



COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO



REGIONE PUGLIA



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 kW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMIC PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA

Denominazione Impianto:

IMPIANTO AVETRANA 1

Ubicazione:

Comune di Avetrana (TA)
Località Strada Provincia n.145

ELABORATO
029700_IST_R

RELAZIONE GEOLIGICA DEL PROGETTO DEFINITIVO

Cod. Doc.: AVA20_029700_IST_R



Project - Commissioning – Consulting

Municipiul Bucuresti Sector 1
Str. HRISOVULUI Nr. 2-4, Parter, Camera 1, Bl. 2, Ap.
88
RO41889165

Scala: --

PROGETTO

Data:
15/12/2021

PRELIMINARE



DEFINITIVO



AS BUILT



Richiedente:

AVETRANA S.r.l.

Piazza Walther Von Vogelweide, 8
39100 Bolzano
Provincia di Bolzano
P.IVA 03027960214

Tecnici e Professionisti:

*Dr. Geol. Soldo Giovanni:
Iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi
della Basilicata*

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01	07/11/2020	Progetto Definitivo	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
02	15/12/2021	Revisione	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
03					
04					

Il Tecnico

Dr. Geol. SOLDO GIOVANNI
Iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi della Basilicata



Il Richiedente:

AVETRANA S.r.l.

Piazza Walther Von Vogelweide n.8 – 39100 Bolzano (BZ)
P.iva: 03027960214

INDICE

1	PREMESSE	Pag.	1
2	UBICAZIONE DEL SITO DI INTERVENTO	Pag.	3
3	VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DEL SITO	Pag.	4
4	INDAGINI CONSULTATE ED ESEGUITE	Pag.	5
	4.1 - Indagini geofisiche	"	6
	4.2 - Rilievo Geomeccanico	"	10
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA	Pag.	13
	5.1 – Inquadramento geologico generale	"	13
	5.2 – Caratteri litologici dell'area di intervento	"	14
6	CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI	Pag.	16
7	DEFINIZIONE DEL MODELLO LITOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI	Pag.	18
8	CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO	Pag.	19
	8.1 – Caratteri morfologici locali	"	19
	8.2 – Caratteri idrogeologici	"	21
9	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA DI PRGETTO	Pag.	23
	9.1 - Zona sismica del Comune di Avetrana	"	23
	9.2 – Azione sismica: Relazione sulla pericolosità sismica di base	"	24
10	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag.	26

Allegati alla relazione:

- **Allegato Geo.01** – Carta di ubicazione dell'area di intervento
- **Allegato Geo.02** – Carta della pericolosità idrogeologica
- **Allegato Geo.03** – Ubicazione delle indagini
- **Allegato Geo.04** – Report indagini realizzate
- **Allegato Geo.05** – Carta geolitologica
- **Allegato Geo.06** – Carta geomorfologica
- **Allegato Geo.07** – Relazione sulla pericolosità sismica di base

1 PREMESSE

La presente relazione geologica e geofisica è redatta nell'ambito dell'intervento "**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 kW COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA**" da realizzarsi nel Comune di Avetrana in Provincia di Taranto. Da un punto di vista catastale le aree interessate complessivamente dal progetto sono inquadrare al Foglio n. 41, particelle n. 37-181-253-315 e al Foglio n. 13, particelle 371-374.

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:

- Esecuzione di N.1 prova MASW (MASW01);
- Stazione di misurazione per Rilievo Geomeccanico (SG1)

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 Puglia.

Lo studio, pertanto, è stato condotto attraverso:

- Ricerca bibliografica preliminare;
- Reperimento della cartografia;
- Valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico definito dalla vigente AdB;
- Rilevamento geologico e geomorfologico dell'area di ubicazione del fabbricato;
- Esecuzione di prove geofisiche;
- Elaborazione di uno studio geomeccanico;
- 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:

- **Allegato Geo.01** – Carta di ubicazione dell'area di intervento
- **Allegato Geo.02** – Carta della pericolosità idrogeologica
- **Allegato Geo.03** – Ubicazione delle indagini
- **Allegato Geo.04** – Report indagini realizzate

