ed utilizzando le risultanze della prospezione sismica MASW precedentemente descritta.

Gli spettri di risposta ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio SLD (Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita).

In un primo stadio è stata individuata la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) (Tab. 5; Fig. 7).

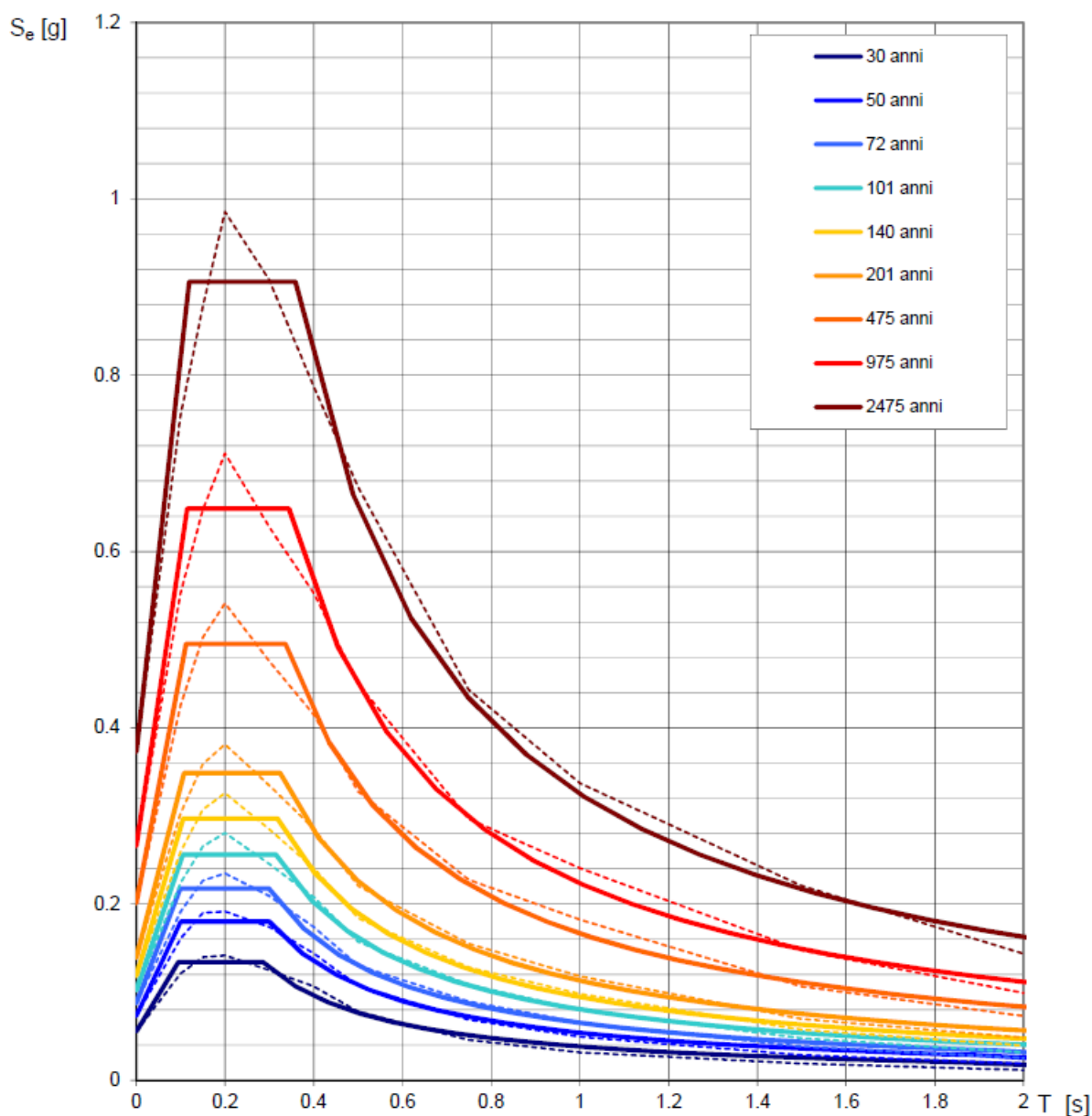
In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  - Classe d'uso della costruzione II) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV) (Tabb. 6 – 9; Figg. 8 – 9).

Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito (categoria di sottosuolo **C** – categoria topografica **T1**) individuata nell'area oggetto di indagine.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO  
PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A  
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.095931 – LAT. 41.802424 (IN GRADI DECIMALI)**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.055	2.427	0.285
50	0.073	2.463	0.300
72	0.087	2.493	0.299
101	0.102	2.504	0.314
140	0.118	2.508	0.318
201	0.139	2.503	0.324
475	0.201	2.462	0.336
975	0.266	2.439	0.344
2475	0.373	2.430	0.359

Tab. 5 - Prospetto dei valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;  $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  $T_C$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

**Fig. 7 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_r$  di riferimento per categoria di sottosuolo A.**

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C  
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1  
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.095931 – LAT. 41.802424 (IN GRADI DECIMALI)**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.073 g
$F_o$	2.464
$T_c$	0.300 s
$S_s$	1.500
$C_c$	1.563
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.156 s
$T_C$	0.468 s
$T_D$	1.893 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.110
$T_B \leftarrow$	0.156	0.271
$T_C \leftarrow$	0.468	0.271
	0.536	0.236
	0.604	0.210
	0.672	0.189
	0.740	0.171
	0.807	0.157
	0.875	0.145
	0.943	0.134
	1.011	0.125
	1.079	0.117
	1.147	0.110
	1.214	0.104
	1.282	0.099
	1.350	0.094
	1.418	0.089
	1.486	0.085
	1.554	0.082
	1.621	0.078
	1.689	0.075
	1.757	0.072
	1.825	0.069
$T_D \leftarrow$	1.893	0.067
	1.993	0.060
	2.093	0.055
	2.194	0.050
	2.294	0.046
	2.395	0.042
	2.495	0.039
	2.595	0.036
	2.696	0.033
	2.796	0.031
	2.896	0.029
	2.997	0.027
	3.097	0.025
	3.197	0.023
	3.298	0.022
	3.398	0.021
	3.498	0.020
	3.599	0.019
	3.699	0.018
	3.799	0.017
	3.900	0.016
	4.000	0.015

**Tab. 6 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0.027 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0.900
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

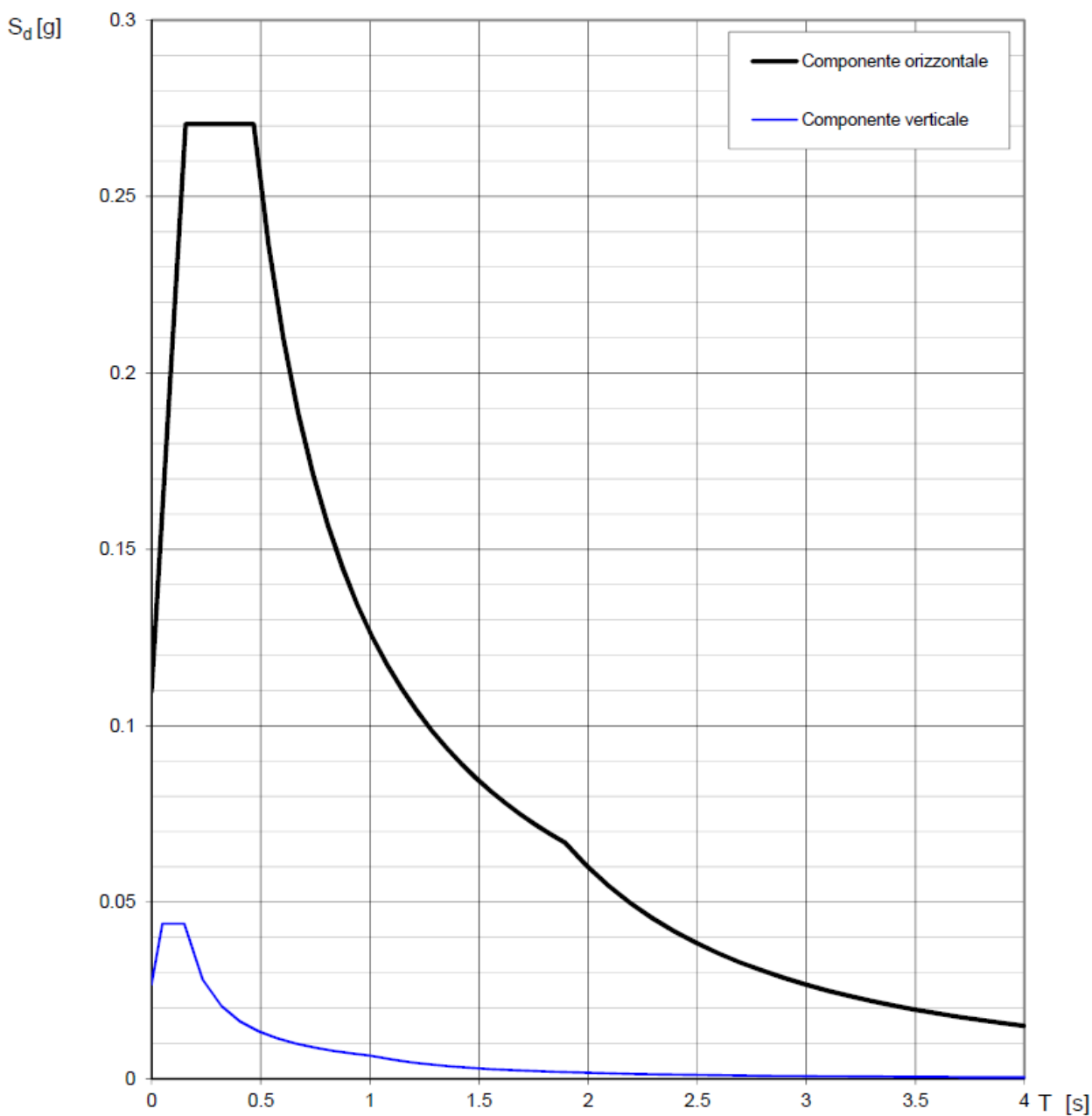
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.027
$T_B$ ←	0.050	0.044
$T_C$ ←	0.150	0.044
	0.235	0.028
	0.320	0.021
	0.405	0.016
	0.490	0.013
	0.575	0.011
	0.660	0.010
	0.745	0.009
	0.830	0.008
	0.915	0.007
$T_D$ ←	1.000	0.007
	1.094	0.006
	1.188	0.005
	1.281	0.004
	1.375	0.003
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.002
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 7 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.



**Fig. 8 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.201 g
$F_o$	2.462
$T_c$	0.336 s
$S_s$	1.403
$C_c$	1.505
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.403
$\eta$	1.000
$T_B$	0.169 s
$T_C$	0.506 s
$T_D$	2.404 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \zeta)} \geq 0.55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_c / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.282
$T_B$ ←	0.169	0.694
$T_C$ ←	0.506	0.694
	0.596	0.589
	0.687	0.512
	0.777	0.452
	0.867	0.405
	0.958	0.367
	1.048	0.335
	1.139	0.308
	1.229	0.286
	1.319	0.266
	1.410	0.249
	1.500	0.234
	1.591	0.221
	1.681	0.209
	1.771	0.198
	1.862	0.189
	1.952	0.180
	2.043	0.172
	2.133	0.165
	2.223	0.158
	2.314	0.152
$T_D$ ←	2.404	0.146
	2.480	0.137
	2.556	0.129
	2.632	0.122
	2.708	0.115
	2.784	0.109
	2.860	0.103
	2.936	0.098
	3.012	0.093
	3.088	0.089
	3.164	0.084
	3.240	0.080
	3.316	0.077
	3.392	0.073
	3.468	0.070
	3.544	0.067
	3.620	0.064
	3.696	0.062
	3.772	0.059
	3.848	0.057
	3.924	0.055
	4.000	0.053

**Tab. 8 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0.122 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.490
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{a_0} \right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

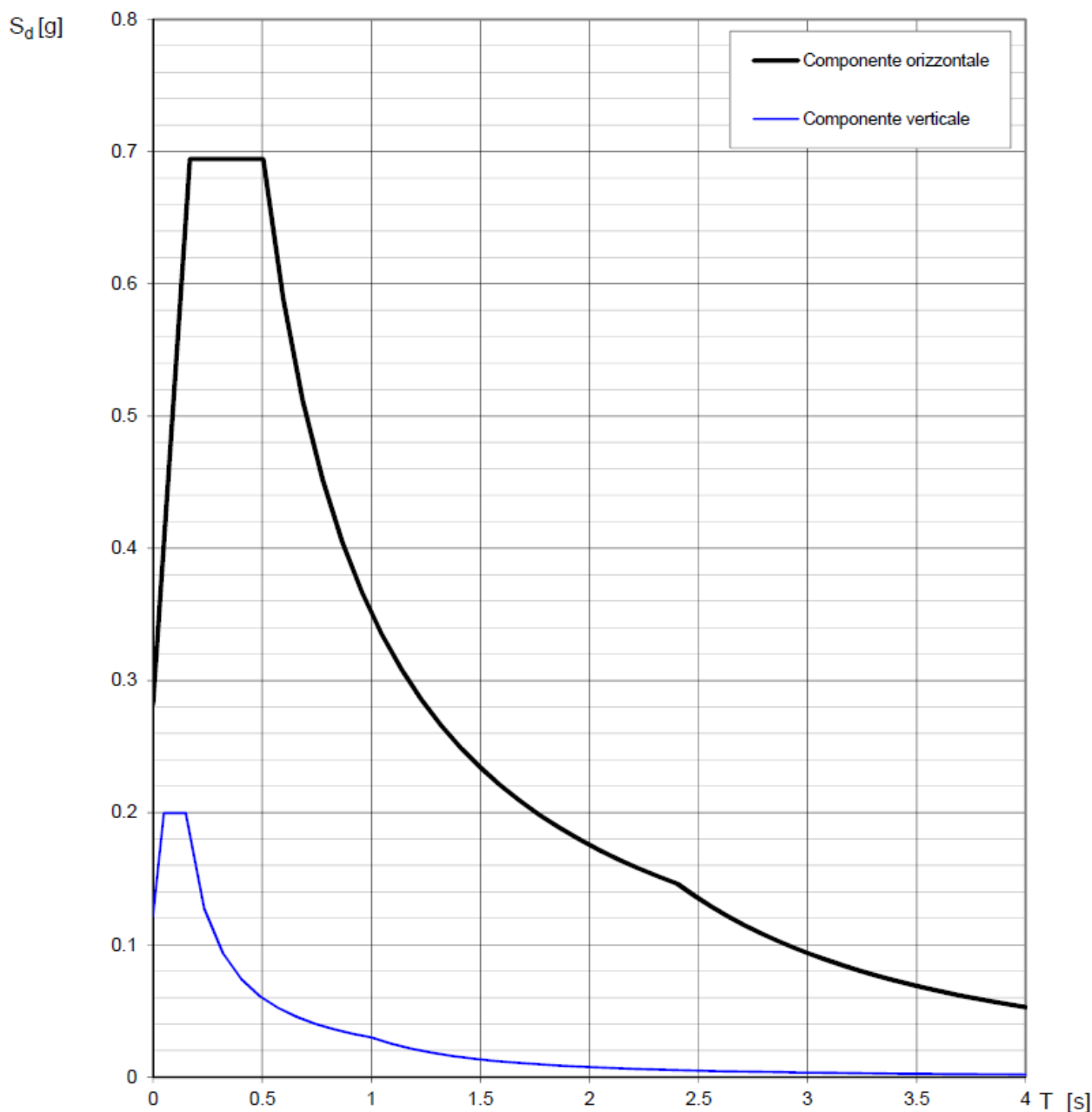
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.122
$T_B$ ←	0.050	0.200
$T_C$ ←	0.150	0.200
	0.235	0.128
	0.320	0.094
	0.405	0.074
	0.490	0.061
	0.575	0.052
	0.660	0.045
	0.745	0.040
	0.830	0.036
	0.915	0.033
$T_D$ ←	1.000	0.030
	1.094	0.025
	1.188	0.021
	1.281	0.018
	1.375	0.016
	1.469	0.014
	1.563	0.012
	1.656	0.011
	1.750	0.010
	1.844	0.009
	1.938	0.008
	2.031	0.007
	2.125	0.007
	2.219	0.006
	2.313	0.006
	2.406	0.005
	2.500	0.005
	2.594	0.004
	2.688	0.004
	2.781	0.004
	2.875	0.004
	2.969	0.003
	3.063	0.003
	3.156	0.003
	3.250	0.003
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.002

Tab. 9 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .

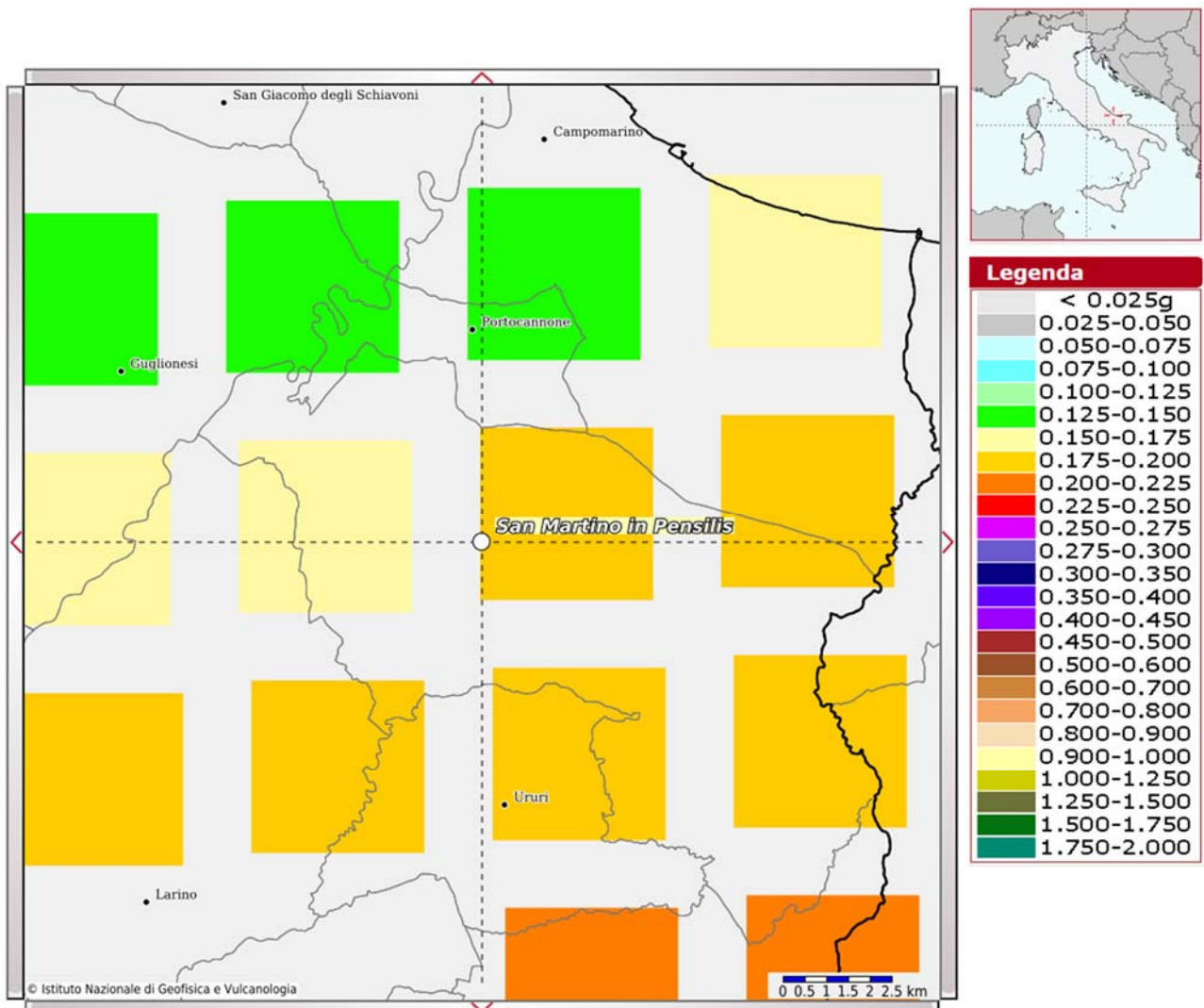


**Fig. 9 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d’uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**



### 7.3.3 Interpretazione ed analisi dei dati sismici

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 10), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di San Martino in Pensilis (CB) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.125 e 0.225 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



**Fig. 10 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria C (vedi par. 4), con valori di  $V_{S,eq}$  calcolati pari a (Tab. 10):

<b>Prospezione sismica</b>	<b><math>V_{S\ 0-30}</math> (m/s)</b>	<b><math>V_{S\ 1-31}</math> (m/s)</b>
<b>MASW n. 3</b>	<b>[308]</b>	<b>[319]</b>

Tab. 10 – Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Proprio in funzione della categoria di sottosuolo C e della categoria topografica T1 sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 5).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ) (Tabb. 6 – 8 – 11), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<b><math>a_g</math> SLD</b>	<b><math>a_g</math> SLV</b>	<b><math>S_e</math> [g] SLD</b>	<b><math>S_e</math> [g] SLV</b>
<b>[0.073]</b>	<b>[0.201]</b>	<b>[0.271]</b>	<b>[0.694]</b>

Tab. 11 – Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .

Di seguito si riportano i valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica MASW (Tab. 12).

<b>Sismostrato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b><math>V_S</math> (m/s)</b>
S1	0.0 – 2.5	184
S2	2.5 – 6.4	282
S3	6.4 – 9.2	177
S4	9.2 – 28.8	378
S5	28.8 – 34.0	557

**Tab. 12 - Prospetto delle determinazioni dei valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.3.**

## **7.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE**

Per determinare la fattibilità dell'opera da realizzare vengono analizzati i seguenti aspetti:

### **STABILITA' D'INSIEME**

Per caratterizzare la stabilità dell'area in esame, sono stati considerati i seguenti parametri, inoltre l'esame è stato esteso ad una vasta area circostante:

- pendenza dei versanti;
- giacitura delle formazioni stratificate;
- fratturazione delle masse rocciose;
- spessore delle eventuali coperture incoerenti;
- presenza di acqua.

***L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da pendenze medio-basse (sub-pianeggiante), litologie ben addensate, è stata classificata come stabile infatti si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità nelle aree di sedime dell'opera da realizzare.***

### **FENOMENI DI LIQUEFAZIONE**

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante.

***Nei casi in oggetto le litologie di fondazione (limo-argilloso, sabbia, limo e ghiaia ben addensate e argilla) sono assolutamente stabili e non possono dar luogo a eventi di liquefazione in quanto hanno una granulometria eterometrica che va dalle argille alle breccie subangolari che raggiungono anche la dimensione di oltre 10 cm di diametro, sono ben addensati, e, non è presente alcuna falda idrica superficiale, quindi non si può presentare la condizione di saturazione. In definitiva, si afferma che non sussistono le condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni di fondazione.***

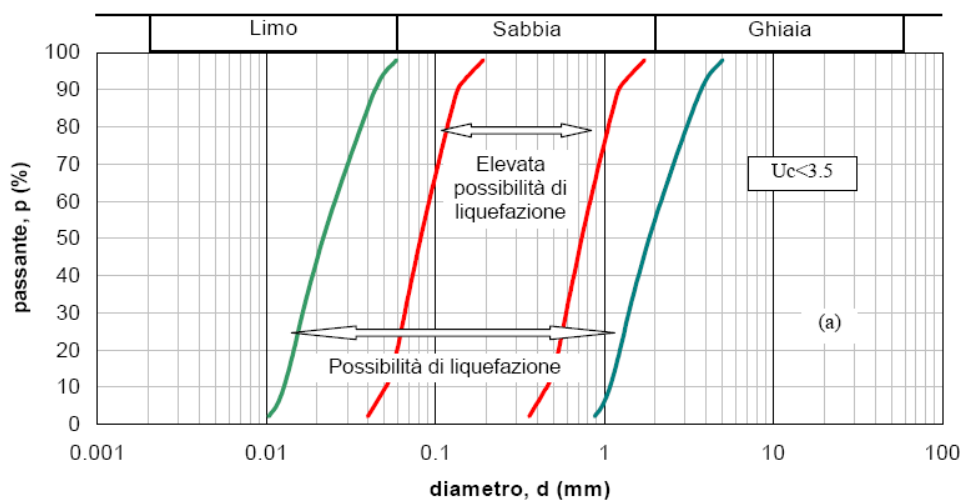
Si specifica inoltre che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi nei terreni omogenei, prevalentemente sabbiosi e saturi e solo in determinati casi, di seguito elencati.

La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

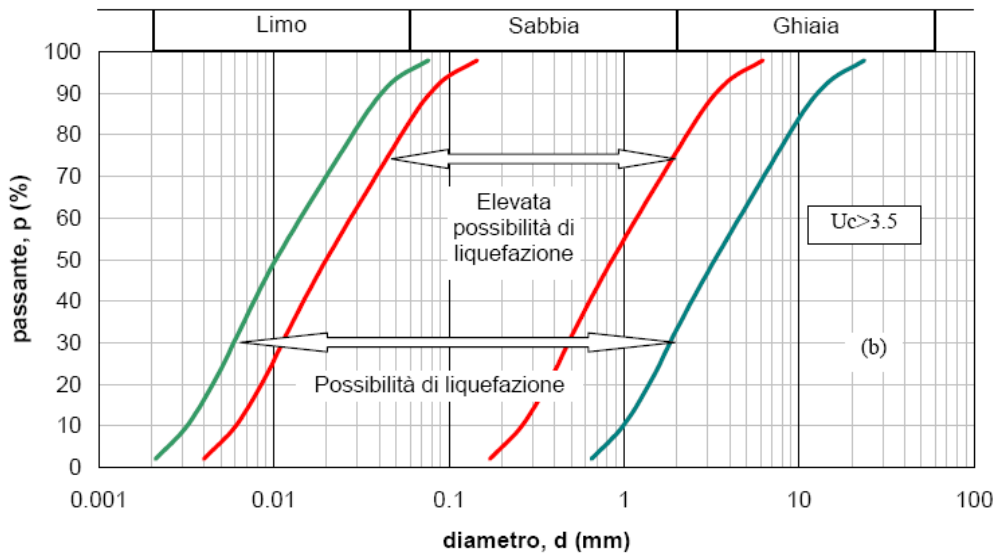
1. Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine  $FC$ , superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: in cui il coefficiente  $C_N$  è ricavabile dall'espressione essendo  $p_a$  la pressione atmosferica e  $\sigma'_v$  la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità  $U_c > 3.5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.







**Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella **categoria C**, con valori di  $V_{Seq}$  calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	$V_{S\ 1-31}$ (m/s)
<i>MASW n. 3</i>	<i>[308]</i>	<i>[319]</i>

**Tab. 10 – Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.**

Cautelativamente, in funzione della **categoria di suolo C** e categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

$a_g$ SLD	$a_g$ SLV	$S_e$ [g] SLD	$S_e$ [g] SLV
[0.073]	[0.201]	[0.271]	[0.694]

Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .

**ADDENSAMENTO**

Il terreno in oggetto, dalle indagini geognostiche effettuate consistenti in prove di laboratorio su Campioni Indisturbati e delle prove penetrometriche dinamiche DPSH, risulta essere da mediamente a molto addensato.

Per i motivi fin qui considerati si esprime valutazione positiva sulla fattibilità dell'intervento in progetto, in quanto i terreni sono addensati, non ci sono le condizioni predisponenti ad eventuali fenomeni di liquefazione e di instabilità dei versanti (area stabile).

In conclusione, le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.

## **7.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE**

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, ne conviene che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per giungere a dimostrare la compatibilità delle opere da progetto è necessario effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, sia alla tipologia degli interventi e modalità esecutive previste.

E' da segnalare che i manufatti da realizzare si inseriscono in un contesto morfologico caratterizzato da **medio-basse pendenze** e non necessita di interventi di sostanziale modificazione della geometria dell'area.

Dopo avere inquadrato i tratti caratteristici dell'intervento è utile confrontare l'opera di progetto con l'assetto idrogeologico e le condizioni di rischio del sito.

Per quanto attiene le aree di sedime in esame classificate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele adottato **dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)**, per quanto riguarda il rischio frana, in una zona classificata a "Pericolosità da frana Nulla" e a "Rischio da frana Nullo"e, per il rischio idrogeologico in una zona classificata a "Rischio idraulico Nullo" e a "Pericolosità idraulica Nulla", sono caratterizzate da condizioni idrogeologiche, litologiche e geotecniche confortanti in virtù della mancanza sia di materiali mobilizzabili sia di condizioni morfologiche predisponenti al dissesto.

Inoltre:

- Dalla ***sovrapposizione del LAYOUT del Progetto (previsione urbanistica degli interventi a farsi) con Carta Geomorfologica tutte le opere di progetto sono ubicate su una superficie stabile.***
- I lavori previsti non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della

pericolosità da frana;

- La loro tipologia non apporta variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
- La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
- Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente;
- La struttura in progetto si integrerà perfettamente nel contesto paesaggistico-ambientale.

In definitiva, in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)** (nel caso specifico al Art. 28 Parte III), si afferma che:

- Il presente studio di Compatibilità idrogeologica è supportato da dati oggettivi derivanti da indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel sito d'interesse;
- Tali indagini, consistenti in **n°1 prova penetrometrica DPSH con prelievo di n°1 Campione Indisturbato (Geosevi s.a.s.) con relative Prove di Laboratorio Certificate (Isogea srl)** e la realizzazione di **n°1 prova sismica superficiale MASW**, hanno definito in maniera approfondita la geometria superficiale e sotterranea dal punto di vista geofisico, litotecnico e geomeccanico;
- La realizzazione delle opere in progetto verrà effettuata adottando tutte le misure tecnico-costruttive per la mitigazione della vulnerabilità e la riduzione delle condizioni di rischio;
- Verrà adottato un corretto sistema di deflusso delle acque superficiali e sotterranee.

Dal presente studio, quindi, risulta che non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità (rischio sostenibile).

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato.**

## 8 AREA PARCO 5

L'Area Parco agro-fotovoltaico 4 sarà realizzato nel Comune di San Martino in Pensilis (CB) e ricoprirà una superficie pari a:

- Area 5: 13 ettari circa.





## 8.1 MODELLO GEOLOGICO

### 8.1.1 Stratigrafia locale

Da un accurato rilevamento di campagna, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf* **Tav. C-3 CARTA GEOLITOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- Coperture fluvio-lacustre (Pleistocene Medio-Superiore);
- Argille di Montesacco, "terreni" di origine marina, (Plio-Pleistocene).

