



REGIONE BASILICATA

Proponente



SOLTEC DEVELOPMENT SA (ex Powertis)
Calle de Núñez de Balboa, 33
28001 Madrid, Spain
www.soltec.com

AMBRA SOLARE 38 S.R.L.
Via Tevere 41
00198 Roma, Italy
C.F. 16111101008

IMPIANTO AGRIVOLTAICO GIOCOLI E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 19,96 MWp
COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ)

RELAZIONE GEOLOGICA

Progettazione



Studio Margiotta Associati
Via Vaccaro, 37
85100 POTENZA (PZ) - ITALY
Tel. 097137512
Pec: donata.margiotta@archiworldpec.it
Arch. Donata M. R. MARGIOTTA



PROGETTO DEFINITIVO

COD. PROGETTO	202101761	COD ELABORATO	scala
COD. FILE	202101761-A.2	A.2	-

00	Maggio 2023	Progetto Definitivo	G.Potenza	D. Margiotta	SOLTEC
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO



INDICE

1	PREMESSE	Pag. 2
2	UBICAZIONE DEL SITO DI INTERVENTO	Pag. 4
3	VALUTAZIONE DEI VINCOLI PRESENTI	Pag. 5
	3.1 – Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS)	“ 5
	3.2 – Vincolo idrogeologico forestale	“ 5
	3.3 – Vincolo idrogeologico PAI	“ 6
4	INDAGINI ESEGUITE	Pag. 8
	4.1 – Indagini geofisiche	“ 8
	4.2 – Indagini penetrometriche	“ 15
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA	Pag. 17
	5.1 – Inquadramento geologico generale	“ 17
	5.2 – Caratteri geologici dell'area di intervento	“ 18
6	CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI	Pag. 19
7	DEFINIZIONE DEL MODELLO LITOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI	Pag. 21
8	CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO	Pag. 23
	8.1 – Caratteri morfologici locali	“ 23
	8.2 – Caratteri idrogeologici	“ 24
9	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	Pag. 26
10	CRITICITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	Pag. 27
11	SISMICITÀ DEL COMUNE DI VENOSA E AZIONE SISMICA DI SITO	Pag. 28
	11.1 – I forti terremoti nell'Appennino meridionale	“ 28
	11.2 – Zona sismica del Comune di Sant'Arcangelo	“ 30
	11.3 – Azione sismica: Pericolosità sismica di base al sito di studio	“ 31
12	MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO DELL'AREA DI STUDIO	Pag. 32
13	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag. 37

Allegati alla presente relazione:

- **A.2.1**_Carta della pericolosità idrogeologica
- **A.2.2**_Carta di ubicazione dell'area di intervento
- **A.2.3**_Report indagini realizzate
- **A.2.4**_Carta di sintesi della criticità e pericolosità geologica e geomorfologica
- **A.2.5**_Relazione sulla pericolosità sismica di base
- **A.2.6**_Carta di microzonazione sismica di II livello
- **A.12.a.7**_Planimetria ubicazione indagini geologiche
- **A.12.a.8**_Carta geolitologica
- **A.12.a.9**_Carta geomorfologica
- **A.12.a.10**_Carta idrogeologica

1 **PREMESSE**

La presente relazione geologica e geofisica è redatta nell'ambito dell'intervento di realizzazione dell'**IMPIANTO AGRIFOTOVOLTAICO GIOCOLI E OPERE CONNESSE POTENZA IMPIANTO 19.96 MWp – COMUNE DI SANT'ARCANGELO (PZ)**.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare a conversione fotovoltaica, nel Comune di Sant'Arcangelo (PZ).

Propedeuticamente alla redazione della presente relazione, lo scrivente ha realizzato una campagna di indagini geognostiche volte a definire le caratteristiche litotecniche dei terreni affioranti e le caratteristiche sismiche di sottosuolo, aspetto necessario ad una corretta progettazione ingegneristica dell'intervento.

Nello specifico, in sito, le indagini eseguite sono state:

- N.3 Prove MASW;
- N.3 Prove Penetrometriche Super Pesanti DPSH.

Si forniscono, inoltre, le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi affioranti mentre nella valutazione delle problematiche legate alla compatibilità geomorfologica e idrogeologica dell'intervento si è fatto riferimento alle prescrizioni e ai vincoli stabiliti dall'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale, ovvero ex Autorità di Bacino della Basilicata.

Lo studio, pertanto, è stato condotto attraverso:

- Ricerca bibliografica preliminare;
- Reperimento della cartografia;
- Valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico definito dalla vigente Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale;
- Rilevamento geologico e geomorfologico dell'area di ubicazione dell'impianto FTV e delle opere di connessione alla rete elettrica;
- Esecuzione di prove geognostiche dirette e indirette;
- Indicazione dei parametri geomeccanici di sito.

I risultati dell'indagine condotta sono illustrati sia nella presente relazione sia negli allegati ad essa collegati che sono:

- **A.2.1_Carta della pericolosità idrogeologica**
- **A.2.2_Carta di ubicazione dell'area di intervento**
- **A.2.3_Report indagini realizzate**
- **A.2.4_Carta di sintesi della criticità e pericolosità geologica e geomorfologica**
- **A.2.5_Relazione sulla pericolosità sismica di base**
- **A.2.6_Carta di microzonazione sismica di II livello**
- **A.12.a.7_Planimetria ubicazione indagini geologiche**

- **A.12.a.8**_Carta geolitologica
- **A.12.a.9**_Carta geomorfologica
- **A.12.a.10**_Carta idrogeologica

Il complesso dei dati acquisiti ha così consentito la formulazione di indicazioni, consigli e prescrizioni all'indirizzo dei Progettisti e della Committente, utili al fine di scongiurare rischi per la stabilità delle opere ingegneristiche oggetto di realizzazione. Nella redazione del presente documento si è fatto riferimento alla normativa vigente e alla documentazione bibliografica esistente:

▪ **Normativa di riferimento (nazionale):**

- ✓ L.N. 64/74 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- ✓ D.M. 11.03.1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- ✓ L.R. 23/99 - Tutela, governo ed uso del territorio;
- ✓ D.P.R. 06.06.2011 n.380 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- ✓ O.P.C.M. 3274/2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- ✓ D.M. 14.09.2005 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- ✓ Norme di Attuazione del PAI Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Basilicata;
- ✓ O.P.C.M. 3519/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
- ✓ D.M. LL.PP. del 14.01.2008 - Testo Unitario - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- ✓ Circolare del C.S.LL.PP. n° 617 del 02.02.2009 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.
- ✓ L.R. n. 9 del 7 giugno 2011 "Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica";
- ✓ DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

▪ **Riferimenti cartografici e bibliografici:**

- ✓ Cartografia tecnica del Comune di Sant'Arcangelo reperibile sul sito [mappe-in-linea | RSDI \(regione.basilicata.it\)](http://mappe-in-linea.RSDI.regione.basilicata.it);
- ✓ Fogli n.506 "Sant'Arcangelo" e n.507 "Pisticci" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000;
- ✓ Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico - Ex AdB della Basilicata;
- ✓ Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>, consultabile su https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/.

2 UBICAZIONE DEL SITO DI INTERVENTO

Il sito oggetto di intervento è ubicato nel settore Orientale del Comune di Sant'Arcangelo (Fig.01).



Fig.01: Veduta aerea dell'area con ubicazione del sito d'intervento.

Dal punto di vista cartografico è individuabile tra gli elementi n. 506161-506162 della Carta Tecnica Regionale della Regione Basilicata in scala 1:5.000.

Con maggior dettaglio cartografico, il sito è inquadrato all'**Allegato A.2.2 – Carta di ubicazione dell'area di intervento**.

Ai fini dei calcoli sulla pericolosità sismica di base, si forniscono le coordinate di sito, riferite all'area di installazione dei tracker monoassiali:

- LATIDUDINE: 40,2138290°
- LONGTUDINE: 16,3158245°

3 VALUTAZIONE DEI VINCOLI PRESENTI

3.1 – Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS)

Il sito di realizzazione dell'intervento è collocato nell'area comunale di Sant'Arcangelo (Impianto FTV, Cavidotto e opere annesse) e la verifica sull'eventuale presenza di vincoli di tipo ambientale, ha messo in luce che:

- Il sito studiato **non ricade** in aree SIC e EUAP;
- Il sito studiato **non ricade** in aree ZPS e ZSC.

3.2 – Vincolo idrogeologico forestale

In riferimento alla Deliberazione di Giunta Regionale della Basilicata n. 414 del 31/03/2015 recante "Disposizioni in materia di vincolo idrogeologico – RD 3267/23 – Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani. Legge Regionale 10 novembre 1998 n. 42 Norme in materia forestale, art.16 comma 2", si segnala che il sito studiato (area Impianto FTV, Cavidotto e opere annesse) **ricade** in area sottoposta a vincolo idrogeologico forestale (Fig.02).

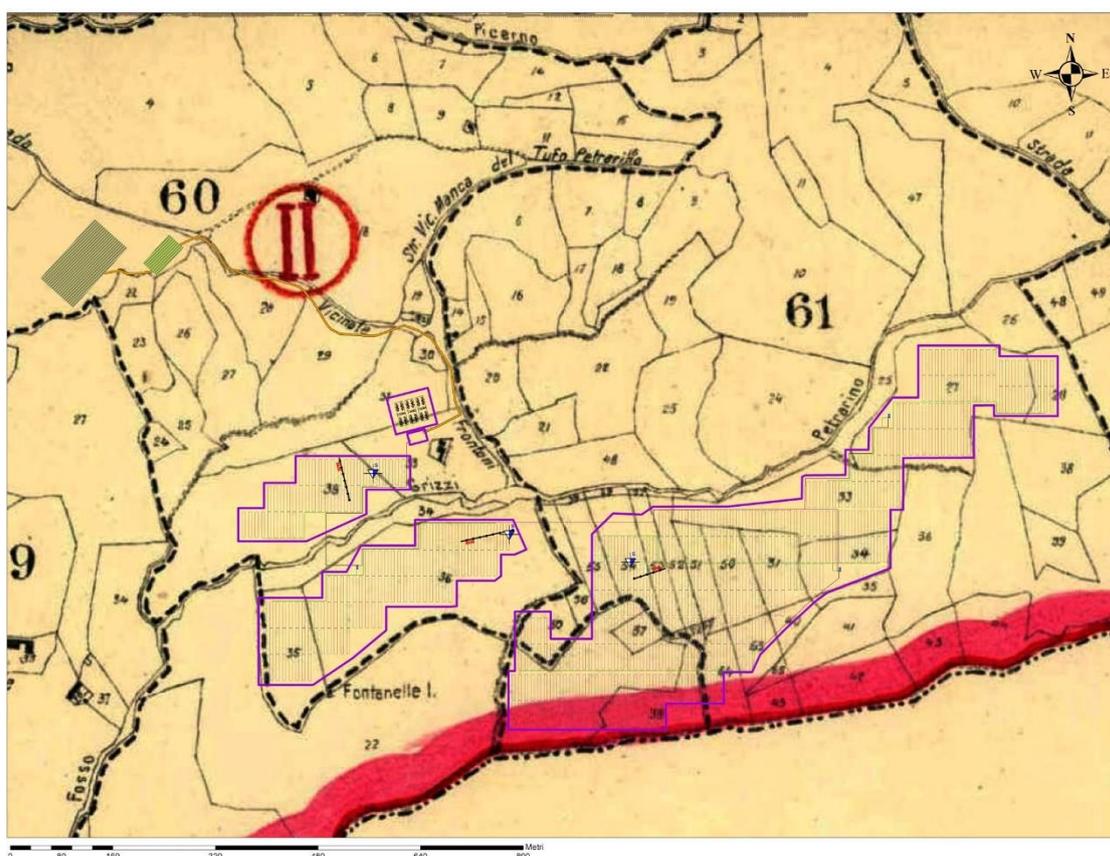


Fig.02: Area FTV in progetto soggetta a vincolo idrogeologico forestale

3.3 – Vincolo idrogeologico PAI

La stesura di questa relazione geologica è stata supportata dalla consultazione del PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI), redatto dall'ex Autorità di Bacino della Basilicata, oggi accorpata nell'ambito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale

Tale piano, continua a rappresentare il riferimento tecnico e procedurale con valore normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono programmate e pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico ed idrogeologico nel territorio di competenza. Nel caso in esame, l'area di intervento, **non è inquadrata** in aree a pericolosità geomorfologica e nemmeno in aree a pericolosità idraulica.

