



**REGIONE  
PUGLIA**



Provincia di Lecce



Comune di Copertino



Comune di Leverano



Comune di Nardò

Committente:

**GRUPOTEC SOLAR ITALIA 2 SRL**

Via Statuto, 10 - 20121 Milano - Italy  
pec: grupotecsolaritalia2srl@legalmail.it



**Progetto Definitivo  
PROCEDIMENTO VIA NAZIONALE  
ai sensi degli artt. 23-24-25 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.**

Denominazione progetto:

**REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO  
"MASSERIA ARCHI"**  
Potenza nominale complessiva = 28.334,28 kWp

Sito in:

**COMUNI DI COPERTINO, LEVERANO e NARDO' (LE)**

Titolo elaborato:

**Relazione geologica-geotecnica**

Elaborato n. **VIA 07**

Scala -



Responsabile Coordinamento progetto : dott.ssa agr. Eliana Santoro

Progettisti : dott. geol. Cristian Borra

Collaboratori : -

TIMBRI E FIRME:



REV.:	REDAZIONE:	CONTROLLO:	APPROVAZIONE :	DATA:
00	dott. geol. Cristian Borra	dott. geol. Cristian Borra	dott. geol. Cristian Borra	15/05/2023
01				
02				

FIRMA/TIMBRO  
COMMITTENTE:



**FLYREN**  
THE CULTURE OF CLEAN ENERGY

**Flyren Development S.r.l.**  
Lungo Po Antonelli, 21 - 10153 Torino (TO)  
tel: 011/ 8123575 - fax: 011/ 8127528  
email: info@flyren.eu  
web: www.flyren.eu  
C.F. / P. IVA n. 12062400010

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 1 di 20

<b>PREAMBOLO</b> .....	<b>2</b>
<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI, GEOLITOLOGICI, IDROGEOLOGICI E IDROLOGICI DELL'AREA INTERESSATA DALL'INTERVENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO D'INTERVENTO</b> .....	<b>8</b>
<b>4. CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INDAGINE</b> .....	<b>13</b>
<b>5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b> .....	<b>19</b>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 2 di 20

## Preambolo

La società **EnviCons S.r.l.** – sede legale in lungo Po Antonelli n° 21, Torino, P.I. 10189620015, ha ricevuto incarico dalla società FlyRen Development S.r.l. – in rappresentanza della società Grupotec Solar 2 S.r.l. – per la **redazione di uno Studio geologico e geotecnico inerente alla realizzazione di un progetto di produzione agro-energetica sostenibile (c.d. Agrivoltaico)** con le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale complessiva: 28.334,28 kWp.
- Superficie catastale interessata: 58,72 ha.
- Superficie di impianto recintata: 44,05 ha.
- Superficie destinata alle attività agricole: 36,38 ha.
- Classificazione architettonica: impianto a terra.
- Ubicazione area di impianto e opere di rete: Comuni di Leverano e Copertino (area di impianto) comuni di Leverano, Copertino e Nardò (opere di rete) | Provincia di Lecce | Regione Puglia.
- Particelle superficie catastale disponibile  
Comune di Leverano: F. 33 – P.lle 1581, F. 40 – P.lle 3, 15, 17, 18, 21, 22, 38, 39, 44, 55, 56, 62, 68, 82, 85, 95, 96, 97, 103, 106, 115, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 132, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 168, 170, 174, 195, 198, 267, 272.  
Comune di Copertino: F. 35 – P.la 269
- Particelle superficie di impianto recintata  
Comune di Leverano: F. 33 – P.lle 1581, F. 40 – P.lle 3, 15, 17, 18, 21, 22, 38, 39, 44, 55, 56, 68, 82, 85, 95, 96, 97, 103, 106, 115, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 132, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 168, 170, 174, 195, 198, 267, 272.  
Comune di Copertino: F. 35 – P.la 269
- Ditta committente: Grupotec Solar 2 S.r.l.

L'obiettivo del presente lavoro è stato la ricostruzione preliminare del modello geologico e geotecnico locale, necessario per la valutazione della compatibilità delle opere previste da progetto con il contesto di pericolosità geomorfologica in esame.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 3 di 20

## 1. Premessa

La presente relazione geologica e geotecnica, a supporto di un progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico, in corrispondenza di un lotto di terreno sito quasi interamente nel Comune di Leverano (LE) e in minima parte nel comune di Copertino (LE), fa seguito a un'indagine geologico - tecnica preliminare, finalizzata a **fornire al Progettista dell'intervento utili indicazioni su: i) i termini litologici presenti in sito, ii) le caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il piano di appoggio delle opere di fondazione in progetto, iii) l'eventuale presenza di fenomeni di dissesto in atto o potenziali (allo stato attuale e alla luce degli interventi in progetto) e iv) le corrette modalità di raccolta e smaltimento delle acque di precipitazione diretta e provenienti dalle aree limitrofe.**

Il terreno interessato dall'intervento, situato nella zona S del territorio comunale, è collocato in un'area ad uso agricolo: il progetto in esame prevede la realizzazione di un impianto esteso su una superficie pari a 44,05 ettari circa. Nel complesso, l'intervento in progetto comporterà modesti movimenti terra, per i quali andrà prevista la realizzazione di opere di sostegno di tipo ordinario.

L'indagine geologico - tecnica è stata estesa ad un significativo intorno dell'area interessata dall'intervento con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica locale.