Per quanto riguarda l'area di sedime dell'impianto agro-fotovoltaico da realizzare nell'Area Parco 1, attraverso l'esecuzione di **n°2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH)** corredata dal **prelievo di n°1 Campione Indisturbato (e relative Prove di Laboratorio)** e con la realizzazione di **n°1 prove sismiche superficiali MASW** (atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa **D.M. 17/01/2018**) e con l'ausilio dei dati tratti dalle Carte Geolitologiche esistenti, successivamente verificati dal rilevamento geologico, si è potuto constatare che il substrato è costituito da "terreni" di origine fluvio-lacustre (di 2 ordini di terrazzi) che si sovrappongono ai depositi marini, così composti:

- dal piano campagna a 0,8/1 m terreno vegetale (copertura agraria) limo-argilloso e sabbioso con clasti litici, colore marrone e dall'odore terroso, sciolto;
- da 0,8/1 m a circa 6,2 m (area lato monte) e a circa 3,8 m (area lato valle) alternanze di depositi fluvio-lacustri composti da alternanze di limo-argilloso e limo-sabbioso con qualche clasto calcareo, colore marrone-scuro, molto addensate;
- da circa 6,2 m a 7,5 m (area lato monte) e da circa 3,8 m a 6 m (area lato valle) alternanze di depositi fluvio-lacustri composti da alternanze di ghiaia a matrice limo-argillosa e limo-argilloso con numerosi clasti calcarei, , molto addensate;
- da circa 7,5/6 m ad oltre 40 m dal p.c. argille marnose, siltose-sabbiose con una colorazione grigio-azzurre in profondità mentre in superficie appaiono di colore giallastre in seguito ad alterazione, spesso con livelletti di silt e solo raramente si hanno intercalazioni di sabbiose, divenendo sempre più abbondanti nella parte alta della formazione (**Argille di Montesacco**).

---

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvencono generalmente strati molli.

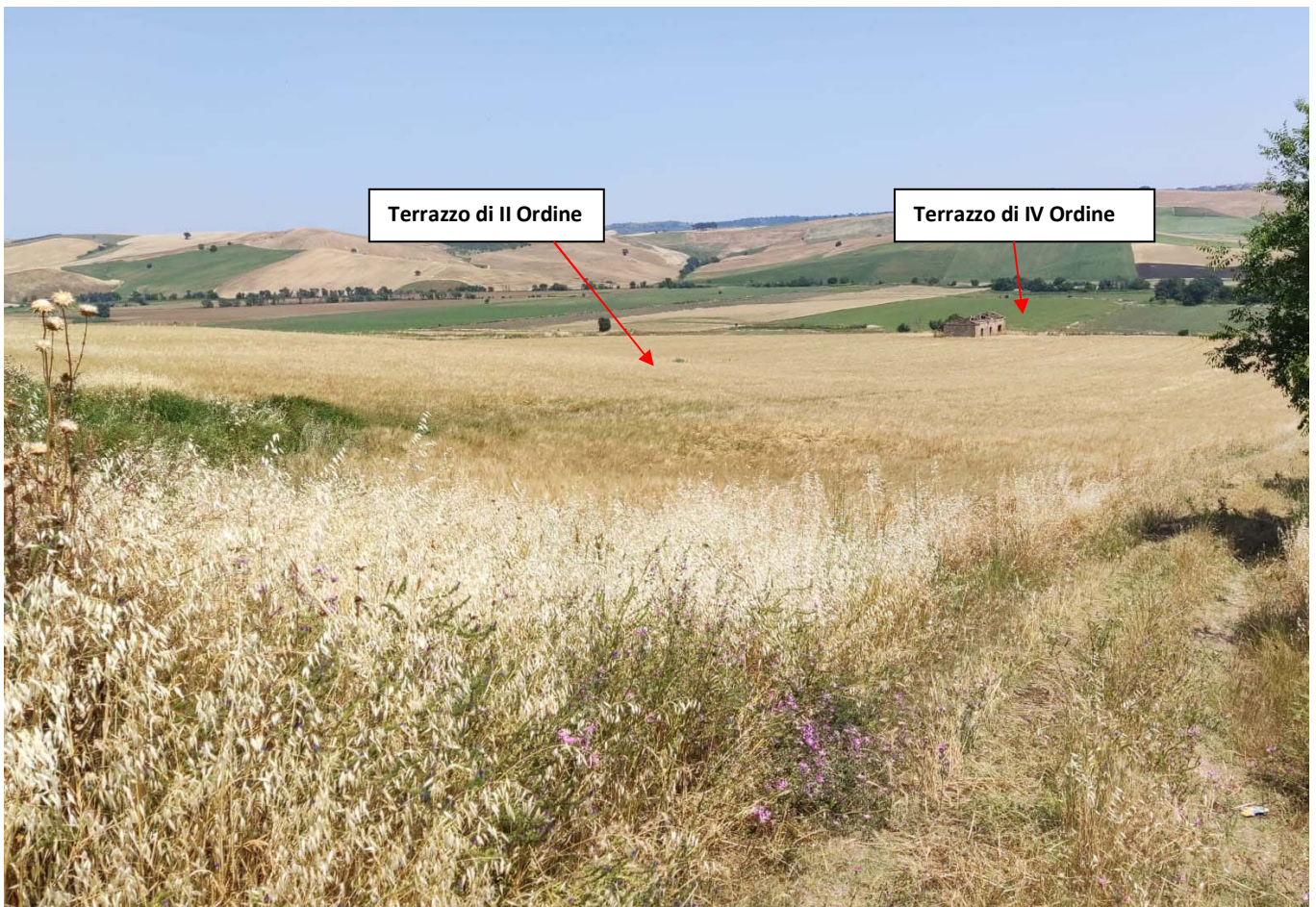
### 8.1.2 Geomorfologia locale

Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

L'Area 5 del Parco agro-fotovoltaico sarà collocata su una vasta area composta da due superfici sub-pianeggianti o a bassa pendenza, rappresentanti due diversi ordini di terrazzi alluvionali (II e IV Ordine) dislocati a quote diverse e, da una superficie a pendenza media di raccordo fra i due terrazzi. Tutta l'area risulta comunque blandamente inclinata verso il fiume Saccione, si colloca alle quote comprese fra 110 m e circa 64 m s.l.m. ed è debolmente modellata dalle acque di ruscellamento superficiale (*cf. Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA*).

Di seguito vengono riportate delle immagini rappresentative delle aree oggetto d'intervento.





Per caratterizzare la stabilità sono stati considerati i seguenti parametri dedotti dal rilevamento di campagna e dai dati ottenuti dalle indagini geologico-tecniche:

- pendenza dei versanti,
- giacitura delle formazioni stratificate,
- spessore delle eventuali coperture incoerenti,
- presenza di acqua,

dai quali si evince che le aree presentano pendenze basse, giacitura delle litologie sub-orizzontali, spessore massimo della copertura incoerente compresa fra 0,8/1 m e assenza di falde idriche superficiali, pertanto si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità.

Da quanto in precedenza descritto le aree di ubicazione del Parco agro-fotovoltaico sono da considerare **stabili sotto il profilo geomorfologico (cfr Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA).**

### 8.1.3 Idrogeologia

I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale (superficiale) e uno di origine marina costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi (cfr **Tav. C-4 CARTA IDROGEOLOGICA**).

- **Complesso detritico-alluvionale:** costituito da depositi sciolti a granulometria variabile dalle sabbie-limose ai conglomerati aventi in quest'area uno spessore pari a circa 2 metri. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per i limi) a elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- **Complesso marino:** costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi che presentano permeabilità per porosità molto scarsa (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni.

I terreni argillosi, rilevati direttamente dalle indagini geognostiche, risultano essere **saturi**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera superficiale**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.



Stralcio del Foglio n° 155 della **Carta Geologica d'Italia**  
 (SAN SEVERO), scala 1:100000



**Legenda**

Pleistocene	<b>fl<sup>2</sup></b>		Coperture fluviali (e lacustri?) del II ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da "terre nere" ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	<b>fl<sup>1</sup></b>		Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi, ricoperti in generale da «terre nere» ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	<b>Q<sup>7</sup></b>		Sabbie e argille sabbiose con lenti di ciottoli comprese fra la falesia e la spiaggia attuale (Termoli). <b>TIRRENIANO?</b>
Pliocene	<b>Q<sup>6</sup>P<sup>3</sup></b>		ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi ( <i>Chlamys opercularis</i> L., <i>C. flexuosa</i> POLI, <i>Glycymeris</i> , ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a <i>Valvulineria bradyana</i> (FORN.), <i>Bolivina superba</i> EM., <i>B. catanensis</i> SEG. e <i>Bulimina elegans</i> D'ORB., nella parte inferiore, a <i>Globorotalia crassaformis</i> (GALL. e WISS.) e <i>G. scitula</i> (BRADY). CALABRIANO ? - PLIOCENE MEDIO.
	<b>P<sup>3</sup>M<sup>4</sup></b>		FORMAZIONE DEL TONA – Argille siltose grigio-azzurrine, molasse gialle e giallo-brunastre, in grossi banchi, con livelli fortemente cementati e rare intercalazioni di argille verdastre; molasse brunastre con intercalazioni di argille sabbiose; fauna a <i>Panopaea</i> , <i>Pecten</i> , <i>Mactra</i> e foraminiferi: <i>Bolivina leonardii</i> ACC. e SELL. <i>Globorotalia puncticulata</i> (d'ORB.), <i>G. hirsuta</i> (d'ORB.), <i>Sphaeroidinella seminulina</i> (SCHW.); localmente gessi, diatomiti, argille bituminose nerastre, calcari listati grigi, molasse con intercalazioni argillose; microfauna a <i>Globigerinoides obliqua</i> BOLLI, <i>Bolivina dilatata</i> REUSS, <i>Bulimina elongata</i> d'ORB.. PLIOCENE INF. - MESSINIANO.
	<b>M<sup>4</sup></b>		

#### 8.1.4 Analisi Vincoli PSAI

L'area studio, ricadente nel territorio di competenza **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione)** (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006) in una zona classificata come:

17. **Pericolosità da Frana: Pericolosità Nulla** (cfr. Tav. C-6 CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA);
18. **Rischio da Frana: Nullo** (cfr. Tav. C-7 CARTA DEL RISCHIO DA FRANA);
19. **Pericolosità Idraulica: NULLA** (cfr. Tav. C-8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA);
20. **Rischio idraulico: NULLO** (cfr. Tav. C-9 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO),

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, indicano che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per i motivi fin qui considerati e dal **Testo Unico coordinato delle NTA dello PSAI (adottato a settembre 2006)** in base agli:

- Art. 28 Parte III;

*si esprime valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area, in quanto sono opere di pubblico interesse ed inoltre:*

- **Si tratta di servizi essenziali non delocalizzabili;**
- **Non pregiudicano la realizzazione di eventuali interventi del PAI;**
- **Non concorrono ad aumentare il carico insediativo;**
- **Saranno realizzati con idonei accorgimenti costruttivi;**
- **Risultano coerenti con le misure di protezione civile di cui al PAI e ai piani comunali di settore.**

## 8.2 MODELLO GEOTECNICO

### 8.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate

Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche (cfr. **Tav. C-2 CARTA della UBICAZIONE delle INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI** e **Tav. C-1-b FASCICOLO delle INDAGINI GEOGNOSTICHE**):

- n°2 prove penetrometriche pesanti DPSH (DPSH.8 e DPSH.9) con prelievo di n°1 Campione Indisturbato P8C4 (Geosevi s.a.s.);
- analisi di laboratorio sul Campione Indisturbato (Isogea Srl)
- la realizzazione di n°1 prova sismica MASW (mw1) (*atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018*) (Geosevi s.a.s.)

### 8.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse

Dalle elaborazioni delle indagini dirette in sito sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche. Di seguito vengono riportate le elaborazioni.

**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.8**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
 Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
 Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 22/07/2021  
 - quota inizio : p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,00	N	4,6	3	6	3,8	---	---	---	5	1,52	8
		Rpd	33,7	22	45	28,0	---	---	---	37		
2	1,00 6,20	N	8,4	5	18	6,7	2,5	5,9	10,9	8	1,52	12
		Rpd	49,9	30	91	40,0	13,4	36,4	63,3	48		
3	6,20 7,40	N	48,8	29	80	38,9	18,2	30,6	67,1	49	1,52	75
		Rpd	239,0	147	384	192,8	84,0	155,1	323,0	240		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 8**

n°	H1	H2	NATURA GRANULARE						NATURA COESIVA					Litologia		
			Nspt	Vs	G	Dr	φ'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed	Ysat		W	e
1	0,00	1,00	8	---	63	28	28	70	1,80	1,34	---	---	---	---	---	Terreno agrario
2	1,00	6,20	12	---	83	---	22	72	1,84	1,43	0,15	72	1,92	31,2	0,842	Limo Argilloso deb.Sabbioso
3	6,20	7,40	75	---	322	---	28	380	2,10	1,80	0,72	380	2,69	0,3	0,008	Limo Argilloso con pezzame ghiaioso

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa φ' (°) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972





**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.9**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 22/07/2021  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,80	N	4,5	3	8	3,8	---	---	---	4	1,52	6
		Rpd	33,5	22	60	27,9	---	---	---	30		
2	0,80 3,80	N	8,1	3	18	5,5	4,1	4,0	12,2	8	1,52	12
		Rpd	52,6	18	108	35,3	26,8	25,7	79,4	52		
3	3,80 6,00	N	38,5	27	80	32,8	14,9	23,7	53,4	38	1,52	58
		Rpd	208,9	144	405	176,6	72,1	136,8	281,0	206		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 9**

n°	H1	H2	NATURA GRANULARE							NATURA COESIVA					Litologia	
			Nspt	Vs	G	Dr	ø'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed	Ysat	W		e
1	0,00	0,80	6	---	50	21	26	59	1,77	1,33	---	---	---	---	---	Terreno agrario
2	0,80	3,80	12	---	83	---	22	72	1,84	1,40	0,13	72	1,92	31,2	0,842	Limo Argilloso deb. Sabbioso
3	3,80	6,00	58	---	266	---	27	348	2,05	1,75	0,63	348	2,48	5,5	0,148	Limo Argilloso con pezzame ghiaioso

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972





## **8.3 MODELLO SISMICO**

### **8.3.1 Modellazione Sismica**

Per la modellazione sismica dell'Area Parco 5 agro-fotovoltaico è stata realizzata n°1 prove sismica **MASW (mw.4)**, al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).



### **8.3.2 Risposta sismica locale**

La valutazione della risposta sismica locale è stata effettuata secondo i dettami del recente D.M. del 17 gennaio 2018, tramite l'utilizzo del software sperimentale SPETTRI NTC 1.0.3 sviluppato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ed utilizzando le risultanze della prospezione sismica MASW precedentemente descritta.

Gli spettri di risposta ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio SLD (Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita).

In un primo stadio è stata individuata la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) (Tab. 5; Fig. 7).

In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della

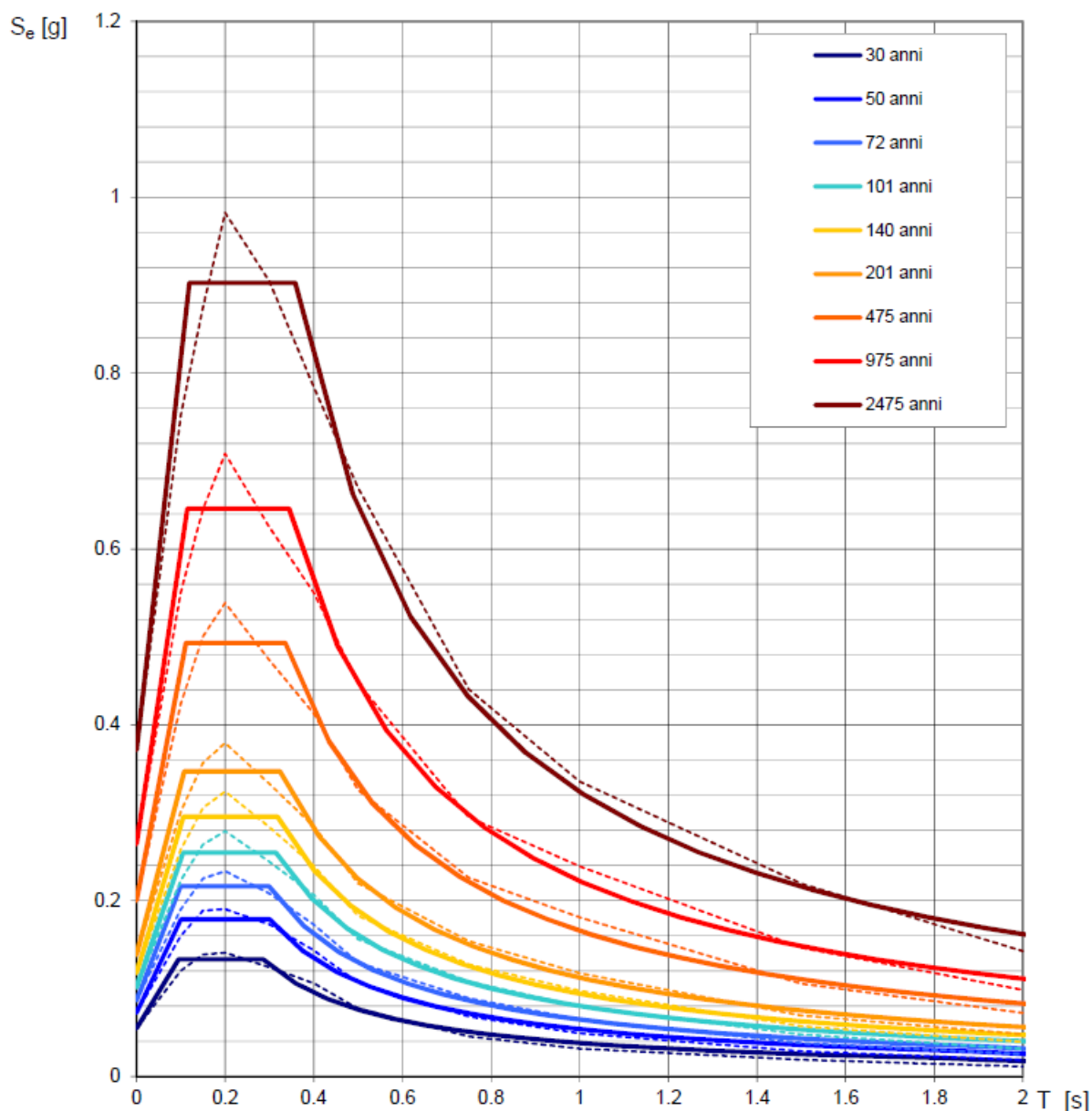
costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV) (Tabb. 6 – 9; Figg. 8 – 9).

Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito (categoria di sottosuolo **C** – categoria topografica **T1**) individuata nell'area oggetto di indagine.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO  
PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A  
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.103395 – LAT. 41.809839 (IN GRADI DECIMALI)**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
30	0.055	2.425	0.285
50	0.073	2.460	0.301
72	0.087	2.494	0.299
101	0.102	2.506	0.314
140	0.118	2.508	0.318
201	0.139	2.503	0.324
475	0.200	2.462	0.336
975	0.265	2.439	0.344
2475	0.371	2.430	0.358

Tab. 5 - Prospetto dei valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;  $F_o$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  $T_c$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 7 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_r$  di riferimento per categoria di sottosuolo A.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C  
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1  
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.103395 – LAT. 41.809839 (IN GRADI DECIMALI)**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.073 g
$F_o$	2.461
$T_c$	0.301 s
$S_s$	1.500
$C_c$	1.561
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.156 s
$T_C$	0.469 s
$T_D$	1.891 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_c / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.109
$T_B \leftarrow$	0.156	0.269
$T_C \leftarrow$	0.469	0.269
	0.537	0.235
	0.605	0.208
	0.672	0.187
	0.740	0.170
	0.808	0.156
	0.875	0.144
	0.943	0.134
	1.011	0.125
	1.079	0.117
	1.146	0.110
	1.214	0.104
	1.282	0.098
	1.349	0.093
	1.417	0.089
	1.485	0.085
	1.553	0.081
	1.620	0.078
	1.688	0.075
	1.756	0.072
	1.823	0.069
$T_D \leftarrow$	1.891	0.067
	1.991	0.060
	2.092	0.054
	2.192	0.050
	2.293	0.045
	2.393	0.042
	2.494	0.038
	2.594	0.035
	2.694	0.033
	2.795	0.031
	2.895	0.028
	2.996	0.027
	3.096	0.025
	3.197	0.023
	3.297	0.022
	3.397	0.021
	3.498	0.019
	3.598	0.018
	3.699	0.017
	3.799	0.017
	3.900	0.016
	4.000	0.015

**Tab. 6 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0.026 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0.896
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

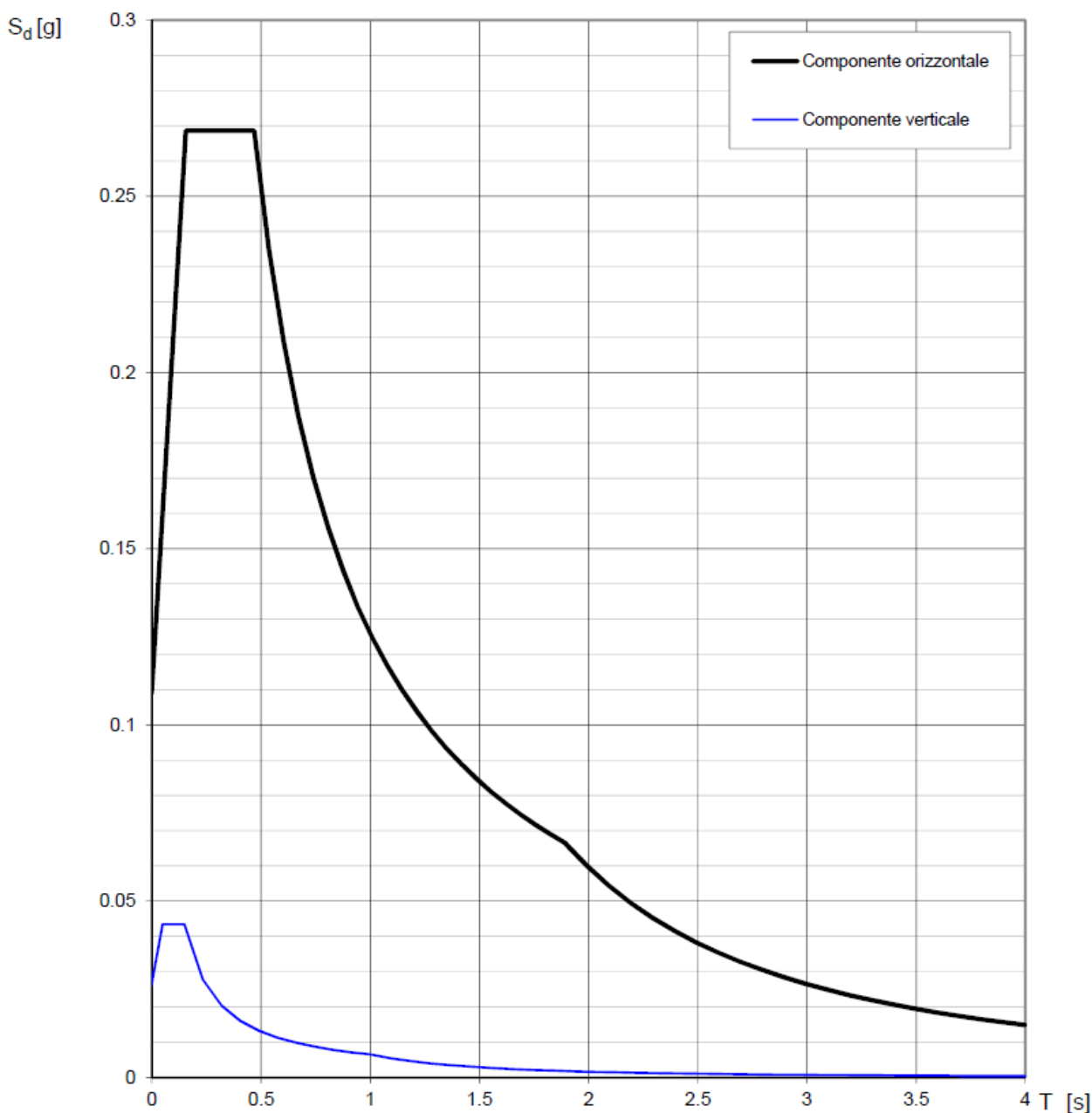
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.026
$T_B \leftarrow$	0.050	0.043
$T_C \leftarrow$	0.150	0.043
	0.235	0.028
	0.320	0.020
	0.405	0.016
	0.490	0.013
	0.575	0.011
	0.660	0.010
	0.745	0.009
	0.830	0.008
	0.915	0.007
$T_D \leftarrow$	1.000	0.007
	1.094	0.005
	1.188	0.005
	1.281	0.004
	1.375	0.003
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.002
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 7 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $CU = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .





**Fig. 8 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.200 g
$F_o$	2.462
$T_c$	0.336 s
$S_s$	1.404
$C_c$	1.505
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.404
$\eta$	1.000
$T_B$	0.168 s
$T_C$	0.505 s
$T_D$	2.401 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \zeta)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.281
$T_B$ ←	0.168	0.692
$T_C$ ←	0.505	0.692
	0.596	0.587
	0.686	0.510
	0.776	0.451
	0.866	0.404
	0.957	0.366
	1.047	0.334
	1.137	0.308
	1.227	0.285
	1.318	0.265
	1.408	0.248
	1.498	0.233
	1.588	0.220
	1.679	0.208
	1.769	0.198
	1.859	0.188
	1.949	0.179
	2.040	0.171
	2.130	0.164
	2.220	0.158
	2.310	0.151
$T_D$ ←	2.401	0.146
	2.477	0.137
	2.553	0.129
	2.629	0.121
	2.705	0.115
	2.781	0.109
	2.858	0.103
	2.934	0.098
	3.010	0.093
	3.086	0.088
	3.162	0.084
	3.238	0.080
	3.315	0.076
	3.391	0.073
	3.467	0.070
	3.543	0.067
	3.619	0.064
	3.695	0.061
	3.772	0.059
	3.848	0.057
	3.924	0.055
	4.000	0.052

**Tab. 8 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0.121 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.487
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{a_0}\right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

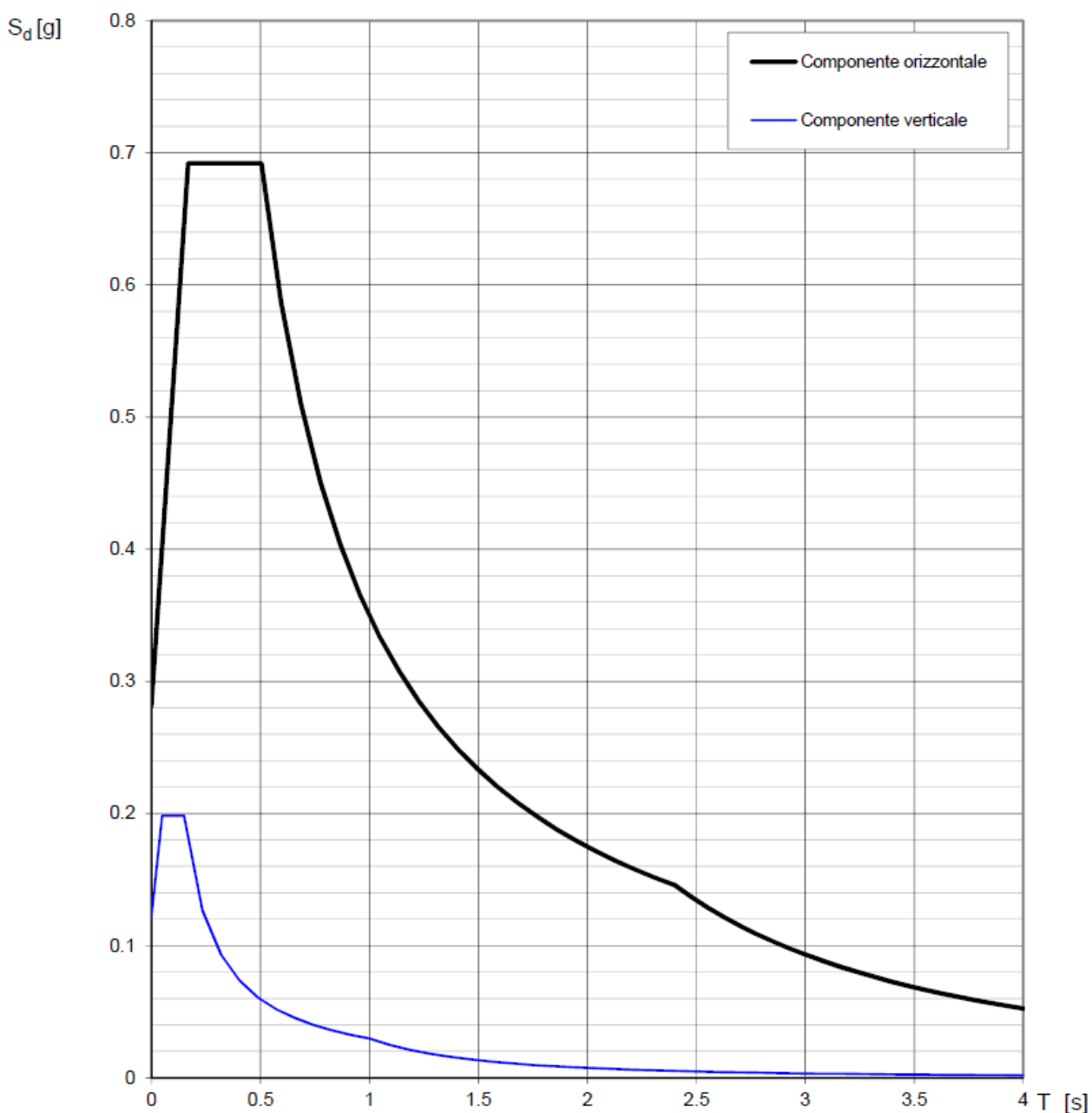
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.121
$T_B$ ←	0.050	0.198
$T_C$ ←	0.150	0.198
	0.235	0.127
	0.320	0.093
	0.405	0.073
	0.490	0.061
	0.575	0.052
	0.660	0.045
	0.745	0.040
	0.830	0.036
	0.915	0.033
$T_D$ ←	1.000	0.030
	1.094	0.025
	1.188	0.021
	1.281	0.018
	1.375	0.016
	1.469	0.014
	1.563	0.012
	1.656	0.011
	1.750	0.010
	1.844	0.009
	1.938	0.008
	2.031	0.007
	2.125	0.007
	2.219	0.006
	2.313	0.006
	2.406	0.005
	2.500	0.005
	2.594	0.004
	2.688	0.004
	2.781	0.004
	2.875	0.004
	2.969	0.003
	3.063	0.003
	3.156	0.003
	3.250	0.003
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.002

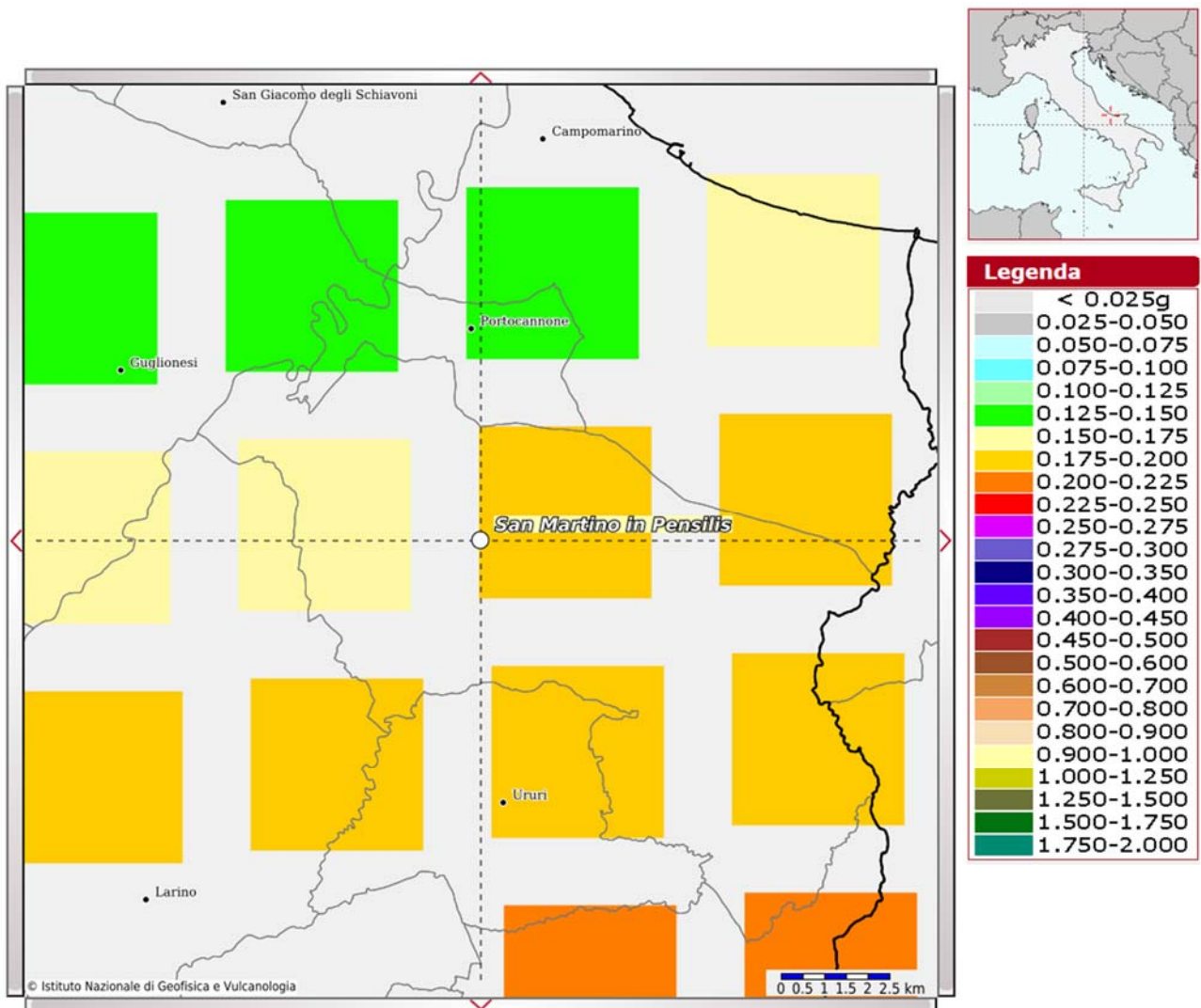
Tab. 9 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.