Nell'**Allegato A.2.1_Carta della pericolosità idrogeologica** vengono riportate le perimetrazioni vincolanti del PAI e l'ubicazione del sito di intervento.

Dalla cartografia ufficiale, pertanto, si evince che:

- 1) L'area di ubicazione dei pannelli fotovoltaici non è interessata da alcun vincolo geomorfologico e/o idraulico;
- 2) L'area prevista per la realizzazione della Stazione Elettrica (SE) non è interessata da alcun vincolo geomorfologico e/o idraulico;
- 3) Il cavidotto a servizio dell'impianto, si estende in direzione NO e in alcuni tratti lambisce parzialmente alcuni areali perimetrati a rischio R1 dalla vigente AdB (Fig.03). Si osserva che in tali aree non si riconoscono dei veri e propri corpi di frana, ma si tratta di aree in cui affiorano terreni a carattere argilloso-marnoso (Argille grigio-azzurre) interessati da fenomeni di erosione di tipo calanchivo. Si sottolinea, quindi, che la posa del cavidotto avverrà attraverso operazioni di escavazione di una trincea di modesta entità che non andrà a mobilitare accumuli detritici di frana. Come si osserva dalla cartografia sotto, inoltre, lo scavo avverrà in prossimità della linea di cresta topografica e quindi non andrà ad operare un taglio del versante. Alla luce di tali osservazioni, quindi, si ritiene che la posa del cavidotto non porti ad un aumento delle condizioni di pericolosità idrogeologica e morfologica attualmente vigenti in sito.

Di conseguenza, in riferimento alle prescrizioni della vigente AdB, si esprime **giudizio positivo sulla fattibilità e compatibilità idrogeologica dell'intervento in progetto**, anche alla luce di tutte le specifiche osservazioni e indagini a carattere geologico e morfologico eseguite a supporto dello studio condotto e di seguito descritte nella presente relazione.

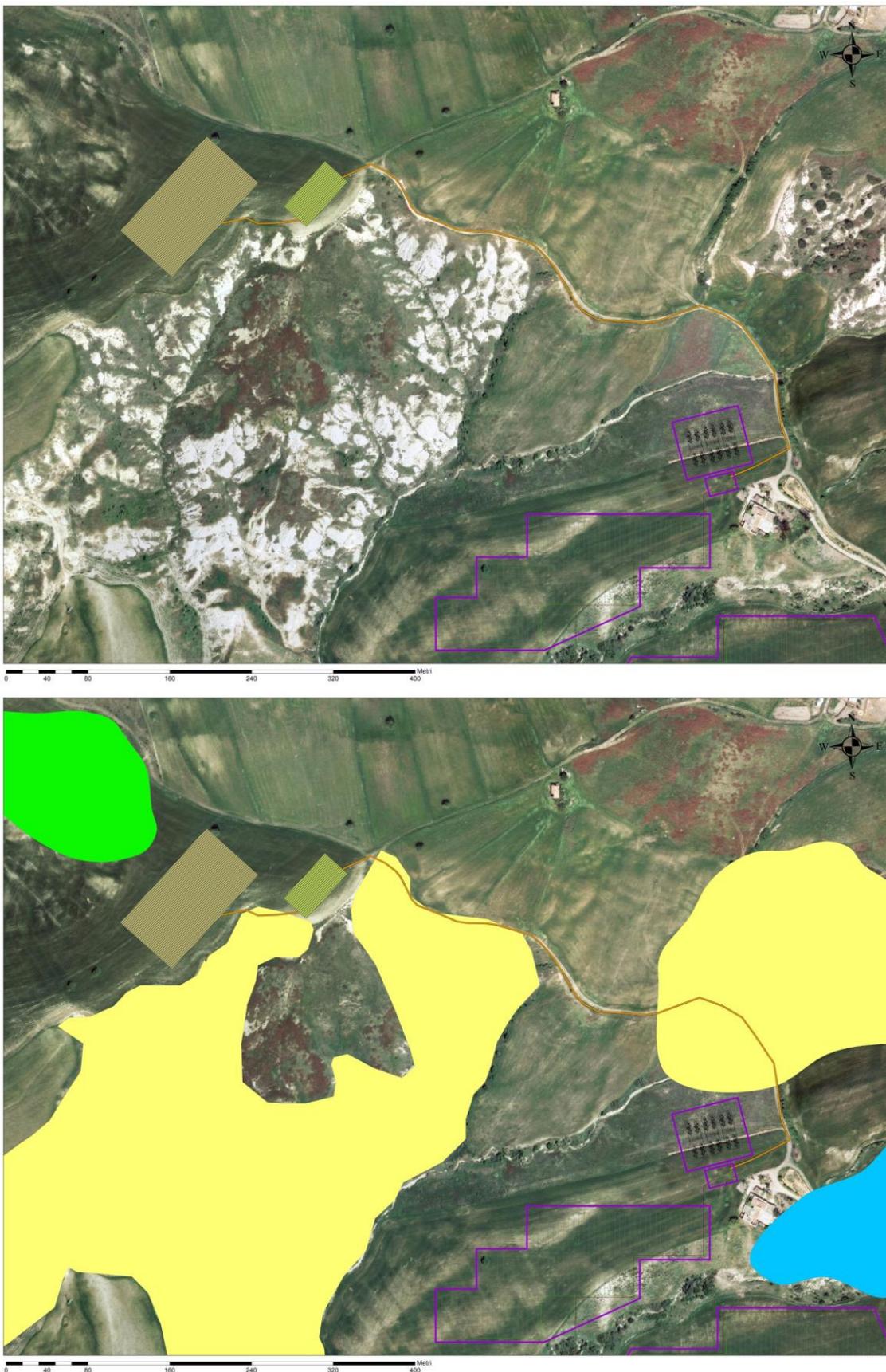


Fig.03: tratti in cui il cavidotto in progetto attraversa areali perimetrati a rischio R1 dall'AdB.

4 INDAGINI ESEGUITE

Successivamente alla fase di rilevamento geologico-tecnico ed alla raccolta e studio critico della documentazione scientifica e tecnica esistente per l'area e, al fine di avere un quadro più completo delle caratteristiche litotecniche, idrogeologiche, geotecniche e geofisiche dei terreni che ospiteranno le strutture ingegneristiche in progetto, sono state eseguite le seguenti indagini (vedi **Allegato A.2.3_Report indagini realizzate e A.12.a.7_Planimetria ubicazione indagini geologiche**):

- ✓ n.3 Prospezioni sismiche MASW – (MW1-MW2-MW3)
- ✓ n.3 Prove Penetrometriche DPSH (DPSH1-DPSH2-DPSH3)

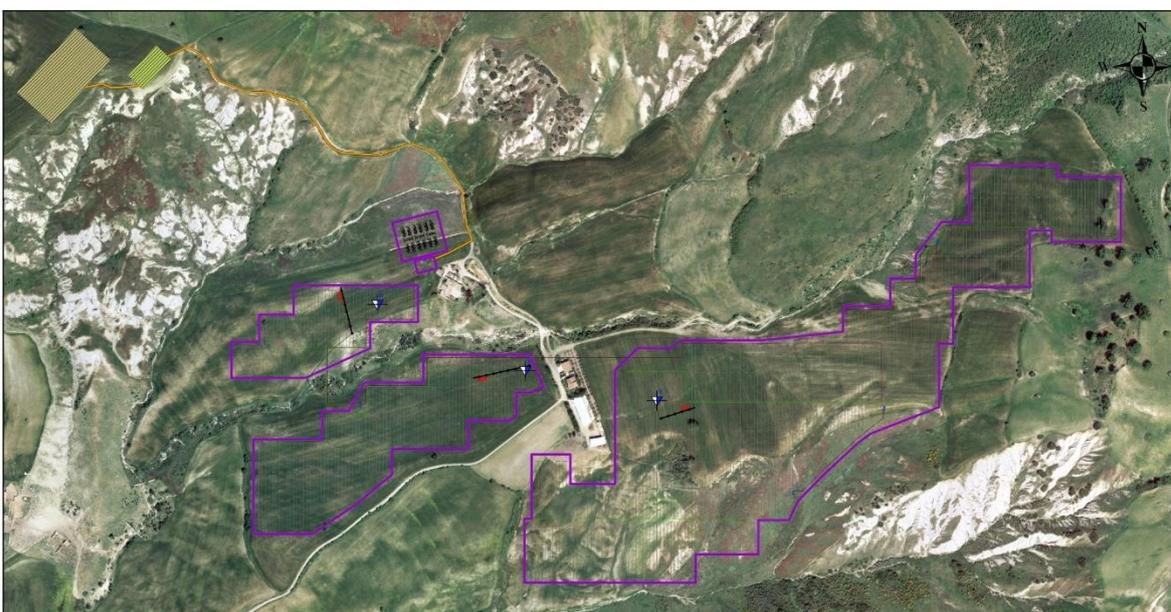


Fig.04 – Immagine illustrante l'ubicazione delle indagini effettuate

4.1 – Indagini Geofisiche

Le indagini geofisiche eseguite nell'area di studio sono consistite in N.3 stendimenti MASW utilizzati per determinare sperimentalmente l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo e, conseguentemente, delle superfici di discontinuità fisica (rifrattori) che separano porzioni di ammasso roccioso o terroso con differente grado di densità e compattazione e/o consistenza, nonché alla determinazione delle grandezze che influenzano il calcolo dinamico di una progettazione e anche per ricavare la categoria di sottosuolo e la VS_{eq} .

Per la dislocazione ed organizzazione della campagna lo scrivente ha tenuto conto, ovviamente, delle finalità del progetto, della conformazione dei luoghi e delle informazioni pregresse a disposizione.

Degno di menzione è anche il riferimento alle acquisizioni in campagna. Gli stendimenti geofisici effettuati non hanno incontrato difficoltà logistiche poiché l'area al momento della stesa dei cavi e durante tutta l'acquisizione era sgombera da ogni impedimento fisico.

A ciò è tuttavia opportuno aggiungere quanto segue:

- ✓ un orizzonte litologico non sempre coincide con quello rilevato attraverso profili sismici, in quanto la velocità di propagazione di un impulso sismico può variare nell'ambito dello stesso litotipo per differenze dovute a presenza di fratture, diverso grado di porosità, diverso grado di compattazione ecc., ovvero in base alle caratteristiche elastiche;
- ✓ la tecnica di rilevamento MASW fornisce il valore della V_{s30} / V_{seq} a partire dal piano campagna e non dal piano fondazione così come previsto e richiesto dalla normativa vigente pertanto un più corretto e rappresentativo valore di V_{s30} / V_{seq} è possibile solo nel momento in cui allo scrivente viene indicata una profondità di riferimento precisa (piano di posa delle fondazioni) che deve essere obbligatoriamente maggiore di 0 e minore di 30 e comunque in presenza di un modello geologico del sottosuolo quanto più possibile dettagliato e reale.

4.1.1 - Prospezione MASW

Il termine MASW è l'acronimo di Analisi Multi Canale di Onde di Superficie, ed indica una metodologia di indagine basata sulla analisi di velocità delle onde sismiche di superficie a diversa frequenza. Nello specifico si usano quindi le sole Onde di Reyleigh, e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P ed S. Questa scelta operativa è conseguenziale a due fenomeni importanti:

- ✓ le Onde di Reyleigh trasportano circa i 2/3 dell'energia generata da una sorgente sismica;
- ✓ allontanandosi dalla sorgente tali onde subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, in quanto esse si propagano secondo fronti d'onda cilindrici e non sferici.

Il metodo può essere scomposto in tre fasi consequenziali:

- ✓ calcolo della velocità di fase apparente sperimentale;
- ✓ calcolo della velocità di fase apparente numerica;
- ✓ individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

L'elaborazione è stata condotta ipotizzando la presenza di 2/3 sismostrati in quanto è sempre consigliabile compiere l'interpretazione MASW ricorrendo ad un numero di orizzonti sismici compreso tra 3 e 8 pur essendo la geologia del sito non particolarmente complessa.