- **Allegato Geo.05** – Carta geolitologica
- **Allegato Geo.06** – Carta geomorfologica
- **Allegato Geo.07** – Relazione sulla pericolosità sismica di base

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;
 - ✓ 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 Puglia;
 - ✓ 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.
 - ✓ DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- **Riferimenti cartografici e bibliografici:**
 - ✓ Cartografia tecnica del Comune di Avetrana reperibile sul sito <http://www.sit.puglia.it>;
 - ✓ Foglio n. 203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000
 - ✓ Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico - Ex AdB della Puglia;
 - ✓ 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/CPT115-DBMI15/query_place/;
 - ✓ Studio Geologico, Idrogeologico e Geomorfologico del PRG del Comune di Avetrana (TA) – Geol. J.V. Ciro Antonio STEFANI
 - ✓ Perizia indagini geognostiche: REALIZZAZIONE DELLA DIRETTRICE VIARIA LITORANEA INTERNA DA TARANTO AD AVETRANA A SERVIZIO DELLA ECONOMIA DEL VERSANTE SECONDO TRONCO DALLO SVINCOLO DI TALSANO - SAN DONATO ALLO SVINCOLO DI AVETRANA - NARDÒ – Geol. Cataldo ALTAVILLA

2 UBICAZIONE DEL SITO DI INTERVENTO

Il sito oggetto di intervento è collocato all'interno dell'area comunale di Avetrana, in provincia di Taranto (Fig.01). Nella figura è riportata la collocazione del parco fotovoltaico e gli altri interventi previsti in progetto.