**Fig. 9 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d’uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

### 8.3.3 Interpretazione ed analisi dei dati sismici

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 10), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di San Martino in Pensilis (CB) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.125 e 0.225 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



**Fig. 10 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.**



I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria C (vedi par. 4), con valori di  $V_{S,eq}$  calcolati pari a (Tab. 10):

<i>Prospezione sismica</i>	<i><math>V_{S\ 0-30}</math> (m/s)</i>	<i><math>V_{S\ 1-31}</math> (m/s)</i>
<i>MASW n. 4</i>	<i>[287]</i>	<i>[297]</i>

**Tab. 10 – Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.**

Proprio in funzione della categoria di sottosuolo C e della categoria topografica T1 sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 5).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ) (Tabb. 6 – 8 – 11), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i><math>a_g</math> SLD</i>	<i><math>a_g</math> SLV</i>	<i><math>S_e</math> [g] SLD</i>	<i><math>S_e</math> [g] SLV</i>
<i>[0.073]</i>	<i>[0.200]</i>	<i>[0.269]</i>	<i>[0.692]</i>

**Tab. 11 – Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

Di seguito si riportano i valori di VS per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica MASW (Tab. 12).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>s</sub> (m/s)</i>
S1	0.0 – 2.2	164
S2	2.2 – 5.8	365
S3	5.8 – 8.2	132
S4	8.2 – 11.2	215
S5	11.2 – 25.7	365
S6	25.7 – 32.2	494

**Tab. 12 - Prospetto delle determinazioni dei valori di VS per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.4.**

## **8.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE**

Per determinare la fattibilità dell'opera da realizzare vengono analizzati i seguenti aspetti:

### **STABILITÀ D'INSIEME**

Per caratterizzare la stabilità dell'area in esame, sono stati considerati i seguenti parametri, inoltre l'esame è stato esteso ad una vasta area circostante:

- pendenza dei versanti;
- giacitura delle formazioni stratificate;
- fratturazione delle masse rocciose;
- spessore delle eventuali coperture incoerenti;
- presenza di acqua.

***L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da pendenze medio-basse (sub-pianeggiante), litologie ben addensate, è stata classificata come stabile infatti si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità nelle aree di sedime dell'opera da realizzare.***

### **FENOMENI DI LIQUEFAZIONE**

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante.

***Nei casi in oggetto le litologie di fondazione (limo-argilloso, sabbia, limo e ghiaia ben addensate e argilla) sono assolutamente stabili e non possono dar luogo a eventi di liquefazione in quanto hanno una granulometria eterometrica che va dalle argille alle breccie subangolari che raggiungono anche la dimensione di oltre 10 cm di diametro, sono ben addensati, e, non è presente alcuna falda idrica superficiale, quindi non si può presentare la condizione di saturazione. In definitiva, si afferma che non sussistono le condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni***

**di fondazione.**

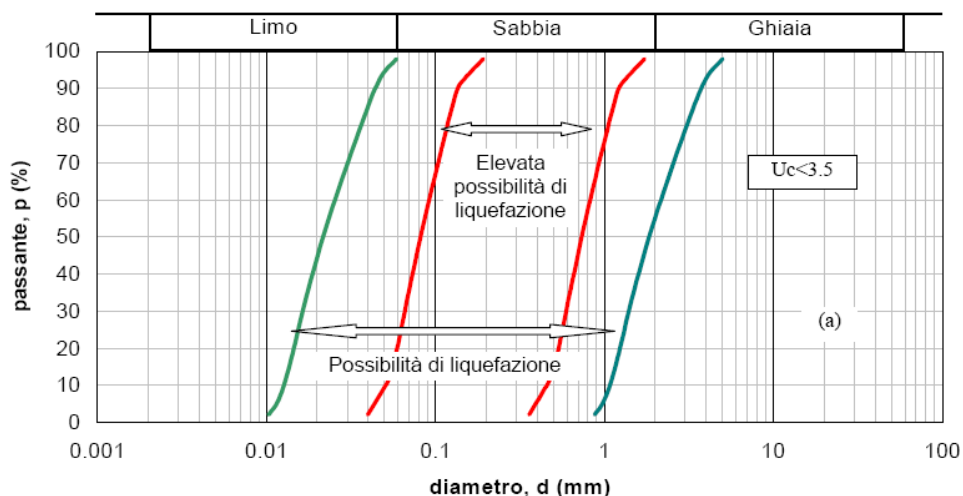
Si specifica inoltre che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi nei terreni omogenei, prevalentemente sabbiosi e saturi e solo in determinati casi, di seguito elencati.

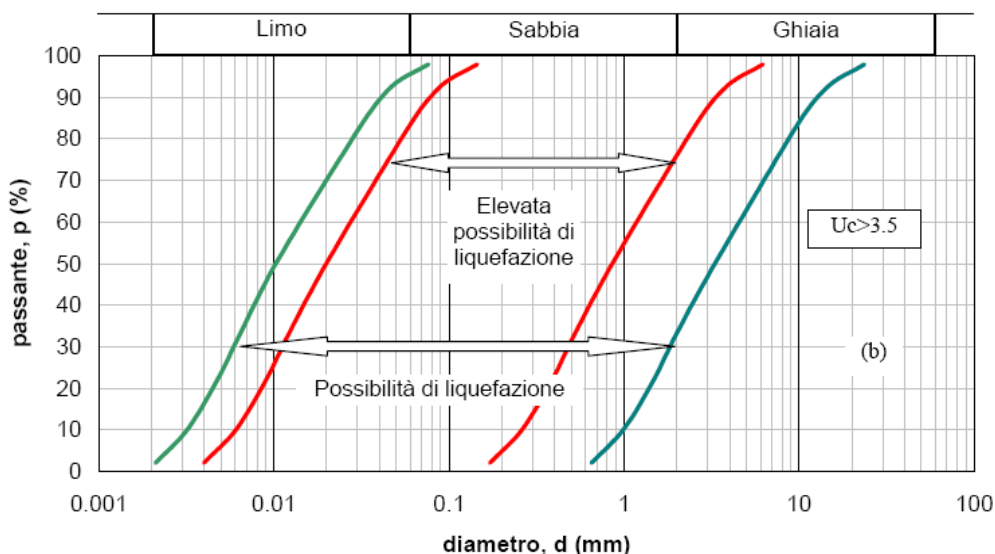
La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine  $FC$ , superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: in cui il coefficiente  $C_N$  è ricavabile dall'espressione essendo  $p_a$  la pressione atmosferica e  $\sigma'_v$  la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità  $U_c > 3.5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.





**Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella **categoria C**, con valori di  $V_{Seq}$  calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	$V_{S\ 1-31}$ (m/s)
<i>MASW n. 4</i>	[287]	[297]

Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Cautelativamente, in funzione della **categoria di suolo C** e categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:



$a_g$ SLD	$a_g$ SLV	$S_e$ [g] SLD	$S_e$ [g] SLV
[0.073]	[0.200]	[0.269]	[0.692]

Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .

**ADDENSAMENTO**

Il terreno in oggetto, dalle indagini geognostiche effettuate consistenti in prove di laboratorio su Campioni Indisturbati e delle prove penetrometriche dinamiche DPSH, risulta essere da mediamente a molto addensato.

Per i motivi fin qui considerati si esprime valutazione positiva sulla fattibilità dell'intervento in progetto, in quanto i terreni sono addensati, non ci sono le condizioni predisponenti ad eventuali fenomeni di liquefazione e di instabilità dei versanti (area stabile).

In conclusione, le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.

## **8.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE**

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, ne conviene che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per giungere a dimostrare la compatibilità delle opere da progetto è necessario effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, sia alla tipologia degli interventi e modalità esecutive previste.

E' da segnalare che i manufatti da realizzare si inseriscono in un contesto morfologico caratterizzato da **medio-basse pendenze** e non necessita di interventi di sostanziale modificazione della geometria dell'area.

Dopo avere inquadrato i tratti caratteristici dell'intervento è utile confrontare l'opera di progetto con l'assetto idrogeologico e le condizioni di rischio del sito.

Per quanto attiene le aree di sedime in esame classificate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele adottato **dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)**, per quanto riguarda il rischio frana, in una zona classificata a "Pericolosità da frana Nulla" e a "Rischio da frana Nullo"e, per il rischio idrogeologico in una zona classificata a "Rischio idraulico Nullo" e a "Pericolosità idraulica Nulla", sono caratterizzate da condizioni idrogeologiche, litologiche e geotecniche confortanti in virtù della mancanza sia di materiali mobilizzabili sia di condizioni morfologiche predisponenti al dissesto.

Inoltre:

- Dalla ***sovrapposizione del LAYOUT del Progetto (previsione urbanistica degli interventi a farsi) con Carta Geomorfológica tutte le opere di progetto sono ubicate su una superficie stabile.***
- I lavori previsti non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della

pericolosità da frana;

- La loro tipologia non apporta variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
- La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
- Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente;
- La struttura in progetto si integrerà perfettamente nel contesto paesaggistico-ambientale.

In definitiva, in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)** (nel caso specifico al Art. 28 Parte III), si afferma che:

- Il presente studio di Compatibilità idrogeologica è supportato da dati oggettivi derivanti da indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel sito d'interesse;
- Tali indagini, consistenti in **n°2 prove penetrometriche DPSH con prelievo di n°1 Campione Indisturbato (Geosevi s.a.s.) con relative Prove di Laboratorio Certificate (Isogea srl) e la realizzazione di n°1 prova sismica superficiale MASW**, hanno definito in maniera approfondita la geometria superficiale e sotterranea dal punto di vista geofisico, litotecnico e geomeccanico;
- La realizzazione delle opere in progetto verrà effettuata adottando tutte le misure tecnico-costruttive per la mitigazione della vulnerabilità e la riduzione delle condizioni di rischio;
- Verrà adottato un corretto sistema di deflusso delle acque superficiali e sotterranee.

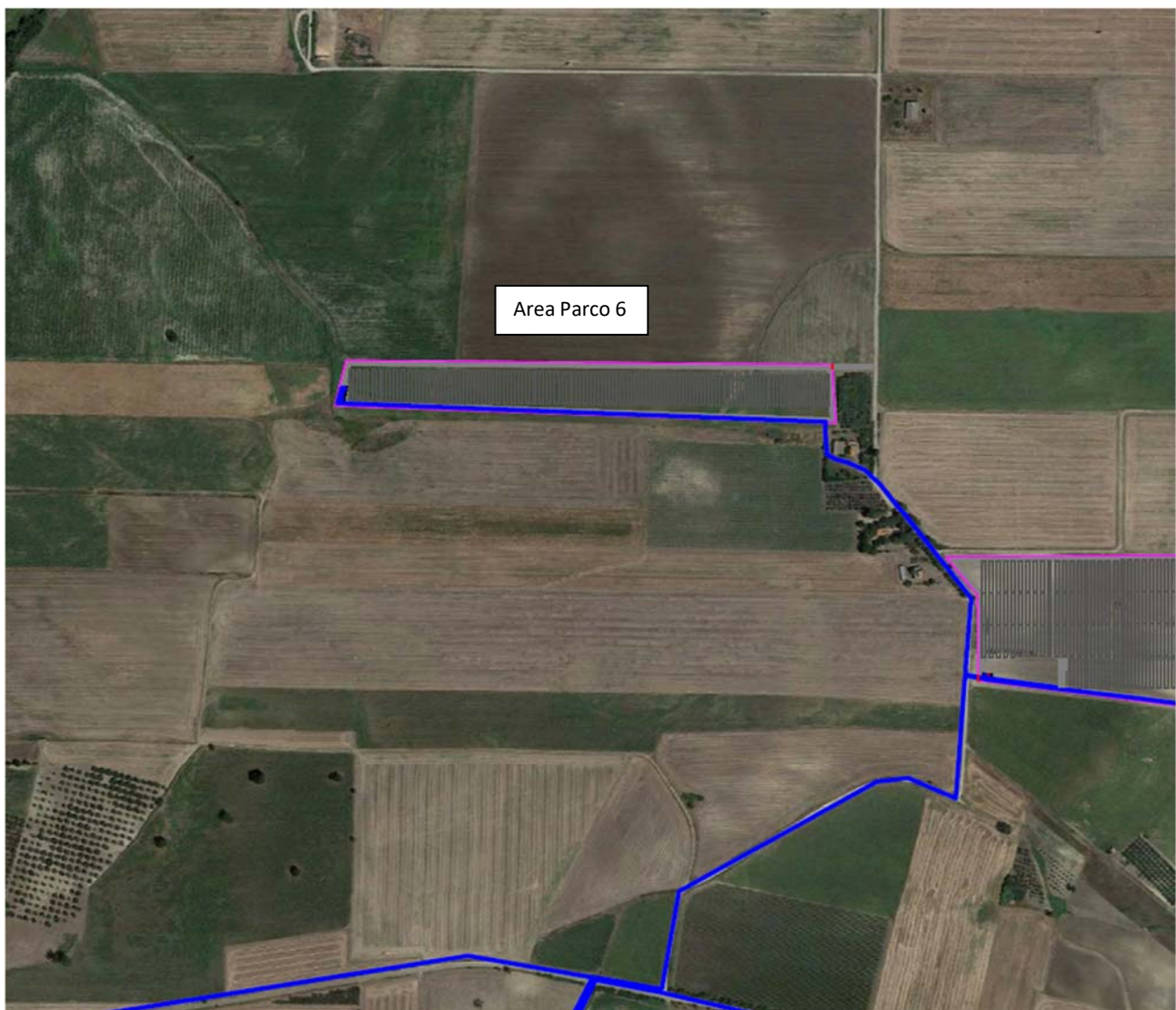
Dal presente studio, quindi, risulta che non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità (rischio sostenibile).

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato.**

## 9 AREA PARCO 6

L'Area Parco agro-fotovoltaico 6 sarà realizzato nel San Martino in Pensilis (CB) e ricoprirà una superficie pari a:

- Area 3: 4,83 ettari circa.



## 9.1 MODELLO GEOLOGICO

### 9.1.1 Stratigrafia locale

Da un accurato rilevamento di campagna, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf* **Tav. C-3 CARTA GEOLITOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- Coperture fluvio-lacustre (Pleistocene Medio-Superiore);
- Argille di Montesacco, "terreni" di origine marina, (Plio-Pleistocene).

Per quanto riguarda l'area di sedime dell'impianto agro-fotovoltaico da realizzare nell'Area Parco 6, attraverso l'esecuzione di **n°1 prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH)** e con l'ausilio dei dati tratti dalle Carte Geolitologiche esistenti, successivamente verificati dal rilevamento geologico, si è potuto constatare che il substrato è costituito da "terreni" di origine fluvio-lacustre che si sovrappongono ai depositi marini, così composti:

- dal piano campagna a 0,8 m terreno vegetale (copertura agraria) limo-argilloso e sabbioso con clasti litici, colore marrone e dall'odore terroso, sciolto;
- da 0,8 m a circa 5 m alternanze di depositi fluvio-lacustri composti da alternanze di limo-argilloso e limo-sabbioso con grossa frazione di clasti calcarei di grandi dimensioni sub-arrotondati, colore marrone-rosso, mediamente addensate;
- da circa 5 m ad oltre 40 m dal p.c. argille marnose, siltose-sabbiose con una colorazione grigio-azzurre in profondità mentre in superficie appaiono di colore giallastre in seguito ad alterazione, spesso con livelletti di silt e solo raramente si hanno intercalazioni di sabbiose, divenendo sempre più abbondanti nella parte alta della formazione (**Argille di Montesacco**).

Si specifica che nell'Area nella parte più occidentale del sito n°6 in oggetto affiorano direttamente limi-argillosi e argille-marnose (**Argille di Montesacco**).

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvencono generalmente strati molli.

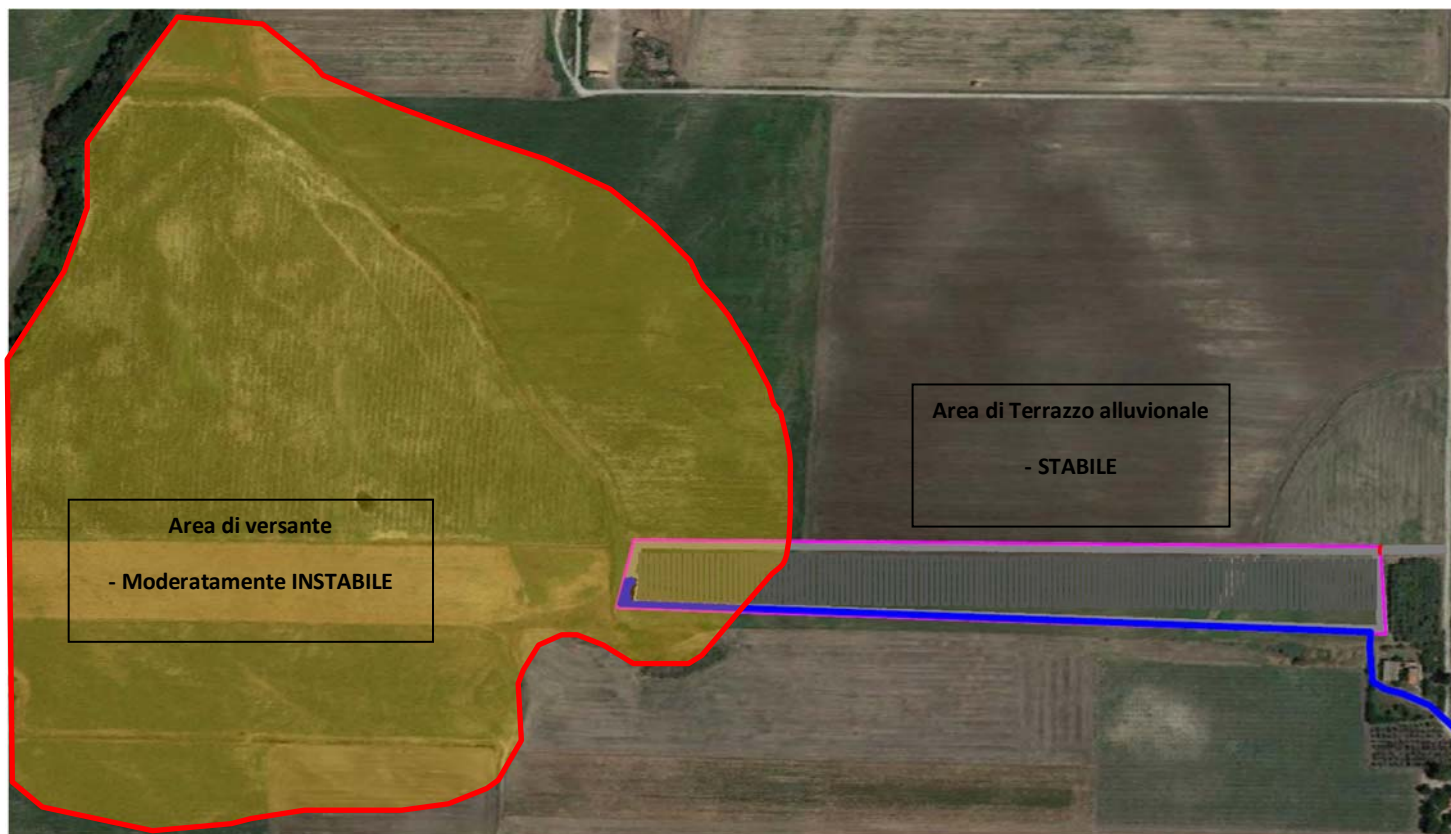


### 9.1.2 Geomorfologia locale

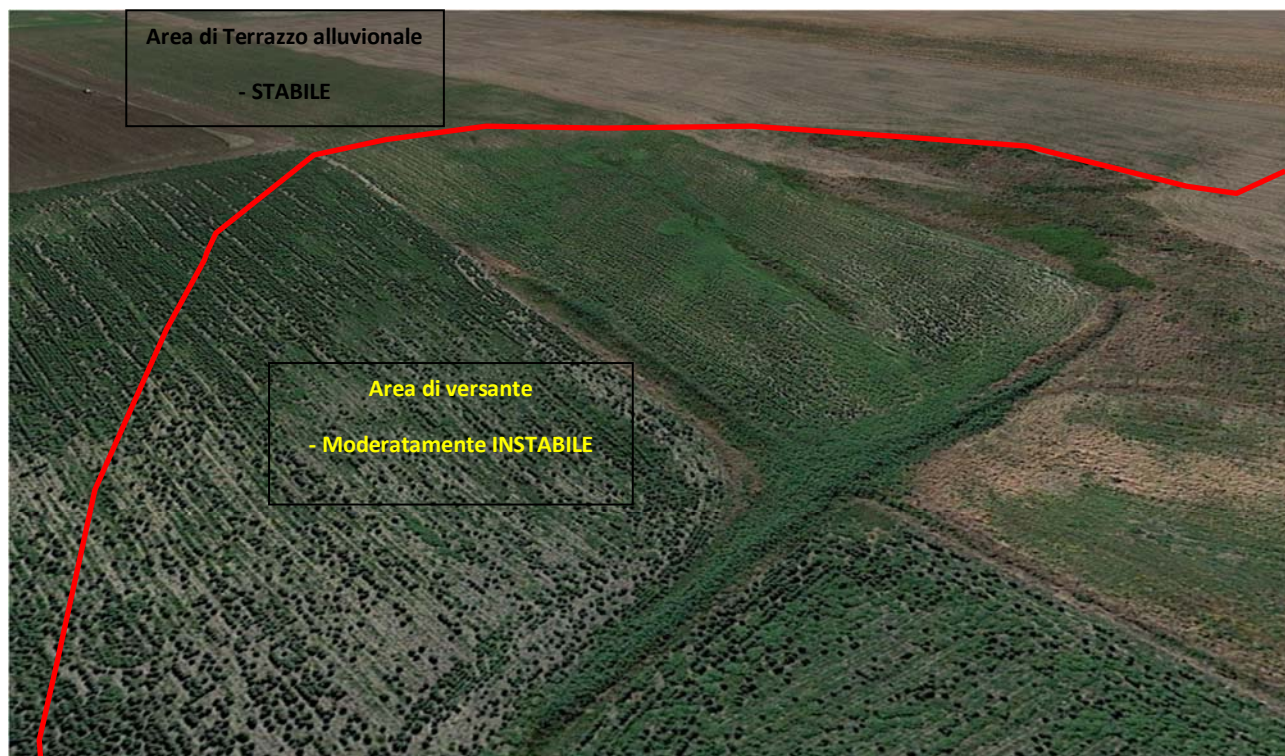
Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

L'Area 6 del Parco agro-fotovoltaico sarà collocata in parte su una vasta area sub-pianeggiante (terrazzo alluvionale antico) sita a quota compresa fra 119 m e circa 103 m s.l.m., e poco modellata dalle acque di ruscellamento superficiale e, in parte (Area nella parte più occidentale) sul versante che delimita tale terrazzo alluvionale.

Mentre la superficie terrazzata risulta essere totalmente Stabile, la parte di area che insiste sul versante (con pendenze comprese fra 5° e 12°) denota una Moderata Instabilità dovuta ad una erosione superficiale da parte delle acque di ruscellamento e conseguente trasporto solido dei terreni erosi verso valle, dove il versante evidenzia l'interessamento degli stessi materiali limo-sabbioso-argillosi da creep, dissesti gravitativi lenti e superficiali. **[cfr Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA].**



Di seguito vengono riportate delle immagini rappresentative delle aree oggetto d'intervento.









### 9.1.3 Idrogeologia

I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale (superficiale) e uno di origine marina costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi (cfr **Tav. C-4 CARTA IDROGEOLOGICA**).

- Complesso detritico-alluvionale: costituito da depositi sciolti a granulometria variabile dalle sabbie-limose ai conglomerati aventi in quest'area uno spessore pari a circa 2 metri. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per i limi) a elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- Complesso marino: costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi che presentano permeabilità per porosità molto scarsa (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni.

I terreni argillosi, rilevati direttamente dalle indagini geognostiche, risultano essere **saturi**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.



Stralcio del Foglio n° 155 della Carta Geologica d'Italia

(SAN SEVERO), scala 1:100000



**Legenda**

Pleistocene		Coperture fluviali (e lacustri?) del II ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da "terre nere" ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
		Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi, ricoperti in generale da «terre nere» ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
		Sabbie e argille sabbiose con lenti di ciottoli comprese fra la falesia e la spiaggia attuale (Termoli). <b>TIRRENIANO?</b>

Pliocene		ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi ( <i>Chlamys opercularis</i> L., <i>C. flexuosa</i> POLI, <i>Glycymeris</i> , ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a <i>Valvulineria bradyana</i> (FORN.), <i>Bolivina superba</i> EM., <i>B. catanensis</i> SEG. e <i>Bulimina elegans</i> D'ORB., nella parte inferiore, a <i>Globorotalia crassaformis</i> (GALL. e WISS.) e <i>G. scitula</i> (BRADY). CALABRIANO ?-PLIOCENE MEDIO.
----------	--	--

#### 9.1.4 **Analisi Vincoli PSAI**

L'area studio, ricadente nel territorio di competenza **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione)** (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006) in una zona classificata come:

21. **Pericolosità da Frana: Pericolosità Nulla** (cfr. Tav. C-6 CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA);
22. **Rischio da Frana: Nullo** (cfr. Tav. C-7 CARTA DEL RISCHIO DA FRANA);
23. **Pericolosità Idraulica: NULLA** (cfr. Tav. C-8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA);
24. **Rischio idraulico: NULLO** (cfr. Tav. C-9 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO),

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, indicano che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per i motivi fin qui considerati e dal **Testo Unico coordinato delle NTA dello PSAI (adottato a settembre 2006)** in base agli:

- Art. 28 Parte III;

***si esprime valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area, in quanto sono opere di pubblico interesse ed inoltre:***

- ***Si tratta di servizi essenziali non delocalizzabili;***
- ***Non pregiudicano la realizzazione di eventuali interventi del PAI;***
- ***Non concorrono ad aumentare il carico insediativo;***
- ***Saranno realizzati con idonei accorgimenti costruttivi;***
- ***Risultano coerenti con le misure di protezione civile di cui al PAI e ai piani comunali di settore.***

## **9.2 MODELLO GEOTECNICO**

### **9.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate**

Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche (*cf. Tav. C-2 CARTA della UBICAZIONE delle INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI e Tav. C-1-b FASCICOLO delle INDAGINI GEOGNOSTICHE*):

- n°1 prova penetrometrica pesante DPSH (DPSH.10) (Geosevi s.a.s.);
- la realizzazione di n°1 prova sismica MASW (mw4 – in Area 5) (*atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018*) (Geosevi s.a.s.)

### **9.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse**

Dalle elaborazioni delle *indagini dirette in sito* sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche. Di seguito vengono riportate le elaborazioni.