Normalmente tale accorgimento consente di distinguere più agevolmente la parte superficiale alterata e dalle proprietà geomeccaniche scadenti rispetto alla roccia sottostante, e consente, inoltre, di rilevare le modeste stratificazioni (anche solo per compattazione se non per variazioni composizionali/tessiture) della parte detritica più corticale, determinanti nel processo di dispersione delle onde di superficie. Nel sito oggetto di studio, sono stati realizzati n.3 stendimenti multicanale con strumentazione SoiSpy Rosina 25 canali, effettuato distanziando i geofoni di 5.00 m l'uno dall'altro e con geometria a lineare. Sugli stendimenti sismici è stata effettuata una prova di sismica attiva di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), utilizzando geofoni per la misurazione delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s).



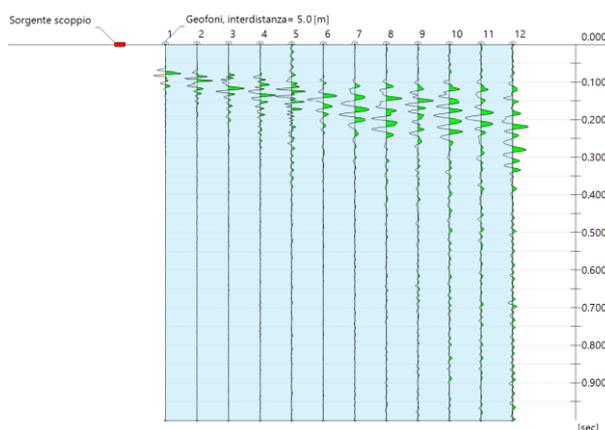
Fig.05: Prove geofisiche MASW eseguite nell'area prevista per l'installazione dei pannelli fotovoltaici

Per la tecnica MASW, gli scoppi, sono stati ottenuti mediante percussione con mazza da 5 Kg verticalmente, direttamente sul terreno, per enfatizzare il moto fondamentale di vibrazione ed attenuare i modi superiori. Gli scoppi sono stati posizionati in testa allo stendimento a circa 5 m dal geofono n° 1.

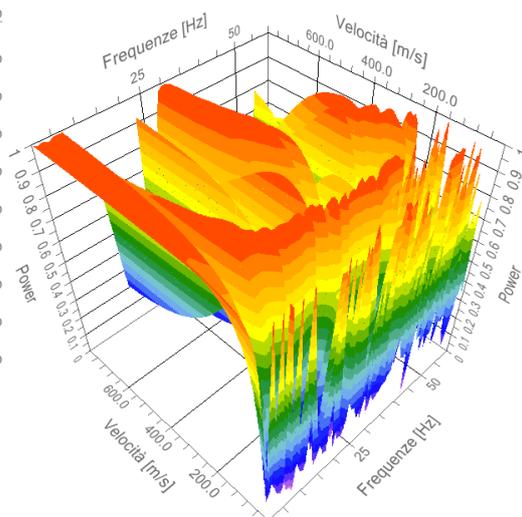
I profili sismici sono stati realizzati nelle aree di interesse per la committenza, così come indicato nella planimetria allegata, con l'intento di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo ed individuare lo spessore di ogni singolo sismostrato.

Il profilo di velocità delle onde di taglio risultante dall'indagine **MASW 1**, evidenzia la presenza di quattro unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- **primo sismostrato** costituito da terreno vegetale e primo sottosuolo alterato, con spessore medio di circa 4.0 m, Vs di **146 m/s**, con bassa rigidità sismica;
- **secondo sismostrato** mediamente addensato, con spessore medio di circa 5.00 m e Vs di **213 m/s**, con media rigidità sismica;
- **terzo sismostrato** addensato, con spessore medio di circa 5.78 m e Vs di **487 m/s**, con buon rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da Vs superiori a **594 m/s**, alta rigidità sismica e non producono contrasti di impedenza sismica significativi.



Tracce Sismogrammi

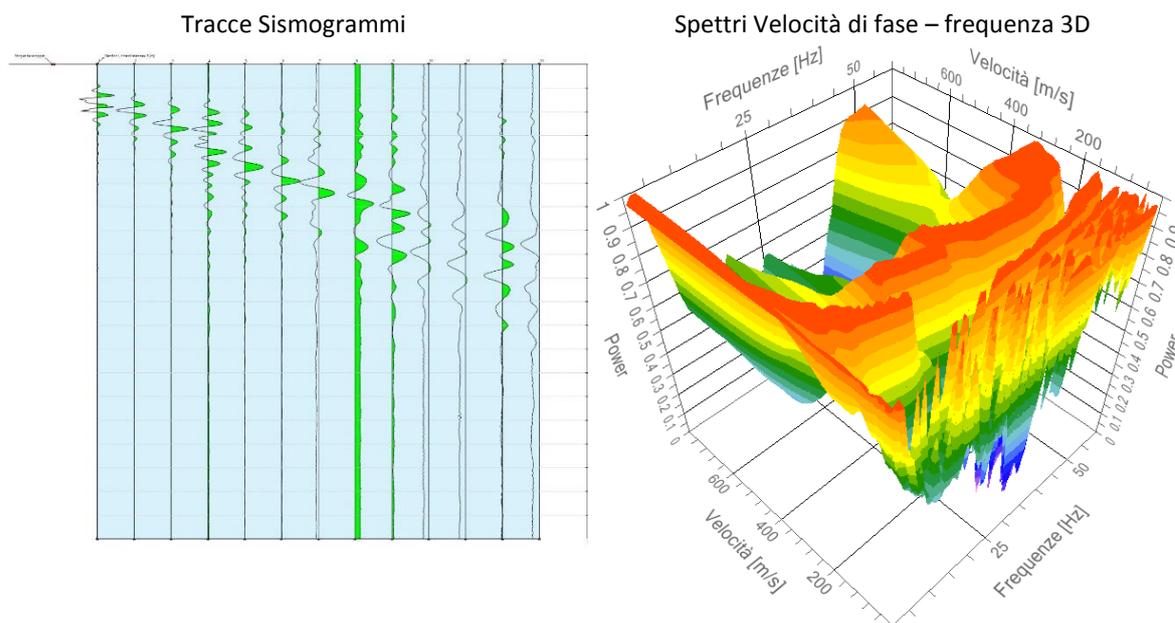


Spettri Velocità di fase – frequenza 3D

Il profilo di velocità delle onde di taglio risultante dall'indagine **MASW 2**, evidenzia la presenza di quattro unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- **primo sismostrato** costituito da terreno vegetale e primo sottosuolo alterato, con spessore medio di circa 1.20 m, Vs di **112 m/s**, con bassa rigidità sismica;

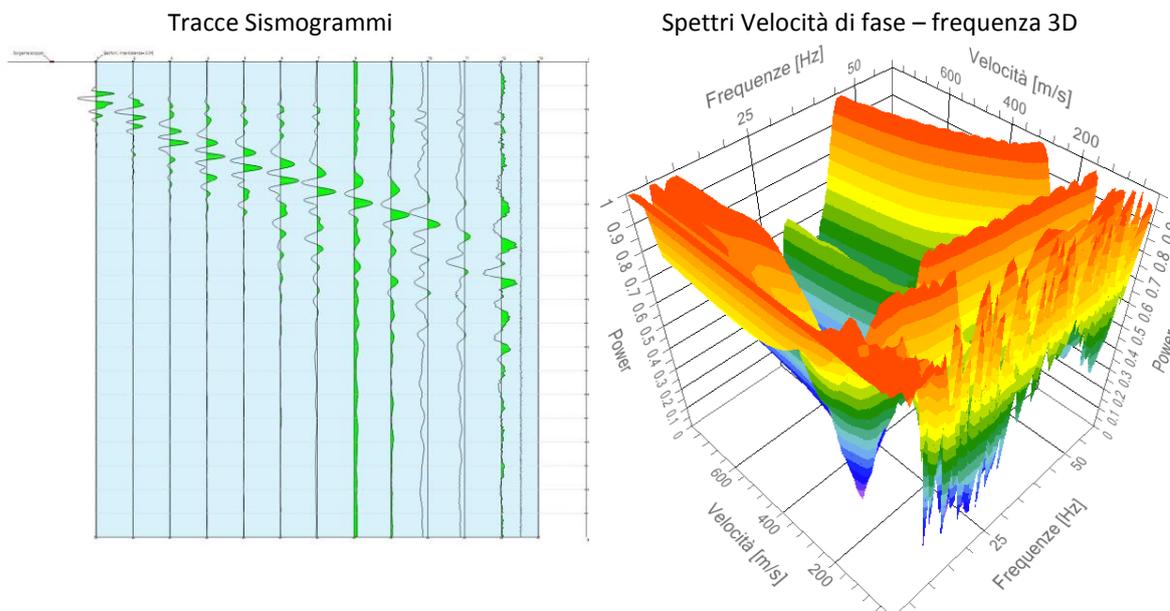
- **secondo sismostrato** debolmente addensato, con spessore medio di circa 4.00 m e Vs di **177 m/s**, con medio-bassa rigidità sismica;
- **terzo sismostrato** discretamente addensato, con spessore medio di circa 24.00 m e Vs di **480 m/s**, con media rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da Vs superiori a **577 m/s**, alta rigidità sismica e non producono contrasti di impedenza sismica significativi.



Il profilo di velocità delle onde di taglio risultante dall'indagine **MASW 3**, evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- **primo sismostrato** costituito da terreno vegetale e primo sottosuolo alterato, con spessore medio di circa 3.5 m, Vs di **133 m/s**, con bassa rigidità sismica;

- **secondo sismostrato** mediamente addensato, con spessore medio di circa 10.00 m e Vs di **210 m/s**, con media rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da Vs superiori a **507 m/s**, alta rigidità sismica e non producono contrasti di impedenza sismica significativi.



Per quanto attiene la classificazione di sito basata sulla velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30}/V_{seq} , si riporta di seguito le linee guida adottate nel presente rapporto tecnico:

TIPO DI TERRENO	V_{s30}/V_{seq}
Rigido	> 800 m/s
Mediamente rigido	360 – 800 m/s
Mediamente soffice	360 – 180 m/s
Soffice	< 180 m/s

Di seguito si riportano le determinazioni dei principali parametri dinamici dedotti dal valore di velocità V_p approssimativo perché ottenuto indirettamente dalla prova MASW pertanto essi andranno impiegati nei calcoli ingegneristici previa riduzione cautelativa (conseguimento di ampi margini di successo progettuale).

MASW 1

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	4.00	4.00	146	357	1700	0.40	36	217	169	101
2	9.00	5.00	213	708	1800	0.45	82	902	793	238
3	14.78	5.78	487	1489	1900	0.44	451	4216	3613	1301
4	oo	oo	594	1697	2000	0.43	707	5764	4820	2024

MASW2										
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.50	1.50	112	571	1750	0.48	21	570	541	64
2	5.50	4.00	177	902	1900	0.48	59	1547	1468	176
3	29.50	24.00	480	2017	2000	0.47	460	8140	7526	1354
4	oo	oo	577	2425	2100	0.47	699	12351	11419	2055

MASW3										
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	3.50	3.50	133	679	1800	0.48	32	832	789	94
2	13.50	10.00	210	882	1900	0.47	83	1480	1368	246
3	oo	oo	507	1863	2000	0.46	514	6944	6258	1501

[G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young]

4.2 – Indagini Penetrometriche

Lo scopo della prova penetrometrica DPSH è consistito nella definizione quali-quantitativa dei depositi di copertura, nella identificazione della tipologia e della profondità del substrato geologico al fine di ottenere un modello geologico e geotecnico del sottosuolo secondo quanto richiesto dalla normativa vigente. La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

È stato misurato il numero di colpi (N) necessari per infiggere nel terreno le aste di 20 in 20 centimetri, procedendo nell'infissione senza rivestimento essendo trascurabile l'attrito laterale, in quanto la sezione della punta è maggiore di quella delle aste (durante le prove le aste si sono mantenute costantemente libere).

I risultati sono riportati in diagrammi numerici aventi in ordinata la profondità e in ascissa il numero di colpi, nonché l'elaborazione della resistenza dinamica alla punta sempre in rapporto alla profondità.

L'interpretazione della prova penetrometrica dinamica è basata, quale che sia il procedimento seguito, sul numero di colpi (N) necessari all'infissione delle aste di 20 in 20 centimetri, oltre all'indispensabile e preventiva conoscenza geologica del sito in esame.

L'andamento del diagramma, unitamente al numero di colpi (N) che lo determina, consente di ricostruire una stratigrafia indiretta dello spessore attraversato (Fig.05-06-07).