La presente indagine è eseguita ai sensi de:

- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, che definisce la classificazione sismica del territorio nazionale;
- D.M. delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 gennaio 2018, Norme tecniche per le costruzioni;
- Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Puglia;
- P.T.C.P. della Provincia di Lecce;
- P.U.G. Comune di Leverano e P.R.G. Copertino (LE).

Preliminarmente all'esecuzione dell'indagine in sito, è stata condotta una ricerca dei dati bibliografici e della cartografia tecnica disponibili riguardanti l'area in oggetto, nonché degli elaborati geologico - tecnici allegati ai vigenti P.R.G.

Vengono di seguito esposte alcune note circa le caratteristiche geomorfologiche, geolitologiche, idrogeologiche, idrologiche, geotecniche e sismiche dell'area interessata dal progetto.

## 2. Caratteri geomorfologici, geolitologici, idrogeologici e idrologici dell'area interessata dall'intervento

L'area oggetto d'indagine ricade quasi interamente nel territorio comunale di Leverano e in minima parte nel territorio comunale di Copertino, nel Salento Leccese. Essa è compresa nella cartografia ufficiale nelle sezioni 512\_093 e 512\_094 della Carta Tecnica Regionale della Regione Puglia, alla scala 1:5.000.

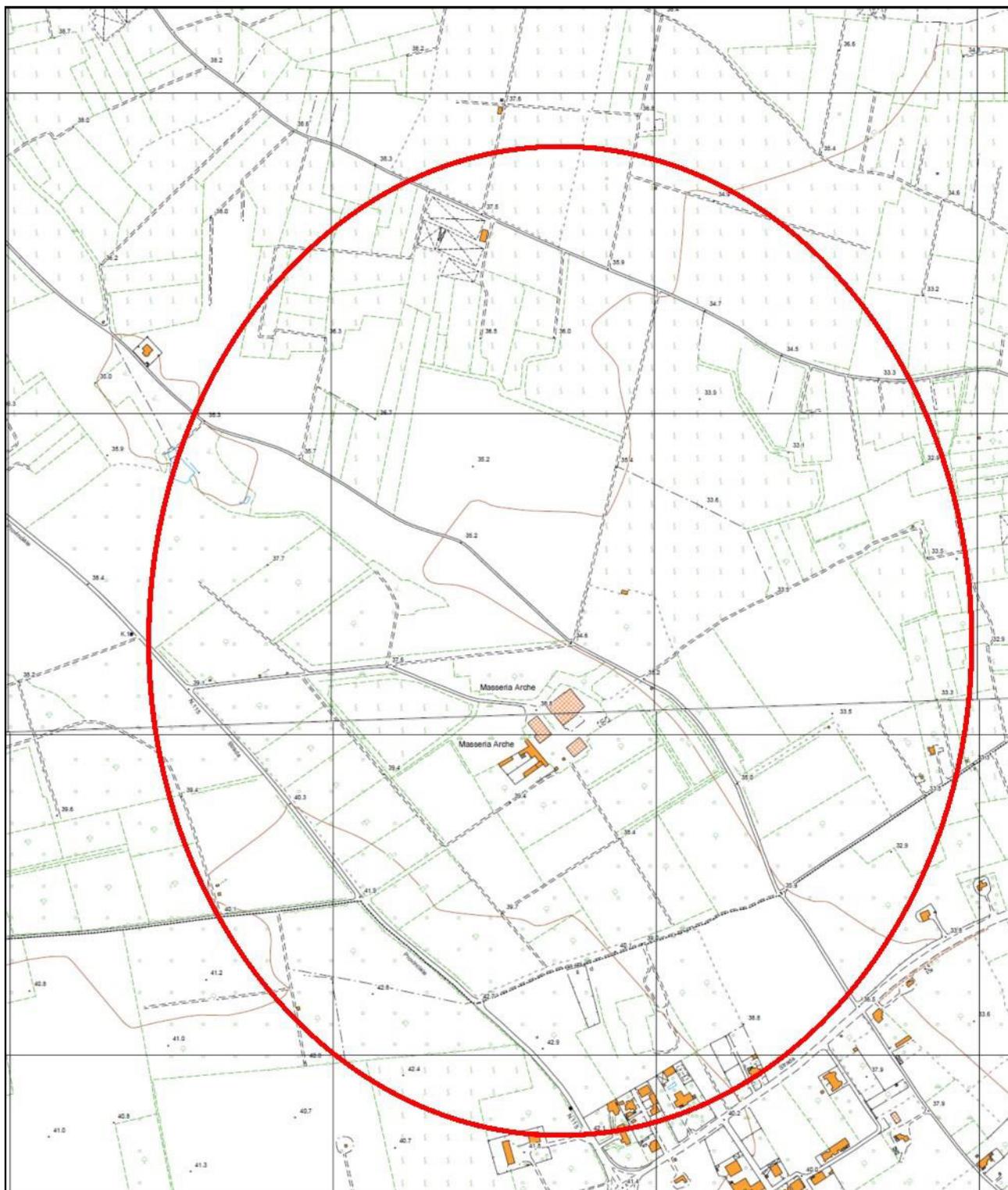


Figura 1. Ubicazione dell'area d'indagine, scala 1:10.000

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 5 di 20

La zona interessata dall'intervento ha come principale caratteristica, dal punto di vista geomorfologico, quella di formare un ambiente di pianura, con forme legate all'azione geomorfica esercitata nel recente passato ed attualmente dal reticolo idrografico. Essa è ubicata tra le quote di circa 36 e 40 m s.l.m., in un'area poco antropizzata avente uso in prevalenza agricolo.