**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.10**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
 Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
 Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 22/07/2021  
 - quota inizio : p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,80	N	9,5	7	13	8,3	---	---	---	10	1,52	15
			Rpd	70,8	52	97	61,5	---	---	---	75		
2	0,80	2,80	N	37,8	18	80	27,9	17,4	20,4	55,2	38	1,52	58
			Rpd	249,4	124	515	186,9	107,7	141,7	357,2	251		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 10**

n°	H1	H2	Nspt	Vs	G	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Litologia
						Dr	ø'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed	Ysat	W	e	
1	0,00	0,80	15	---	105	42	31	180	1,96	1,54	---	---	---	---	0,773	Terreno agrario
2	0,80	2,80	58	---	266	---	27	348	2,07	1,78	0,65	348	2,48	5,5	0,148	Limo Argilloso con pezzame ghiaioso

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972



## **9.3 MODELLO SISMICO**

### **9.3.1 Modellazione Sismica**

Per la modellazione sismica dell'Area Parco 6 agro-fotovoltaico ci si attiene alla **prova sismica MASW (mw.4) realizzata in area 5, in quanto consta delle stesse caratteristiche litotecniche**, al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

### **9.3.2 Risposta sismica locale**

La valutazione della risposta sismica locale è stata effettuata secondo i dettami del recente D.M. del 17 gennaio 2018, tramite l'utilizzo del software sperimentale SPETTRI NTC 1.0.3 sviluppato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ed utilizzando le risultanze della prospezione sismica MASW precedentemente descritta.

Gli spettri di risposta ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio SLD (Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita).

In un primo stadio è stata individuata la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) (Tab. 5; Fig. 7).

In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV) (Tabb. 6 – 9; Figg. 8 – 9).

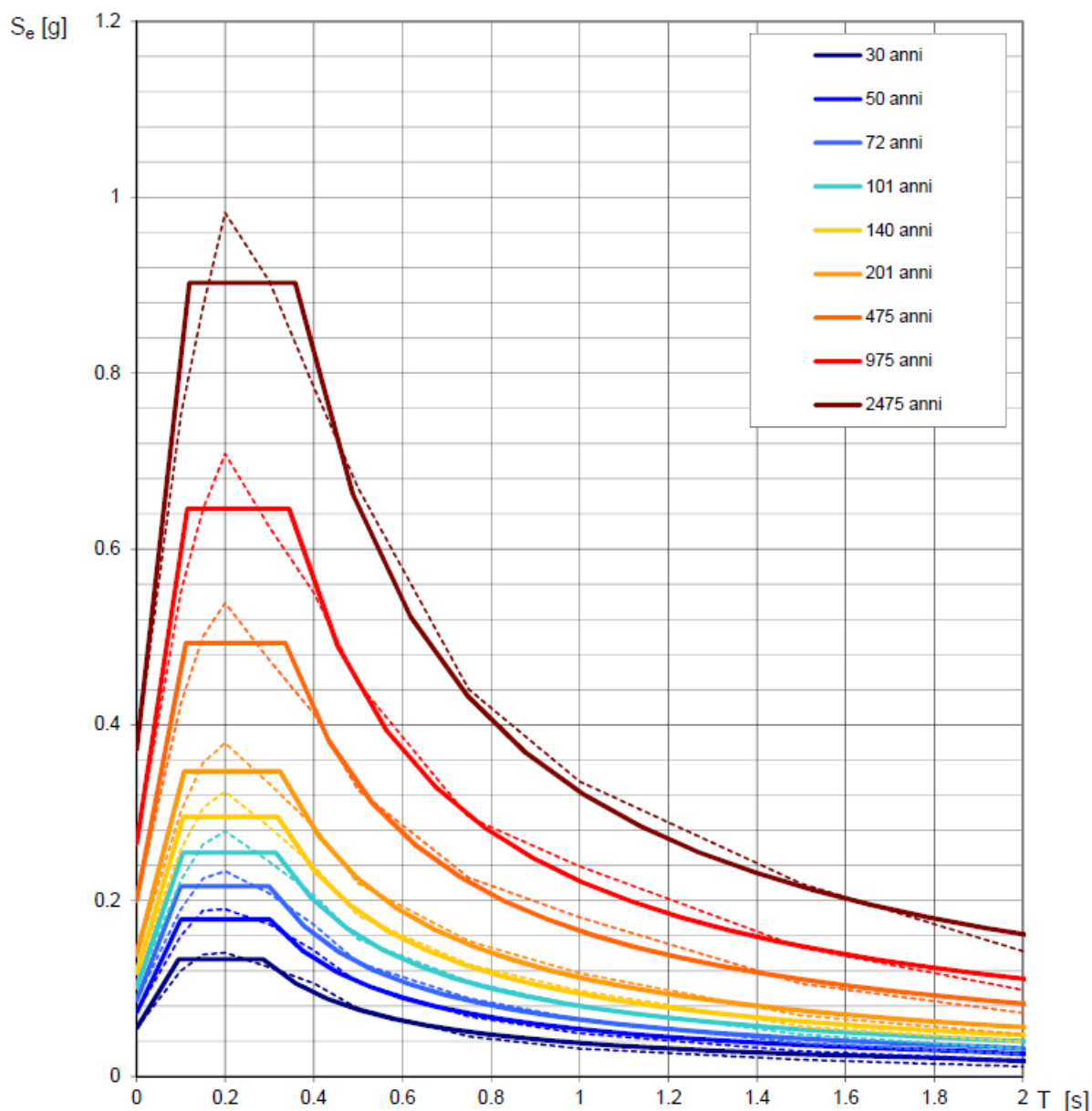
Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito (categoria di sottosuolo **C** – categoria topografica **T1**) individuata nell'area oggetto di indagine.



**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO  
PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A  
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.103395 – LAT. 41.809839 (IN GRADI DECIMALI)**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
30	0.055	2.425	0.285
50	0.073	2.460	0.301
72	0.087	2.494	0.299
101	0.102	2.506	0.314
140	0.118	2.508	0.318
201	0.139	2.503	0.324
475	0.200	2.462	0.336
975	0.265	2.439	0.344
2475	0.371	2.430	0.358

Tab. 5 - Prospetto dei valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;  $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  $T_c$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

**Fig. 7 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_r$  di riferimento per categoria di sottosuolo A.**

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C  
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1  
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.103395 – LAT. 41.809839 (IN GRADI DECIMALI)**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.073 g
$F_o$	2.461
$T_c$	0.301 s
$S_s$	1.500
$C_c$	1.561
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.156 s
$T_C$	0.469 s
$T_D$	1.891 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_c / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.109
$T_B \leftarrow$	0.156	0.269
$T_C \leftarrow$	0.469	0.269
	0.537	0.235
	0.605	0.208
	0.672	0.187
	0.740	0.170
	0.808	0.156
	0.875	0.144
	0.943	0.134
	1.011	0.125
	1.079	0.117
	1.146	0.110
	1.214	0.104
	1.282	0.098
	1.349	0.093
	1.417	0.089
	1.485	0.085
	1.553	0.081
	1.620	0.078
	1.688	0.075
	1.756	0.072
	1.823	0.069
$T_D \leftarrow$	1.891	0.067
	1.991	0.060
	2.092	0.054
	2.192	0.050
	2.293	0.045
	2.393	0.042
	2.494	0.038
	2.594	0.035
	2.694	0.033
	2.795	0.031
	2.895	0.028
	2.996	0.027
	3.096	0.025
	3.197	0.023
	3.297	0.022
	3.397	0.021
	3.498	0.019
	3.598	0.018
	3.699	0.017
	3.799	0.017
	3.900	0.016
	4.000	0.015

**Tab. 6 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0.026 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0.896
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

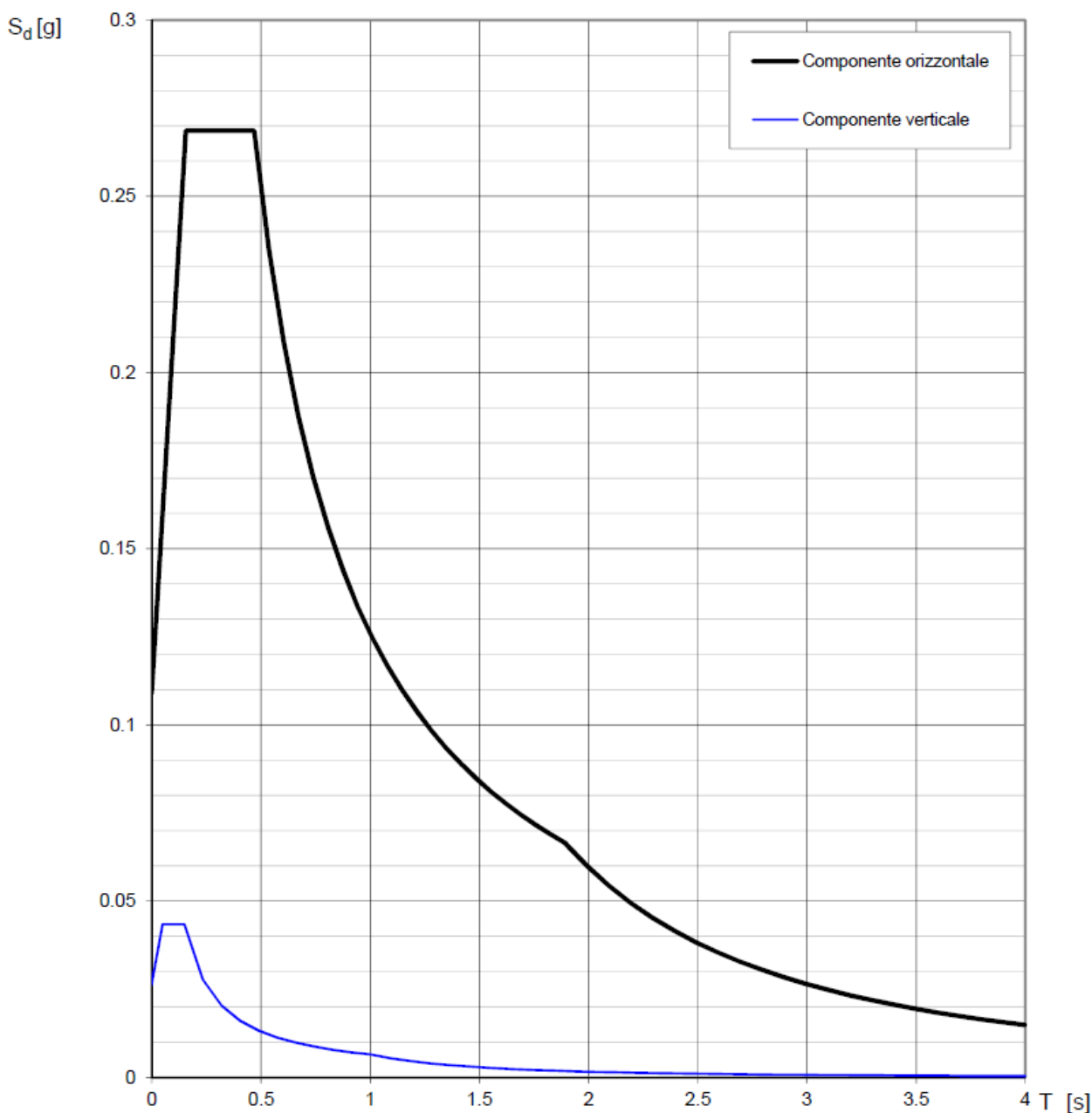
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.026
$T_B \leftarrow$	0.050	0.043
$T_C \leftarrow$	0.150	0.043
	0.235	0.028
	0.320	0.020
	0.405	0.016
	0.490	0.013
	0.575	0.011
	0.660	0.010
	0.745	0.009
	0.830	0.008
	0.915	0.007
$T_D \leftarrow$	1.000	0.007
	1.094	0.005
	1.188	0.005
	1.281	0.004
	1.375	0.003
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.002
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 7 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $CU = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .



**Fig. 8 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.200 g
$F_o$	2.462
$T_c$	0.336 s
$S_s$	1.404
$C_c$	1.505
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.404
$\eta$	1.000
$T_B$	0.168 s
$T_C$	0.505 s
$T_D$	2.401 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \zeta)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.281
$T_B$ ←	0.168	0.692
$T_C$ ←	0.505	0.692
	0.596	0.587
	0.686	0.510
	0.776	0.451
	0.866	0.404
	0.957	0.366
	1.047	0.334
	1.137	0.308
	1.227	0.285
	1.318	0.265
	1.408	0.248
	1.498	0.233
	1.588	0.220
	1.679	0.208
	1.769	0.198
	1.859	0.188
	1.949	0.179
	2.040	0.171
	2.130	0.164
	2.220	0.158
	2.310	0.151
$T_D$ ←	2.401	0.146
	2.477	0.137
	2.553	0.129
	2.629	0.121
	2.705	0.115
	2.781	0.109
	2.858	0.103
	2.934	0.098
	3.010	0.093
	3.086	0.088
	3.162	0.084
	3.238	0.080
	3.315	0.076
	3.391	0.073
	3.467	0.070
	3.543	0.067
	3.619	0.064
	3.695	0.061
	3.772	0.059
	3.848	0.057
	3.924	0.055
	4.000	0.052

**Tab. 8 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0.121 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.487
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{a_0}\right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

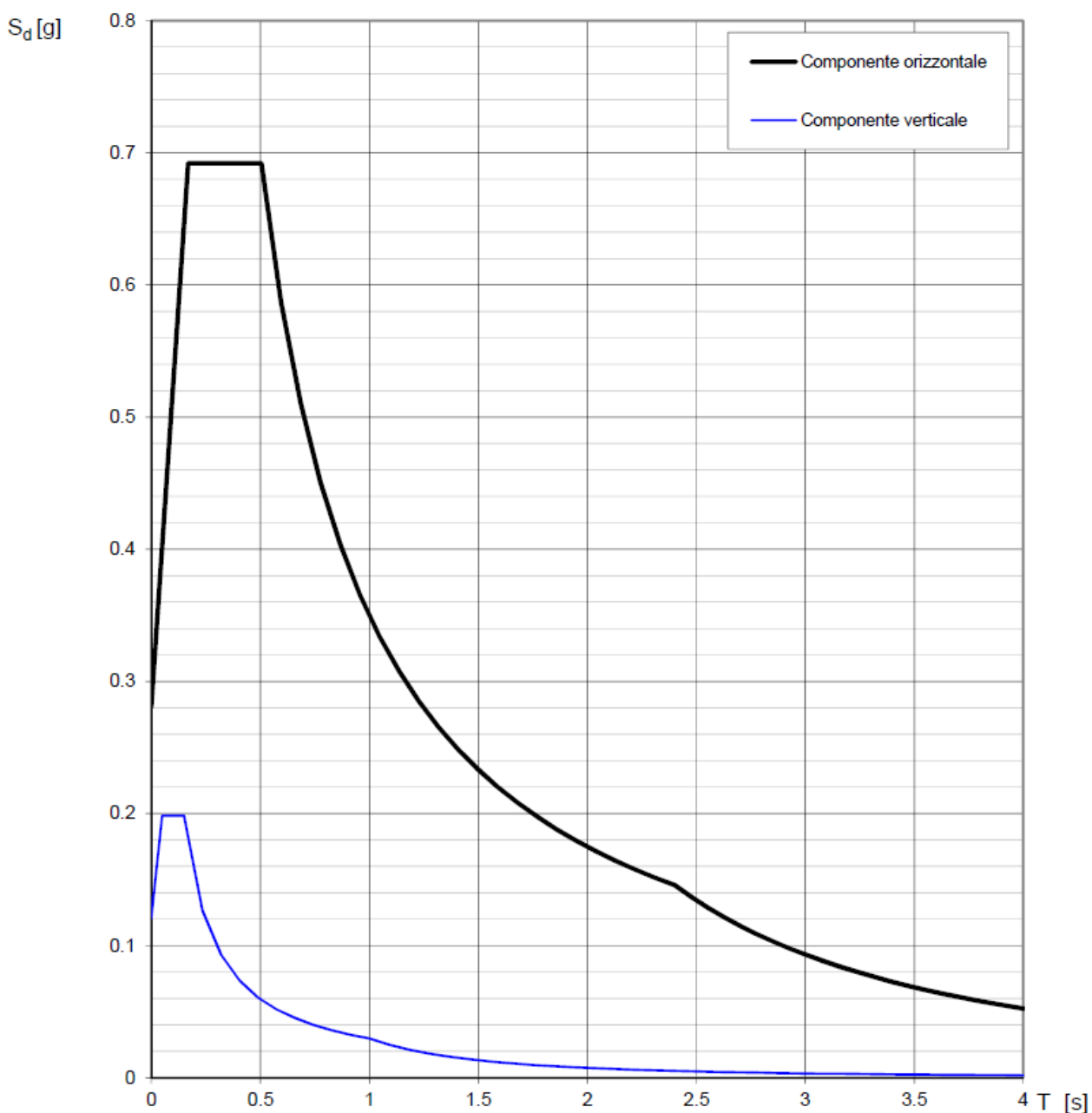
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.121
$T_B$ ←	0.050	0.198
$T_C$ ←	0.150	0.198
	0.235	0.127
	0.320	0.093
	0.405	0.073
	0.490	0.061
	0.575	0.052
	0.660	0.045
	0.745	0.040
	0.830	0.036
	0.915	0.033
$T_D$ ←	1.000	0.030
	1.094	0.025
	1.188	0.021
	1.281	0.018
	1.375	0.016
	1.469	0.014
	1.563	0.012
	1.656	0.011
	1.750	0.010
	1.844	0.009
	1.938	0.008
	2.031	0.007
	2.125	0.007
	2.219	0.006
	2.313	0.006
	2.406	0.005
	2.500	0.005
	2.594	0.004
	2.688	0.004
	2.781	0.004
	2.875	0.004
	2.969	0.003
	3.063	0.003
	3.156	0.003
	3.250	0.003
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.002

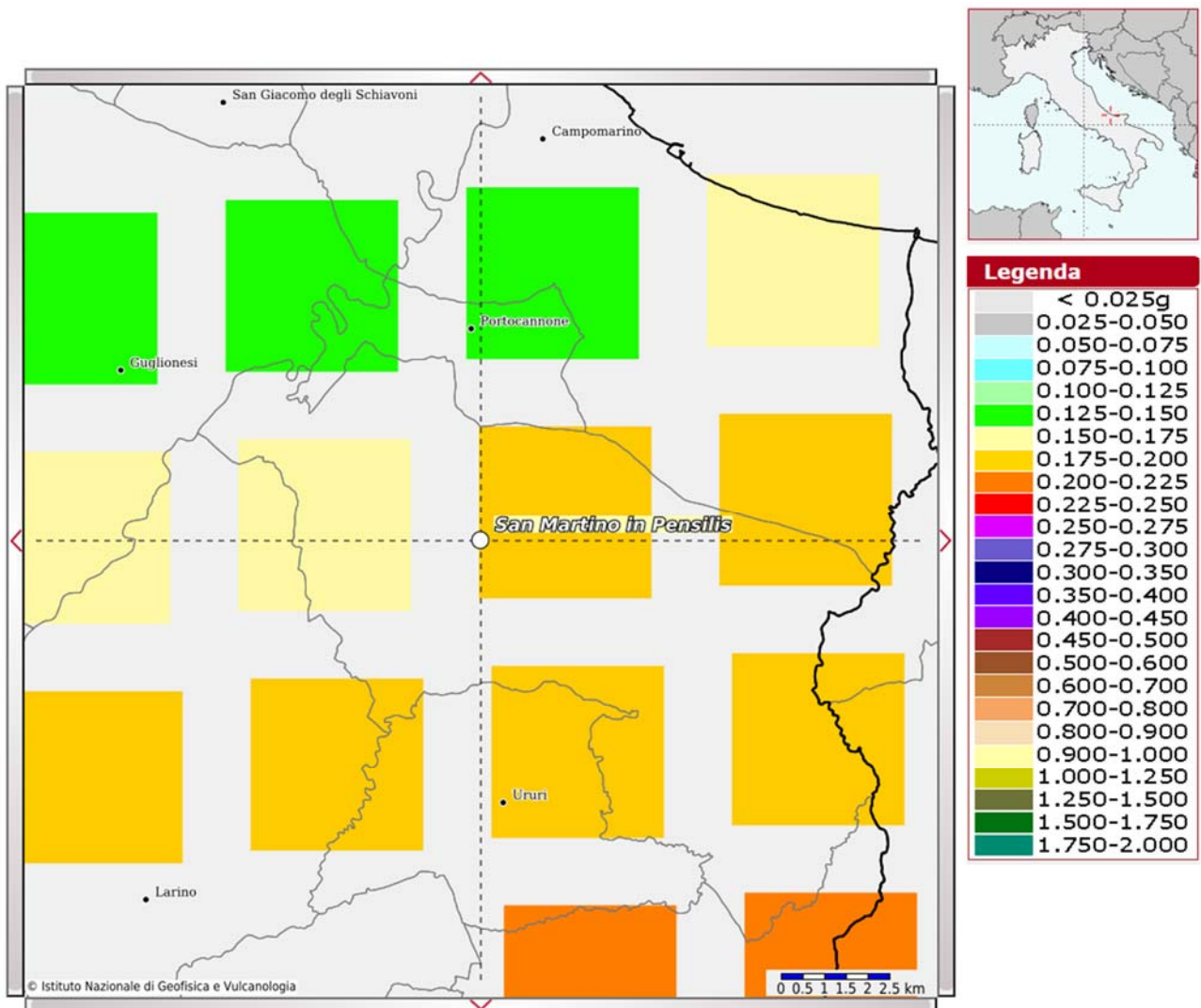
Tab. 9 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.



**Fig. 9 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d’uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

### 9.3.3 Interpretazione ed analisi dei dati sismici

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 10), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di San Martino in Pensilis (CB) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.125 e 0.225 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



**Fig. 10 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria C (vedi par. 4), con valori di  $V_{S,eq}$  calcolati pari a (Tab. 10):

<i>Prospezione sismica</i>	<i><math>V_{S\ 0-30}</math> (m/s)</i>	<i><math>V_{S\ 1-31}</math> (m/s)</i>
<i>MASW n. 4</i>	<i>[287]</i>	<i>[297]</i>

**Tab. 10 – Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.**

Proprio in funzione della categoria di sottosuolo C e della categoria topografica T1 sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 5).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ) (Tabb. 6 – 8 – 11), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i><math>a_{g\ SLD}</math></i>	<i><math>a_{g\ SLV}</math></i>	<i><math>S_e</math> [g] SLD</i>	<i><math>S_e</math> [g] SLV</i>
<i>[0.073]</i>	<i>[0.200]</i>	<i>[0.269]</i>	<i>[0.692]</i>

**Tab. 11 – Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**



Di seguito si riportano i valori di VS per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica MASW (Tab. 12).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>s</sub> (m/s)</i>
S1	0.0 – 2.2	164
S2	2.2 – 5.8	365
S3	5.8 – 8.2	132
S4	8.2 – 11.2	215
S5	11.2 – 25.7	365
S6	25.7 – 32.2	494

**Tab. 12 - Prospetto delle determinazioni dei valori di VS per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.4.**

## **9.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE**

Per determinare la fattibilità dell'opera da realizzare vengono analizzati i seguenti aspetti:

### **STABILITA' D'INSIEME**

Per caratterizzare la stabilità dell'area in esame, sono stati considerati i seguenti parametri, inoltre l'esame è stato esteso ad una vasta area circostante:

- pendenza dei versanti;
- giacitura delle formazioni stratificate;
- fratturazione delle masse rocciose;
- spessore delle eventuali coperture incoerenti;
- presenza di acqua.

***L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da pendenze medio-basse (sub-pianeggiante e versante a bassa pendenza), litologie ben addensate, è stata classificata come stabile (area di terrazzo) infatti si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità nelle aree di sedime dell'opera da realizzare e, moderatamente instabile (area di versante in erosione) in quanto sono presenti fenomeni di erosione diffusa e creep.***

### **FENOMENI DI LIQUEFAZIONE**

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante.

***Nei casi in oggetto le litologie di fondazione (limo-argilloso, sabbia, limo e ghiaia ben addensate e argilla) sono assolutamente stabili e non possono dar luogo a eventi di liquefazione in quanto hanno una granulometria etero metrica che va dalle argille alle breccie subangolari che raggiungono anche la dimensione di oltre 10 cm di diametro, sono ben addensati, e, non è presente alcuna falda idrica superficiale, quindi non si può presentare la condizione di saturazione.***

**In definitiva, si afferma che non sussistono le condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni di fondazione.**

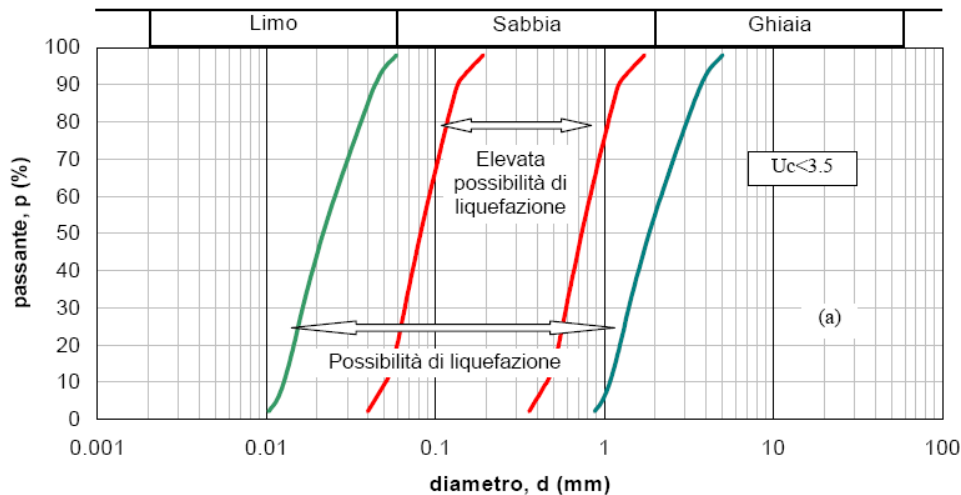
Si specifica inoltre che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi nei terreni omogenei, prevalentemente sabbiosi e saturi e solo in determinati casi, di seguito elencati.

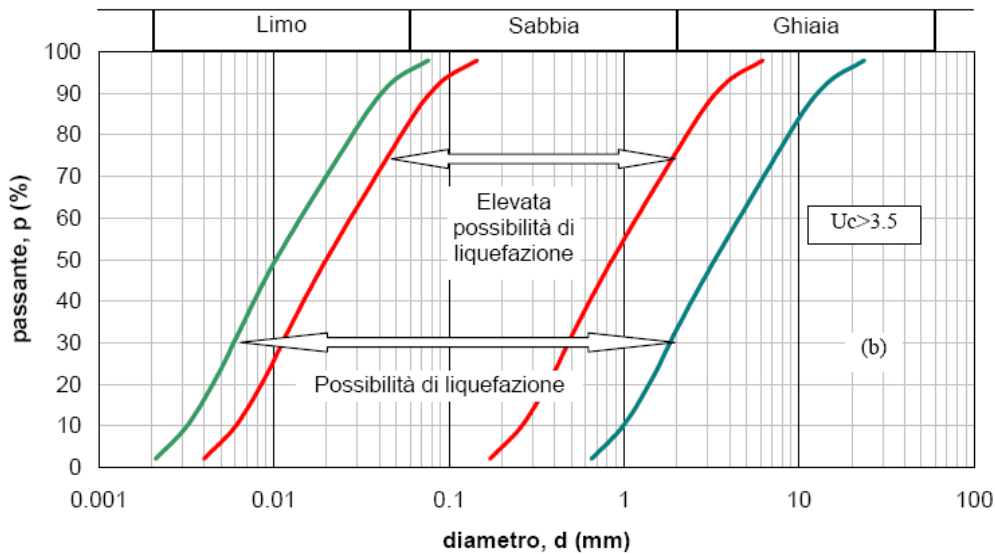
La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verificano fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine  $FC$ , superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: in cui il coefficiente  $C_N$  è ricavabile dall'espressione essendo  $p_a$  la pressione atmosferica e  $\sigma'_v$  la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità  $U_c > 3.5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.





**Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella **categoria C**, con valori di  $V_{Seq}$  calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	$V_{S\ 1-31}$ (m/s)
<i>MASW n. 4</i>	<i>[287]</i>	<i>[297]</i>

Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Cautelativamente, in funzione della **categoria di suolo C** e categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

$a_g$ SLD	$a_g$ SLV	$S_e$ [g] SLD	$S_e$ [g] SLV
[0.073]	[0.200]	[0.269]	[0.692]

Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .

### ADDENSAMENTO

Il terreno in oggetto, dalle indagini geognostiche effettuate consistenti in prove di laboratorio su Campioni Indisturbati e delle prove penetrometriche dinamiche DPSH, risulta essere da mediamente a molto addensato.

Per i motivi fin qui considerati *si esprime valutazione positiva sulla fattibilità dell'intervento in progetto, in quanto i terreni sono addensati, non ci sono le condizioni predisponenti ad eventuali fenomeni di liquefazione e di instabilità dei versanti (area stabile – Terrazzo alluvionale) – mentre l'area di versante risulta Moderatamente Instabile, per cui per quest'area bisogna adottare degli accorgimenti tecnici finalizzati a stabilizzare l'area e ad evitare il dilavamento diffuso da parte degli agenti esogeni.*

In conclusione, le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.



## 9.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, ne conviene che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per giungere a dimostrare la compatibilità delle opere da progetto è necessario effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, sia alla tipologia degli interventi e modalità esecutive previste.

E' da segnalare che i manufatti da realizzare si inseriscono in un contesto morfologico caratterizzato da **medio-basse pendenze** e non necessita di interventi di sostanziale modificazione della geometria dell'area.

Dopo avere inquadrato i tratti caratteristici dell'intervento è utile confrontare l'opera di progetto con l'assetto idrogeologico e le condizioni di rischio del sito.

Per quanto attiene le aree di sedime in esame classificate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele adottato **dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)**, per quanto riguarda il rischio frana, in una zona classificata a "Pericolosità da frana Nulla" e a "Rischio da frana Nullo"e, per il rischio idrogeologico in una zona classificata a "Rischio idraulico Nullo" e a "Pericolosità idraulica Nulla", sono caratterizzate da condizioni idrogeologiche, litologiche e geotecniche confortanti in virtù della mancanza sia di materiali mobilizzabili sia di condizioni morfologiche predisponenti al dissesto.

Inoltre:

- Dalla **sovrapposizione del LAYOUT del Progetto (previsione urbanistica degli interventi a farsi) con Carta Geomorfologica le opere di progetto sono ubicate in parte su una superficie stabile e in parte su superficie moderatamente instabile (da stabilizzare).**
- I lavori previsti non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della

pericolosità da frana;

- La loro tipologia non apporta variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
- La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
- Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente;
- La struttura in progetto si integrerà perfettamente nel contesto paesaggistico-ambientale.