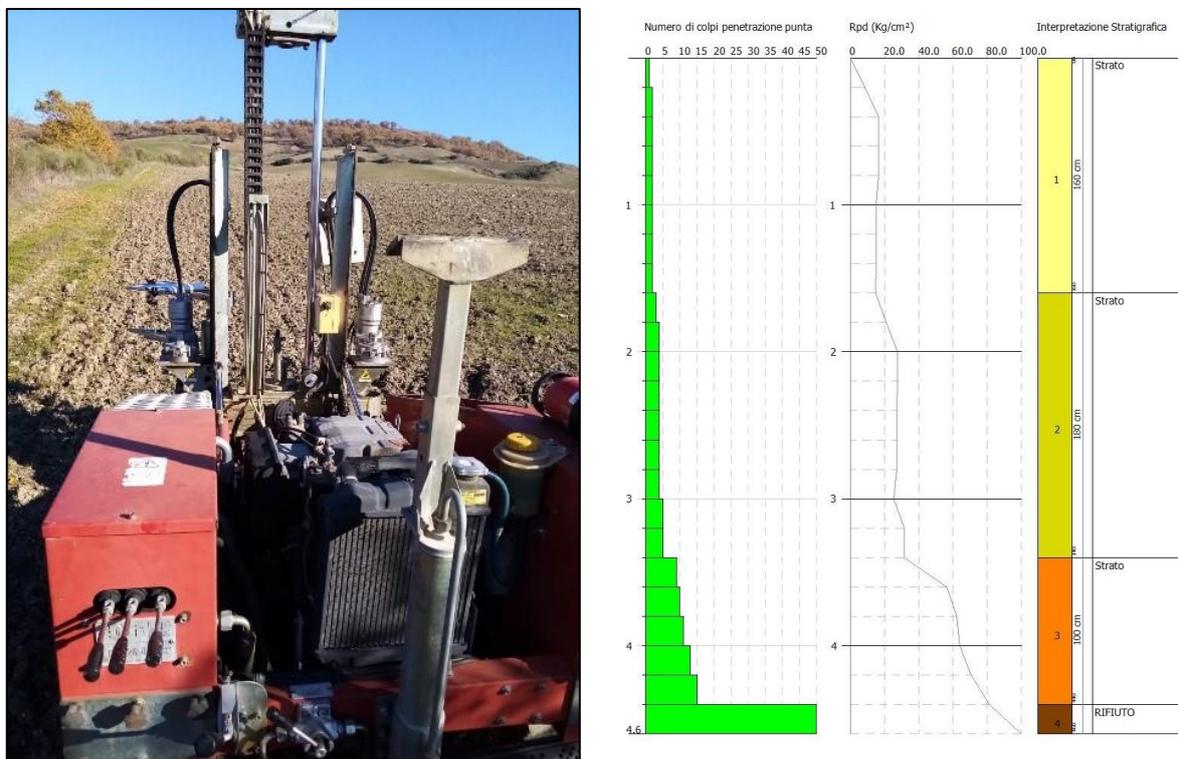


Fig.05: Prova penetrometrica DPSH1.

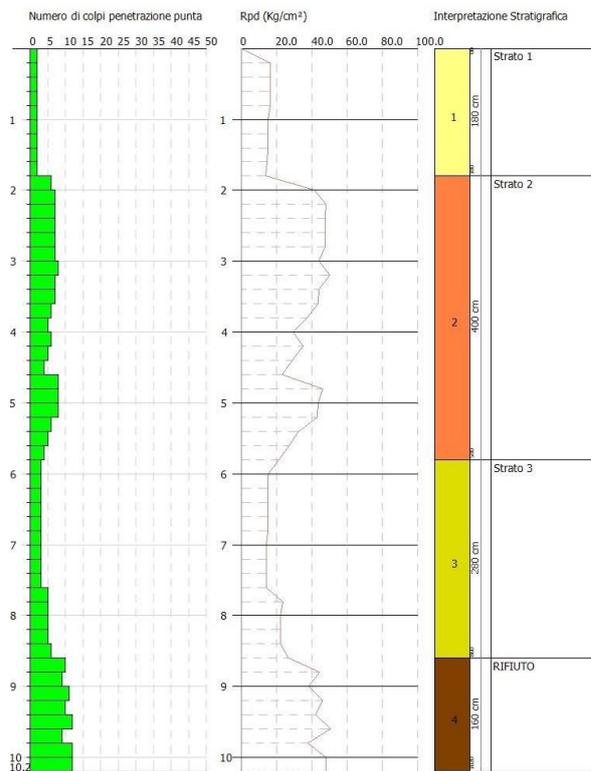


Fig.06: Prova penetrometrica DASH2.

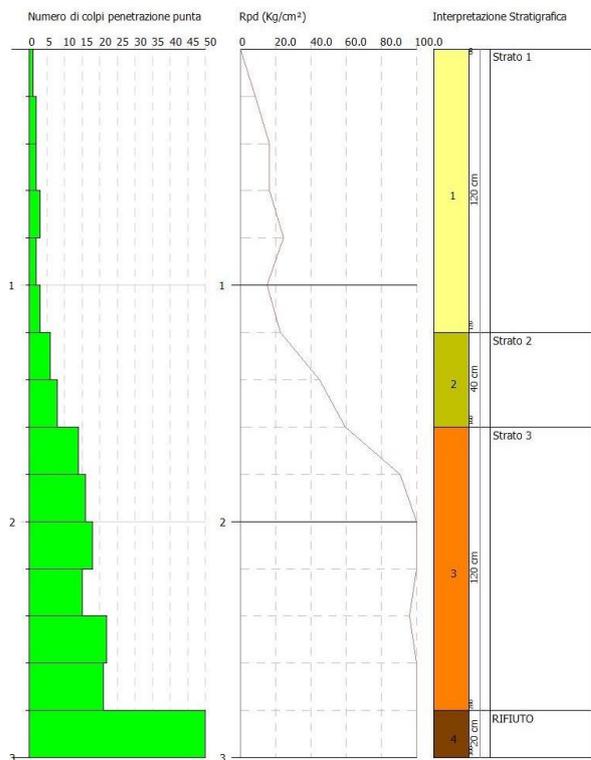


Fig.07: Prova penetrometrica DASH3.

Dalle prove Penetrometriche eseguite si osserva un aumentare dei valori di resistenza dinamica alla punta (RPD) con la profondità che implica pertanto un miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche delle litologie attraversate, man mano che aumenta la distanza dal p.c. in termini di profondità.

Per maggiori dettagli riguardo la prova si rimanda al report in allegato **A.2.3_Report indagini realizzate**.

5 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO DELL'AREA

5.1 – Inquadramento geologico generale

L'area di studio ricade nel settore Est del Foglio n. 506 "Sant'Arcangelo" e nel settore Ovest del Foglio n. 507 "Pisticci" della Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 (Fig.07).

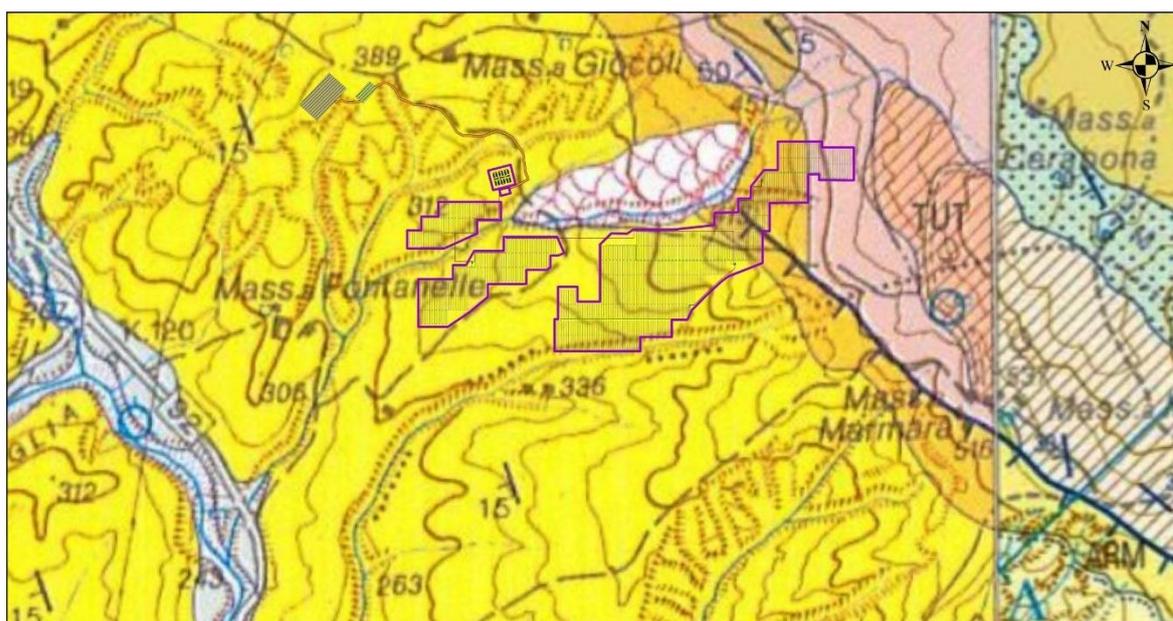


Fig.07: inquadramento geologico alla scala 1:50.000 dell'area di progetto

I terreni affioranti nell'area di studio appartengono alle successioni sedimentarie del Bacino di Sant'Arcangelo. Tale Bacino è localizzato geograficamente all'estremità meridionale dell'Appennino Campano-Lucano e rappresenta uno dei più recenti bacini Plio-Quaternari.

La storia evolutiva del bacino si inquadra a grande scala nel contesto evolutivo dell'Appennino Meridionale.

Il Bacino di Sant'Arcangelo si è individuato sul fronte interno dell'ultimo *thrust sheet*, in seguito alla fase tettonica medio-pliocenica, la quale coincide con l'ultimo periodo dell'evoluzione del sistema catena-avanfossa.

5.2 – Caratteri litologici dell'area di intervento

La definizione litologica e stratigrafica dei terreni caratterizzanti l'area di studio è stata prodotta sia a seguito di un rilevamento geologico e di valutazioni condotte su aree più ampie rispetto al sito in parola (ciò al solo scopo di produrre una visione d'insieme più rappresentativa ed esaustiva) sia mediante una campagna di indagini geognostiche dirette ed indirette.

I luoghi risultano caratterizzati da una estrema omogeneità litologica, tanto in senso verticale quanto in senso orizzontale, che rende la circolazione idrogeologica e la ricostruzione stratigrafica semplice.

La ricostruzione di massima del sottosuolo è frutto dell'analisi critica sia dei dati pregressi effettuati nelle immediate vicinanze dell'area di studio sia mediante le prove penetrometriche e prospezioni geofisiche effettuate nei luoghi di studio.

La ricostruzione litostratigrafica, scaturita dal rilevamento geologico di superficie esteso ad un'area più ampia rispetto a quella strettamente interessata dal progetto in epigrafe, ha messo in evidenza che le caratteristiche peculiari delle formazioni sono, dall'alto verso il basso stratigrafico, quelle di seguito descritte:

DEPOSITI DI COPERTURA

- ❖ **Deposito di frana**: accumulo caotico di materiali rimaneggiati, sciolti ed eterometrici a componente prevalentemente argillosa.

Tali depositi non sono coinvolti nelle opere ingegneristiche in progetto.

TERRENI DEL SUBSTRATO GEOLOGICO

- ❖ **Argille marnose grigio-azzurre**: argille marnose di colore grigio-azzurro, massive con occasionali livelli sabbiosi-siltosi e abbondanti resti di molluschi.

Sono presenti estesamente nel settore nord-est dell'area oggetto di studio e non saranno coinvolti nelle opere ingegneristiche in progetto.

- ❖ **Argille Varicolori:** argille rosse e verdi intensamente tettonizzate con lenti di calcilutiti silicifere, calcari marnosi e arenarie. Tali depositi sono individuabili su gran parte del versante oggetto di studio.

Per maggiori dettagli si rimanda al elaborato **A.12.a.8_CARTA GEOLITOLOGICA** in allegato.