**Le indagini svolte**, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia tecnica disponibile, **non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni di esondazione** per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali, minori o artificiali che abbiano coinvolto l'area in tempi medio - recenti.

**Relativamente alla stabilità dei luoghi in esame, non si segnalano all'interno di questi fenomenologie dissestive in atto e/o potenziali relativi ai terreni superficiali, data l'acclività molto bassa, ne' processi dissestivi di origine carsica**; si è inoltre verificato come i diversi manufatti presenti nelle immediate vicinanze dell'area in oggetto non manifestino lesioni significative e come la presenza di piccole lesioni in alcuni fabbricati sia, con tutta probabilità, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.

Alla luce di quanto esposto, **l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità.**

Solo localmente si potranno presentare modeste e puntuali problematiche geomorfologiche connesse con la variazione della composizione e della potenza del materiale sciolto di copertura e del suo stato di consistenza. Potranno quindi verificarsi fenomeni di piccoli assestamenti legati alla circolazione idrica superficiale e sub-superficiale, anche in settori della zona in esame apparentemente assestati, in tempi più o meno lunghi.

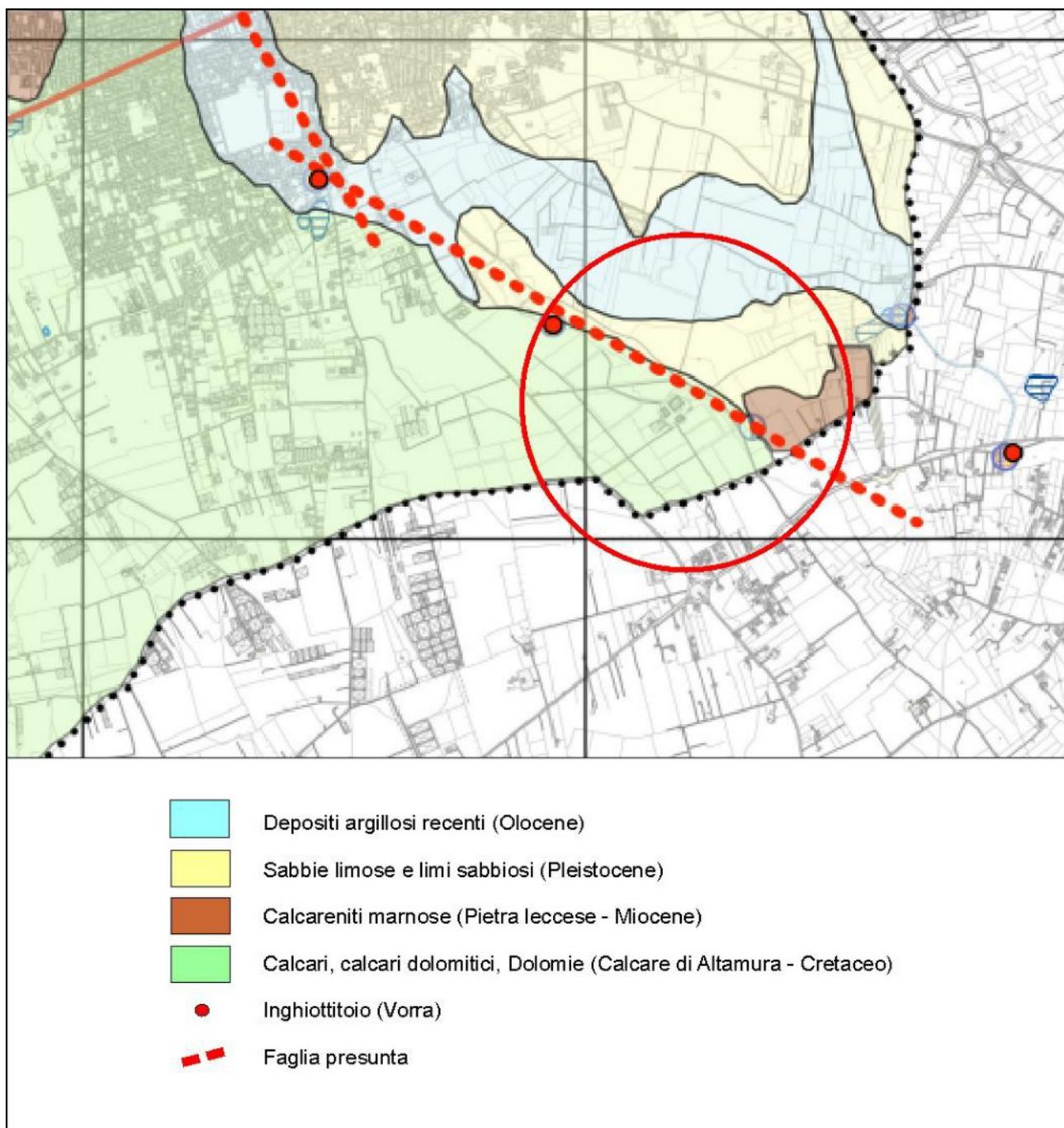
**Nel complesso, dal confronto con la cartografia e le prescrizioni di Piano, l'intervento in oggetto risulta compatibile con la Normativa Generale.**

Dal punto di vista geolitologico, in base a quanto riportato nella cartografia tecnica disponibile (fig. 2), si evidenzia che i terreni presenti nell'area d'intervento sono rappresentati da diversi litotipi, di seguito elencati:

- Nella zona E e SE affiorano termini pre-quadernari, dati dai Calcari di Altamura e le Calcareniti marnose (Pietra Leccese);
- Nella zona centrale sono presenti termini sabbie limose e limi sabbiosi del Pleistocene;
- Nella parte settentrionale sono presenti termini argillosi recenti (Olocene).