In definitiva, in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)** (nel caso specifico al Art. 28 Parte III), si afferma che:

- Il presente studio di Compatibilità idrogeologica è supportato da dati oggettivi derivanti da indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel sito d'interesse;
- Tali indagini, consistenti in **n°1 prova penetrometrica DPSH**, hanno definito in maniera approfondita la geometria superficiale e sotterranea dal punto di vista geofisico, litotecnico e geomeccanico;
- La realizzazione delle opere in progetto verrà effettuata adottando tutte le misure tecnico-costruttive per la mitigazione della vulnerabilità e la riduzione delle condizioni di rischio;
- Verrà adottato un corretto sistema di deflusso delle acque superficiali e sotterranee.

Dal presente studio, quindi, risulta che **non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità** (rischio sostenibile).

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato.**

## 10 AREA CAVIDOTTO INTERRATO

Il Cavidotto Interrato attraverserà i territori comunali di Ururi (CB), San Martino in Pensilis (CB) e Rotello (CB) per collegare tutte le 6 Aree Parco agro-fotovoltaico con la Sotto Stazione Elettrica (SSE) di connessione "Rotello".



## 10.1 MODELLO GEOLOGICO

### 10.1.1 Stratigrafia locale

Da un accurato rilevamento di campagna e dalle indagini geognostiche realizzate in sito, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf* **Tav. C-3 CARTA GEOLITOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- Argille di Montesacco, "terreni" di origine marina, (Plio-Pleistocene)
- Coperture fluvio-lacustre (Pleistocene Medio-Superiore)

#### Argille di "Montesacco":

Si tratta di argille marnose, siltose-sabbiose con una colorazione grigio-azzurre in profondità mentre in superficie appaiono di colore giallastre in seguito ad alterazione, spesso con livelletti di silt e solo raramente si hanno intercalazioni di sabbiose, divenendo sempre più abbondanti nella parte alta della formazione dando luogo ad un altro tipo litologico che sono le soprastanti Sabbie di Serracapriola.

L'età di questa formazione è stata attribuita al Pliocene Medio e Superiore e si estende fino al Calabriano.

#### Coperture fluvio-lacustre

Si tratta di depositi alluvionali e lacustri che si ritrovano lungo il corso dei fiumi a varie quote. Questi sedimenti, in base a considerazione di natura morfologica, sono stati suddivisi in quattro ordini di terrazzi.

I depositi che si ritrovano *nell'area di studio appartengono al primo e al secondo Ordine di terrazzo* la cui età è ascrivibile alla parte alta del Pleistocene, anche se non è da escludere che i livelli più recenti facciano parte dell'Olocene.

Questi sedimenti sono costituiti per lo più da ghiaie più o meno cementate, livelli travertinosi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianche.

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvengono generalmente strati molli.

### 10.1.2 Geomorfologia locale

Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

Per quanto riguarda l'intera area di attraversamento dei Cavidotti interrati, in prima analisi si osserva un forte controllo della litologia sulla morfogenesi dell'area in cui affiorano i **depositi fluvio-lacustri** con giacitura a "sub-orizzontale", materiali poco erodibili trasportati e depositati dai maggiori corsi d'acqua determinando dei terrazzi alluvionali dislocati a varie quote, comprese fra 205 m e circa 90 m s.l.m., a seconda dell'Ordine di Terrazzo. Tali terrazzi con inclinazione, anche se debole, degradano verso l'alveo dei fiumi. Questi terreni *fluvio-lacustri* sono stati depositati sulle **Argille di "Montessacco"**, terreni maggiormente erodibili che determinano versanti a pendenze medio-basse di circa 6-12° e che in alcuni casi raggiungono anche i 15°. Localmente, su questi versanti sono visibili gli effetti dell'azione delle acque di deflusso superficiale, che agiscono differenziatamente su di essi, determinando un'azione di alterazione e degrado sulle coltri superficiali, un'azione di erosione e successivo trasporto (*cfr Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA*). L'intero paesaggio si presenta ondulato e moderatamente inciso, morfologia abbastanza blanda con versanti morbidi, risultato dell'intensa azione degli agenti esogeni.

Nello specifico il Cavidotto Interrato, che attraverserà i territori comunali di Ururi (CB), San Martino in Pensilis (CB) e Rotello (CB) per collegare tutte le 6 Aree Parco agro-fotovoltaico con la Sotto Stazione Elettrica (SSE) di connessione "Rotello", si collocherà all'interno delle sedi stradali esistenti, sia sterrate che asfaltate.

In particolare si evidenziano alcuni punti di interferenza del cavidotto, quali:

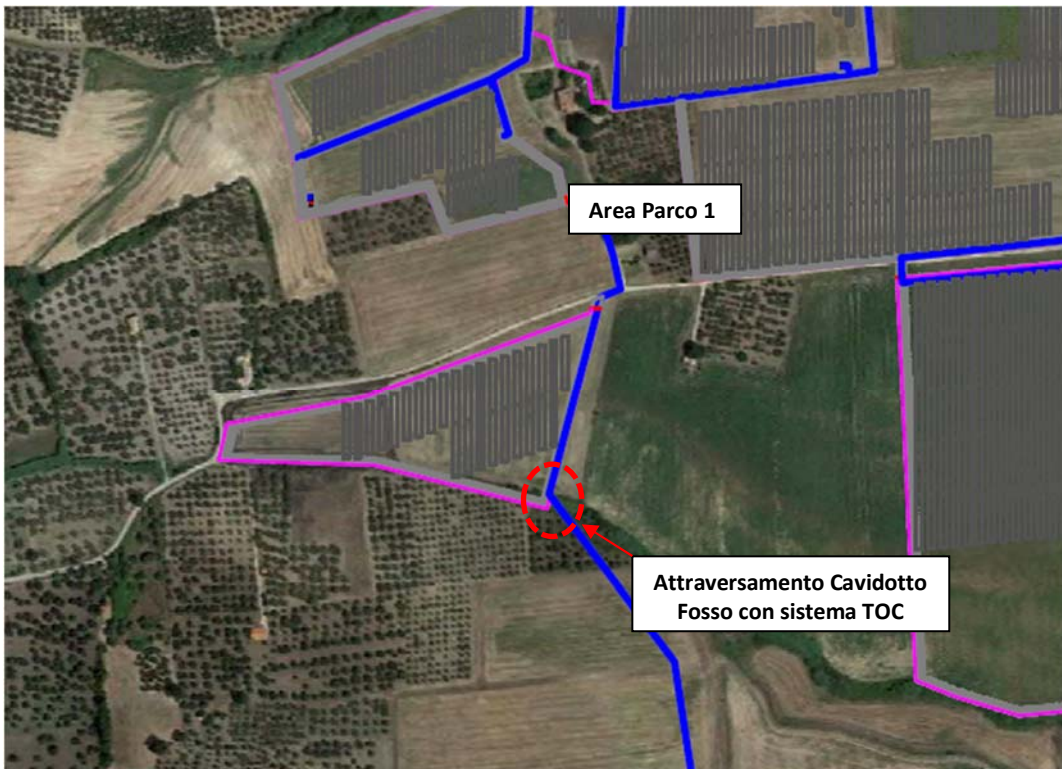
- **Attraversamento torrenti e valloni;**
- **Attraversamento aree interessate da dissesti idrogeologici.**



**Attraversamento torrenti e valloni:**

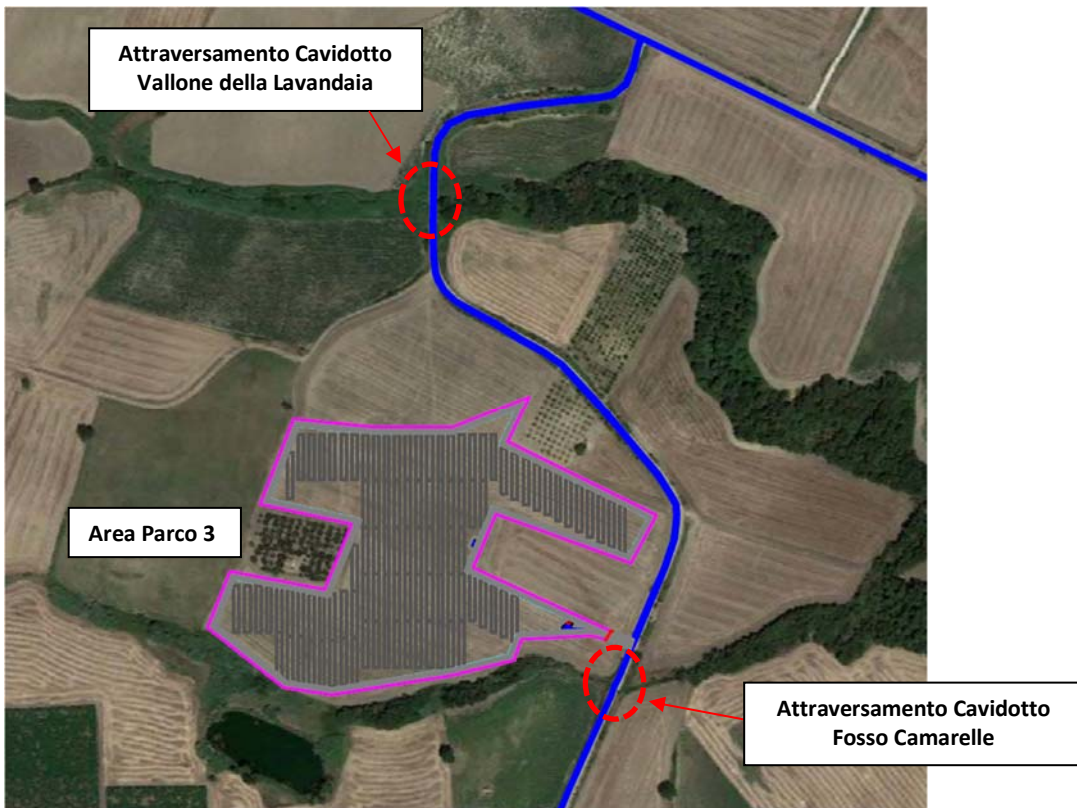
Lungo il suo tragitto il cavidotto interrato, alloggiato all'interno delle carreggiate di strade esistenti, intersecherà alcuni fiumi e valloni che verranno attraversati **con sistema TOC** oppure con **alloggiamento del cavidotto su guide fissate con staffe alla struttura del viadotto (lato valle)**, di seguito elencati:

- **Fosso Favari**, nell'Area parco agro-fotovoltaico 1;



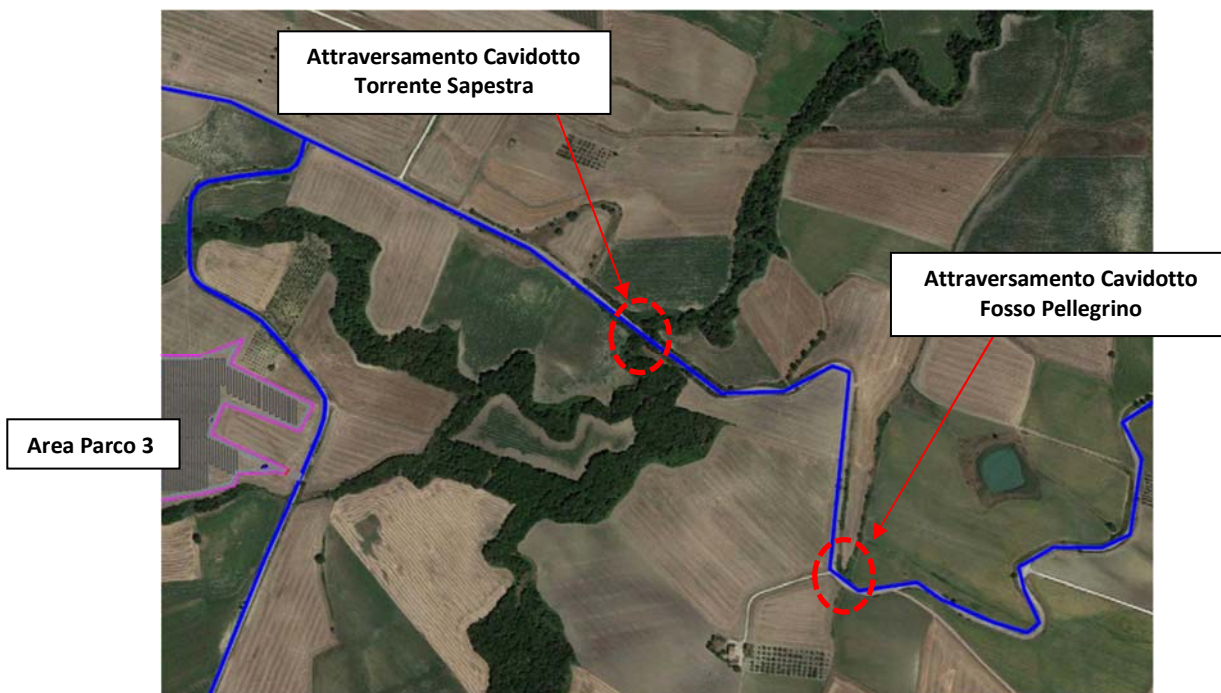


- **Vallone della Lavandaia e Fosso Camarelle, in prossimità dell'Area parco agro-fotovoltaico 3;**



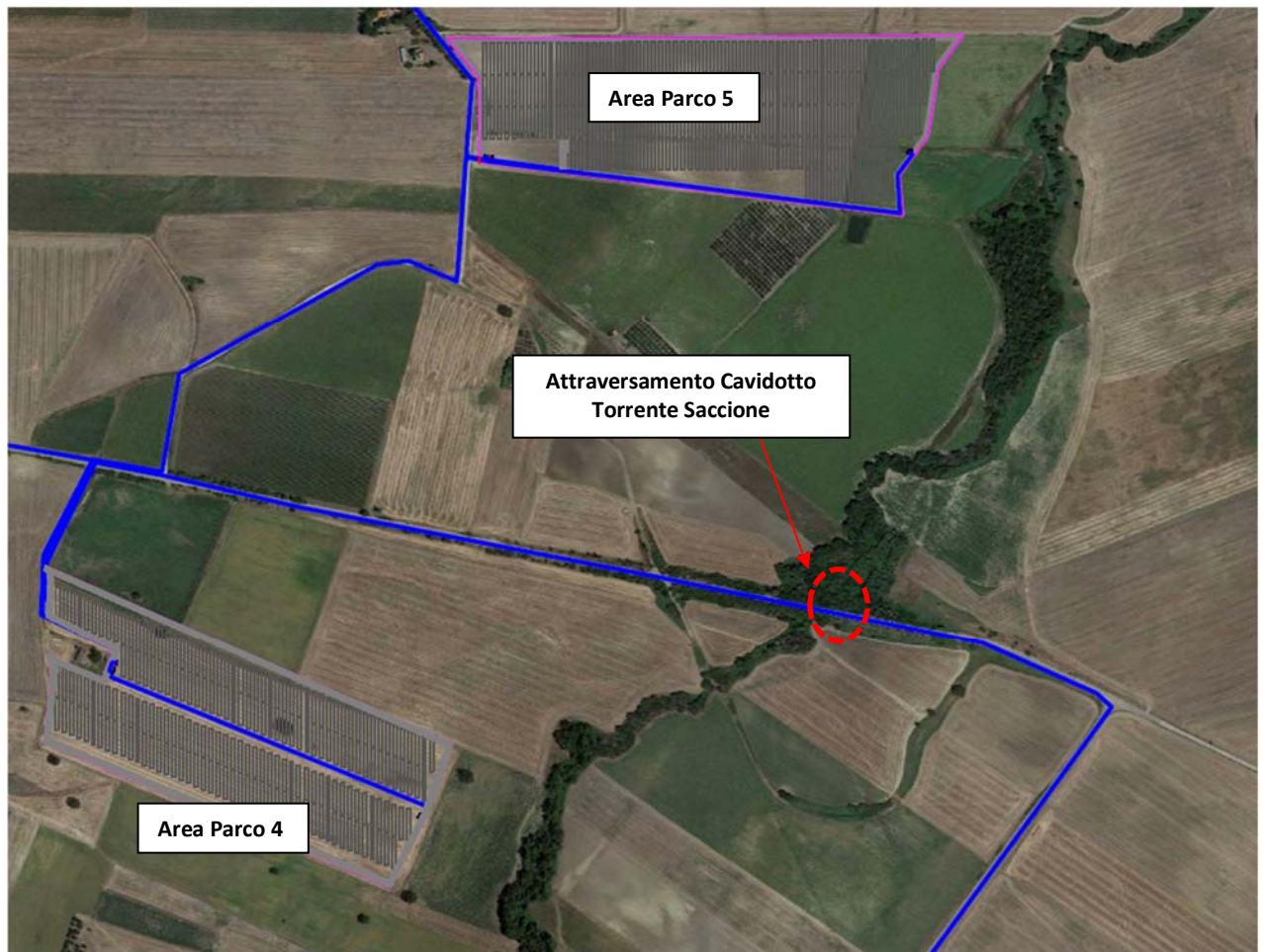


- **Torrente Sapestra e Fosso Pellegrino, lungo strada SP 167;**



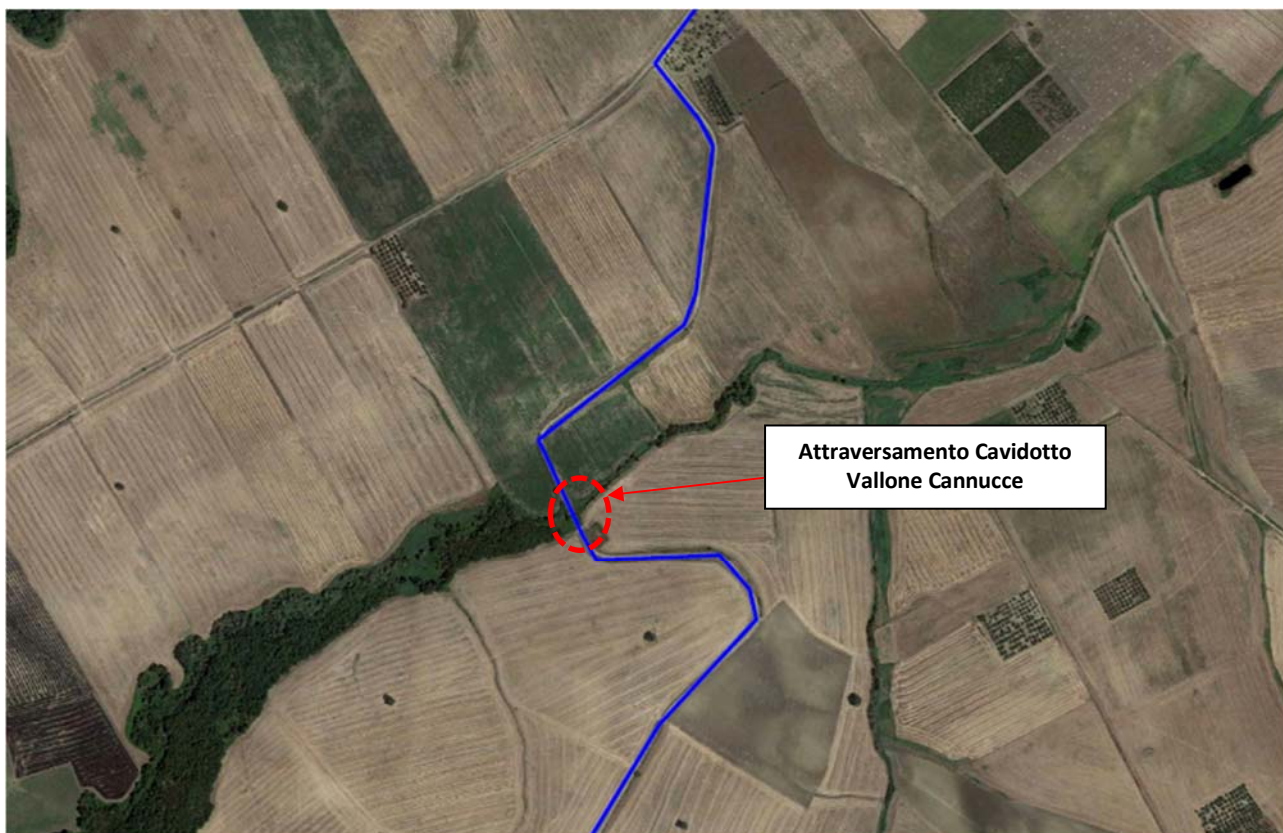


- **Torrente Saccione, lungo strada SP 167;**



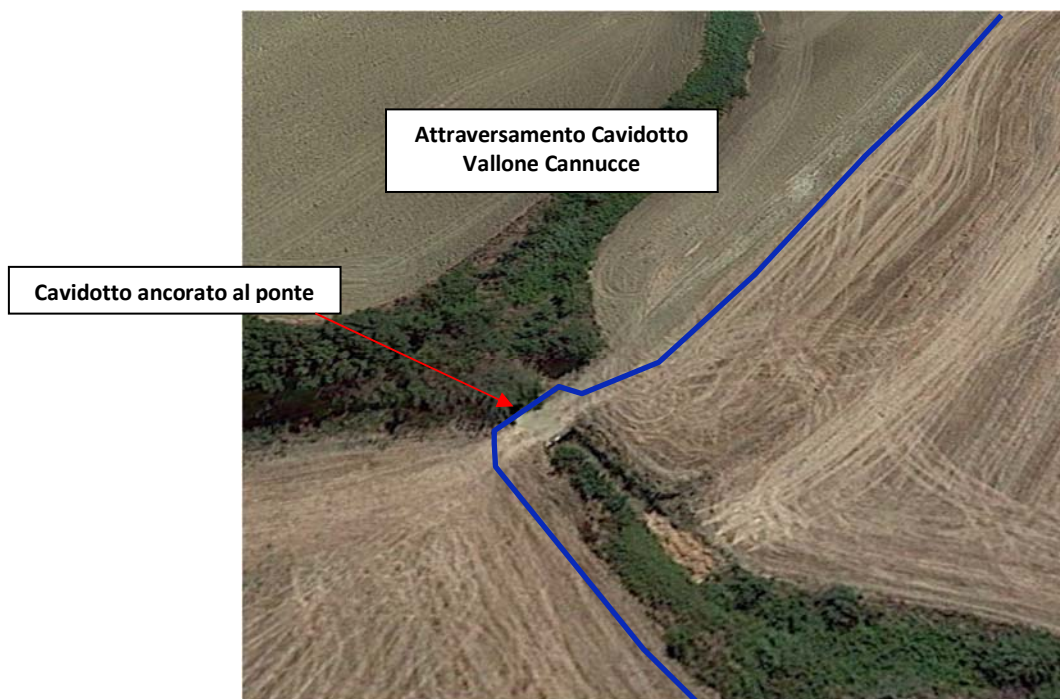
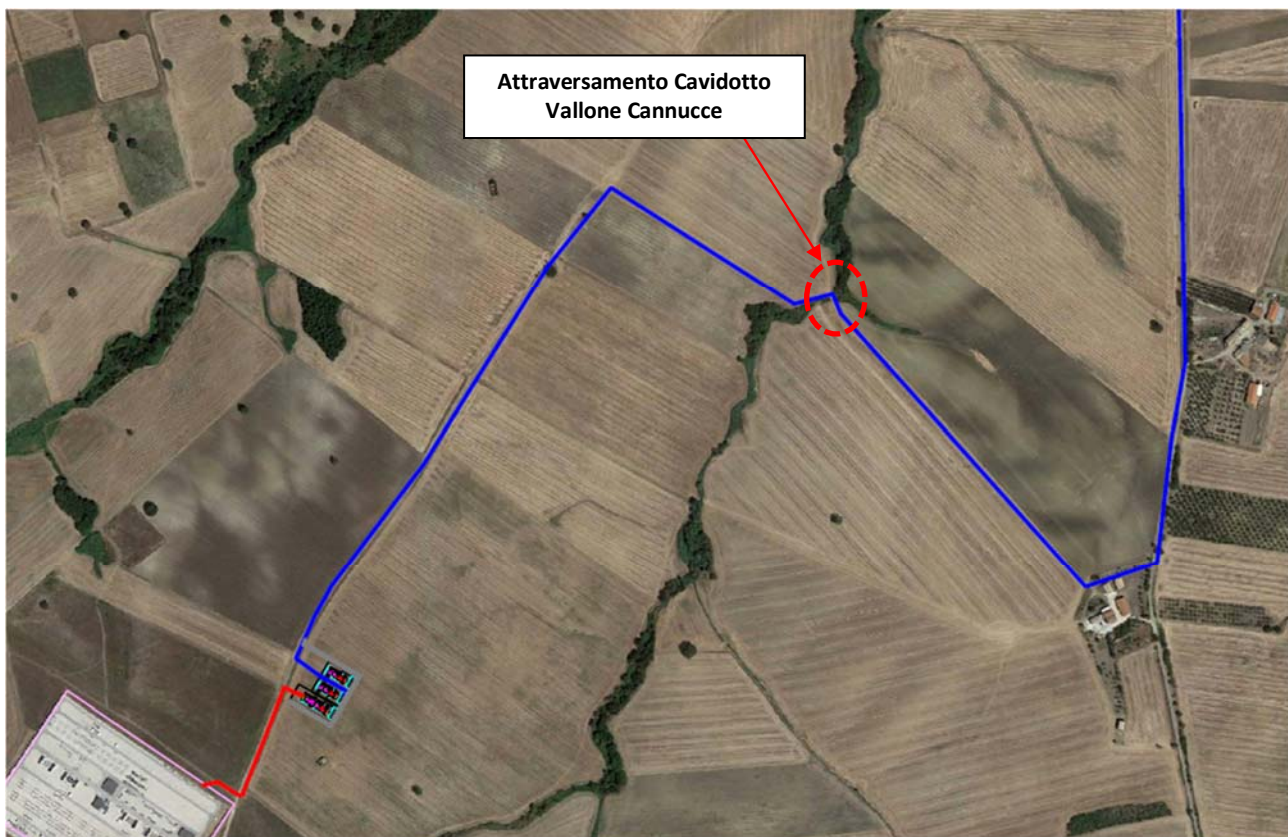


- Vallone Cannuce, lungo strada SP 167;





- **Vallone Cannuce**, lungo strada sterrata di collegamento alla Sottostazione Utente - Ururi;



---

**Attraversamento aree interessate da dissesti idrogeologici:**

Lungo il suo tragitto il cavidotto interrato, alloggiato all'interno delle carreggiate di strade esistenti, intersecherà delle aree interessate da dissesti gravitativi (cfr Tav. C-10 CARTA dell'INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI - IFFI).

**Si specifica che dai diversi sopralluoghi effettuati in queste aree evidenziate nella TAV. C-10, sono state riscontrate la presenza solamente di creep, cioè delle semplici deformazioni lente dello strato di terreno più superficiale, fenomeni che non creano grosse problematiche dal punto di vista della stabilità.**

**Se in fase esecutiva, a seguito di indagini geognostiche puntuali, tali dissesti gravitativi saranno confermati, gli stessi** verranno evitati con sistema TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata), come di seguito riportati:



Stralcio Tav. C-10 CARTA dell'INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI - IFFI





*Stralcio Tav. C-10 CARTA dell'INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI - IFFI*



*Schema del sistema T.O.C. – Trivellazione Orizzontale Controllata*

---

Sulla base di quanto esposto si può affermare che le condizioni di stabilità compressive locali, appaiono generalmente soddisfacenti, infatti, non si riscontrano nell'area strettamente interessata alla progettazione di che trattasi, zone con particolari dissesti morfologici se si escludendo dei creep superficiali impostati su alcuni versanti.

Pertanto, dal punto di vista geomorfologico sono stati ravvisati elementi di generale stabilità e moderata stabilità che non lasciano prevedere evoluzioni negative degli equilibri esistenti e permettono di definire morfologicamente idonea l'area di progetto.



### 10.1.3 Idrogeologia

I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale (superficiale) e uno di origine marina costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi (cfr **Tav. C-4 CARTA IDROGEOLOGICA**).

- **Complesso detritico-alluvionale:** costituito da depositi sciolti a granulometria variabile dalle sabbie-limose ai conglomerati aventi in quest'area uno spessore pari a circa 2 metri. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per i limi) a elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- **Complesso marino:** costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi che presentano permeabilità per porosità molto scarsa (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

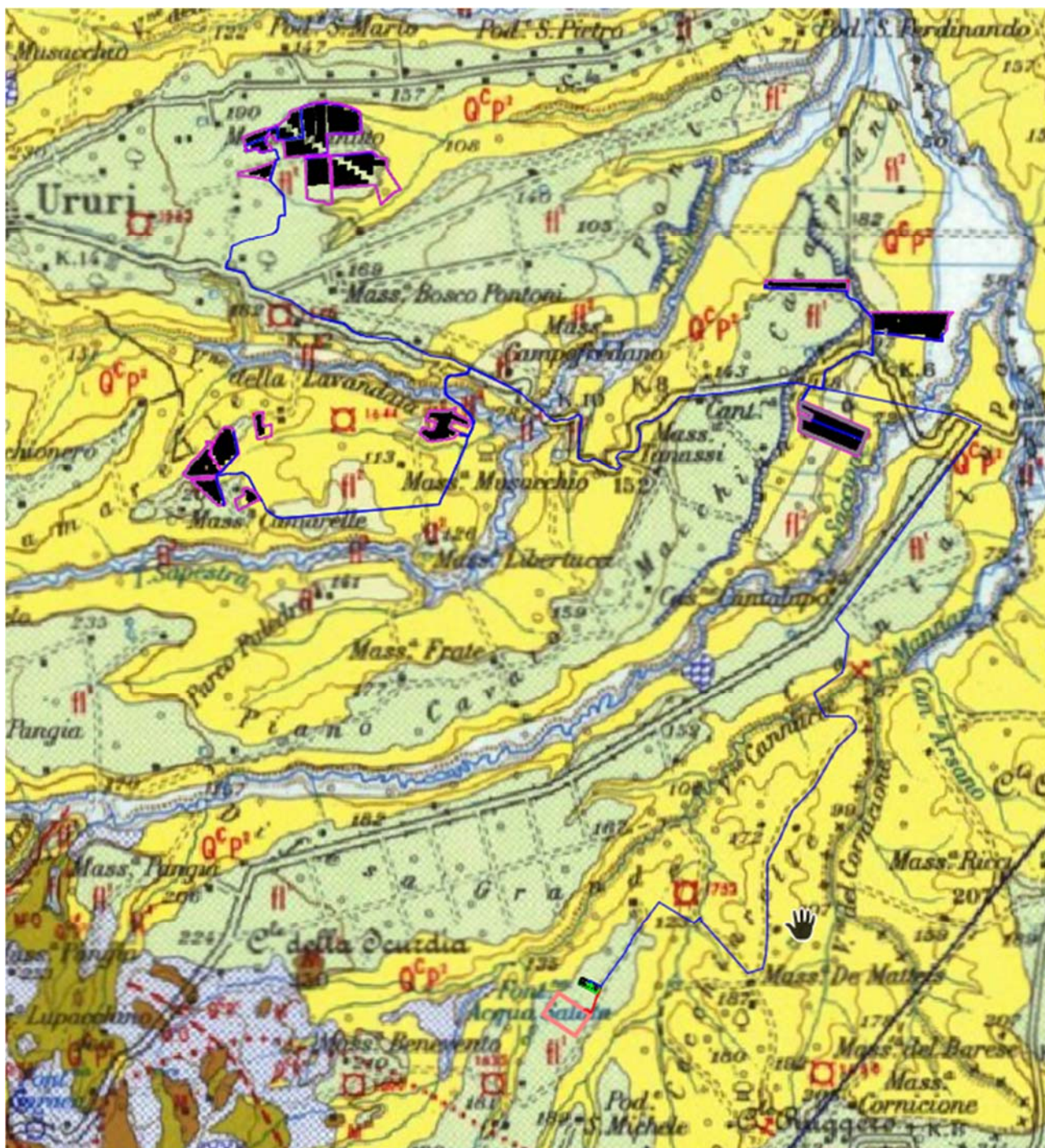
Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni.