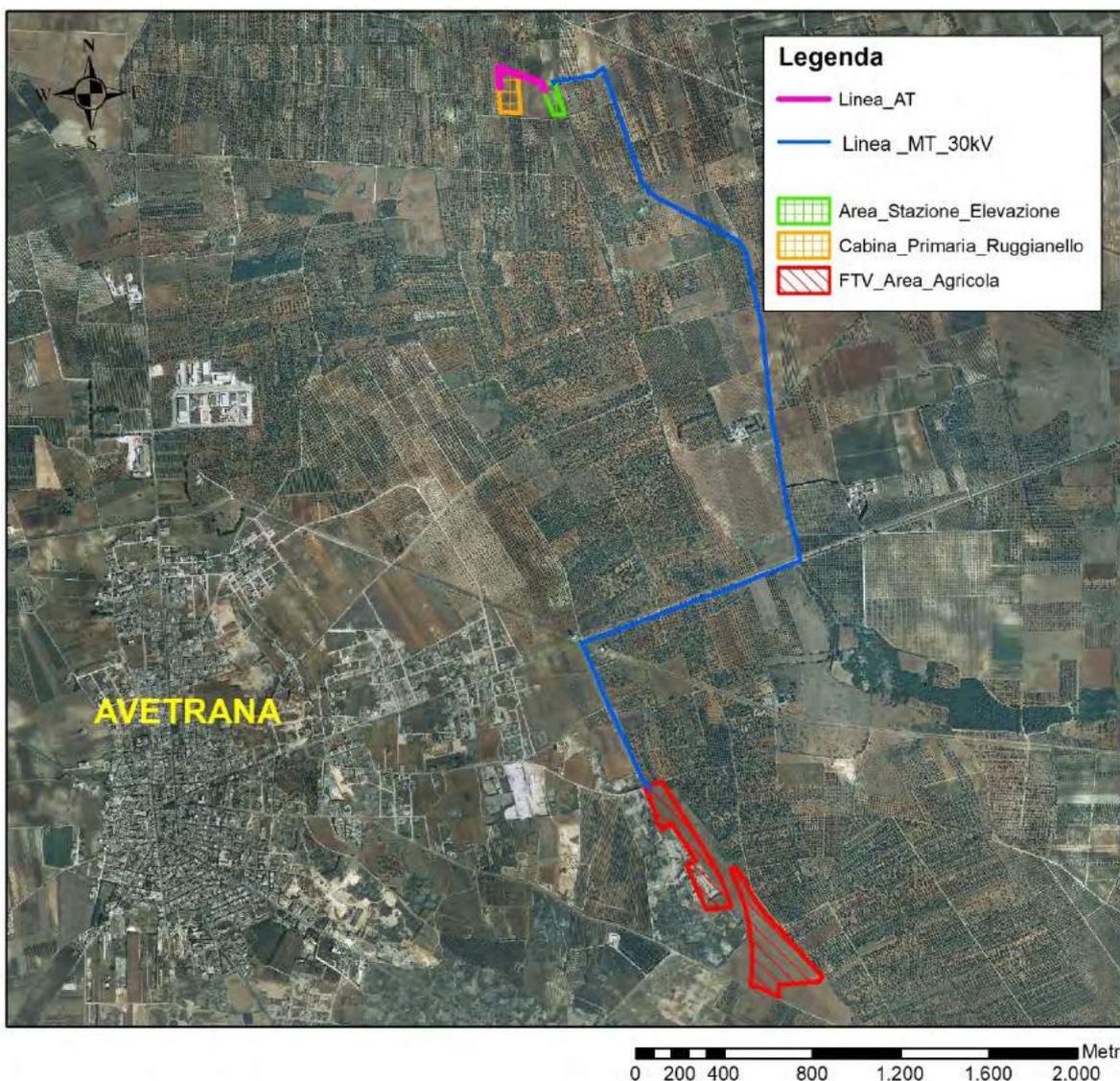


Fig.01: Veduta aerea dell'area con ubicazione del sito d'intervento

Dal punto di vista cartografico, tra gli elementi n. 511011, 511012, 511023, 511024, 511051 e 511064 della Carta Tecnica Regionale della Puglia in scala 1:5.000.

Da un punto di vista cartografico, il sito è inquadrato all'*Allegato Geo.01 – Carta di ubicazione dell'area di intervento.*

Ai fini del calcolo sulla pericolosità sismica di base, le coordinate di sito sono le seguenti, e sono riferite all'area di installazione dei pannelli fotovoltaici:

- LATIDUDINE: 40.343056°
- LONGTUDINE: 17.759265°

3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DEL SITO

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 Puglia, 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 Geo.02 – 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 l'area del parco fotovoltaico e delle opere a contorno, non ricadono in aree a pericolosità idraulica e/o geomorfologica.

Di conseguenza, 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.

4 INDAGINI CONSULTATE ED 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 effettuate le seguenti indagini (vedi *Allegato Geo.03 - Ubicazione delle indagini*):

- ✓ n.1 Prospezione sismica MASW (MASW01) (60.00ml);
- ✓ n.1 Rilievo Geomeccanico (SG1).



Fig. 02 – Immagine illustrante l'ubicazione delle indagini effettuate. (Google Earth).

Tra la documentazione scientifica e tecnica consultate abbiamo:

- ✓ Relazione Geologica Idrogeologica e Geomorfologica a corredo Piano Urbanistico Generale del Comune di Avetrana a firma del Dott. Geol. Jean Vincent Ciro Antonio Stefani (2009);
- ✓ Relazione Geologico-Tecnica per il progetto "Realizzazione della direttrice viaria litoranea interna da Taranto ad Avetrana a servizio della economia del versante Provinciale Orientale" a firma del Dott. Geol. Cataldo Altavilla (2010).

4.1 - Indagini geofisiche

L'indagine geofisica eseguite nell'area di studio è consistita in n.1 stendimenti MASW utilizzato 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 V_{Seq} .

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.

La strumentazione utilizzata è del tipo a 24 bits, 24+1 canali ad acquisizione digitale modello ECHO 24/2010 della Ambrogeo.

I geofoni impiegati per rilievi sismici sono 12 a 4.5 Hz. collegati tramite un cavo di 60 ml. e con attacchi distanziati di 5 ml.