6 CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI

I dati desunti dagli studi geofisici effettuati sui terreni oggetto di studio, sono stati impiegati per valutare la risposta sismo-elastica dei differenti terreni e produrre una definizione della categoria di suolo di fondazione, ai sensi della normativa sismica (O.P.C.M. n. 3274/2003 e NTC 2018).

Le Categorie di sottosuolo secondo il “Decreto del 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni” classificano il sottosuolo tramite le seguenti categorie:

A: *Ammassi 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.;*

B: *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;*

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

D: *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;*

E: *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.*

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione,

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

secondo la relazione:

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$.

Per H si intende 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.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il modello di $V_{s,eq}$ ci dà informazioni riguardanti gli spessori e le velocità dei singoli sismostrati, per definire l'azione sismica di progetto e la categoria del terreno di fondazione del sito oggetto di studio.

In materia di microzonazione sismica, nel sito oggetto di studio è stata determinata, con le metodologie sopra citate, il valore di $V_{s,eq}$, partendo dal piano campagna, che risulta essere di **339 m/s** nella **MASW 1**, di **345 m/s** nella **MASW 2** e di **281 m/s** nella **MASW 3**, dato che conferma l'appartenenza del sottosuolo alla categoria C in tutti i siti investigati.

Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018, e dalle misure effettuate in sito, i terreni di fondazione esaminati si collocano in **categoria "C"** descritta in normativa come: 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.

7 DEFINIZIONE DEL MODELLO LITOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei litotipi che definiscono puntualmente l'assetto litostratigrafico dell'area oggetto di intervento si fa riferimento alle Prova DPSH effettuate.

Si sottolinea, inoltre, che:

- il progetto per cui interviene la presente relazione non prevede la realizzazione di volumi abitativi;
- L'intervento non comporta modifiche dell'assetto morfologico locale;
- L'intervento non comporta aumento delle condizioni di pericolosità idrologica e geomorfologica per le opere e persone al sito specifico.

Alla luce di tali osservazioni, quindi, si ritiene adeguato fornire una modellizzazione geologico-tecnica che si basa, sulle conoscenze e sull'esperienza maturata dal sottoscritto attraverso lavori condotti su terreni analoghi, sulla bibliografia studiata dal sottoscritto che offre dati geotecnici che riguardano gli stessi terreni interessati dalle opere in progetto e oltre alle indagini geognostiche dirette effettuate in loco. La modellazione, pertanto, viene fornita coerentemente anche a quanto indicato nel "DECRETO 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»".

Nell'analisi critica di tutti i dati a disposizione, quindi, si definisce un modello geotecnico per il quale sono state distinte due unità litotecniche.

Di seguito, si riportano i valori dei *parametri geotecnici caratteristici*:

- **Unità litologica 1: DEPOSITI DI COPERTURA (Terreno Vegetale e Depositi eluvio-colluviali)**

Da 0.00 – 1.20/1.80ml dal p.c. [lo spessore è funzione della zona in cui si misura]

γ_n (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	ϕ (gradi)	C (kg/cm ²)
1.38	1.86	20°	0.19

- **Unità litologica 2a: DEPOSITI ARGILLOSO Alterati**

Da 1.20/1.80ml – 3.40/5.80ml dal p.c. [lo spessore è funzione della zona in cui si misura]

γ_n (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	ϕ (gradi)	C (kg/cm ²)
1.48	1.91	22°	0.40

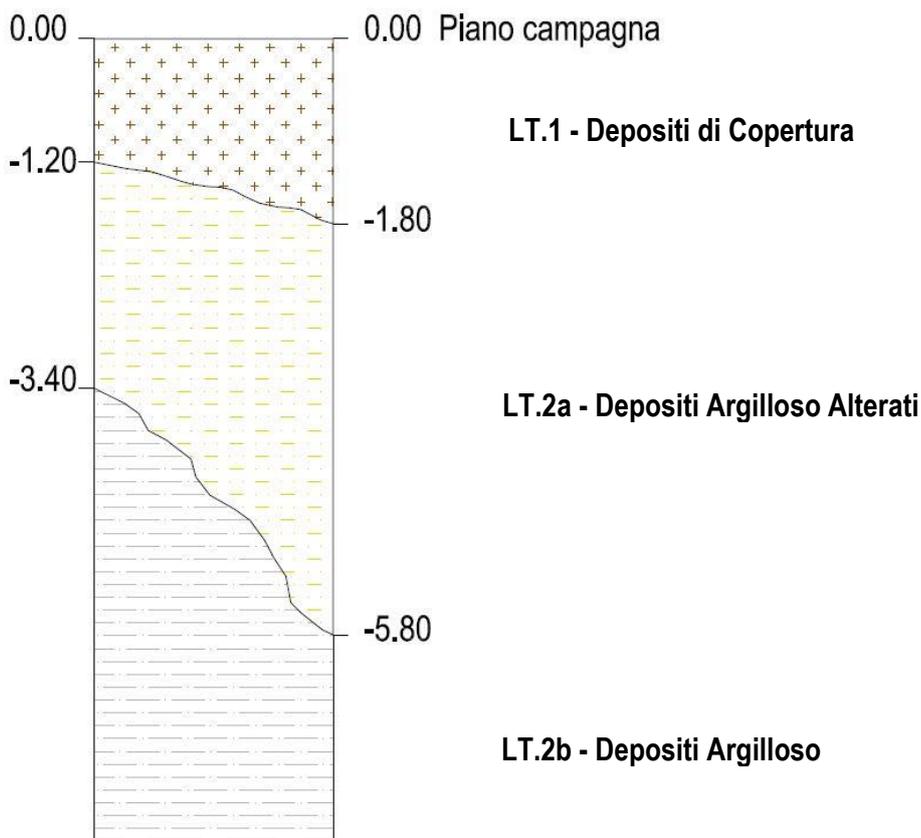
▪ **Unità litologica 2b: DEPOSITI ARGILLOSO**

Da -3.40/5.80ml dal p.c. [lo spessore è funzione della zona in cui si misura]

γ_n (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	ϕ (gradi)	C (kg/cm ²)
1.55	1.97	24°	1.00

Legenda:

(γ_n = Peso dell'unità di volume; γ_{sat} = Peso dell'unità di volume saturo; ϕ = Angolo di attrito interno; **C** = Coesione drenata)



Come già enunciato precedentemente i suddetti parametri sono da considerarsi indicativi e la loro scelta ricade nella piena responsabilità del progettista per quanto riguarda le ipotesi e le scelte progettuali.

8 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO

8.1 – Caratteri morfologici locali

Il presente studio ha posto particolare attenzione all'assetto geomorfologico dell'area interessata dalle opere in progetto. L'analisi è stata condotta attraverso:

- fotointerpretazione delle ortofoto disponibili, anche attraverso confronto tra scatti eseguiti in diversi anni;
- analisi cartografica delle aree di interesse progettuale attraverso software GIS;
- riscontro in campagna delle criticità emerse.
- Elaborazione della carta geomorfologica, vedi **Allegato A.12.a.9_Carta geomorfologica**.

Ciò che viene messo in luce da tale analisi, è che nelle aree di interesse progettuale sono presenti fenomeni di dissesto idrogeologico e geomorfologico che sostanzialmente coincidono con le aree perimetrate all'interno della cartografia del PAI.

L'assetto geologico locale, infatti, vede sostanzialmente la presenza di terreni a carattere argilloso e argilloso-marnoso che, di fatto, lungo i versanti possono determinare meccanismi di innesco di fenomeni di instabilità morfologica.

Nella suddetta Carta geomorfologica, pertanto, vengono riportate le aree in cui risultano evidenti meccanismi di dissesto che, per tipologia, sono distinti in:

- Aree a erosione calanchiva diffusa;
- Aree di colata/scivolamento.

Dalla cartografia elaborata, si evince che nell'area in cui si prevede il posizionamento dei pannelli fotovoltaici, non si riconoscono aree di particolare instabilità.

Nella carta geomorfologica, inoltre, vengono riportate le principali incisioni in cui si evidenzia un'erosione concentrata più marcata.

8.3 – Caratteri idrogeologici

Per quanto attiene l'idrogeologia dei terreni caratterizzanti l'area di studio si ritiene che la conducibilità idrica sia nettamente differente a seconda della litologia considerata, ovvero, i terreni costituenti sono dotati di caratteristiche idrogeologiche piuttosto differenziate in rapporto alla composizione granulometrica, alla porosità, al grado di addensamento ed alla fratturazione.

Le caratteristiche idrologiche (quindi idrografiche) risultano molto differenti in ragione/conseguenza del fatto che, l'area su cui ricadono i terreni di studio, sono caratterizzati dalla presenza dei seguenti litotipi:

✓ COMPLESSO DETRITICO

Depositi clastici, spesso cementati, derivanti dal trasporto gravitativo e/o idraulico di breve percorso. Costituiscono generalmente acquiferi di discreta trasmissività, anche se eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di notevole potenzialità, quando soggetti a travasi idrici sotterranei provenienti da strutture idrogeologiche bordiere. [Settore centrale – Area non interessata dall'Impianto FTV e opere connesse]

✓ COMPLESSO ARGILLOSO QUATERNARIO

Depositi costituiti da argille e argille siltose. Costituiscono limiti di permeabilità, al contatto con i depositi del complesso sabbioso-conglomeratico, al quale sono sottoposti stratigraficamente, o con gli altri acquiferi ai quali essi sono giustapposti verticalmente e/o lateralmente. [Area impianto FTV e opere connesse]

✓ COMPLESSO CALCAREO-ARENITICO-PELITICO

Complesso caratterizzato dall'alternanza di differenti litotipi appartenenti alla Formazione delle Tufiti di Tusa. Tale complesso possiede un grado di permeabilità da scarso a impermeabile con una tipologia di permeabilità principale per porosità. [Settore Nord-Est – Area non interessata dall'Impianto FTV e opere connesse]

✓ COMPLESSO ARGILLOSO CALCAREO

Depositi costituiti terreni prevalentemente a componente argillosa a cui si intercalano livelli calcarenitici, calcilutiti e calcarei. A tale complesso appartengono le Argille Varicolori. [Settore Nord-Est – Area non interessata dall'Impianto FTV e opere connesse]

Complessi idrogeologici

		Valutazione qualitativa delle caratteristiche idrogeologiche						
		Tipo di permeabilità prevalente			Grado di permeabilità			
		Porosità	Fratturazione	Canalino	Impermeabile	Basso	Medio	Elevato
	Complesso argilloso quaternario: Vi appartengono i depositi relativi alla formazione delle Argille grigio-azzurre.							
	Complesso calcareo-arenitico-pelitico: Alternanza di differenti litotipi, appartenenti alla Formazione delle Tufiti di Tusa							
	Complesso argilloso-calcareo: Si tratta di depositi a prevalente componente argillosa a cui si intercalano calcareniti, calcilutiti e calcari. Vi appartengono i terreni delle Argille Varicolori							
	Complesso detritico: Deposit superficiali rimaneggiati e caotici relativi ai depositi di frana.							

Le attività di realizzazione dell'impianto fotovoltaico non compromettono in nessun modo le caratteristiche idrogeologiche dell'area di studio.

In ogni caso le opere in progetto non hanno un impatto tale da poter influenzare negativamente le condizioni vigenti in termini di permeabilità dei terreni. La realizzazione dell'intervento in progetto, infatti:

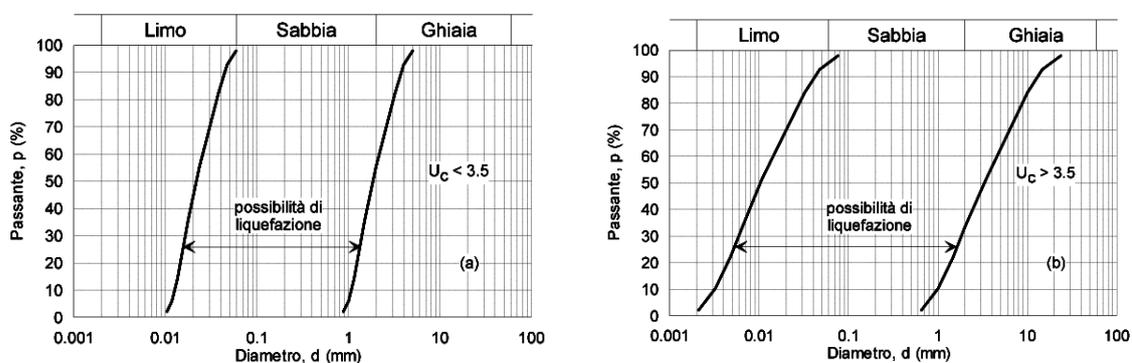
- non comporterà un aumento delle condizioni di pericolosità insistenti sull'area in quanto non prevede edificazione di strutture ad uso pubblico;
- non rappresenterà un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte;
- non comporterà effetti di impermeabilizzazione superficiale e non interferirà con le attuali condizioni di drenaggio dei terreni presenti in sito.