I terreni argillosi, rilevati direttamente dalle indagini geognostiche, risultano essere **saturi**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.

Stralcio del Foglio n° 155 della Carta Geologica d'Italia

(SAN SEVERO), scala 1:100000





**Legenda**



#### 10.1.4 Analisi Vincoli PSAI

L'area studio, ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006) in una zona classificata come:

25. Pericolosità da Frana: Pericolosità Nulla e Moderata (cfr. Tav. C-6 CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA);
26. Rischio da Frana: Nullo (cfr. Tav. C-7 CARTA DEL RISCHIO DA FRANA);
27. Pericolosità Idraulica: NULLA e solo in corrispondenza di alcuni attraversamenti dei cavidotti Pericolosità Idraulica PI1-Bassa, PI2-Moderata, PI3-Elevata (cfr. Tav. C-8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA);
28. Rischio idraulico: NULLO e solo in corrispondenza di alcuni attraversamenti dei cavidotti Rischio Idraulico RI1-Basso, RI2-Moderato, RI3-Elevato, RI4-Molto Elevato (cfr. Tav. C-9 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO).

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, indicano che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per i motivi fin qui considerati e dal Testo Unico coordinato delle NTA dello PSAI (adottato a settembre 2006) in base agli:

- Art. 27 e 28 Parte III;
- Art.12, 13, 14, 15, 17 Parte II;

**si esprime valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area, in quanto sono opere di pubblico interesse ed inoltre:**

- **Si tratta di servizi essenziali non delocalizzabili;**
- **Non pregiudicano la realizzazione di eventuali interventi del PAI;**
- **Non concorrono ad aumentare il carico insediativo;**

- ***Saranno realizzati con idonei accorgimenti costruttivi;***
- ***Risultano coerenti con le misure di protezione civile di cui al PAI e ai piani comunali di settore.***



## 10.2 MODELLO GEOTECNICO

### 10.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate

Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche (*cf. Tav. C-2 CARTA della UBICAZIONE delle INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI e Tav. C-1-b FASCICOLO delle INDAGINI GEOGNOSTICHE*):

- n°12 prove penetrometriche pesanti DPSH (DPSH.1-12) con prelievo di n°5 Campione Indisturbato Geosevi s.a.s.);
- analisi di laboratorio sui Campioni Indisturbati (Isogea Srl)
- la realizzazione di n°5 prove sismiche MASW (*atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018*) (Geosevi s.a.s.)

### 10.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse

Dalle elaborazioni delle indagini dirette in sito sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche.

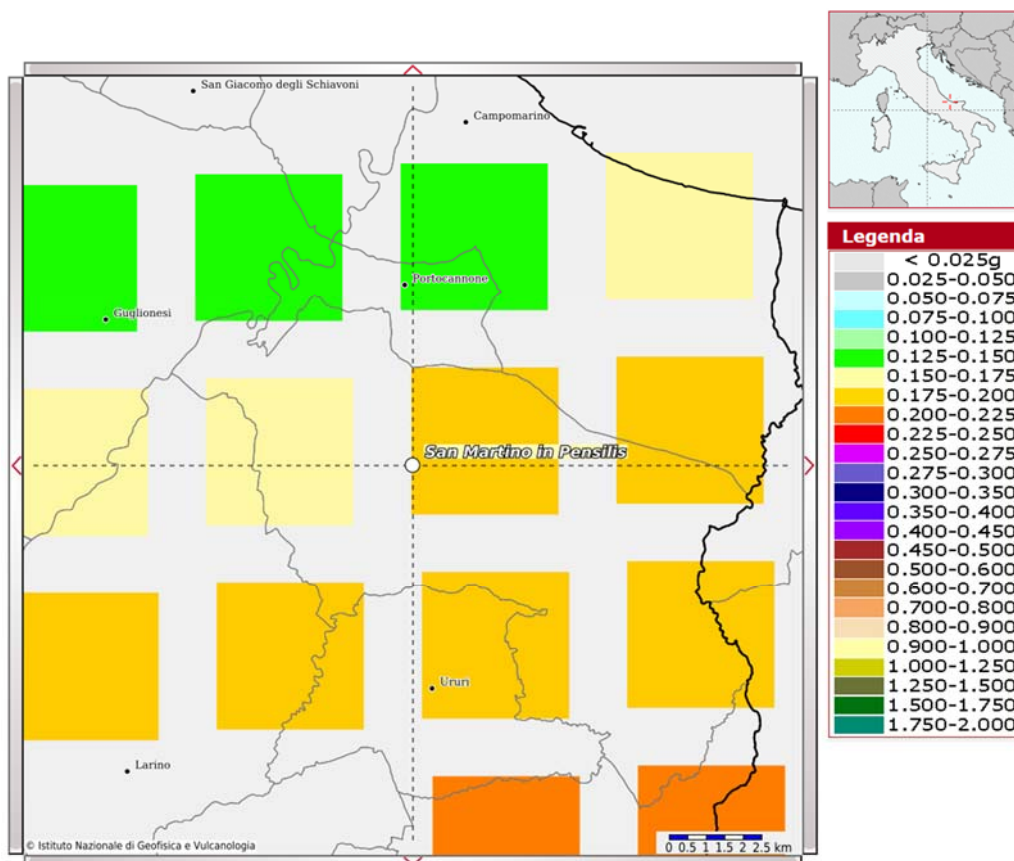
### 10.3 MODELLO SISMICO

#### 10.3.1 Modellazione Sismica

Per la modellazione sismica dell'area in oggetto vengono considerate le n°5 prove sismica MASW realizzate al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

#### 10.3.2 Interpretazione ed analisi dei dati sismici

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 10), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di San Martino in Pensilis (CB) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.125 e 0.225 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



**Fig. 10 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria **C**, con valori di  $V_{S,eq}$  calcolati pari a (Tab. 10):

<i>Prospezione sismiche</i>	<i><math>V_{S\ 0-30}</math> (m/s)</i>	<i><math>V_{S\ 1-31}</math> (m/s)</i>
<i>MASW n. 1-2-3-4-5</i>	<i>[&gt;360]</i>	<i>[&gt;360]</i>

Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

## 10.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE

Per determinare la fattibilità dell'opera da realizzare vengono analizzati i seguenti aspetti:

### STABILITA' D'INSIEME

Per caratterizzare la stabilità dell'area in esame, sono stati considerati i seguenti parametri, inoltre l'esame è stato esteso ad una vasta area circostante:

- pendenza dei versanti;
- giacitura delle formazioni stratificate;
- fratturazione delle masse rocciose;
- spessore delle eventuali coperture incoerenti;
- presenza di acqua.

***L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da pendenze medio-basse (sub-pianeggiante e versanti a debole pendenza), litologie ben addensate, è stata classificata come stabile infatti si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità nelle aree di sedime dell'opera da realizzare.***

### FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante.

***Nei casi in oggetto le litologie di fondazione (limo-argilloso, sabbia, limo e ghiaia ben addensate e argilla) sono assolutamente stabili e non possono dar luogo a eventi di liquefazione in quanto hanno una granulometria eterometrica che va dalle argille alle breccie subangolari che raggiungono anche la dimensione di oltre 10 cm di diametro, sono ben addensati, e, non è presente alcuna falda idrica superficiale, quindi non si può presentare la condizione di saturazione. In definitiva, si afferma che non sussistono le condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni***

**di fondazione.**

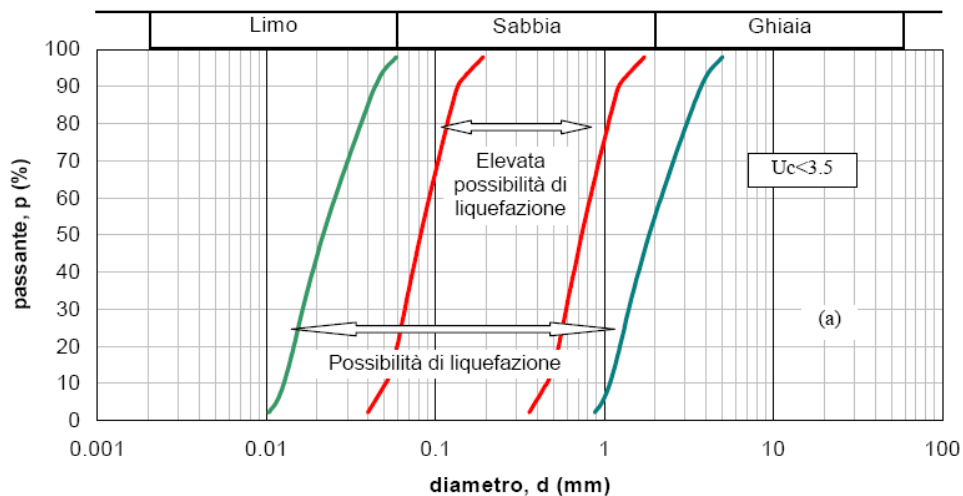
Si specifica inoltre che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi nei terreni omogenei, prevalentemente sabbiosi e saturi e solo in determinati casi, di seguito elencati.

La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

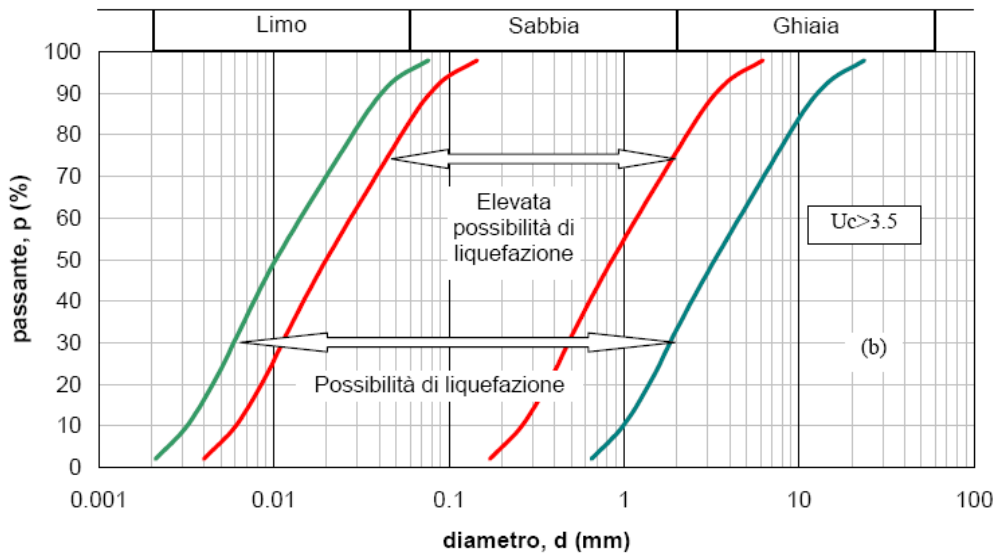
1. Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine  $FC$ , superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: in cui il coefficiente  $C_N$  è ricavabile dall'espressione essendo  $p_a$  la pressione atmosferica e  $\sigma'_v$  la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità  $U_c > 3.5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.







**Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella **categoria C**, con valori di  $V_{Seq}$  calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	$V_{S\ 1-31}$ (m/s)
<i>MASW n. 1</i>	<i>[&gt;360]</i>	<i>[&gt;360]</i>

Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Cautelativamente, in funzione della **categoria di suolo C** e categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici. Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

**ADDENSAMENTO**

Il terreno in oggetto, dalle indagini geognostiche effettuate consistenti in prove di laboratorio su **Campioni Indisturbati e delle prove penetrometriche dinamiche DPSH**, risulta essere da

mediamente a molto addensato.

**Per i motivi fin qui considerati *si esprime valutazione positiva sulla fattibilità dell'intervento in progetto, in quanto i terreni sono addensati, non ci sono le condizioni predisponenti ad eventuali fenomeni di liquefazione e di instabilità dei versanti (area stabile e moderatamente stabile).***

**In conclusione, le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.**

## 10.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, ne conviene che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per giungere a dimostrare la compatibilità delle opere da progetto è necessario effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, sia alla tipologia degli interventi e modalità esecutive previste.

E' da segnalare che i manufatti da realizzare si inseriscono in un contesto morfologico caratterizzato da **medio-basse pendenze** e non necessita di interventi di sostanziale modificazione della geometria dell'area.

Dopo avere inquadrato i tratti caratteristici dell'intervento è utile confrontare l'opera di progetto con l'assetto idrogeologico e le condizioni di rischio del sito.

Per quanto attiene le aree di sedime in esame classificate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele adottato **dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)**, per quanto riguarda il rischio frana, in una zona classificata a **"Pericolosità da frana Nulla e Moderata"** e a **"Rischio da frana Nullo"** e, per il rischio idrogeologico in una zona classificata a **"Rischio idraulico : NULLO e solo in corrispondenza di alcuni attraversamenti dei cavidotti Rischio Idraulico RI1-Basso, RI2-Moderato, RI3-Elevato, RI4-Molto Elevato"** e a **"Pericolosità idraulica NULLA e solo in corrispondenza di alcuni attraversamenti dei cavidotti Pericolosità Idraulica PI1-Bassa, PI2-Moderata, PI3-Elevata"**, sono caratterizzate da condizioni idrogeologiche, litologiche e geotecniche confortanti in virtù della mancanza sia di materiali mobilizzabili sia di condizioni morfologiche predisponenti al dissesto.

Inoltre:

- Dalla **sovrapposizione del LAYOUT del Progetto (previsione urbanistica degli interventi a farsi) con Carta Geomorfologica tutte le opere di progetto sono ubicate su una superficie stabile e moderatamente stabili.**

- I lavori previsti non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della pericolosità da frana;
- La loro tipologia non apporta variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
- La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
- Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente;
- La struttura in progetto si integrerà perfettamente nel contesto paesaggistico-ambientale.

In definitiva, in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)** (nel caso specifico al Art. 27 e 28 Parte III, Art.12, 13, 14, 15, 17 Parte II), si afferma che:

- Il presente studio di Compatibilità idrogeologico è supportato da dati oggettivi derivanti da indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel sito d'interesse;
- Tali indagini, consistenti in **n°12 prove penetrometriche DPSH con prelievo di n°5 Campione Indisturbato (Geosevi s.a.s.) con relative Prove di Laboratorio Certificate (Isogea srl)** e la realizzazione di **n°5 prova sismica superficiale MASW**, hanno definito in maniera approfondita la geometria superficiale e sotterranea dal punto di vista geofisico, litotecnico e geomeccanico;
- La realizzazione delle opere in progetto verrà effettuata adottando tutte le misure tecnico-costruttive per la mitigazione della vulnerabilità e la riduzione delle condizioni di rischio;
- Verrà adottato un corretto sistema di deflusso delle acque superficiali e sotterranee.

Dal presente studio, quindi, risulta che **non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità** (rischio sostenibile).

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato.**

## 11 AREA SOTTO STAZIONE ELETTRICA (SSE)

La Sotto Stazione Elettrica (SSE) di connessione "Rotello" sarà realizzato nel Comune di Rotello (CB).





## 11.1 MODELLO GEOLOGICO

### 11.1.1 Stratigrafia locale

Da un accurato rilevamento di campagna, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf* **Tav. C-3 CARTA GEOLITOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- Coperture fluvio-lacustre (Pleistocene Medio-Superiore);
- Argille di Montesacco, "terreni" di origine marina, (Plio-Pleistocene).

Per quanto riguarda l'area di sedime dell'impianto agro-fotovoltaico da realizzare nell'Area Parco 1, attraverso l'esecuzione di **n°2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH.11, DPSH.12)** corredata dal **prelievo di n°1 Campione Indisturbato (e relative Prove di Laboratorio)** e con la realizzazione di **n°1 prove sismiche superficiali MASW** (atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa **D.M. 17/01/2018**) e con l'ausilio dei dati tratti dalle Carte Geolitologiche esistenti, successivamente verificati dal rilevamento geologico, si è potuto constatare che il substrato è costituito da "terreni" di origine fluvio-lacustre che si sovrappongono ai depositi marini, così composti:

- dal piano campagna a 0,8/1,0 m terreno vegetale (copertura agraria) limo-argilloso e sabbioso con clasti litici, colore marrone e dall'odore terroso, sciolto;
- da 0,8/1,0 m a circa 8,6 m alternanze di depositi fluvio-lacustri composti da alternanze di limo-argilloso-sabbio e limo-sabbioso con piccoli clasti calcarei, colore beige-marrone, mediamente addensate;
- da circa 8,5 m ad oltre 40 m dal p.c. argille marnose, siltose-sabbiose con una colorazione grigio-azzurro in profondità mentre in superficie appaiono di colore giallastre in seguito ad alterazione, spesso con livelletti di silt e solo raramente si hanno intercalazioni di sabbiose, divenendo sempre più abbondanti nella parte alta della formazione (**Argille di Montesacco**).

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvencono generalmente strati molli.

### 11.1.2 Geomorfologia locale

Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

L'Area 3 del Parco agro-fotovoltaico sarà collocata su una vasta area sub-pianeggiante (terrazzo alluvionale antico) sita a quota compresa fra 178 m e circa 180 m s.l.m., bordata da versanti a debole pendenza formati dall'incisione di due corsi d'acqua, Torrente Mannara e Vallone Cannucce, i quali nei millenni hanno modellato il terrazzo (*cf. **Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA***).

Di seguito vengono riportate delle immagini rappresentative delle aree oggetto d'intervento.





Per caratterizzare la stabilità sono stati considerati i seguenti parametri dedotti dal rilevamento di campagna e dai dati ottenuti dalle indagini geologico-tecniche:

- pendenza dei versanti,
- giacitura delle formazioni stratificate,
- spessore delle eventuali coperture incoerenti,
- presenza di acqua,

dai quali si evince che le aree presentano pendenze basse, giacitura delle litologie sub-orizzontali, spessore massimo della copertura incoerente compresa fra 0,8/1,0 m e assenza di falde idriche, pertanto si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità.

Da quanto in precedenza descritto le aree di ubicazione del Parco agro-fotovoltaico sono da considerare **stabili sotto il profilo geomorfologico (cfr Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA).**

### 11.1.3 Idrogeologia

I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale (superficiale) e uno di origine marina costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi (cfr **Tav. C-4 CARTA IDROGEOLOGICA**).

- **Complesso detritico-alluvionale:** costituito da depositi sciolti a granulometria variabile dalle sabbie-limose ai conglomerati aventi in quest'area uno spessore pari a circa 2 metri. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per i limi) a elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- **Complesso marino:** costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi che presentano permeabilità per porosità molto scarsa (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni.

I terreni argillosi, rilevati direttamente dalle indagini geognostiche, risultano essere **saturi**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.

Stralcio del Foglio n° 155 della Carta Geologica d'Italia

(SAN SEVERO), scala 1:100000



**Legenda**

Pleistocene	ff <sup>2</sup>		Coperture fluviali (e lacustri?) del II ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da "terre nere" ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	ff <sup>1</sup>		Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi, ricoperti in generale da «terre nere» ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).
	Q <sup>T</sup>		Sabbie e argille sabbiose con lenti di ciottoli comprese fra la falesia e la spiaggia attuale (Termoli). <b>TIRRENIANO?</b>
Pliocene	Q <sup>c</sup> P <sup>a</sup>		ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi ( <i>Chlamys opercularis</i> L., <i>C. flexuosa</i> POLI, <i>Glycymeris</i> , ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a <i>Valvulineria bradyana</i> (FORN.), <i>Bolivina superba</i> EM., <i>B. catanensis</i> SEG. e <i>Bulimina elegans</i> D'ORB., nella parte inferiore, a <i>Globorotalia crassaformis</i> (GALL. e WISS.) e <i>G. scitula</i> (BRADY). CALABRIANO ?-PLIOCENE MEDIO.
	P <sup>1</sup> M <sup>1</sup>		FORMAZIONE DEL TONA – Argille siltose grigio-azzurrine, molasse gialle e giallo-brunastre, in grossi banchi, con livelli fortemente cementati e rare intercalazioni di argille verdastre; molasse brunastre con intercalazioni di argille sabbiose; fauna a <i>Panopaea</i> , <i>Pecten</i> , <i>Mactra</i> e foraminiferi: <i>Bolivina leonardii</i> ACC. e SELL. <i>Globorotalia punctulata</i> (d'ORB.), <i>G. hirsuta</i> (d'ORB.), <i>Sphaeroidinella seminulina</i> (SCHW.); localmente gessi, diatomiti, argille bituminose nerastre, calcari listati grigi, molasse con intercalazioni argillose; microfauna a <i>Globigerinoides obliqua</i> BOLLI, <i>Bolivina dilatata</i> REUSS, <i>Bulimina elongata</i> d'ORB., <b>PLIOCENE INF. - MESSINIANO.</b>
	M <sup>1</sup>		



#### 11.1.4 Analisi Vincoli PSAI

L'area studio, ricadente nel territorio di competenza **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione)** (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006) in una zona classificata come:

29. **Pericolosità da Frana: Pericolosità Nulla** (cfr. Tav. C-6 CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA);
30. **Rischio da Frana: Nullo** (cfr. Tav. C-7 CARTA DEL RISCHIO DA FRANA);
31. **Pericolosità Idraulica: NULLA** (cfr. Tav. C-8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA);
32. **Rischio idraulico: NULLO** (cfr. Tav. C-9 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO),

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, indicano che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per i motivi fin qui considerati e dal **Testo Unico coordinato delle NTA dello PSAI (adottato a settembre 2006)** in base agli:

- Art. 28 Parte III;

*si esprime valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area, in quanto sono opere di pubblico interesse ed inoltre:*

- **Si tratta di servizi essenziali non delocalizzabili;**
- **Non pregiudicano la realizzazione di eventuali interventi del PAI;**
- **Non concorrono ad aumentare il carico insediativo;**
- **Saranno realizzati con idonei accorgimenti costruttivi;**
- **Risultano coerenti con le misure di protezione civile di cui al PAI e ai piani comunali di settore.**

## 11.2 MODELLO GEOTECNICO

### 11.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate

Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche (cfr. **Tav. C-2 CARTA della UBICAZIONE delle INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI** e **Tav. C-1-b FASCICOLO delle INDAGINI GEOGNOSTICHE**):

- n°2 prove penetrometriche pesanti DPSH (DPSH.11, DPSH.12) con prelievo di n°1 Campione Indisturbato P12C5 (Geosevi s.a.s.);
- analisi di laboratorio sul Campione Indisturbato (Isogea Srl)
- la realizzazione di n°1 prova sismica MASW (mw5) (*atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018*) (Geosevi s.a.s.)

### 11.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse

Dalle elaborazioni delle indagini dirette in sito sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche. Di seguito vengono riportate le elaborazioni.

**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.11**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 22/07/2021  
- quota inizio : p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	β	Nspt
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s				
1	0,00 1,00	N	3,0	2	5	2,5	---	---	---	3	1,52	5	
		Rpd	21,8	15	35	18,3	---	---	---	22			
2	1,00 4,00	N	26,9	10	47	18,5	8,3	18,7	35,2	27	1,52	41	
		Rpd	170,6	69	302	119,8	51,4	119,2	222,0	171			
3	4,00 6,60	N	11,7	9	26	10,3	4,5	7,2	16,2	12	1,52	18	
		Rpd	62,5	51	139	56,5	24,0	38,5	86,5	64			
4	6,60 8,60	N	33,3	20	70	26,7	14,4	18,9	47,7	33	1,52	50	
		Rpd	156,3	101	320	128,5	63,4	92,8	219,7	155			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm ) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm )

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 11**

n°	H1	H2	NATURA GRANULARE							NATURA COESIVA					Litologia	
			Nspt	Vs	G	Dr	ø'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed	Ysat	W		e
1	0,00	1,00	5	---	43	18	25	56	1,77	1,30	---	---	---	---	---	Terreno agrario
2	1,00	4,00	41	---	206	---	26	246	2,00	1,64	0,43	246	2,27	12,4	0,334	Limo Argilloso con pezzame ghiaioso
3	4,00	6,60	18	---	112	---	23	108	1,88	1,46	0,21	108	2,00	26,2	0,708	Limo Argilloso deb. Sabbioso
4	6,60	8,60	50	---	274	---	27	246	2,05	1,75	0,52	312	2,27	14,4	0,364	Argilla con Limo deb. Ghiaiosa

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm )

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972



**ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.12**

Committente: Ambra Solare 5 srl  
 Lavoro: Realizzazione di impianti agro - fotovoltaici  
 Località: Ururi – San Martino in Pensilis - Rotello (CB)

- data prova : 22/07/2021  
 - quota inizio : p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	β	Nspt
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s				
1	0,00 0,80	N	3,8	3	6	3,4	---	---	---	4	1,52	6	
		Rpd	27,9	22	45	25,1	---	---	---	29			
2	0,80 4,00	N	11,7	7	25	9,3	4,7	7,0	16,3	12	1,52	18	
		Rpd	75,0	45	173	60,0	32,0	43,1	107,0	77			
3	4,00 6,80	N	24,7	13	70	18,9	14,0	10,7	38,7	25	1,52	38	
		Rpd	130,6	70	354	100,1	69,7	61,0	200,3	132			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 20 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,52) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 12**

n°	H1	H2	NATURA GRANULARE						NATURA COESIVA					Litologia		
			Nspt	Vs	G	Dr	ø'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed	Ysat		W	e
1	0,00	0,80	6	---	50	21	26	60	1,79	1,33	---	---	---	---	---	Terreno agrario
2	0,80	4,00	18	---	112	---	23	108	1,88	1,46	0,22	108	2,00	26,2	0,708	Limo Argilloso deb.Sabbioso
3	4,00	6,80	38	---	195	---	25	228	2,00	1,65	0,37	228	2,24	13,8	0,373	Limo Argilloso con pezzame ghiaioso

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito Ed (kg/cm²) = modulo edometrico W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti C' (kg/cm²) = coesione Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972



### **11.3 MODELLO SISMICO**

#### **11.3.1 Modellazione Sismica**

Per la modellazione sismica dell'Area Sotto Stazione Elettrica (SSE) è stata realizzata **n°1 prove sismica MASW (mw.5)**, al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).



#### **11.3.2 Risposta sismica locale**

La valutazione della risposta sismica locale è stata effettuata secondo i dettami del recente D.M. del 17 gennaio 2018, tramite l'utilizzo del software sperimentale SPETTRI NTC 1.0.3 sviluppato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ed utilizzando le risultanze della prospezione sismica MASW precedentemente descritta.

Gli spettri di risposta ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio SLD (Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita).

In un primo stadio è stata individuata la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) (Tab. 5; Fig. 7).

In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della



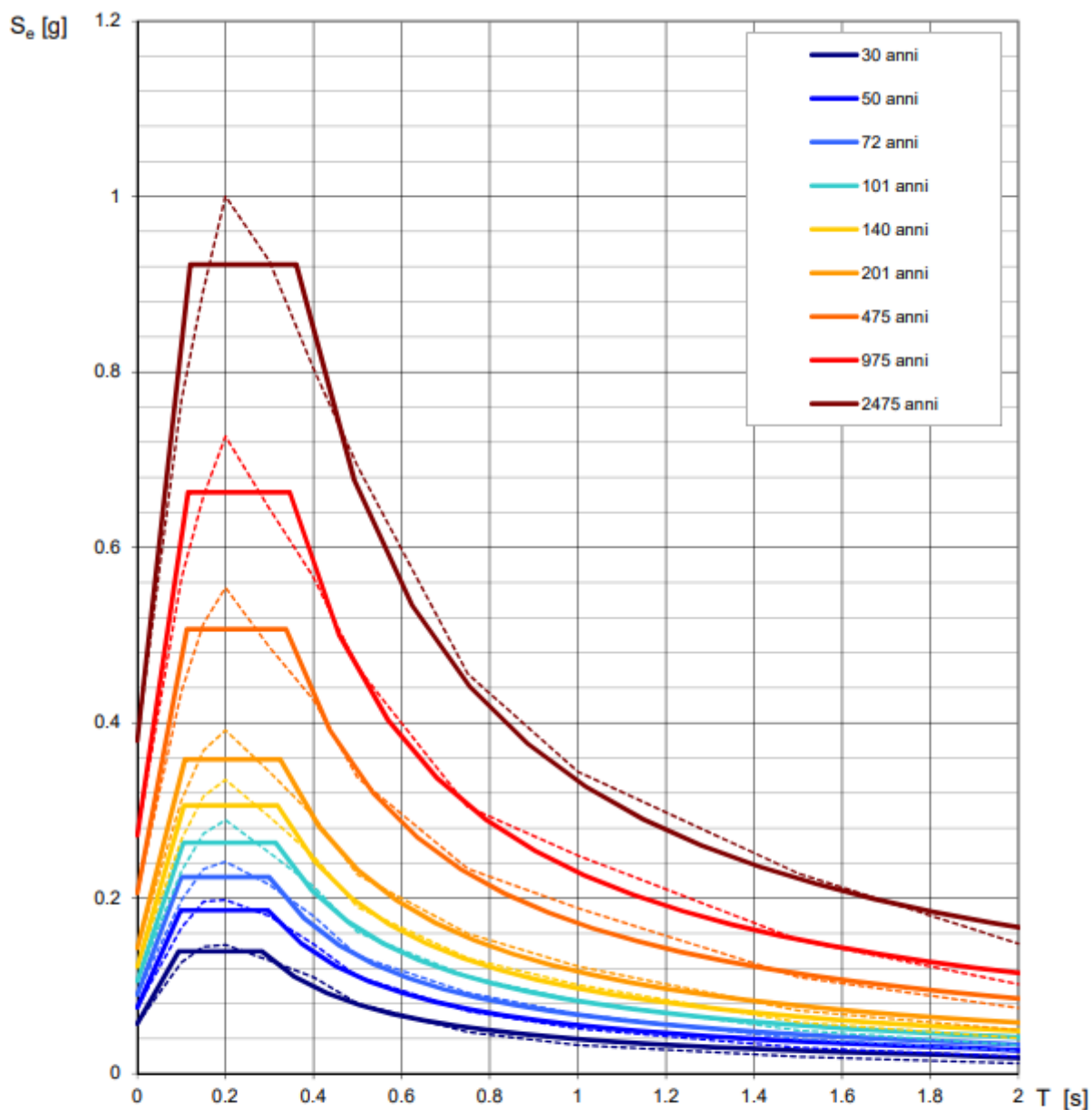
costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV) (Tabb. 6 – 9; Figg. 8 – 9).

Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito (categoria di sottosuolo **C** – categoria topografica **T1**) individuata nell'area oggetto di indagine.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO  
PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A  
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.074141 – LAT. 41.759187 (IN GRADI DECIMALI)**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.057	2.449	0.283
50	0.075	2.474	0.297
72	0.090	2.487	0.299
101	0.105	2.496	0.314
140	0.122	2.507	0.318
201	0.143	2.504	0.324
475	0.206	2.461	0.338
975	0.272	2.440	0.346
2475	0.380	2.431	0.361

Tab. 5 - Prospetto dei valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;  $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  $T_C$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:  
 Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 7 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_r$  di riferimento per categoria di sottosuolo A.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C  
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1  
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.074141 – LAT. 41.759187 (IN GRADI DECIMALI)**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.075 g
$F_o$	2.475
$T_c$	0.297 s
$S_s$	1.500
$C_c$	1.568
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.155 s
$T_C$	0.465 s
$T_D$	1.902 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1 / q$$

$$T_B = T_c / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.113
$T_B$ ←	0.155	0.280
$T_C$ ←	0.465	0.280
	0.534	0.244
	0.602	0.216
	0.670	0.194
	0.739	0.176
	0.807	0.161
	0.876	0.149
	0.944	0.138
	1.012	0.129
	1.081	0.121
	1.149	0.113
	1.218	0.107
	1.286	0.101
	1.355	0.096
	1.423	0.092
	1.491	0.087
	1.560	0.084
	1.628	0.080
	1.697	0.077
	1.765	0.074
	1.833	0.071
$T_D$ ←	1.902	0.069
	2.002	0.062
	2.102	0.056
	2.202	0.051
	2.301	0.047
	2.401	0.043
	2.501	0.040
	2.601	0.037
	2.701	0.034
	2.801	0.032
	2.901	0.029
	3.001	0.028
	3.101	0.026
	3.201	0.024
	3.301	0.023
	3.401	0.021
	3.500	0.020
	3.600	0.019
	3.700	0.018
	3.800	0.017
	3.900	0.016
	4.000	0.015

**Tab. 6 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0.028 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0.918
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

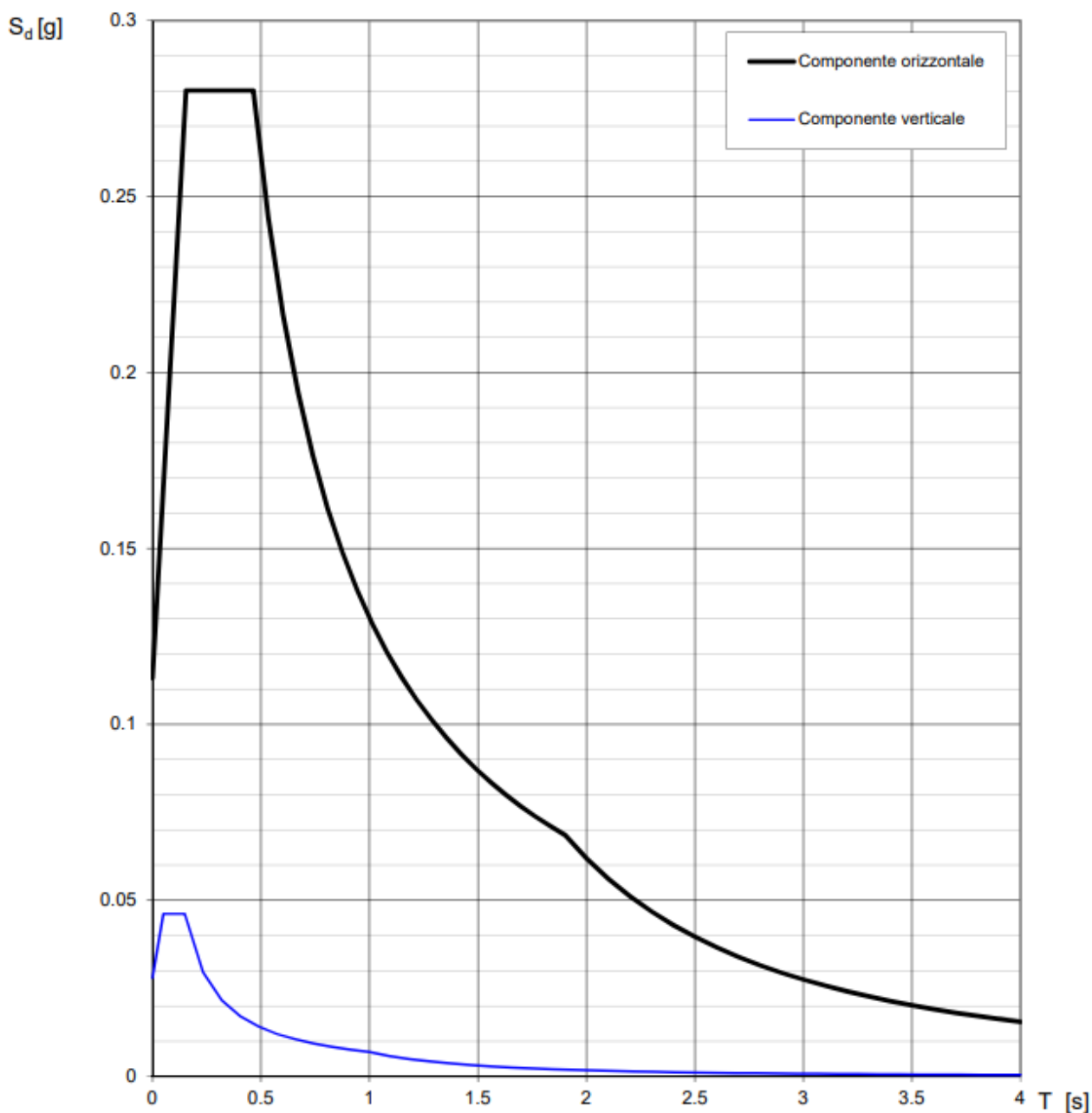
$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.028
$T_B$ ←	0.050	0.046
$T_C$ ←	0.150	0.046
	0.235	0.029
	0.320	0.022
	0.405	0.017
	0.490	0.014
	0.575	0.012
	0.660	0.010
	0.745	0.009
	0.830	0.008
	0.915	0.008
$T_D$ ←	1.000	0.007
	1.094	0.006
	1.188	0.005
	1.281	0.004
	1.375	0.004
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.003
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.002
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 7 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni; Coefficiente d’uso della costruzione -  $CU = 1$  – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .



**Fig. 8 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.206 g
$F_o$	2.461
$T_c$	0.338 s
$S_S$	1.396
$C_C$	1.502
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.396
$\eta$	1.000
$T_B$	0.169 s
$T_C$	0.508 s
$T_D$	2.423 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_c / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.287
$T_B$ ←	0.169	0.707
$T_C$ ←	0.508	0.707
	0.599	0.599
	0.690	0.520
	0.781	0.459
	0.872	0.411
	0.964	0.372
	1.055	0.340
	1.146	0.313
	1.237	0.290
	1.329	0.270
	1.420	0.253
	1.511	0.238
	1.602	0.224
	1.693	0.212
	1.785	0.201
	1.876	0.191
	1.967	0.182
	2.058	0.174
	2.150	0.167
	2.241	0.160
	2.332	0.154
$T_D$ ←	2.423	0.148
	2.498	0.139
	2.573	0.131
	2.648	0.124
	2.724	0.117
	2.799	0.111
	2.874	0.105
	2.949	0.100
	3.024	0.095
	3.099	0.091
	3.174	0.086
	3.249	0.082
	3.324	0.079
	3.399	0.075
	3.474	0.072
	3.549	0.069
	3.625	0.066
	3.700	0.064
	3.775	0.061
	3.850	0.059
	3.925	0.056
	4.000	0.054

Tab. 8 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0.126 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.507
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

**Espressioni dello spettro di risposta**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

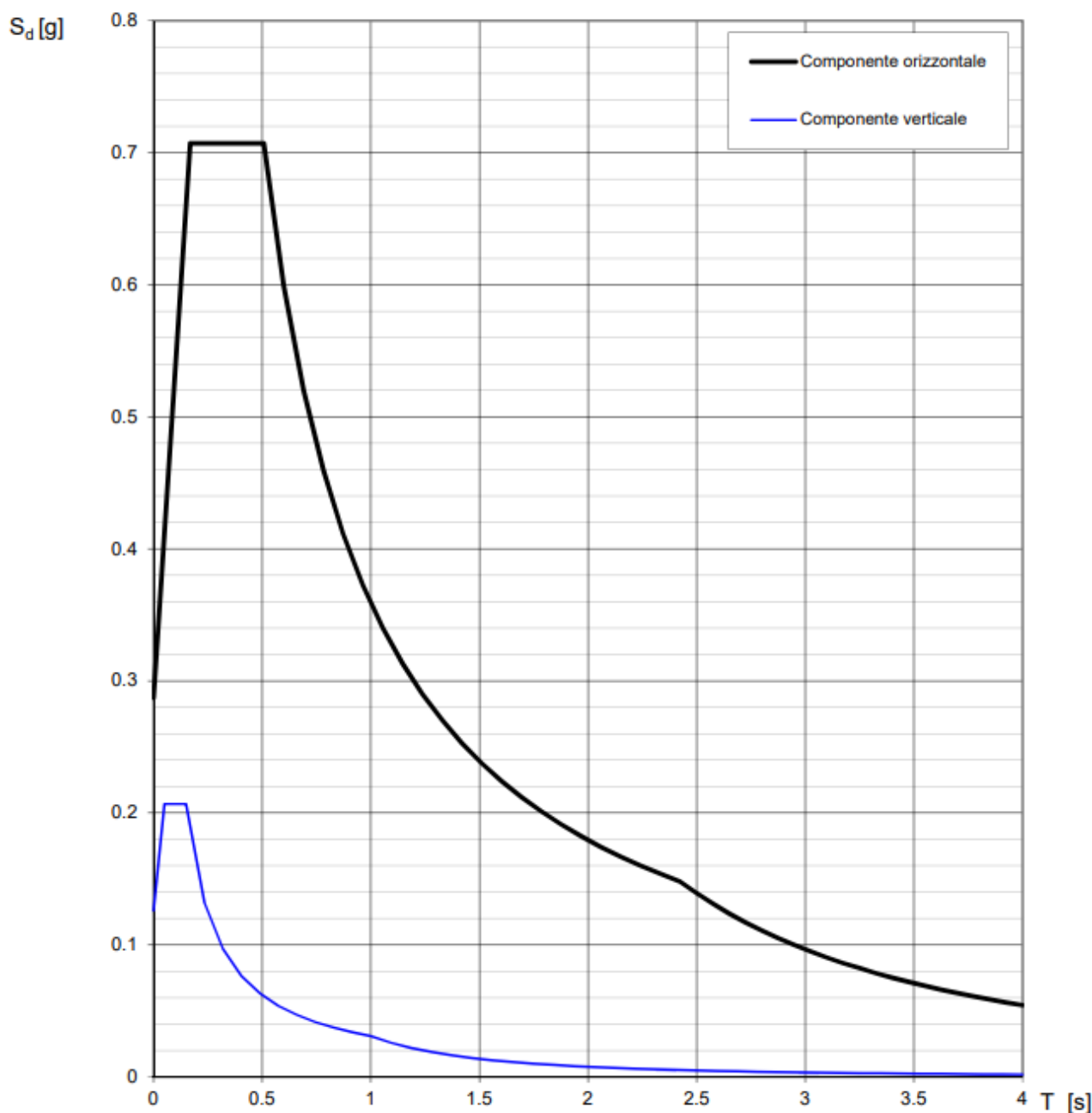
$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.126
$T_B$ ←	0.050	0.207
$T_C$ ←	0.150	0.207
	0.235	0.132
	0.320	0.097
	0.405	0.077
	0.490	0.063
	0.575	0.054
	0.660	0.047
	0.745	0.042
	0.830	0.037
	0.915	0.034
$T_D$ ←	1.000	0.031
	1.094	0.026
	1.188	0.022
	1.281	0.019
	1.375	0.016
	1.469	0.014
	1.563	0.013
	1.656	0.011
	1.750	0.010
	1.844	0.009
	1.938	0.008
	2.031	0.008
	2.125	0.007
	2.219	0.006
	2.313	0.006
	2.406	0.005
	2.500	0.005
	2.594	0.005
	2.688	0.004
	2.781	0.004
	2.875	0.004
	2.969	0.004
	3.063	0.003
	3.156	0.003
	3.250	0.003
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.002

Tab. 9 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.



**Fig. 9 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d’uso della costruzione - CU = 1 – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.**

### 11.3.3 Interpretazione ed analisi dei dati sismici

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 10), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di Rotello (CB) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.175 e 0.225 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

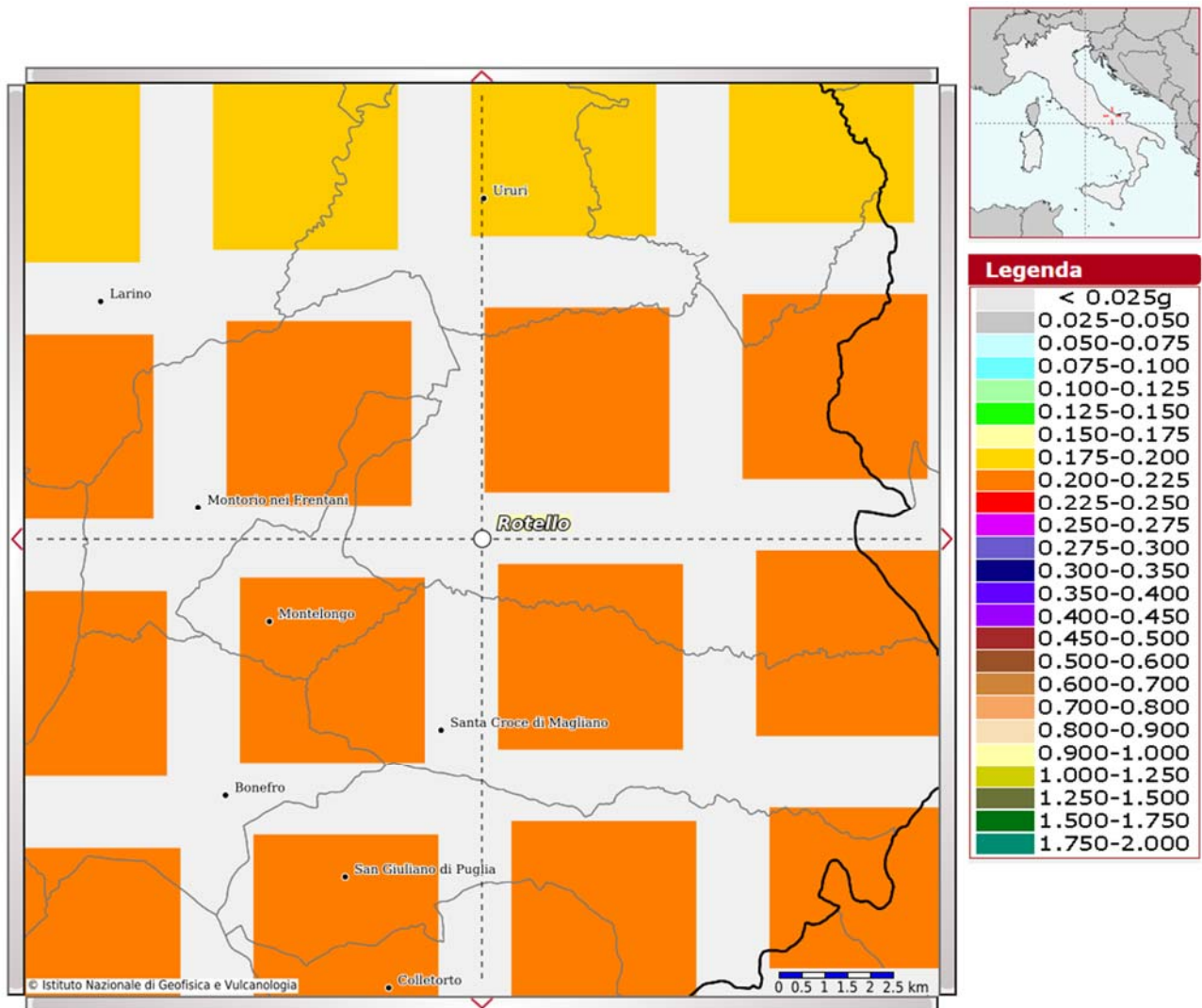


Fig. 10 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria C (vedi par. 4), con valori di  $V_{S_{eq}}$  calcolati pari a (Tab. 10):

<i>Prospezione sismica</i>	<i><math>V_{S\ 0-30}</math> (m/s)</i>	<i><math>V_{S\ 1-31}</math> (m/s)</i>
<i>MASW n. 5</i>	<i>[295]</i>	<i>[308]</i>

Tab. 10 – Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Proprio in funzione della categoria di sottosuolo C e della categoria topografica T1 sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 5).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione -  $CU = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ) (Tabb. 6 – 8 – 11), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i><math>a_g</math> SLD</i>	<i><math>a_g</math> SLV</i>	<i><math>S_e</math> [g] SLD</i>	<i><math>S_e</math> [g] SLV</i>
<i>[0.075]</i>	<i>[0.206]</i>	<i>[0.280]</i>	<i>[0.707]</i>

Tab. 11 – Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $CU = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .



Di seguito si riportano i valori di VS per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica MASW (Tab. 12).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>s</sub> (m/s)</i>
S1	0.0 – 2.4	157
S2	2.4 – 4.1	208
S3	4.1 – 12.0	243
S4	12.0 – 16.0	326
S5	16.0 – 21.1	397
S6	27.4 – 34.3	532

**Tab. 12 - Prospetto delle determinazioni dei valori di VS per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.5.**

## 11.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE

Per determinare la fattibilità dell'opera da realizzare vengono analizzati i seguenti aspetti:

### STABILITA' D'INSIEME

Per caratterizzare la stabilità dell'area in esame, sono stati considerati i seguenti parametri, inoltre l'esame è stato esteso ad una vasta area circostante:

- pendenza dei versanti;
- giacitura delle formazioni stratificate;
- fratturazione delle masse rocciose;
- spessore delle eventuali coperture incoerenti;
- presenza di acqua.

***L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da pendenze basse (pianeggiante), litologie ben addensate, è stata classificata come stabile infatti si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità nelle aree di sedime dell'opera da realizzare.***

### FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante.

***Nei casi in oggetto le litologie di fondazione (limo-argilloso, sabbia, limo e ghiaia ben addensate e argilla) sono assolutamente stabili e non possono dar luogo a eventi di liquefazione in quanto hanno una granulometria eterometrica che va dalle argille alle breccie subangolari che raggiungono anche la dimensione di oltre 10 cm di diametro, sono ben addensati, e, non è presente alcuna falda idrica superficiale, quindi non si può presentare la condizione di saturazione. In definitiva, si afferma che non sussistono le condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni di fondazione.***

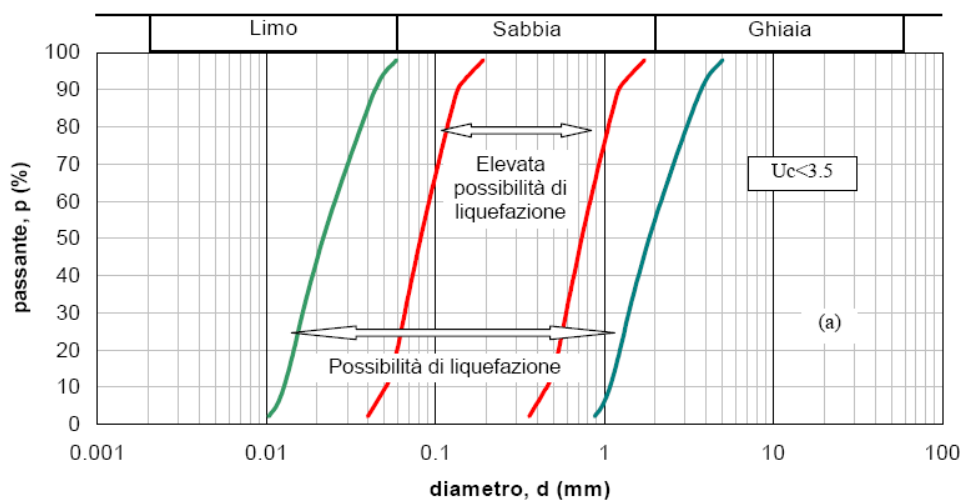
Si specifica inoltre che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi nei terreni omogenei, prevalentemente sabbiosi e saturi e solo in determinati casi, di seguito elencati.

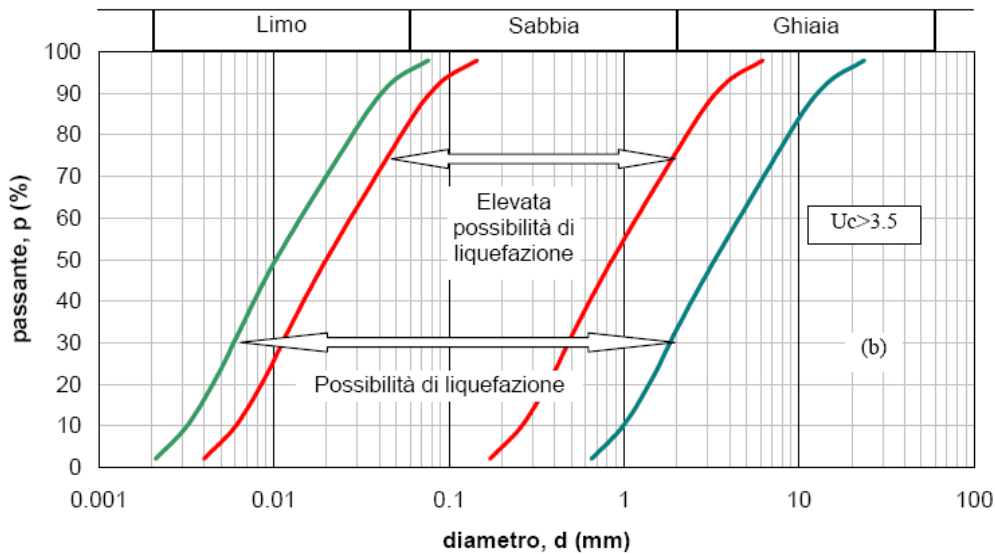
La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine  $FC$ , superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: in cui il coefficiente  $C_N$  è ricavabile dall'espressione essendo  $p_a$  la pressione atmosferica e  $\sigma'_v$  la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità  $U_c > 3.5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.





**Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)**

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella **categoria C**, con valori di  $V_{Seq}$  calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	$V_{S\ 1-31}$ (m/s)
<i>MASW n. 5</i>	<i>[295]</i>	<i>[308]</i>

**Tab. 10 – Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.**

Cautelativamente, in funzione della **categoria di suolo C** e categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e  $S_e$  [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra  $T_B$  e  $T_C$ ), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

$a_g$ SLD	$a_g$ SLV	$S_e$ [g] SLD	$S_e$ [g] SLV
[0.075]	[0.206]	[0.280]	[0.707]

Valori massimi di  $a_g$  e  $S_e$  [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .

**ADDENSAMENTO**

Il terreno in oggetto, dalle indagini geognostiche effettuate consistenti in prove di laboratorio su Campioni Indisturbati e delle prove penetrometriche dinamiche DPSH, risulta essere da mediamente a molto addensato.

Per i motivi fin qui considerati si esprime valutazione positiva sulla fattibilità dell'intervento in progetto, in quanto i terreni sono addensati, non ci sono le condizioni predisponenti ad eventuali fenomeni di liquefazione e di instabilità dei versanti (area stabile).

In conclusione, le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.



## 11.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, ne conviene che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per giungere a dimostrare la compatibilità delle opere da progetto è necessario effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, sia alla tipologia degli interventi e modalità esecutive previste.

E' da segnalare che i manufatti da realizzare si inseriscono in un contesto morfologico caratterizzato da **basse pendenze** e non necessita di interventi di sostanziale modificazione della geometria dell'area.

Dopo avere inquadrato i tratti caratteristici dell'intervento è utile confrontare l'opera di progetto con l'assetto idrogeologico e le condizioni di rischio del sito.

Per quanto attiene le aree di sedime in esame classificate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele adottato **dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)**, per quanto riguarda il rischio frana, in una zona classificata a "Pericolosità da frana Nulla" e a "Rischio da frana Nullo"e, per il rischio idrogeologico in una zona classificata a "Rischio idraulico Nullo" e a "Pericolosità idraulica Nulla", sono caratterizzate da condizioni idrogeologiche, litologiche e geotecniche confortanti in virtù della mancanza sia di materiali mobilizzabili sia di condizioni morfologiche predisponenti al dissesto.

Inoltre:

- Dalla ***sovrapposizione del LAYOUT del Progetto (previsione urbanistica degli interventi a farsi) con Carta Geomorfológica tutte le opere di progetto sono ubicate su una superficie stabile.***
- I lavori previsti non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della

pericolosità da frana;

- La loro tipologia non apporta variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
- La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
- Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente;
- La struttura in progetto si integrerà perfettamente nel contesto paesaggistico-ambientale.

In definitiva, in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)** (nel caso specifico al Art. 28 Parte III), si afferma che:

- Il presente studio di Compatibilità idrogeologica è supportato da dati oggettivi derivanti da indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel sito d'interesse;
- Tali indagini, consistenti in **n°2 prove penetrometriche DPSH con prelievo di n°1 Campione Indisturbato (Geosevi s.a.s.) con relative Prove di Laboratorio Certificate (Isogea srl) e la realizzazione di n°1 prova sismica superficiale MASW**, hanno definito in maniera approfondita la geometria superficiale e sotterranea dal punto di vista geofisico, litotecnico e geomeccanico;
- La realizzazione delle opere in progetto verrà effettuata adottando tutte le misure tecnico-costruttive per la mitigazione della vulnerabilità e la riduzione delle condizioni di rischio;
- Verrà adottato un corretto sistema di deflusso delle acque superficiali e sotterranee.

Dal presente studio, quindi, risulta che *non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità* (rischio sostenibile).

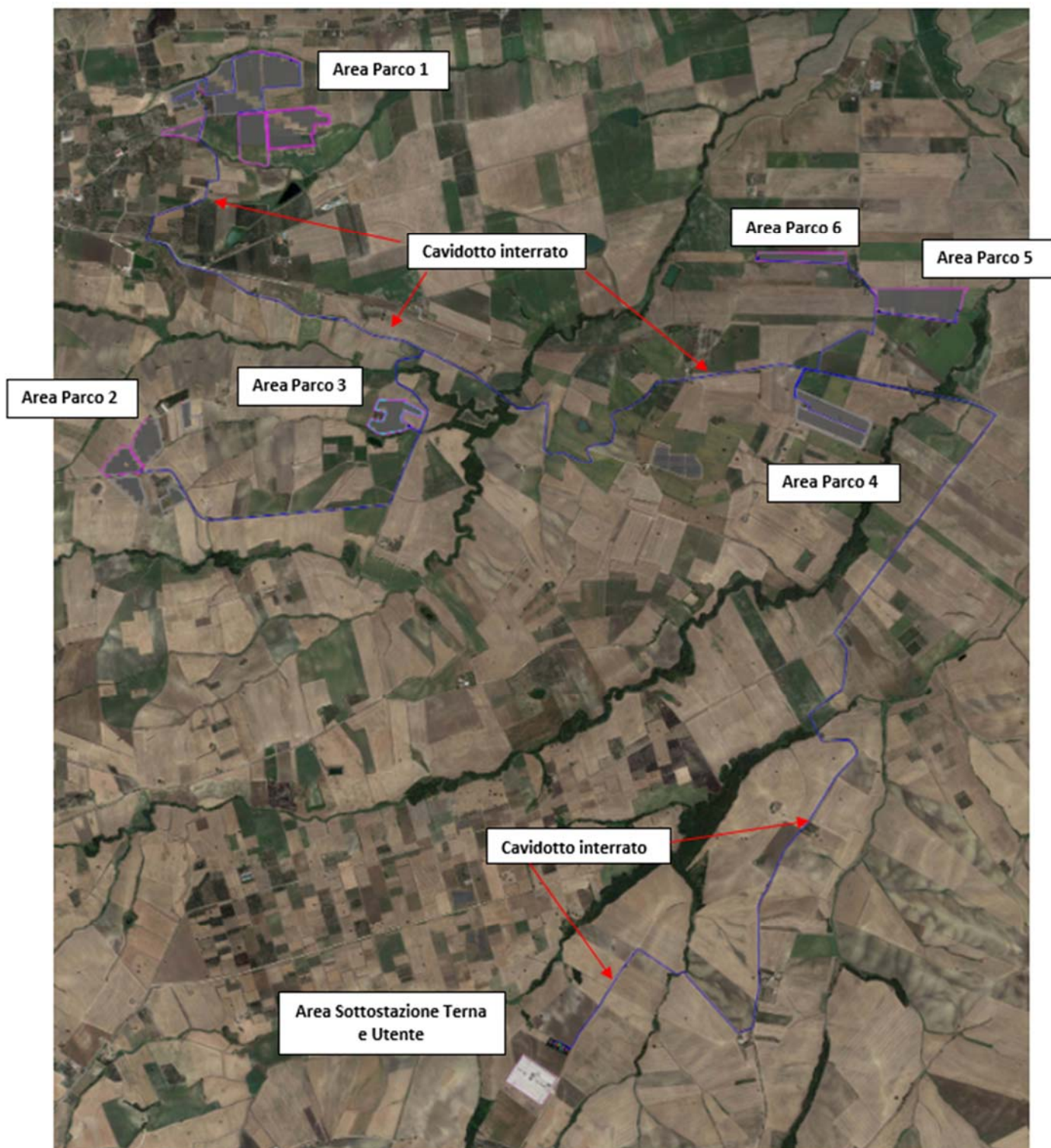
Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato.**

## **12 ASPETTI IDRAULICI DELL'AREA D'INTERVENTO**

L'impianto agro-fotovoltaico in progetto ricadente nei Comuni di Ururi e San Martino in Pensilis (CB) ed è compreso nel foglio 155 della Carta Geologica d'Italia "San Severo".