Per la prova Masw, le onde di Raleygh (denominate anche *ground roll*) sono state generate mediante ripetuti colpi (*Shots*) di un sistema energizzante (costituito da una mazza battente di 8 Kg e da una piastra di battuta posizionata orizzontalmente sul piano campagna) ed eseguendo almeno tre determinazioni a distanza (*minimum offset*) di 5, 10 e 15 metri dal primo geofono mentre la geometria adottata, alla luce delle opportunità offerte dal sito, ha visto l'impiego di una distanza intergeofonica di 5.0ml che, pertanto, rappresentano il giusto compromesso tra le possibilità logistiche ed il target della campagna geognostica.

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/tessiturali) della parte detritica più corticale, determinanti nel processo di dispersione delle onde di superficie.

❖ **PROSPEZIONE MASW01**

L'array sismico è stato cantierizzato sul terreno nelle strette vicinanze dell'area oggetto di studio con orientamento SE-NW ed una lunghezza complessiva di 60.00ml.



Fig. 03 – Immagine illustrante l'ubicazione dell'indagine MASW01. (Google Earth).

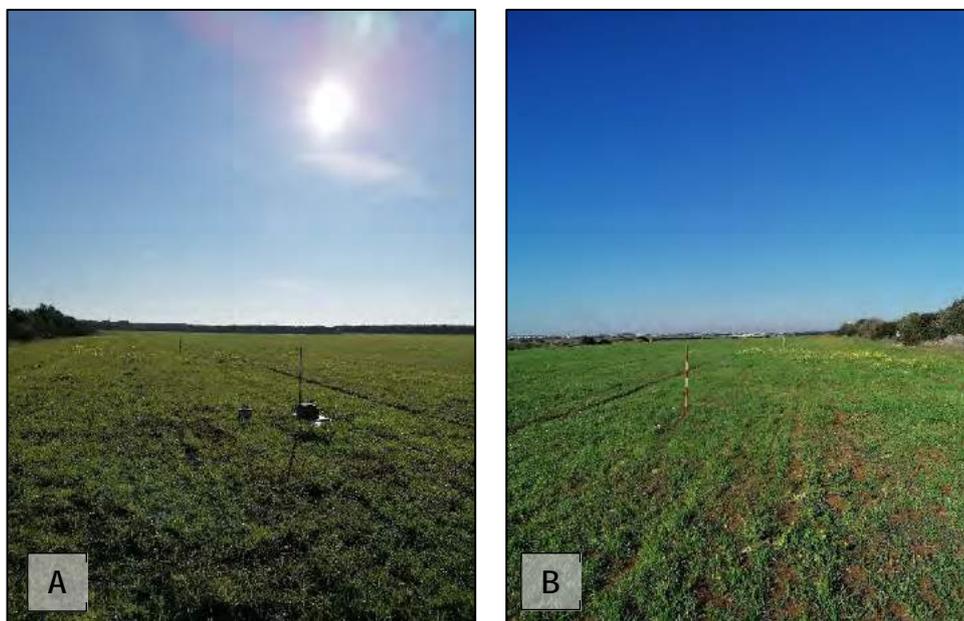


Fig. 04 – Immagine illustrante lo stendimento geofisico MASW01. A) Visuale da NW; B) Visuale da SE.

Di seguito (Fig. 05) sono illustrati lo spettro 3D e lo spettro f-k per il sito d'indagine.