9 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Riguardo la verifica sulla suscettibilità a liquefazione, si richiama integralmente quanto riportato al paragrafo 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione" delle NTC 2018:

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Per quanto riguarda il sito in esame, risulta che questo ricade all'interno dei terreni del substrato geologico di natura argilloso-marnosa nei quali non si riscontrano condizioni tali da ipotizzare una falda media stagionale superficiale, pertanto, in riferimento al punto 2) e 3) del capitolo 7.11.3.4.2 delle N.T.C. 17 gennaio 2018 **la verifica a liquefazione può essere omessa.**

10 CRITICITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Per quanto riguarda la criticità geologica e geomorfologica del territorio, in ottemperanza alla L.R. 23/99 e al suo Regolamento di Attuazione sono state redatte le carte specifiche denominate "**CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ E CRITICITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA**" dell'impianto FTV, Cavidotto e tutte le opere di connessione alla rete MT (**Allegato A.2.4_Carta di sintesi della criticità e pericolosità geologica e geomorfologica**) rappresentanti la sintesi e la sovrapposizione di tutti i tematismi cartografati nel presente studio.

Le aree interessate dalle strutture di progetto sono state classificate per il livello di criticità geologica e pericolosità geomorfologica come di seguito riportate:

I – AREE NON CRITICHE [Area impianto FTV e parte delle opere connesse]

Ib1 - Aree su versante esenti da problematiche di stabilità:

Aree utilizzabili caratterizzate da assenza di fenomeni di instabilità morfologica e dalla presenza di un substrato geologico a carattere prevalentemente argilloso-marnoso

II – AREE CON CRITICITÀ DI LIVELLO MEDIO E DIFFUSO [Area cavidotto che interseca i fossi-settore centrale]

IIa1 - aree con fenomeni di erosione attiva:

Aree che allo stato attuale, lungo le incisioni evidenziano fenomeni di erosione in atto

IIb1 - Aree su versante caratterizzate da una precaria stabilità morfologica:

Aree allo stato attuale non utilizzabili in quanto mostrano la presenza di fenomeni gravitativi per cui non è stato definito lo stato di attivazione e che pertanto vengono riferiti come quiescenti. In tali aree non si può escludere un meccanismo di riattivazione in occasione di eventi meteorici di particolare intensità.

III - AREE RISCHIO PAI [Area di cavidotto settore nord e nord-ovest]

Aree disciplinate dalle Norme di Attuazione del PAI vigente a cui si rimanda per la loro eventuale utilizzazione

11 SISMICITÀ DEL COMUNE DI SANT'ARCANGELO E AZIONE SISMICA DI SITO

11.1 – I forti terremoti nell'Appennino meridionale

La sismicità storica dell'Appennino meridionale è ricca d'eventi di forte intensità. Nella figura sotto è riportata la distribuzione dei maggiori terremoti avvenuti nell'Appennino meridionale tra il 461 a.C. ed il 1990 (Fig.09)

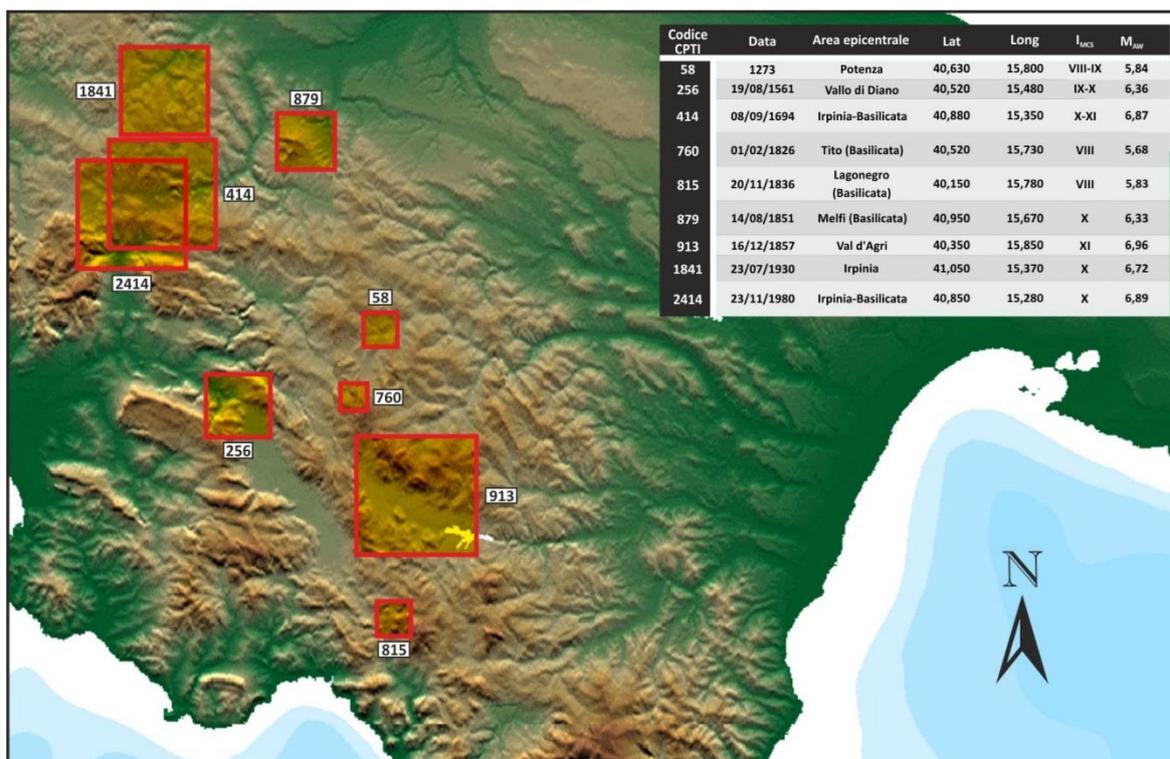


Fig.09: Distribuzione epicentrale dei maggiori terremoti avvenuti nell'Appennino meridionale tra il 461 a.C. ed il 1900. Elaborata dallo scrivente attraverso i dati del Catalogo CPTI.

Il primo evento che le fonti storiche riportano è quello del 1273 che causò gravi danni a Potenza e danni non precisati nell'area della Basilicata. All'evento è attribuita un'intensità del VIII- IX grado MCS.

Nel 1561 parte del Regno di Napoli fu colpito da due forti scosse e da numerose repliche di minore intensità. La prima scossa, valutata del IX grado della scala MCS, ebbe effetti distruttivi sul paese di Buccino (SA), e provocò danni nell'avellinese. La seconda scossa, stimata al X grado MCS, distrusse diversi paesi tra cui Tito (PZ), Sant'Arsenio (SA) e San Pietro al Tanagro.

L'8 settembre 1694 una scossa molto forte, seguita da un'altra violentissima replica e da una sequenza di eventi d'intensità equiparabile, colpì una vasta area dell'Italia meridionale. La Campania, la Basilicata e la Puglia subirono danni ingenti. Gli effetti sull'ambiente furono notevoli, la scossa

innescò frane con crolli di massi. Vennero anche osservate onde anomale nel mare in prossimità della costa di Brindisi.

Il primo febbraio del 1826 l'area a NO della provincia di Potenza fu colpita da un terremoto ascrivibile al IX grado MCS. Il paese che ha subito maggiori danni fu Tito, mentre a Potenza, Satriano di Lucania e Tramutola vi furono notevoli crolli di abitazioni.

Il 20 Novembre del 1836 si verificò un evento del IX grado MCS che interessò la zona del massiccio del monte Sirino, al confine tra la Campania e la Basilicata. Lagonegro fu il paese che subì i maggiori danni, dove quasi tutte le abitazioni furono distrutte o danneggiate.

Un altro forte terremoto, il 14 Agosto del 1851, causò più di mille vittime. La scossa principale, ascrivibile al X grado (MCS), fece crollare diversi edifici di Barile (PZ) e Melfi (PZ). A distanza di un'ora l'area fu colpita da una seconda scossa di minore entità che gravò ulteriormente sugli edifici già lesionati. L'area di maggior risentimento si estese verso Est, in direzione della valle d'Ofanto, e verso Nord. La scossa fu avvertita anche in Campania, Abruzzo e Salento, mentre ingenti danni subirono molti paesi irpini.

Tra gli eventi più distruttivi che hanno colpito la penisola italiana è da ricordare il terremoto del 1857 che interessò una vasta area, lunga all'incirca 60 km e larga più di 10 Km, estesa dal Vallo di Diano (Campania) alla Val d'Agri (Basilicata). Nel 1857 si sono distinti due importanti eventi sismici. Il primo, di maggiore rilevanza (XI grado MCS, pari a $M_s = 6,9$) si verificò il 16 dicembre, devastando un'ampia zona della provincia di Potenza e di Salerno. Le fonti ufficiali riportano più di diecimila vittime, il 90% delle quali nell'area della provincia potentina. Un'area di più di 3.000 km² fu completamente rasa al suolo. In molte zone furono riportati vasti movimenti franosi, smottamenti, abbassamenti del terreno ed ampie fratture di cui una di 270 m a Polla (SA). Dopo dieci giorni dalla prima, la seconda scossa ha avuto epicentro in corrispondenza dell'attuale paese di Montemurro (PZ). Quest'ultimo evento è stato valutato di intensità pari al VII-VIII grado della scala MCS.

Nel 1930 la zona montuosa compresa tra Melfi (PZ) ed Ariano Irpino (AV), durante la notte del 23 Luglio, è stata scossa da un evento sismico del X grado MCS. La scossa fu avvertita fino alle province di Brescia e Vicenza ed al sud fino alle province di Catanzaro e Lecce.

Infine, il sisma del 23 Novembre del 1980, d'intensità X-XI grado MCS ($M_s = 6,8$) colpì gravemente alle 19:34 l'Irpinia e la Basilicata. Gli effetti della scossa interessarono tutta la penisola italiana, causando poco meno di 3.000 vittime, 10.000 feriti ed i senzatetto si avvicinarono ai 300.000. Una trentina di paesi ed innumerevoli frazioni, compresi in un'ampia area (Napoli, Salerno, Potenza e S. Angelo dei Lombardi) furono distrutti. L'area di danneggiamento fu stimata di circa 3.500 km². Alla scossa principale ne seguirono molte altre che contribuirono ad aggravare la situazione.

11.2 – Zona sismica del Comune di Sant’Arcangelo

Ai sensi dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio n°3274 del 20/03/2003 pubblicata sulla G.U. del 08/05/2003, e successivamente ai sensi della Delibera di Consiglio Regionale della Regione Basilicata n°731 del 19/11/2003, il Comune di Sant’Arcangelo viene classificato in ZONA 2, che è la zona intermedia di pericolosa in termini di zone soggette a rischio e pericolosità sismica (Fig.10).