In sintesi, la sequenza litostratigrafica locale presente nell'area in esame, desunta dalle prove e dai rilievi eseguiti in sito, nonché dai dati di letteratura disponibili, può essere così rappresentata:

- Laddove sono presenti i termini pre-quadernari, si riconosce in superficie una coltre di copertura argilloso - limosa, avente spessore compreso tra 1 e 2 m a seconda della zona considerata, poco addensata, con locali riporti antropici eterogenei. Al di sotto della coltre si ritrovano i termini litoidi del substrato, passanti da fortemente alterati e fratturati nei livelli superiori a mediamente integri e compatti in profondità.
- Nelle aree ove sono presenti i depositi di copertura quadernari, si riconosce una coltre di copertura argilloso - limosa con locali riporti antropici, di spessore medio pari a 2 m e poco addensata, al di sotto della quale sono presenti depositi moderatamente addensati con diversa granulometria a seconda della zona considerata (sabbie limose e limi sabbiosi nella parte centrale, argille in quella settentrionale) di potenza plurimetrica.



**Figura 2.** Inquadramento geologico dell'area in esame (Estratto dalla Carta Geologica e Geomorfologica del P.U.G. di Leverano, scala 1:25.000).

**Dal punto di vista idrogeologico**, l'indagine eseguita non ha evidenziato, nell'area in esame e nella zona circostante, la presenza di emergenze idriche (sorgenti), mentre si segnalano alcuni punti di captazione di acque sotterranee (pozzi).

Nella zona in esame è possibile distinguere due diversi contesti idrogeologici, dipendenti dalle litologie considerate:

- Laddove prevalgono i depositi incoerenti quaternari, è possibile individuare una falda di tipo superficiale, direttamente connessa al reticolo idrografico superficiale;

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 7 di 20

- Nelle aree ove sono presenti i termini litoidi pre-quadernari non è possibile riconoscere una falda superficiale continua, mentre è presente una circolazione idrica sotterranea funzione del grado di fratturazione e carsificazione del substrato.

Sulla base dei dati disponibili, è possibile evidenziare, nell'area in oggetto, una falda superficiale all'interno dei terreni quadernari, avente soggiacenza minima pari a 2 m, e una falda profonda all'interno dei termini del substrato, la cui quota piezometrica si colloca a profondità comprese tra 35 e 39 m da p.c.

Secondo quanto dedotto dall'indagine eseguita a scala locale, nonché sulla base degli elaborati progettuali disponibili, si rappresenta che le opere fondazionali dei manufatti in progetto non intercetteranno in misura significativa le acque delle falde sopra descritte: alla luce di tale considerazione, si evidenzia quindi che i manufatti in progetto non interferiranno significativamente con il locale assetto idrogeologico.

**Dal punto di vista idrologico, si rappresenta che il sito in esame risulta essere soggetto ad un rischio idraulico di grado basso**, ponendosi in un'area non soggetta alla dinamica idraulica del locale reticolo idrografico. A tale merito, si rappresenta che nell'area d'intervento non sono presenti zone perimetrate nelle Carte della Pericolosità Idraulica del PAI e/o del P.G.R.A.

Come già evidenziato nelle considerazioni geomorfologiche, si sottolinea che le indagini svolte, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia tecnica disponibile, non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni di esondazione per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali, minori o artificiali che abbiano interessato l'area in esame in tempi medio - recenti.

**Alla luce di quanto sopra indicato, nonché valutata la natura dell'intervento in progetto, si conferma la compatibilità di questo con le condizioni di pericolosità locale, non comportando incrementi del rischio idraulico locale.**

### 3. Parametrizzazione geotecnica del sito d'intervento

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri mediati da attribuire ai terreni presenti in sito desunti dai dati disponibili per l'area in esame ed un suo intorno significativo, distinti sulla base delle litologie affioranti nelle diverse zone d'intervento:

a) Zona E – SE: Calcari di Altamura e Calcareniti

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI MEDI			
					$\gamma_m$	$\phi'_m$	$Cu_m$	$C'_m$
					t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1	Coltre superficiale (profondità massima 2 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,6	20	0,0	
2	Substrato pre – quaternario (Calcari e Calcareniti)	> 50	Coesivo	Da consistente a estremamente consistente	2,5	40		5,0

b) Zona centrale: depositi sabbioso – limosi e limoso - sabbiosi

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI MEDI		
					$\gamma_m$	$\phi'_m$	$Cu_m$
					t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	Coltre superficiale (profondità massima 2 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,6	20	0,0
2	Depositi sabbioso – limosi e limoso - sabbiosi	15-50	Incoerente	Da moderatamente addensato ad addensato	1,9	35	0,0

c) Zona settentrionale: depositi argillosi

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI MEDI		
					$\gamma_m$	$\phi'_m$	$Cu_m$
					t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	Coltre superficiale (profondità massima 2 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,6	20	0,0
2	Depositi argillosi	15-50	Coesivo	Da moderatamente consistente a consistente	2,0	30	0,5

dove:

**Nspt**: numero colpi riferibili ad una prova SPT

**$\gamma$** : peso di volume

**$\phi$** : angolo di attrito

**$Cu$** : coesione non drenata

**$C'$** : coesione efficace

Lo schema geotecnico valido per l'area d'intervento, dedotto dalle indagini eseguite, è il seguente:

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 9 di 20

Settore E – SE (Calcari di Altamura e Calcareniti)

- piano campagna di riferimento locale: orizzontale;
- profondità della falda: - 36 / -39 m da p.c.;
- terreno di fondazione: Unità litologica 2;
- volume significativo: Unità litologica 1+2;
- valori medi parametri: vedasi tabella precedente.

Settore centrale e settentrionale (depositi quaternari)

- piano campagna di riferimento locale: orizzontale;
- profondità della falda: - 2 m da p.c.;
- terreno di fondazione: Unità litologica 2;
- volume significativo: Unità litologica 1+2;
- valori medi parametri: vedasi tabelle precedenti.

Di seguito si riportano i valori caratteristici coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M1, ai sensi del D.M. 17.01.2018.

a) Zona E – SE: Calcari di Altamura e Calcareniti

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI CARATTERISTICI			
					$\gamma_k$	$\phi'_k$	$Cu_k$	$C'_k$
					t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1	Coltre superficiale (profondità massima 2 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,6	20	0,0	
2	Substrato pre – quaternario (Calcari e Calcareniti)	> 50	Coesivo	Da consistente a estremamente consistente	2,5	40		5,0

b) Zona centrale: depositi sabbioso – limosi e limoso - sabbiosi

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI CARATTERISTICI		
					$\gamma_k$	$\phi'_k$	$Cu_k$
					t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	Coltre superficiale (profondità massima 2 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,6	20	0,0
2	Depositi sabbioso – limosi e limoso - sabbiosi	15-50	Incoerente	Da moderatamente addensato ad addensato	1,9	35	0,0

c) Zona settentrionale: depositi argillosi

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI CARATTERISTICI		
					$\gamma_k$	$\phi'_k$	$Cu_k$
					t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	Coltre superficiale (profondità massima 2 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,6	20	0,0
2	Depositi argillosi	15-50	Coesivo	Da moderatamente consistente a consistente	2,0	30	0,5

dove:

**Nspt**: numero colpi riferibili ad una prova SPT;

**$\gamma_k$** : peso di volume;

**$\phi'_k$** : angolo di attrito interno drenato;

**$Cu_k$** : coesione non drenata;

**$C'_k$** : coesione efficace.

Di seguito si riportano i valori di progetto coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 7 e nel D.M. 17.01.2018 – NTC. Tali parametri sono stato ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti di riduzione:

$$\gamma_d = \gamma_k/1;$$

$$C_{ud} = C_{uk}/1,4;$$

$$C'_d = C'_k/1,25;$$

$$\phi'_d = \phi'_k/1,25.$$

a) Zona E – SE: Calcari di Altamura e Calcareniti

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI DI PROGETTO			
					$\gamma_d$	$\phi'_d$	$Cu_d$	$C'_d$
					t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1	Coltre superficiale (profondità massima 2 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,6	16	0,0	
2	Substrato pre – quaternario (Calcari e Calcareniti)	> 50	Coesivo	Da consistente a estremamente consistente	2,5	32		4,0

b) Zona centrale: depositi sabbioso – limosi e limoso - sabbiosi

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI DI PROGETTO		
					$\gamma_d$	$\phi'_d$	$Cu_d$
					t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	Coltre superficiale (profondità massima 2 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,6	16	0,0
2	Depositi sabbioso – limosi e limoso - sabbiosi	15-50	Incoerente	Da moderatamente addensato ad addensato	1,9	28	-

c) Zona settentrionale: depositi argillosi

Unità litologica	Litologia	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	VALORI DI PROGETTO		
					$\gamma_d$	$\phi'_d$	$Cu_d$
					t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	Coltre superficiale (profondità massima 2 m)	5-10	Incoerente	Poco addensato	1,6	16	0,0
2	Depositi argillosi	15-50	Coesivo	Da moderatamente consistente a consistente	2,0	24	0,4

dove:

- Nspt**: numero colpi riferibili ad una prova SPT;
- $\gamma_d$** : peso di volume;
- $\phi'_d$** : angolo di attrito interno drenato;
- $Cu_d$** : coesione non drenata;
- $C'd$** : coesione efficace.

Una volta ottenuti i predetti valori caratteristici e di progetto da utilizzarsi nelle diverse tipologie di verifiche da parte del Progettista, tutte le opere e le componenti strutturali dovranno essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalla normativa vigente.

Le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU);
- capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, o comportare la perdita di beni, o provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo (SLU) ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) può avere carattere reversibile o irreversibile.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 12 di 20

Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) ha carattere reversibile nel caso che si esamini una situazione in cui la deformazione o il danno cessino con l'estinguersi della causa che ha determinato il superamento dello stato limite. Se, pur non avendosi il collasso, l'opera subisce lesioni tali da renderla inutilizzabile, in quest'ultimo caso siamo in presenza di danni irreversibili o di deformazioni permanenti inaccettabili. Ad esempio, nel caso di una fondazione superficiale ciò può verificarsi quando i cedimenti del terreno superano una soglia critica, provocando delle distorsioni angolari non accettabili negli elementi della sovrastruttura.

Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi (SLU).

La verifica della sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) di resistenza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite l'equazione:

$$R_d > E_d$$

con:

- $R_d$  = resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate (di pertinenza del geotecnico e dello strutturista);
- $E_d$  = valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto nelle varie combinazioni di carico (di pertinenza dello strutturista).

Disponendo dei carichi indotti dalle strutture in progetto, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, dovranno essere effettuate dal Progettista le verifiche ai diversi stati limite del sistema geotecnico applicando le combinazioni e i coefficienti parziali sui parametri previsti dal D.M. 17.01.2018.

#### 4. Caratteri sismici dell'area d'indagine

Secondo l'Ordinanza 3274 della Presidenza del Consiglio dei ministri, aggiornata con le comunicazioni fornite dalle Regioni, vengono individuate, nelle "norme tecniche", 4 valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Ag/g). Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (Ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (Ag/g).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [Ag/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Nell'ambito della riclassificazione sismica del territorio nazionale, secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, nonché della D.G.R. della Regione Puglia n. 153 del 02/03/2004, i comuni di Leverano e Copertino risultano classificati nell'ambito della Zona 4. Tale zona corrisponde a:

- Accelerazione orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g] = 0,025 – 0,075;

#### Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, come riportato nel D.M. delle Infrastrutture 17.01.2018, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

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

Nelle definizioni precedenti Vs, eq è la velocità media di propagazione delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, mentre  $H$  indica la profondità del substrato (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s).

Date le caratteristiche litostratigrafiche presenti nell'area d'indagine, è possibile distinguere in questa due diverse zone, aventi profilo stratigrafico del suolo di fondazione differente:

- Nella zona E e SE, dove sono presenti a limitata profondità da p.c. i termini litoidi del substrato, è possibile individuare un **profilo di tipo A**;
- Nella zona centrale e settentrionale, dove prevalgono i terreni di copertura quaternari, è possibile individuare un **profilo di tipo C**.

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_o$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V del D.M., nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo  $T_c^*$  è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_o$  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.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno  $T_r$  considerati dalla pericolosità sismica, i 3 parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- $a_g$  il valore previsto dalla pericolosità sismica;
- $F_o$  e  $T_c^*$  i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 15 di 20

dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Sempre in merito alle indicazioni fornite nel suddetto punto 3.2.2, si rappresenta che la risposta sismica locale di un sito, oltre che dalle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, dipende anche dalla conformazione morfologica dei luoghi. Pertanto, qualora le caratteristiche topografiche dei luoghi non risultino particolarmente complesse (caso nel quale è necessario prevedere una modellizzazione particolare del sito, necessaria per identificare correttamente le caratteristiche di risposta sismica locale), vengono individuate 4 diverse categorie topografiche, rappresentative di altrettante configurazioni superficiali semplici, riportate nella successiva tabella (Tabella 3.2.IV).

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

Come riportato nel Decreto, le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**L'area d'intervento, secondo quanto verificato dai rilevamenti eseguiti in sito, ricade in una zona ad acclività bassa: pertanto, tale area risulta essere compresa nella categoria topografica T1.**

A partire dall'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, ora sostituito dal D.M. 17.01.2018, la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s,eq} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Ai fini della stima dell'azione sismica di progetto relativa al sito ubicato nel territorio comunale in oggetto, con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio "zona dipendente" avremmo potuto stimare l'accelerazione di base (senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del Comune (nel caso in esame, Zona sismica 4).

La classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le coordinate geografiche (o l'indirizzo ove disponibile), riportate nel reticolo di riferimento.

Ai fini della determinazione della pericolosità sismica il primo passo consiste nella determinazione di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere, come anticipato, le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Le coordinate geografiche dovranno essere trasformate da gradi sessagesimali a decimali. Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 16 di 20

Di seguito si riportano i parametri sismici di riferimento validi per il sito in esame.

### Settori ricadenti in profilo sismico A

Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 40,272031  
 longitudine: 18,014383  
 Classe: 2  
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 35256	Lat: 40,2937	Lon: 18,0131	Distanza: 2409,834
Sito 2	ID: 35257	Lat: 40,2910	Lon: 18,0785	Distanza: 5832,815
Sito 3	ID: 35479	Lat: 40,2411	Lon: 18,0749	Distanza: 6184,211
Sito 4	ID: 35478	Lat: 40,2438	Lon: 18,0096	Distanza: 3169,903

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 50anni  
 Coefficiente cu: 1

<b>Operatività (SLO):</b> Probabilità di superamento: 81 % Tr: 30 [anni] ag: 0,015 g Fo: 2,376 Tc*: 0,158 [s]	<b>Danno (SLD):</b> Probabilità di superamento: 63 % Tr: 50 [anni] ag: 0,020 g Fo: 2,373 Tc*: 0,221 [s]
<b>Salvaguardia della vita (SLV):</b> Probabilità di superamento: 10 % Tr: 475 [anni] ag: 0,050 g Fo: 2,416 Tc*: 0,522 [s]	<b>Prevenzione dal collasso (SLC):</b> Probabilità di superamento: 5 % Tr: 975 [anni] ag: 0,063 g Fo: 2,548 Tc*: 0,560 [s]