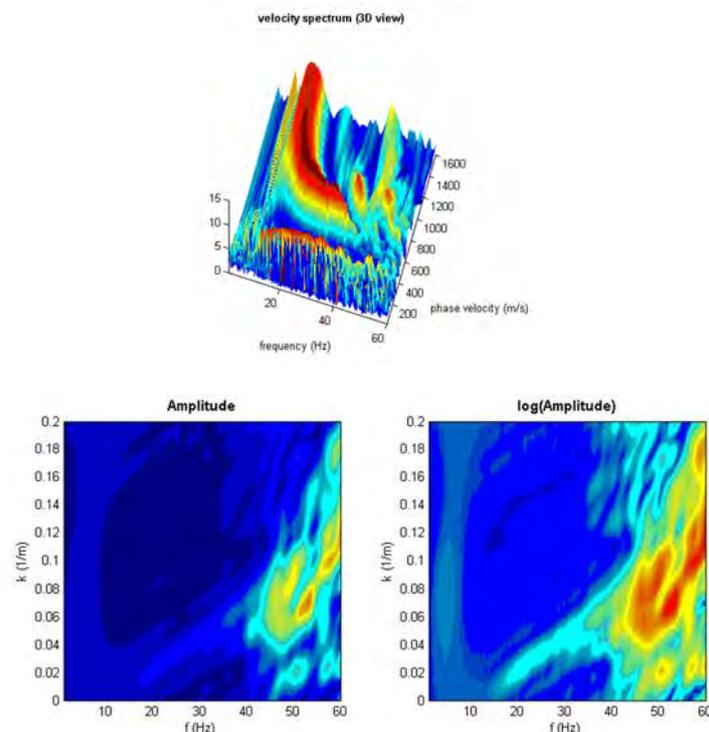


Fig. 05 – Spettro 3D e spettro f-k per il sito d'indagine.

Dall'analisi della curva di dispersione è emersa la seguente sismostratigrafia:

- un primo sismo-strato da mediamente soffice a mediamente rigido con V_s di circa 423 m/s (V_p pari a circa 843 m/s), spessore prossimo a 1.80 m e densità di 2.0 g/cm³;
- un secondo sismo-strato da mediamente rigido a rigido, con V_s di circa 917 m/s (V_p pari a circa 1737 m/s) densità di 2.2 g/cm³.

Primo sismostrato: possiede una potenza pari a circa 1.80 ml ed una velocità media delle onde di taglio di 423 m/s ed una densità di 2.0 g/cm³ e con ogni probabilità, considerati i valori ricostruiti, può essere riferito ad un deposito rappresentato da terreno vegetale/agrario compatto e primo substrato alterato. L'orizzonte nella sua totalità è da intendersi da mediamente soffice a mediamente rigido oltre che fortemente anisotropo ed eterogeneo, tanto in senso orizzontale quanto verticale.

Secondo sismostrato: il secondo ed ultimo orizzonte rappresenta una importante transizione nel sottosuolo dell'area investigata. Grazie alla velocità media misurata per le onde di taglio (V_s di circa 917 m/s) ed ai valori di densità ricostruiti (2.2 g/cm³), infatti, esso si palesa quale mezzo decisamente nuovo e dal comportamento reologico tipico di un mezzo da mediamente rigido a rigido

sebbene vada inteso sempre spiccatamente anisotropo ed eterogeneo sia in senso verticale che orizzontale.

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):

MASW01	V_p (m/s)	V_s (m/s)	d (g/cm ³)	V_p/V_s	Poisson	Young (Mpa)	Shear (Mpa)	Bulk modulus (Mpa)	λ (Mpa)
I°	843	423	2.0	1.99	0.33	953	358	944	706
II°	1737	917	2.2	1.89	0.30	4853	1850	4171	2938

4.2 - Rilievo Geomeccanico

La ricostruzione geo-strutturale dell'area è stata effettuata tramite una ricerca bibliografica preliminare e un rilievo geomeccanico delle fratture su affioramenti presenti nell'area oggetto di studio.

Per acquisire i dati, necessari allo studio di stabilità ed alle verifiche geotecniche delle eventuali soluzioni progettuali da mettere in atto, nell'area in esame sono state disposte delle stazioni geomeccaniche la cui scelta è stata tale da rappresentare e caratterizzare geomeccanicamente l'ammasso roccioso nella sua totalità.

La determinazione dell'indice RMR ottenuto dalla classificazione dell'ammasso roccioso ha permesso, inoltre, la stima delle caratteristiche geomeccaniche, utilizzate nelle successive verifiche geotecniche, in correlazione con i dati desunti da bibliografia storica.

Il rilievo geomeccanico è stato eseguito su di un ammasso roccioso nell'area preposta all'installazione di un parco fotovoltaico, in agro al Comune di Avetrana, le cui coordinate in WGS84 sono: latitudine 40.344918° e longitudine 17.756920°



Fig. 06 – Immagine illustrante l'ubicazione dell'area di studio (Google Earth) e della parete interessata del rilievo geomeccanico.