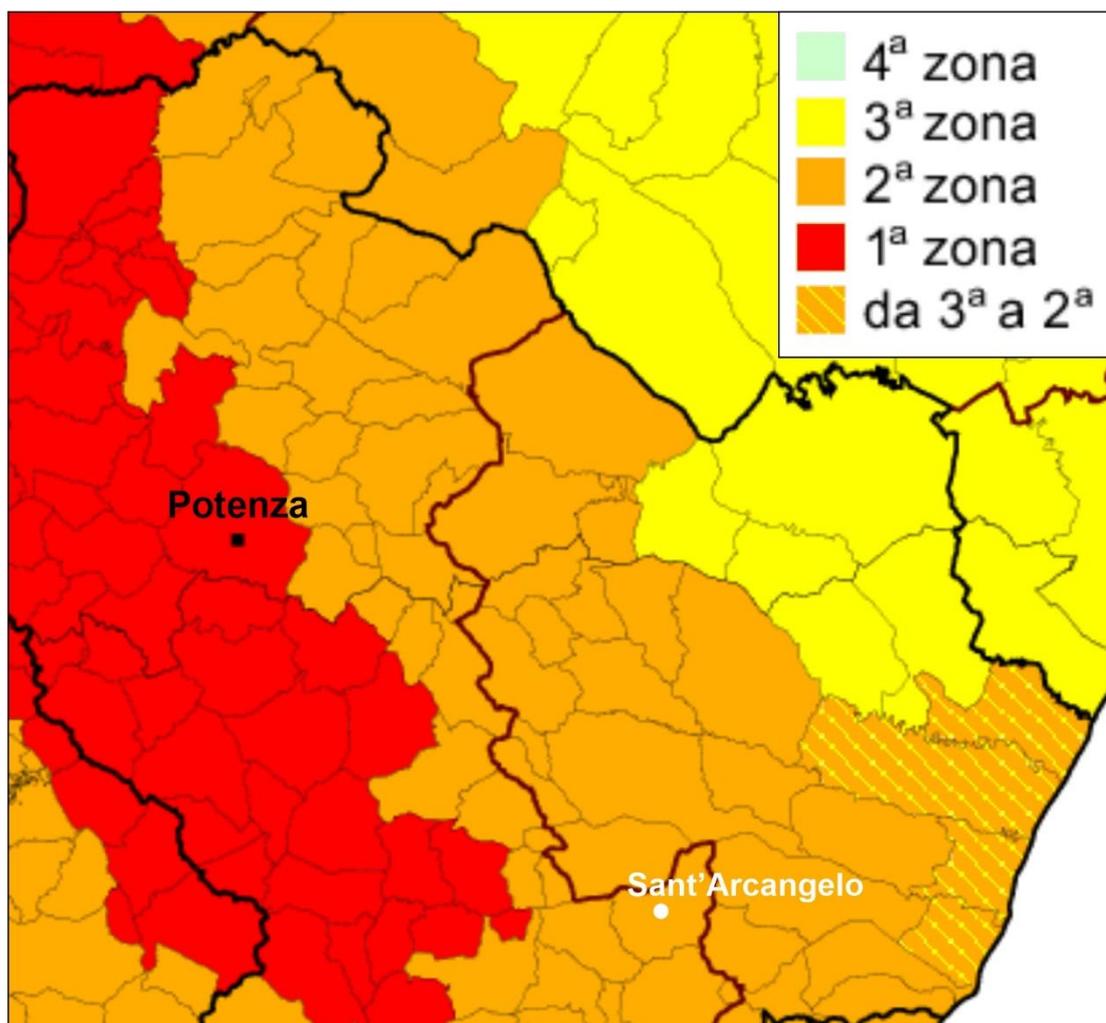


Fig.10: Zone sismiche della Basilicata

Secondo la nuova zonazione sismica della L.R. 9/2011 e s.m.i., il Comune di Sant’Arcangelo è classificato come **Zona 3a**, a cui è attribuito il valore di **PGA di 0.150 g**.

La consultazione de Database Macrosismico Italiano, inoltre, consente di analizzare i principali terremoti che in epoca storica hanno interessato il Comune di Sant’Arcangelo e si osserva che l’area può essere interessata anche da fenomeni di media-alta intensità (Fig.11).

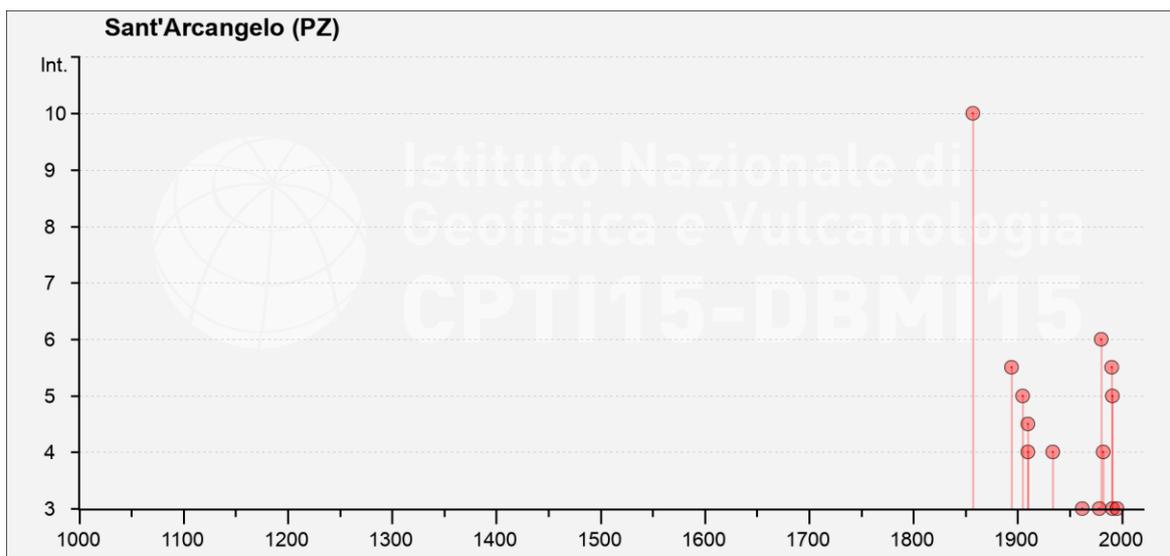


Fig.11: Eventi storici che hanno interessato la il Comune di Sant'Arcangelo (<http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/>).

11.3 – Azione sismica: Pericolosità sismica di base al sito di studio

Il Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, recante “Norme Tecniche per le Costruzioni” e il recente aggiornamento operato dal *DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»* (nel seguito indicate con NTC) raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli sicurezza, la pubblica incolumità. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

In Italia la “pericolosità sismica di base” è stata definita su tutto il territorio nazionale dall'INGV attraverso un reticolo di riferimento con maglia avente passo < 10 km per periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni estremi inclusi.

In termini di pericolosità sismica di base le caratteristiche specifiche del sito di studio sono riportate all'**Allegato A.2.5_Relazione sulla pericolosità sismica di base**

12 MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO DELL'AREA DI STUDIO

Lo studio di microzonazione è stato redatto in base alle disposizioni dell'art. 2 comma 6 della L.R. n. 9 del 7 giugno 2011 "Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica". Pertanto per il progetto corrente è stato predisposto il secondo livello di approfondimento. Si è fatto inoltre riferimento alla "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Basilicata" così come previsto dal medesimo articolo al comma 3.

Il progetto in epigrafe ricade nel Comune di Sant'Arcangelo il quale è classificato secondo OPCM3274 in Zona 2 ma nella nuova classificazione Sismica (della L.R. 9/2011 e s.m.i.) in Zona 3a.

Per il Comune di Sant'Arcangelo la nuova classificazione sismica è riportata nella tabella che segue.

COMUNE	Zona Sismica OPCM3274	Nuova Zonazione Sismica	PGA subzona (g)	Magnitudo	Distanza (Km)
SANT'ARCANGELO	2	3a	0.150	6.7	80

Il secondo livello di approfondimento si pone come obiettivo quello di fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche), della modificazione locale del moto sismico in superficie (zone stabili suscettibili di amplificazioni locali) e dei fenomeni di deformazione permanente (zone suscettibili di instabilità). La sovrapposizione areale dei due fenomeni sopra descritti costituisce la "Carta di microzonazione sismica" che nello specifico è stata redatta secondo quanto dettato dagli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica" (ICMS).

I fattori di amplificazione locale sono stati valutati solo in base alla situazione litostratigrafica non essendoci nell'area di studio:

- ✓ zone suscettibili di instabilità di alcun tipo fra quelle previste negli "ICMS";
- ✓ condizioni topografiche che determinino fenomeni di amplificazione o altre contesti di incompatibilità quali bacini sepolti;
- ✓ situazioni litostratigrafiche con inversione di velocità con $V_s \text{ rig}/V_s \text{ sof} > 2$ con $V_s \text{ rig} > 500 \text{ m/s}$;
- ✓ aree con deformazioni permanenti.

Le amplificazioni sono state quantificate per mezzo di "abachi" che definiscono i fattori di amplificazione degli spettri elastici in superficie associati alle singole situazioni litostratigrafiche.

Attualmente, in assenza di abachi regionali di riferimento sono stati impiegati gli abachi riportati al capitolo 3.2 Appendice 3 Volume 2 Parte III di ICMS.

Gli abachi sono realizzati sintetizzando i risultati di analisi numeriche mono-dimensionali di propagazione delle onde sismiche di taglio effettuate con il programma SHAKE91 (Idriss e Sun, 1992).

Tali analisi sono di tipo non lineare equivalente e sono condotte su un modello di sottosuolo costituito da terreni stratificati orizzontalmente, poggianti su un semispazio.

Il modello di sottosuolo si riferisce a un deposito stratificato di terreni omogenei deformabili, sovrastante un terreno più rigido avente $V_s = 800$ m/s (bedrock sismico). Il deposito, qualunque sia lo spessore complessivo, è stato diviso in 50 sublayer di spessore costante.

Questa suddivisione consente di descrivere con sufficiente dettaglio la variazione del profilo di rigidità dei terreni soffici lungo la verticale nel campo di profondità indagato per la redazione degli abachi.

Lo spessore totale del deposito di terreni soffici (H) varia nei calcoli da 5 a 150 m, per un totale di 19 valori. La velocità equivalente del deposito di terreni soffici (V_sH) copre l'intervallo tra 100 e 700 m/s per un totale di 10 valori. Per ognuno dei suddetti valori di velocità equivalente V_sH , sono stati considerati 3 diversi profili di velocità per lo spessore del deposito.

I valori riportati negli abachi sono la media dei risultati ottenuti da 7 accelerogrammi diversi per ciascun livello energetico (0.06g Bassa sismicità, 0.18g media sismicità e 0.26g alta sismicità), su ciascun litotipo (argille, sabbie e ghiaie), spessore H e per ciascun valore dei tre profili di V_s (costante, variabile linearmente con la massima pendenza compatibile con il valore di V_sH , e variabile linearmente con pendenza intermedia fra costante e massima).

La scelta del tipo di profilo va fatta sulla base delle conoscenze specifiche ottenute con il livello 2: in generale quando lo spessore di sottosuolo diventa considerevole (diverse decine di metri), è poco probabile che il profilo di velocità si mantenga costante, ed è quindi preferibile orientarsi verso le tabelle riferite al profilo variabile linearmente con pendenza intermedia.

Le amplificazioni ricavate sono espresse attraverso due fattori di amplificazione **FA** e **FV** da applicare alle ordinate spettrali a basso periodo (FA) e a alto periodo (FV).

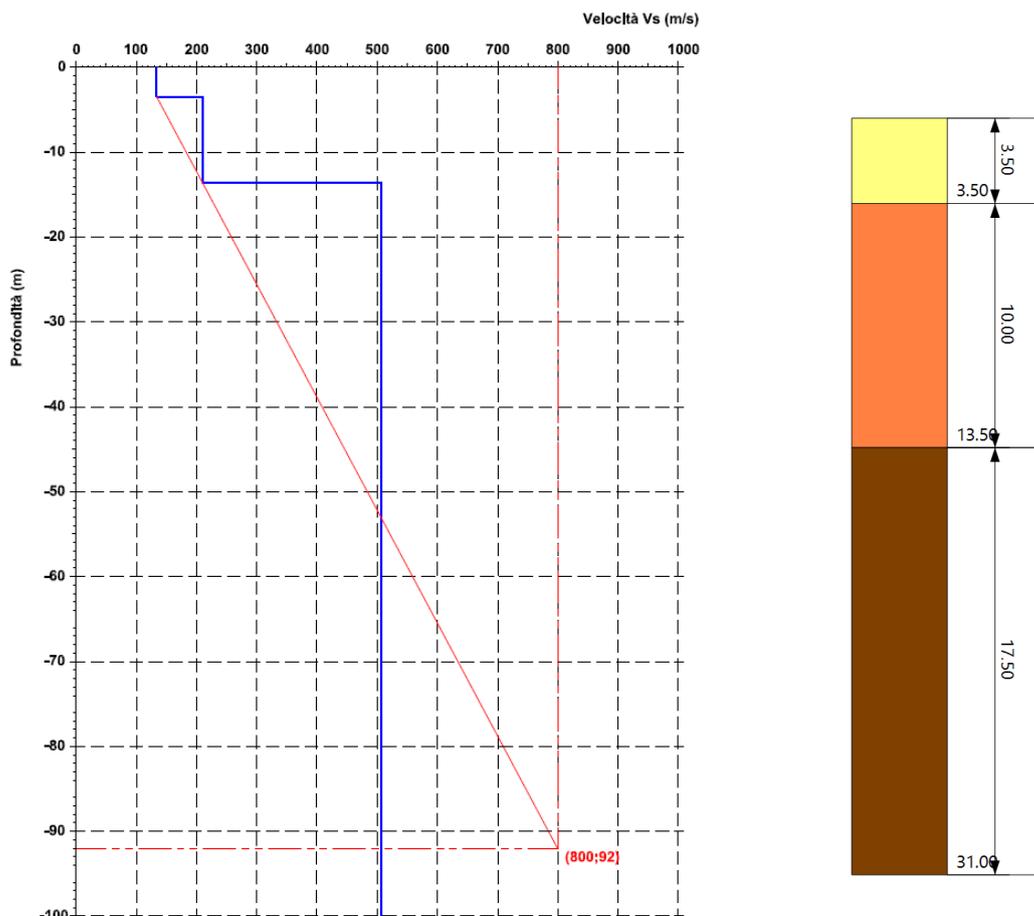
Per la scelta dell'abaco di riferimento è necessario quindi conoscere:

- ✓ Il " V_sH " che rappresenta la velocità media delle onde di taglio dal substrato rigido (V_s 800m/s) posto a profondità "H" alla superficie. Visto che con entrambe le indagini MASW effettuate non è stato raggiunto il substrato rigido (bedrock sismico), il profilo di V_s con la profondità è stato estrapolato mantenendo il gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale fino al raggiungimento di $V_s = 800$ m/s (metodo consigliato nell'Atto d'indirizzo 112/2007 per le analisi di III livello dalla Regione Emilia Romagna).