Le opere da realizzare, nello specifico, sono costituite da:

- L'impianto agro-fotovoltaico ricadente nel Comune di Ururi e San Martino in Pensilis (CB) è suddiviso in n°6 Aree Parco, installato a terra, su tracker. Le strutture di sostegno saranno realizzate in profili metallici (in alluminio o acciaio zincato) e fissate al terreno;
- dal cavidotto interrato che attraversa i Comuni Ururi e San Martino in Pensilis e Rotello (CB);
- dalla Sotto Stazione Elettrica (SSE) ubicata nel comune di Rotello (CB) in un'area limitrofa alla esistente Sottostazione Terna AT/AT.





## 12.1 RETICOLO IDRAULICO

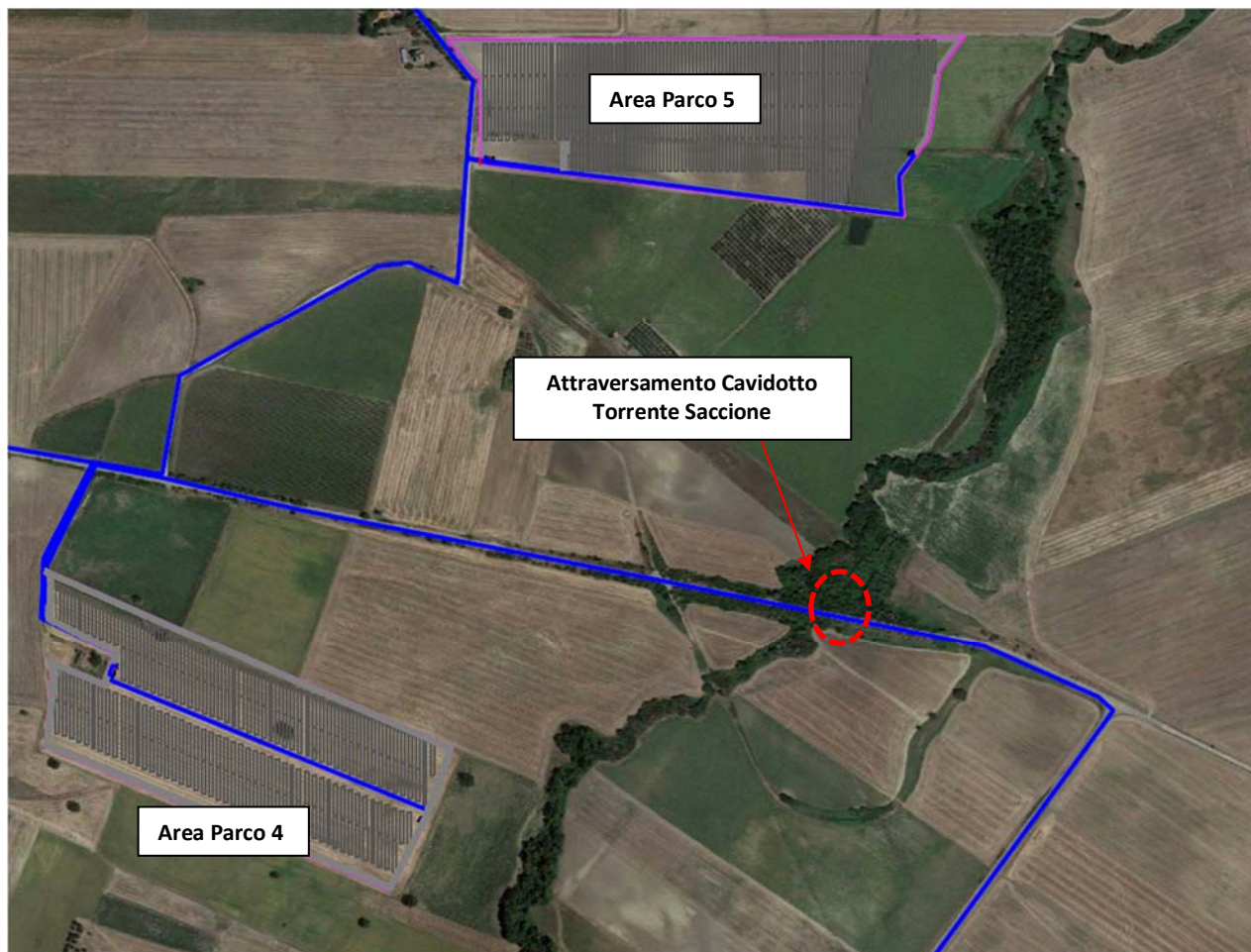
L'area Parco agro-fotovoltaico insiste su territori ricadenti nel bacino idrografico del Torrente Saccione.



Il torrente Saccione nasce dal Colle Frasconi (437 m s.l.m.) in località Difesa Nuova presso Montelongo. È lungo circa 38 km e per metà della sua lunghezza, da Campomarino alla foce, segna il confine tra il territorio regionale del Molise e la Puglia. Ha un bacino drenante complessivo di 289 km<sup>2</sup>. I suoi affluenti di sinistra sono: vallone della Pila, vallone di Reale, vallone della Sapestra, vallone Sassani; quelli di destra: vallone di Montorio, vallone della Terra presso Rotello e vallone Cannucce. Sfocia nel Mar Adriatico Presso Torre Fantina, località Chieuti (FG).



Il tracciato del cavidotto in progetto lo attraversa nel comune di San Martino in Pensilis in un punto in cui il corso d'acqua, ad andamento sinuoso, presenta sponde mediamente incise ricche di vegetazione ripariale.



### Rappresentazione dell'interferenza del cavidotto interrato col Torrente Saccione

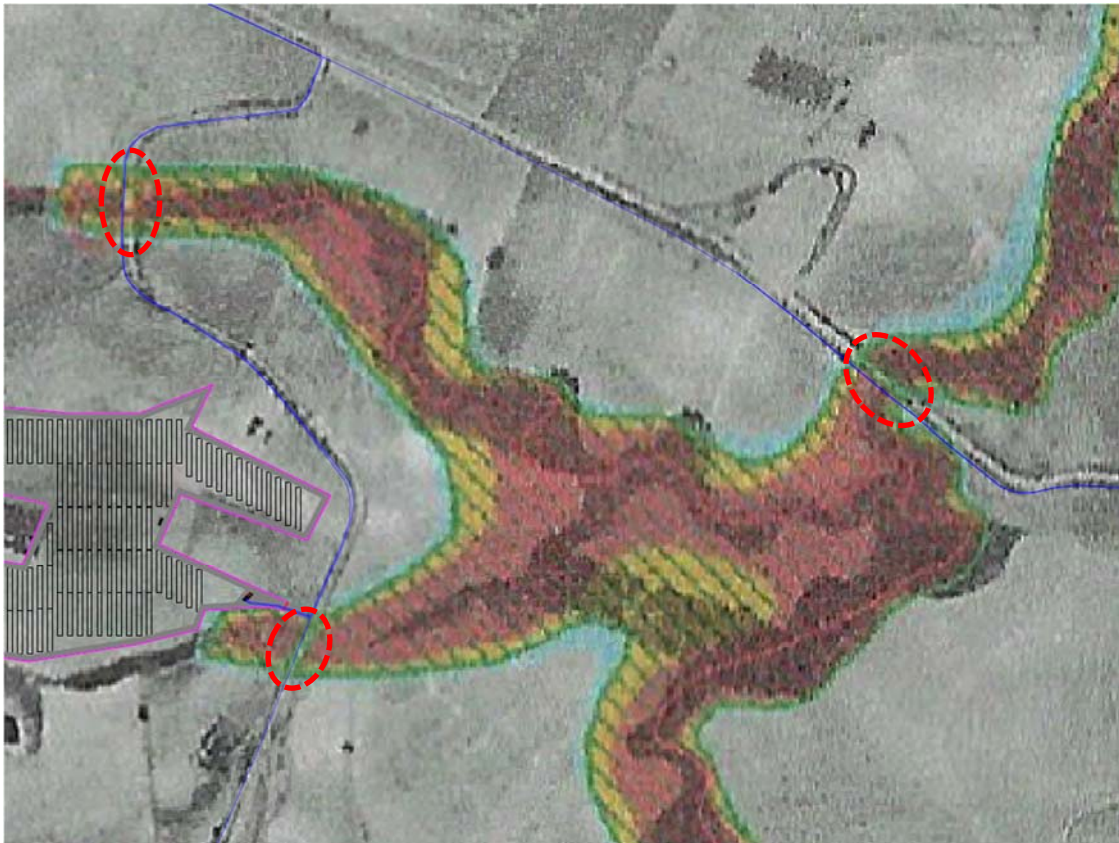
## **12.2 VERIFICA CONDIZIONI DI SICUREZZA IDRALICA DELLE OPERE**

Il corso d'acqua principale che interessa l'area vasta è il Torrente Saccione.

Al fine di effettuare una valutazione complessiva della pericolosità idraulica, è stata effettuata:

- Un accurato rilevamento geologico e geomorfologico di campagna di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse;
- L'analisi delle carte della pericolosità e del rischio, in scala 1:25000, prodotte **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex ADB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione)** (Testo Unico delle **NTA adottato a settembre 2006**) dalla quale è stato riscontrato quanto segue:
  - **Pericolosità Idraulica: NULLA e solo in corrispondenza di alcuni attraversamenti dei cavidotti Pericolosità Idraulica PI1-Bassa, PI2-Moderata, PI3-Elevata (cfr. Tav. C-8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA);**
  - **Rischio idraulico: NULLO e solo in corrispondenza di alcuni attraversamenti dei cavidotti Rischio Idraulico RI1-Basso, RI2-Moderato, RI3-Elevato, RI4-Molto Elevato (cfr. Tav. C-9 BATTIPAGLIA NEL RISCHIO IDRAULICO),**





**Stralci Tav C-8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA**

---

Il cavidotto sarà alloggiato all'interno delle carreggiate di strade esistenti e, **solo per l'attraversamento dell'alveo di piena ordinaria e straordinaria del torrente Saccione e suoi affluenti (*Pericolosità Idraulica PI1-Bassa, PI2-Moderata, PI3-Elevata*) sarà utilizzata il sistema con alloggiamento del cavidotto su guide fissate con staffe alla struttura del viadotto (lato valle) e, nel caso tale soluzione non sia applicabile o non sia approvata dagli enti preposti, si utilizzerà il sistema T.O.C. – Trivellazione Orizzontale Controllata** (come di seguito riportato in dettaglio), grazie al quale si eviterà qualsiasi interferenza ed eventuali danni al sistema fluviale, evitando di creare ogni possibile ostacolo al naturale deflusso delle acque del torrente Saccione e suoi affluenti.

### **12.3 ATTRAVERSAMENTO CON SISTEMA (TOC) – TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA**

Al fine di minimizzare gli impatti sui corsi d'acqua attraversati, in corrispondenza dell'attraversamento del torrente Saccione e suoi affluenti, verrà effettuato attraversamento degli stessi con posa del cavidotto MT in sub-alveo mediante trivellazione orizzontale controllata. Il cavidotto MT sarà quindi completamente interrato (non staffato a ponte) e non visibile all'occhio umano. Tale operazione consente di apportare benefici qualitativi in termini di impatti paesaggistici, inoltre concorre a ridurre altre eventuali interferenze, quali ad esempio pericoli in caso di esondazione dei corsi d'acqua, permettendo inoltre la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico.

La tecnica del Directional Drilling ovvero Trivellazione Orizzontale Controllata prevede la perforazione mediante una sonda teleguidata ancorata a delle aste metalliche. L'avanzamento avviene per la spinta a forti pressioni esercitata da acqua o miscele di acqua e polimeri totalmente biodegradabili: per effetto della spinta il terreno è compresso lungo le pareti del foro, e l'acqua è utilizzata anche per raffreddare l'utensile.

Questo sistema non comporta alcuno scavo preliminare in quanto necessita solo delle buche di partenza e di arrivo, evitando, quindi, la demolizione e il ripristino di eventuali sovrastrutture esistenti.

Le fasi principali del processo di TOC sono le seguenti:

- delimitazione delle aree di cantiere;
- realizzazione del foro pilota;
- alesatura del foro pilota e contemporanea posa dell'infrastruttura (tubazione).

In corrispondenza della postazione di partenza in cui viene posizionata l'unità di perforazione, a partire da uno scavo di invito viene trivellato un foro pilota di piccolo diametro che segue il profilo di progetto, raggiungendo la superficie al lato opposto dell'unità di perforazione.

Il controllo della posizione della testa di perforazione, giuntata alla macchina attraverso aste metalliche che permettono piccole curvature, è assicurato da un sistema di sensori posti sulla testa stessa. Una volta eseguito il foro pilota viene collegato alle aste un alesatore di diametro leggermente superiore al diametro della tubazione, la quale deve essere trascinata all'interno del foro definitivo. Tale operazione viene effettuata servendosi della rotazione delle aste sull'alesatore



e della forza di tiro della macchina, in modo da trascinare all'interno del foro un tubo, generalmente in PE, di idoneo spessore.

Le operazioni di trivellazione e di tiro sono agevolate dall'uso di fanghi o miscele di acqua-polimeri totalmente biodegradabili, utilizzati attraverso pompe e contenitori appositi che ne impediscono la dispersione nell'ambiente.



Schema semplificato del sistema di trivellazione T.O.C.

Inoltre si precisa che l'intero tracciato del cavidotto sarà realizzato al di sotto della viabilità esistente. In tal modo sarà possibile proteggere il collegamento elettrico dagli effetti delle eventuali azioni di trascinamento della corrente idraulica, ed allo stesso tempo, non si comporterà alcuna riduzione delle sezioni utili per il deflusso idrico.

Il cavidotto MT di collegamento tra l'impianto fotovoltaico e la Stazione Elettrica di Utenza sarà posato ad una profondità di circa 130 cm con protezione anti sfondamento da escavazione, senza corrugati o manufatti di posa interposti con il terreno, sotto viabilità provinciali e comunali.

## **CONCLUSIONI**

Le aree studio, ricadenti nei Comuni di Ururi (CB), San Martino in Pensilis (CB) e Rotello (CB), sono comprese nel foglio 155 della Carta Geologica d'Italia "**SAN SEVERO**".

Nello specifico, tale impianto agro-fotovoltaico sarà realizzato nei comuni di Ururi e San Martino in Pensilis (CB) e suddiviso in totale **6 aree** che verranno di seguito indicate convenzionalmente con un numero progressivo da 1 a 6 e sono così suddivise nei seguenti comuni:

- Ururi (CB): vi ricadono parte dell'Area 1, l'Area 2 e l'Area 3;
- San Martino in Pensilis (CB): vi ricadono parte dell'Area 1, l'Area 4, l'Area 5 e l'Area 6.

Nel Comune di Rotello (CB) ricade parte del cavidotto fino alla Sotto Stazione Elettrica (SSE) di connessione "Rotello".

Le opere da realizzare, nello specifico, sono costituite da:

- L'impianto agro-fotovoltaico ricadente nel Comune di Ururi e San Martino in Pensilis (CB) è suddiviso in n°6 Aree Parco, installato a terra, su tracker. Le strutture di sostegno saranno realizzate in profili metallici (in alluminio o acciaio zincato) e fissate al terreno;
- dal cavidotto interrato che attraversa i Comuni Ururi e San Martino in Pensilis e Rotello (CB);
- dalla Sotto Stazione Elettrica (SSE) ubicata nel comune di Rotello (CB) in un'area limitrofa alla esistente Sottostazione Terna AT/AT.

Lo studio Geologico eseguito nell'area in esame, ha permesso di accertarne le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche ampiamente discusse nei paragrafi precedenti e così sintetizzate:

- **Geologia** – Da un accurato rilevamento di campagna e dalle indagini geognostiche realizzate in sito, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf* **Tav. C-3 CARTA GEOLITOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- 1 Argille di Montesacco, "terreni" di origine marina, (Plio-Pleistocene)
- 2 Coperture fluvio-lacustre (Pleistocene Medio-Superiore)

### Argille di "Montessacco":

Si tratta di argille marnose, siltose-sabbiose con una colorazione grigio-azzurre in profondità mentre in superficie appaiono di colore giallastre in seguito ad alterazione, spesso con livelletti di silt e solo raramente si hanno intercalazioni di sabbiose, divenendo sempre più abbondanti nella parte alta della formazione dando luogo ad un altro tipo litologico che sono le soprastanti Sabbie di Serracapriola.

L'età di questa formazione è stata attribuita al Pliocene Medio e Superiore e si estende fino al Calabriano.

### Coperture fluvio-lacustre

Si tratta di depositi alluvionali e lacustri che si ritrovano lungo il corso dei fiumi a varie quote. Questi sedimenti, in base a considerazione di natura morfologica, sono stati suddivisi in quattro ordini di terrazzi.

I depositi che si ritrovano nell'area di studio appartengono al primo e al secondo Ordine di terrazzo la cui età è ascrivibile alla parte alta del Pleistocene, anche se non è da escludere che i livelli più recenti facciano parte dell'Olocene.

Questi sedimenti sono costituiti per lo più da ghiaie più o meno cementate, livelli travertinosi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianche.

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvencono generalmente strati molli.

- **Geomorfologia** – Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con

fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto (cf. Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA).

In prima analisi si osserva un forte controllo della litologia sulla morfogenesi dell'area in cui affiorano i depositi fluvio-lacustri con giacitura a "sub-orizzontale", materiali poco erodibili trasportati e depositati dai maggiori corsi d'acqua determinando dei terrazzi alluvionali dislocati a varie quote, comprese fra 205 m e circa 90 m s.l.m., a seconda dell'Ordine di Terrazzo. Tali terrazzi con inclinazione, anche se debole, degradano verso l'alveo dei fiumi. Questi terreni fluvio-lacustri sono stati depositati sulle Argille di "Montessacco", terreni maggiormente erodibili che determinano versanti dalle pendenze medie di circa 6-12° e che in alcuni casi raggiungono anche i 15°. Localmente, su questi versanti sono visibili gli effetti dell'azione delle acque di deflusso superficiale, che agiscono differenziatamente su di essi, determinando un'azione di alterazione e degrado sulle coltri superficiali, un'azione di erosione e successivo trasporto (cf. Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA).

L'intero paesaggio si presenta ondulato e moderatamente inciso, morfologia abbastanza blanda con versanti morbidi, risultato dell'azione degli agenti esogeni.

Si specifica che l'unica area dove si presentano i predetti fenomeni di alterazione e degrado delle coltri superficiali è L'Area 6 del Parco agro-fotovoltaico, la quale sarà collocata in parte su una vasta area sub-pianeggiante (terrazzo alluvionale antico) sita a quota compresa fra 119 m e circa 103 m s.l.m., e poco modellata dalle acque di ruscellamento superficiale e, in parte (Area nella parte più occidentale) sul versante che delimita tale terrazzo alluvionale.

Di questa Area 6, mentre la superficie terrazzata risulta essere totalmente Stabile, la parte di area che insiste sul versante (con pendenze comprese fra 5° e 12°) denota una Moderata Instabilità dovuta ad una erosione superficiale da parte delle acque di ruscellamento e conseguente trasporto solido dei terreni erosi verso valle, dove il versante evidenzia l'interessamento degli stessi materiali limo-sabbioso-argillosi da creep, dissesti gravitativi lenti e superficiali. (cf. Tav. C-4 CARTA GEOMORFOLOGICA).

Inoltre il Cavidotto Interrato, che attraverserà i territori comunali di Ururi (CB), San Martino in Pensilis (CB) e Rotello (CB) per collegare tutte le 6 Aree Parco agro-fotovoltaico con la Sotto Stazione Elettrica (SSE) di connessione "Rotello", si collocherà all'interno delle sedi stradali esistenti, sia sterrate che asfaltate.

In particolare si evidenziano alcuni punti di interferenza del cavidotto, quali:

- **Attraversamento torrenti e valloni;**
- **Attraversamento aree interessate da dissesti idrogeologici.**

In tali punti verranno realizzati i seguenti accorgimenti tecnici:

- **Attraversamento torrenti e valloni:**

Lungo il suo tragitto il cavidotto interrato, alloggiato all'interno delle carreggiate di strade esistenti, intersecherà alcuni fiumi e valloni che verranno attraversati **con sistema TOC** oppure con **alloggiamento del cavidotto su guide fissate con staffe alla struttura del viadotto (lato valle)**, come specificato nei paragrafi precedenti;

- **Attraversamento aree interessate da dissesti idrogeologici:**

Lungo il suo tragitto il cavidotto interrato, alloggiato all'interno delle carreggiate di strade esistenti, intersecherà delle aree interessate da dissesti gravitativi (*cf* **Tav. C-10 CARTA dell'INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI - IFFI**).

**Si specifica che dai diversi sopralluoghi effettuati in queste aree evidenziate nella TAV. C-10, sono state riscontrate la presenza solamente di creep, cioè delle semplici deformazioni lente dello strato di terreno più superficiale, fenomeni che non creano grosse problematiche dal punto di vista della stabilità.**

**Se in fase esecutiva, a seguito di indagini geognostiche puntuali, tali dissesti gravitativi saranno confermati, gli stessi** verranno evitati con sistema TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata).

Sulla base di quanto esposto si può affermare che le condizioni di stabilità complessive locali, appaiono generalmente soddisfacenti, infatti, non si riscontrano nell'area strettamente interessata alla progettazione di che trattasi, zone con particolari dissesti morfologici se si escludendo dei creep superficiali impostati su alcuni versanti.



Pertanto, dal punto di vista geomorfologico sono stati ravvisati elementi di generale stabilità e di moderata stabilità che non lasciano prevedere evoluzioni negative degli equilibri esistenti e permettono di definire morfologicamente idonea l'area di progetto.

- **Idrogeologia** – I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale (superficiale) e uno di origine marina costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi (*cf* **Tav. C-5 CARTA IDROGEOLOGICA**).
- **Complesso detritico-alluvionale**: costituito da depositi sciolti a granulometria variabile dalle sabbie-limose ai conglomerati aventi in quest'area uno spessore pari a circa 2 metri. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per i limi) a elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- **Complesso marino**: costituito da depositi argillosi e argilloso-limosi che presentano permeabilità per porosità molto scarsa (coefficiente di permeabilità "K" variabile da  $10^{-7}$  a  $10^{-9}$  cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni.

I terreni argillosi, rilevati direttamente con i carotaggi continui, risultano essere **saturi**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica

disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.

- **Caratterizzazione sismica**—I territori comunali di **Ururi (CB), San Martino in Pensilis (CB) e Rotello (CB)**, a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, sono classificati in **II categoria - S=9 -  $a_g=0.25g$** .

Per la modellazione sismica dell'area in oggetto vengono considerate le **n°5 prove sismica MASW realizzate** al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria **C**, con valori di  $V_{S,eq}$  calcolati pari a :

<i>Prospezione sismiche</i>	<i><math>V_{S\ 0-30}</math> (m/s)</i>	<i><math>V_{S\ 1-31}</math> (m/s)</i>
<i>MASW n. 1-2-3-4-5</i>	<i>[&gt;360]</i>	<i>[&gt;360]</i>

Valori di  $V_{S,eq}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

- **Caratterizzazione geotecnica** –Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche (*cf. Tav. C-2 CARTA della UBICAZIONE delle INDAGINI GEOGNOSTICHE PRELIMINARI e Tav. C-1-b FASCICOLO delle INDAGINI GEOGNOSTICHE - Allegate*):
  - **n°12 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH) certificate (Geosevi sas) ed il prelievo di n°5 Campioni Indisturbati con relative Prove di Laboratorio Certificate (Isogea Srl);**
  - la realizzazione di **n°5 prove sismiche superficiali MASW** (atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018);

- 
- e da indagini geognostiche pregresse realizzate in prossimità delle stesse aree in oggetto e dirette dallo scrivente Geol. Di Feo Fabio, consistenti in **N°3 Sondaggi a Carotaggio Continuo corredati da prove sismiche in foro Down-Hole**;

Dalle elaborazioni delle indagini dirette in sito sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche.

Tali indagini geognostiche saranno integrate per la fase esecutiva del progetto.

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva sulla compatibilità geomorfologica e sismica (art. 15 L.R. 9/83) dell'intervento in progetto** in quanto:

1. I lavori da realizzare non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della pericolosità da frana;
2. La tipologia dell'intervento non apporteranno variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
3. Verranno realizzate opportune opere di regimentazione delle acque finalizzate ad evitare il ruscellamento delle acque e la eventuale creazione di erosione diffusa, in particolar modo nell'Area Parco 6 (settore orientale della stessa), come indicato dal PAI;
4. Sarà adottato un corretto piano di manutenzione delle stesse opere di regimentazione;
5. La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
6. Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente, non compromettendo **la stabilità e quindi della sicurezza globale dell'area.**
7. **le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.**

In base a tali risultanze e in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell’Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex AdB dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore - ed ex PSAI del Bacino Interregionale Fiume Saccione) (Testo Unico delle NTA adottato a settembre 2006)** (nel caso specifico al Art. 27 e 28 Parte III, Art.12, 13, 14, 15, 17 Parte II), **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato** in quanto **tutte le aree sono stabili (e moderatamente instabile per dilavamento e creep – parte dell’Area 6)(si esclude la presenza di di frana sia attiva che quiescente)**, **il cavidotto sarà posizionato all’interno delle carreggiate di strade esistenti e, in corrispondenza dell’attraversamento dell’alveo di piena ordinaria e straordinaria dei torrenti e fossi (aree a Pericolosità Idraulica) sarà utilizzata il sistema con alloggiamento del cavidotto su guide fissate con staffe alla struttura del viadotto (lato valle) oppure con T.O.C. – Trivellazione Orizzontale Controllata**, per evitare qualsiasi interferenza ed eventuali danni al sistema fluviale, evitando di creare ogni possibile ostacolo al naturale deflusso delle acque ordinarie e di piena straordinaria dei corsi d’acqua.

Si specifica che il progetto in esame viene considerato opere di pubblico interesse ed inoltre:

- Si tratta di servizi essenziali non delocalizzabili;
- Non pregiudica la realizzazione di eventuali interventi del PAI;
- Non concorre ad aumentare il carico insediativo;
- Per la realizzazione dello stesso saranno realizzati con idonei accorgimenti costruttivi;
- Risulta coerenti con le misure di protezione civile di cui al PAI e ai piani comunali di settore;
- Garantisce la sicurezza del territorio, quindi senza creare minacce per l’incolumità delle persone e danno incombente, con organiche opere finalizzate di salvaguardia;
- Le strutture fondamentali delle opere, consistenti in pannelli fotovoltaici montati su tracker e la recinzione metallica delle aree parco, saranno fissate al terreno senza realizzazione di opere strutturali.

Infine per quanto riguarda valutazione dei costi delle opere, piano di monitoraggio dell’efficacia degli interventi di salvaguardia e del piano di manutenzione, si rimanda agli specifici Allegati D-4, D-11, D-12.

Dal presente studio, quindi, risulta che non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità (rischio sostenibile) e si dichiara che sussiste l'assoluta compatibilità degli interventi a farsi rispetto all'assetto idro-geo-morfologico dell'area d'interesse.

Altavilla Silentina, maggio 2022

  
**Dr. Geol. Fabio Di Feo**



---

## **ELABORATI ALLEGATI**

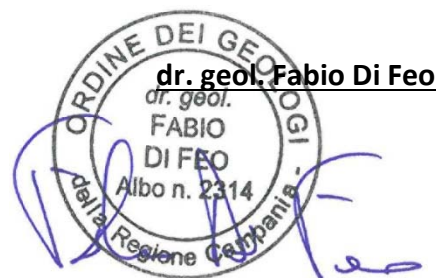
- **C-1-b: FASCICOLO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**
- **C-2.1: CARTA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE (scala 1-2000)**
- **C-2.2: CARTA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE (scala 1-2000)**
- **C-2.3: CARTA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE (scala 1-2000)**
- **C-2.4: CARTA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE (scala 1-2000)**
- **C-2.5: CARTA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE (scala 1-2000)**
- **C-3.1: CARTA GEOLITOLOGICA (scala 1:5000)**
- **C-3.2: CARTA GEOLITOLOGICA (scala 1:5000)**
- **C-4.1: CARTA IDROGEOLOGICA (scala 1:5000)**
- **C-4.2: CARTA IDROGEOLOGICA (scala 1:5000)**
- **C-5.1: CARTA GEOMORFOLOGIA (scala 1:5000)**
- **C-5.2: CARTA GEOMORFOLOGIA (scala 1:5000)**
- **C-6.1: CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA (scala 1:5000)**
- **C-6.2: CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA (scala 1:5000)**
- **C-7.1: CARTA DEL RISCHIO DA FRANA (scala 1:5000)**
- **C-7.2: CARTA DEL RISCHIO DA FRANA (scala 1:5000)**
- **C-8.1: CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA (scala 1:5000)**
- **C-8.2: CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA (scala 1:5000)**
- **C-9.1: CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO (scala 1:5000)**
- **C-9.2: CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO (scala 1:5000)**
- **C-10.1: CARTA DELL'INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI - IFFI (scala 1:5000)**
- **C-10.2: CARTA DELL'INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI - IFFI (scala 1:5000)**

Il sottoscritto **dott. geol. Fabio Di Feo**, nato ad Eboli (SA) il 25/10/1973, residente alla via Olivella 4 di Altavilla Silentina (SA), iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n° 2314

### ASSEVERA

che lo studio geologico, commissionata dalla **società I-PROJECT S.r.l.** con Sede Legale in Via del Vecchio Politecnico, n°9 MILANO (MI) - P.IVA 1109287960, PEC [i-project@legalmail.it](mailto:i-project@legalmail.it), Sede Operativa: Via Bisceglie, 17 - 84044 Albanella (SA) e per conto della società **Ambra Solare 5 srl**, e finalizzata alla richiesta di realizzazione del parco agro-fotovoltaico in oggetto con potenza pari a 61,8 MW sito nei Comuni di Ururi (CB), San Martino in Pensilis (CB) e Rotello (CB), è stata condotta nel rispetto delle norme della Legge 2/02/1974 n° 64 e s.m.i., della L.R. del 7/1/1983, del D.M. 11/03/1988 e delle ulteriori disposizioni legislative vigenti e in relazione alla nuova normativa sismica D.M. 17/01/2018.

**Altavilla Silentina, maggio 2022**





Scade il 25/10/2025

Diritti segr. 0,26  
c.i. 5,16

AU5722612

LPZS s.p.a. - C.C.V. - ROMA



Cognome **DI FEO**

Nome **FABIO**

nato il **25/10/1973**  
(atto n. **809** P. **I** A **1973**)

**EBOLI (SA)**

Cittadinanza **ITALIANA**

Residenza **ALTAVILLA SILENTINA**

Via **CONTRADA OLIVELLA N. 4/A**

Stato civile **CONIUGATO**

Professione **GEOLOGO**

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Statura **m. 1.73**

Capelli **CASTANI**

Occhi **CASTANI**

Segni particolari **NESSUNO**



Firma del titolare *F. Di Feo*

**ALTAVILLA SILENTINA** 29/05/2015

Impronta del dito indice sinistro

Il Sindaco  
**Giuseppa De Gregorio**