Il tipo di ammasso, definito in base alla geometria dei blocchi, ricade all'interno della categoria *massivo poco fratturato*, con due famiglie di discontinuità, classifica (IRSM, 1978), con spaziature vicine e dimensioni dei blocchi diverse tra loro. La struttura è stratificata con spessore degli strati che arriva fino ad 1 m e ricadenti sempre nella stessa litologia.

Le fratture ed i giunti risultano parzialmente chiusi e lo spazio tra le fratture può essere vuoto oppure riempito con blocchi più piccoli e qualche volta con terra rossa, derivante dall'alterazione chimica e fisica, e/o calcite spatica.

La resistenza alla compressione uniaassiale della roccia è stata determinata da dati statistici di analisi di laboratorio su campioni di roccia geologicamente assimilabili.

Sia per il valore della resistenza a compressione che per il peso di volume è stata calcolata una media statistica.

L'indice **Jv** (Volumetric Joint Count) è definito come la somma del numero di giunti per metro per ogni set di joint presente. Sulla base dell'indice Jv, L'ISRM ha proposto una serie di termini descrittivi della dimensione media dei blocchi che caratterizzano l'ammasso.

L'indice **Ib** vuole rappresentare la dimensione medie del blocco roccioso "tipico" e viene stimato scegliendo soggettivamente alcuni blocchi di taglia "tipica" e misurandone le dimensioni.

Nel nostro caso si rientra nella categoria di blocchi con dimensioni medie in cui il Jv è compreso in un range di 3-10 *joints* per m³.

La principale forma dei blocchi è prismatica.

Il Nuovo D.M. 17/01/2018 prevede la definizione dei valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuirsi ai terreni, dove per valore caratteristico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro con riferimento ad un particolare stato limite. Coerentemente con quanto indicato dall'EC7 si è proceduto alla definizione di tali valori mediante una analisi statistica, a partire da dati derivati, a seconda dei casi, o da prove di laboratorio o da letteratura.

Dalle osservazioni eseguite sull'area di intervento è emerso che l'ammasso roccioso oggetto di studio è costituito prevalentemente da:

Calcareniti organogene, variamente cementate, porose, biancastre, grigie e giallognole, costituite da clasti derivanti dalla degradazione dei calcari cretacei; si presentano poco fratturati e stratificati e superficialmente alterati.

I valori dei parametri caratteristici sono stati ottenuti attraverso le seguenti procedure: Il valore del peso di volume, il valore della coesione, il valore della resistenza al taglio sono stati ricavati dalla media aritmetica dei valori ricavati con la classificazione dell'ammasso roccioso di Bieniawski e quelli ottenuti con il criterio di Jasarevic & Kovacevic.

Litotipo	γ_k (kN/m ³)	c_k (kPa)	φ_k (°)	E (MPa)
Calcarenite Massiva	24.51	298.5	41	20531.74

*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.*

Per maggiori dettagli riguardo al Rilievo Geomeccanico si rimanda all'Elaborato **Geo.04** in allegato.

5 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO DELL'AREA

5.1 – Inquadramento geologico generale

Il Comune di Avetrana ricade nel foglio 203 “Brindisi” della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Fig.07).

L'area del territorio comunale, dal punto di vista geologico, è caratterizzata dalla presenza di formazioni sedimentarie che, dalla più recente alla più antica, sono così organizzate:

- Depositi alluvionali recenti o attuali (Olocene);
- Depositi Marini Terrazzati (Pleistocene Medio – Superiore);
- Argille Subappennine (Pleistocene Inferiore – Medio)
- Calcareniti di Gravina (Pliocene Superiore con passaggi al Pleistocene Inferiore);
- Calcare di Altamura (Cretaceo: attribuibili al Senoniano – Turoniano).