Si evidenzia che le tre indagini Masw effettuate hanno rilevato una categoria di sottosuolo "C" ed, al fine di calcolare la microzona relativa all'area oggetto di studio è stata presa, ai fini cautelativi, l'elaborazione Masw con il valore di $V_{s,eq}$ più basso ovvero la MASW denominata **MW3**.

Nel dettaglio abbiamo:

MASW3



Con la suddetta l'estrapolazione "H" è di circa 92.00 m, approssimata a 90.00 m.

Nota "H" (90m) e noto il V_{s30} (281 m/s) dalla tabella che segue - Tabella 3.2-2 – Valori di V_{s30} (velocità equivalente nei primi 30 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{sH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito) per il profilo con pendenza intermedia.

- ✓ Il valore di $a_g(g)$, la "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Basilicata" di cui alla L.R. 9/2001 attribuisce al Comune di Sant'Arcangelo una PGA di subzona pari a 0.150g, pertanto si considererà l'abaco relativo alla $a_g(g)$ pari a **0.18g**.

- ✓ Il litotipo prevalente che, sulla base dei dati delle indagini eseguite e dalle caratteristiche formazionali dei depositi presenti costituiti in modo prevalente da depositi Argilloso, sono le **ARGILLE**.
- ✓ Il profilo di velocità, in generale quando lo spessore di sottosuolo diventa considerevole (diverse decine di metri), è poco probabile che il profilo di velocità si mantenga costante, ed è quindi preferibile orientarsi verso le tabelle riferite al **“profilo variabile linearmente con pendenza intermedia”**.
- ✓ Riepilogando, si considereranno i valori di FA e FV corrispondenti all'abaco relativo a:
 - Tipo di terreno: **Argilla**
 - $a_g(g)$: **0.18g**
 - Profilo di velocità: **Lineare pendenza intermedia**

Considerato che:

- VsH = **281m/s approssimato a 300m/s**
- H = 92.00m approssimato a **90.00m**

Abbiamo:

FA = 1.47

FV = 1.92

Abaco – MASW1						
VsH (m/s)	H (m)	a_g (g)	Tipo di terreno	Profilo di velocità	FA	FV
300	90.00	0.18	Argille	Lineare pendenza intermedia	1.47	1.92

Fattore di amplificazione FA	Tipo di terreno Argilla	a_g (g) 0.18g	Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia	V_s (m/s)									
				150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5				2.37	1.86	1.72	1.48	1.28	1.15	1.09	1.05	1.02	1.01
10				2.62	2.48	2.07	1.75	1.52	1.36	1.25	1.17	1.07	1.02
15				2.25	2.35	2.21	1.96	1.75	1.55	1.40	1.28	1.13	1.04
20				1.86	2.12	2.15	1.98	1.80	1.62	1.48	1.36	1.18	1.06
25				1.86	1.88	1.98	1.94	1.80	1.63	1.51	1.39	1.21	1.08
30				-	1.86	1.87	1.80	1.75	1.62	1.50	1.39	1.22	1.08
35				-	1.83	1.83	1.71	1.63	1.58	1.48	1.39	1.21	1.08
40				-	1.79	1.80	1.71	1.56	1.52	1.45	1.34	1.21	1.08
50				-	1.61	1.74	1.67	1.56	1.45	1.36	1.30	1.18	1.06
60				-	1.53	1.66	1.62	1.54	1.43	1.34	1.27	1.15	1.05
70				-	1.43	1.56	1.59	1.49	1.41	1.32	1.25	1.13	1.03
80				-	1.41	1.53	1.49	1.47	1.37	1.31	1.23	1.12	1.02
90				-	1.33	1.46	1.47	1.42	1.36	1.28	1.22	1.10	1.01
100				-	1.22	1.48	1.42	1.39	1.33	1.27	1.20	1.09	1.00
110				-	1.16	1.36	1.38	1.34	1.29	1.24	1.19	1.08	0.99
120				-	1.17	1.27	1.34	1.32	1.27	1.21	1.17	1.07	0.98
130				-	1.11	1.21	1.31	1.28	1.26	1.19	1.15	1.06	0.98
140				-	1.04	1.19	1.27	1.25	1.22	1.18	1.13	1.05	0.96
150				-	1.00	1.17	1.21	1.22	1.19	1.16	1.11	1.03	0.96

Fattore di amplificazione FV	Tipo di terreno Argilla				a_g (g) 0,18g	Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia					
	150	200	250	300	V_p (m/s)	350	400	450	500	600	700
5	1.18	1.89	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
10	2.32	1.54	1.18	1.11	1.08	1.05	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00
15	2.99	2.13	1.61	1.29	1.16	1.11	1.07	1.05	1.02	1.02	1.01
20	3.15	2.56	1.93	1.56	1.32	1.18	1.13	1.09	1.04	1.04	1.01
25	3.05	2.76	2.23	1.78	1.49	1.30	1.19	1.13	1.06	1.06	1.02
30	-	2.75	2.38	1.97	1.64	1.42	1.28	1.18	1.08	1.08	1.03
35	-	2.70	2.49	2.06	1.74	1.52	1.35	1.23	1.10	1.10	1.03
40	-	2.65	2.45	2.15	1.82	1.59	1.41	1.27	1.12	1.12	1.04
50	-	2.45	2.39	2.17	1.94	1.71	1.52	1.37	1.17	1.17	1.05
60	-	2.41	2.29	2.12	1.91	1.74	1.58	1.43	1.20	1.20	1.06
70	-	2.20	2.16	2.06	1.89	1.72	1.56	1.43	1.21	1.21	1.08
80	-	2.07	2.14	1.97	1.85	1.69	1.56	1.44	1.22	1.22	1.09
90	-	2.06	2.01	1.92	1.77	1.66	1.54	1.43	1.23	1.23	1.09
100	-	2.03	1.93	1.89	1.73	1.61	1.51	1.41	1.23	1.23	1.09
110	-	1.98	1.92	1.82	1.70	1.58	1.48	1.38	1.22	1.22	1.09
120	-	1.97	1.91	1.75	1.67	1.55	1.45	1.37	1.21	1.21	1.08
130	-	1.94	1.87	1.73	1.63	1.53	1.43	1.34	1.19	1.19	1.06
140	-	1.88	1.83	1.74	1.59	1.50	1.40	1.32	1.18	1.18	1.05
150	-	1.83	1.80	1.72	1.54	1.46	1.39	1.30	1.17	1.17	1.04

A conclusione dello Studio di Microzonazione Sismica di II livello è stata elaborata la Carta di Microzonazione Sismica con l'identificazione di due Microzone omogenea in prospettiva sismica occupata dall'impianto FTV, Cavidotto e opere connesse e una Microzona di attenzione per Instabilità (Allegato A.2.6_Carta di Microzonazione sismica di II livello).

- ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI APLIFICAZIONE LOCALI

ZONA 1 – Fa: 1.47 Fv: 1.92

- ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ

ZONA 1 FR

13 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In base a ciò che è emerso in occasione dallo studio geologico condotto e dalla campagna di indagini geognostiche effettuate, ai fini della progettazione e esecuzione delle opere relative alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico, si richiama quanto dettagliato nella presente relazione e negli elaborati cartografici ad essa allegati:

✓ Le informazioni di carattere geologico e idrogeologico raccolte hanno permesso di definire con sufficiente dettaglio le caratteristiche dei terreni che ospiteranno l'Impianto FTV, Cavidotto e tutte le opere annesse ed hanno consentito di accertare la fattibilità del progetto previsto;

✓ Riguardo le aree a rischio idrogeologico individuate dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale ex AdB della Basilicata, risulta che l'area di ubicazione dei pannelli fotovoltaici non è interessata da alcun vincolo geomorfologico e/o idraulico, l'area prevista per la realizzazione della Stazione Elettrica (SE) non è interessata da alcun vincolo mentre il cavidotto a servizio dell'impianto attraversa parzialmente, e al bordo, alcuni areali perimetrati a rischio R1 "moderato". Rispetto a tale condizione, si ritiene che la posa del cavidotto non porti ad un aumento delle condizioni di pericolosità idrogeologica e morfologica attualmente vigenti in sito;

✓ Le aree che saranno interessate dall'Impianto FTV, Cavidotto e tutte le opere annesse **sono assoggettate** a Vincolo Idrogeologico ai sensi del D.R. 3267/1923;

✓ Lo studio geomorfologico condotto sulla totalità dell'area progettuale ha sostanzialmente confermato quali aree di attenzione, quelle indicate all'interno della cartografia PAI. Tali aree non sono compresa all'interno del perimetro di posizionamento dei pannelli fotovoltaici. Come sottolineato, solo il cavidotto attraversa marginalmente aree a rischio moderato R1, rappresentata da zone in cui si evidenzia erosione calanchiva diffusa. Le condizioni di pericolosità, tuttavia, viste anche le modeste necessità di escavazione che porteranno alla posa del cavidotto, non verranno alterate in modo significativo.

✓ Dal punto di vista della Microzonazione Sismica nell'area (FTV, Cavidotto e tutte le opere annesse) sono state riconosciute due microzone sismiche che rientrano entrambi nelle "Zone stabili suscettibili di amplificazione locale" denominate ZONA1;

✓ L'area, da un punto di vista geologico, vede la presenza di terreni a carattere prevalentemente argilloso-marnoso e organizzati stratigraficamente dall'alto verso il basso in:

- ❖ **Deposito di frana**: accumulo caotico di materiali rimaneggiati, sciolti ed eterometrici a componente prevalentemente argillosa.
- ❖ **Argille marnose grigio-azzurre**: argille marnose di colore grigio-azzurro, massive con occasionali livelli sabbiosi-siltosi e abbondanti resti di molluschi.

✓ Dalla lettura della Carta Idrogeologica e dai rilievi idrogeologici di dettaglio eseguiti nell'area di studio non è stata rilevata la presenza di una falda e di conseguenza si esclude il fenomeno alla liquefazione dei terreni oggetto di studio.

✓ Il Cavidotto sarà interrato ad una profondità compresa tra 1.00/1.50ml dal p.c.

✓ La categoria di sottosuolo ai sensi del D.M. 14/01/2018 è di tipo **C** e la categoria topografica è la T1 per tutte le aree oggetto di studio.

In conclusione, quindi, **il sottoscritto esprime parere favorevole alla esecuzione degli interventi ingegneristici** previsti in progetto, che costituiranno l'impianto FTV e tutte le opere ad esso annesse, secondo quanto riportato nella presente relazione.

POTENZA, Giugno 2022

Il Tecnico Geologo
Dr. Geol. Galileo POTENZA