Coefficienti Sismici

<b>SLO:</b> Ss: 1,000 Cc: 1,000 St: 1,000 Kh: 0,003 Kv: 0,001 Amax: 0,143 Beta: 0,200	<b>SLD:</b> Ss: 1,000 Cc: 1,000 St: 1,000 Kh: 0,004 Kv: 0,002 Amax: 0,191 Beta: 0,200
<b>SLV:</b> Ss: 1,000 Cc: 1,000 St: 1,000 Kh: 0,010 Kv: 0,005 Amax: 0,495 Beta: 0,200	<b>SLC:</b> Ss: 1,000 Cc: 1,000 St: 1,000 Kh: 0,013 Kv: 0,006 Amax: 0,617 Beta: 0,200

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 17 di 20

### Settori ricadenti in profilo sismico C

Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 40,2792  
 longitudine: 18,018502  
 Classe: 2  
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 35256	Lat: 40,2937	Lon: 18,0131	Distanza: 1674,731
Sito 2	ID: 35257	Lat: 40,2910	Lon: 18,0785	Distanza: 5254,576
Sito 3	ID: 35479	Lat: 40,2411	Lon: 18,0749	Distanza: 6394,722
Sito 4	ID: 35478	Lat: 40,2438	Lon: 18,0096	Distanza: 4012,809

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 50anni  
 Coefficiente cu: 1

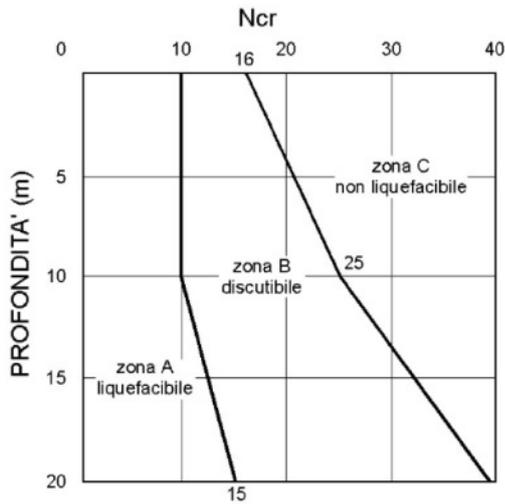
<b>Operatività (SLO):</b> Probabilità di superamento: 81 % Tr: 30 [anni] ag: 0,015 g Fo: 2,376 Tc*: 0,158 [s]	<b>Danno (SLD):</b> Probabilità di superamento: 63 % Tr: 50 [anni] ag: 0,019 g Fo: 2,372 Tc*: 0,221 [s]
<b>Salvaguardia della vita (SLV):</b> Probabilità di superamento: 10 % Tr: 475 [anni] ag: 0,050 g Fo: 2,415 Tc*: 0,522 [s]	<b>Prevenzione dal collasso (SLC):</b> Probabilità di superamento: 5 % Tr: 975 [anni] ag: 0,063 g Fo: 2,547 Tc*: 0,560 [s]

Coefficienti Sismici

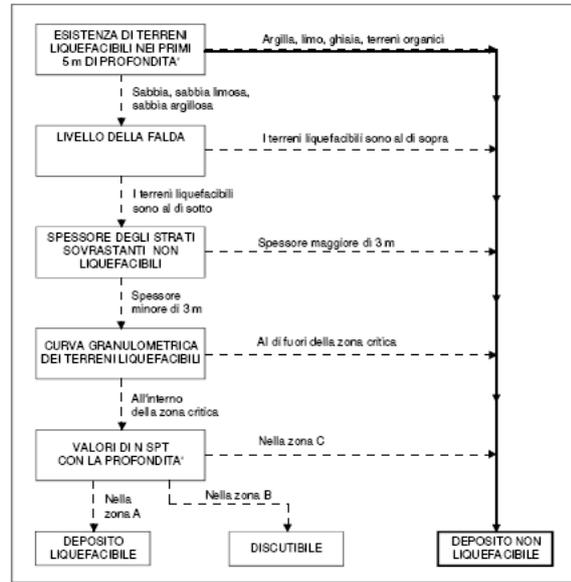
<b>SLO:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,930 St: 1,000 Kh: 0,004 Kv: 0,002 Amax: 0,214 Beta: 0,200	<b>SLD:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,730 St: 1,000 Kh: 0,006 Kv: 0,003 Amax: 0,287 Beta: 0,200
<b>SLV:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,300 St: 1,000 Kh: 0,015 Kv: 0,008 Amax: 0,741 Beta: 0,200	<b>SLC:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,270 St: 1,000 Kh: 0,019 Kv: 0,009 Amax: 0,923 Beta: 0,200

Per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione in fase sismica del deposito in esame, si fa ricorso alla procedura semplificata proposta da Sherif & Ishibashi (1978); dall'abaco sottostante rileva che il deposito in esame, non rientra tra quelli passibili di liquefazione in fase sismica, per assenza dei seguenti fattori predisponenti: granulometria.

PROCEDURA SEMPLIFICATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIVITA' ALLA LIQUEFAZIONE DI UN DEPOSITO (Sherif & Ishibashi, 1978).



Profili critici di  $N_{SPT}$  nei confronti della liquefazione



NOTE:

— Deposito in esame.

Dall'analisi effettuata è emerso che i terreni presenti in sito, al di sotto del piano di appoggio delle opere fondazionali dei manufatti in progetto, non risultano liquefacibili.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 19 di 20

## 5. Considerazioni conclusive

Alla luce delle indagini geologico - tecniche eseguite nell'area d'intervento ed in quelle ad esso circostante, si può concludere che il sito debba ritenersi idoneo ad accogliere le opere in progetto ed i relativi carichi indotti dalle strutture, nell'assoluto rispetto delle raccomandazioni geologiche l.s. di seguito fornite.

### **Si attesta, pertanto, la fattibilità geologico – tecnica dell'intervento in progetto.**

Trattandosi della realizzazione di un intervento collocato all'interno di un contesto già parzialmente antropizzato, si ritiene che gli effetti indotti sull'ambiente circostante saranno contenuti.

Stante quanto indicato nei capitoli precedenti, si riportano alcune prescrizioni da seguire obbligatoriamente in fase di progettazione esecutiva e di realizzazione lavori.

- **A supporto della progettazione esecutiva andrà realizzata una campagna d'indagini in situ e in laboratorio**, atta a definire nel dettaglio il modello geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico del sito d'intervento. Tale indagine dovrà prevedere l'esecuzione delle seguenti attività:
  - Esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino ad almeno 10 m di profondità, con densità di almeno 2 carotaggi per ettaro e prelievo di almeno un campione indisturbato per sondaggio da sottoporre a prove di laboratorio;
  - Esecuzione di prove penetrometriche dinamiche pesanti, spinte fino a rifiuto o almeno 10 m di profondità, con densità pari a quella dei suddetti carotaggi;
  - Esecuzione di tomografie geoelettriche all'interno del lotto d'intervento, sia in direzione del massimo allungamento che della larghezza di questo;
  - Esecuzione di almeno un'indagine sismica superficiale di tipo MASW per ogni zona caratterizzata da una diversa litologia;
  - Esecuzione di prove CBR e proctor su campioni prelevati in sito, atti a determinare le caratteristiche meccaniche dei materiali superficiali;
  - Esecuzione di prove geotecniche e chimiche di laboratorio sui campioni prelevati nei carotaggi.
- **In fase esecutiva, andrà prevista, quando necessario, la figura del Geologo**, al fine di:
  1. valutare eventuali problematiche di carattere geologico – tecnico ed idrogeologico emerse, non previste in fase progettuale, fornendone le adeguate soluzioni tecniche;
  2. valutare, mediante apposite prove sui fronti di scavo e/o sul piano di fondazione, i caratteri geologici e geotecnici dei litotipi ricadenti nel volume significativo di terreno dei manufatti in costruzione, ai fini delle verifiche strutturali di questi;
  3. supportare la D.L. circa possibili varianti resesi necessarie in corso d'opera;
  4. valutare la corretta esecuzione di tutte le attività coinvolgenti la componente geologica l. s.;
  5. effettuare un'attenta analisi visiva del terreno di fondazione per accertare la presenza di eventuali disomogeneità dello stesso e, se rilevate, fornire adeguate soluzioni esecutive atte a garantire il buon esito dell'intervento in oggetto.
- **Evitare fenomeni di appoggio differenziato su porzioni di terreno a diverso grado d'addensamento e consolidamento, il tutto al fine di evitare cedimenti o dissesti.**
- Al di sotto delle fondazioni in c.a., ove previste, dovrà essere gettato in opera un "magrone" di sottofondo in ghiaia o misto granulare anidro, ben costipato e livellato, od eventualmente in cls, di adeguato spessore ed estensione, con eventuale rete elettrosaldata.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MASSERIA ARCHI"				
VIA 07	Relazione geologica-geotecnica	rev 00	15.05.2023	Pagina 20 di 20

- **Ogni fronte aperto** – anche non previsto da progetto, ma resosi necessario in fase operativa - **dovrà essere adeguatamente contrastato e sostenuto dalle necessarie opere controterra** (sia di tipo provvisoria, sia, laddove divenuto necessario, di tipo definitivo), al fine di garantire la sicurezza in fase esecutiva ed a lavori ultimati dell'area d'intervento e di un suo congruo intorno. Nel caso si verificano situazioni di disomogeneità, sarà necessario procedere a sistemazioni differenziate.
- **I lavori di scavo dovranno essere eseguiti a campioni di ridotte dimensioni ed in periodi di scarse precipitazioni**, ponendo l'usuale attenzione per le pareti verticalizzate, specie in coltre, ove potrebbero verificarsi dei dissesti, evitando lunghe esposizioni dei fronti di scavo agli agenti atmosferici.
- **I riporti, temporanei e/o definitivi, andranno depositati in aree la cui stabilità, puntuale e del loro intorno, sia stata oggetto di attenta verifica in fase esecutiva**, al fine di garantire la sicurezza dei luoghi nel tempo.
- **Osservare** attentamente, da parte dell'Impresa esecutrice, sotto il controllo del Responsabile della sicurezza e della D.L., l'assoluto rispetto delle **norme in materia di sicurezza nei cantieri**.
- Andranno posti in essere tutti gli interventi, gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza dei luoghi.

La presente relazione costituisce adempimento alle Norme Tecniche di cui al D.M. 17.01.2018.