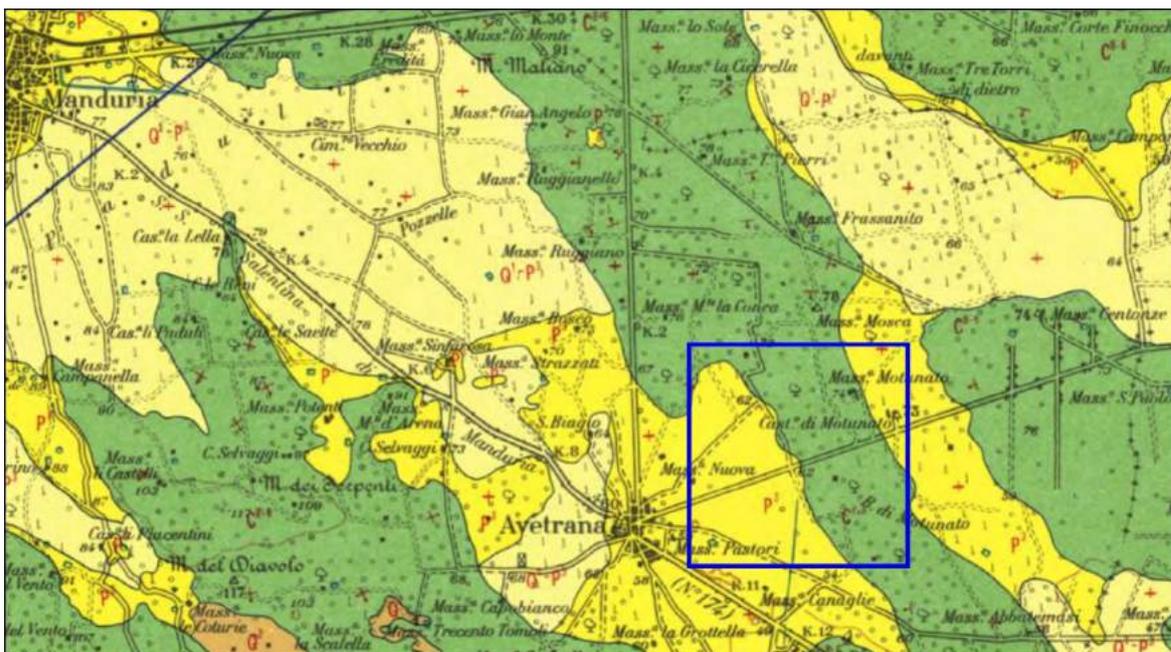


Fig.07: Inquadramento geologico dell'area di intervento su carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

5.2 – Caratteri litologici dell'area di intervento

Il rilievo effettuato nell'area, ha evidenziato scarse condizioni di esposizione delle litologie affioranti al sito di progetto. È presente, infatti, una copertura vegetale dello spessore medio di circa 0.50-0.80m che maschera la sottostante unità geologica localmente costituita dalla Calcareniti di Gravina (vedi **Allegato Geo.05 – Carta geolitologica**).



Fig.08: Affioramento delle Calcareniti sormontate dalla copertura vegetale.

Le opere previste per la realizzazione del parco fotovoltaico interessano due differenti unità litologiche che caratterizzano l'area del Comune di Avetrana, ovvero le Calcareniti di Gravina e i Calcari di Altamura.

Le Calcareniti di Gravina rappresentano il livello basale del ciclo sedimentario della Fossa Bradanica. Si tratta di calcareniti organogene, variamente cementate, porose, biancastre, grigie e giallognole, costituite da clasti derivanti dalla degradazione dei calcari cretacei. Talvolta nelle porzioni basali della formazione a contatto con il calcare è presente un livello di conglomerato con ciottoli calcari più o meno arrotondati a matrice calcarea da bianca a gialla.

La formazione dei Calcari di Altamura è costituita da calcari compatti, coroidi, grigio nocciola, grigio rossastri in superficie ed a frattura concoide, nonché di calcari più o meno compatti bianchi, grigiastri in superficie, con frattura irregolare. Sono spesso associati calcari cristallini vacuolari, rosati, biancastri per alterazione ed a frattura irregolare. La stratificazione è sempre evidente, di solito in banchi fino a 2 metri, ma nei livelli inferiori, la stratificazione è varia e la roccia appare talora laminata.

Per quanto riguarda l'intervento in progetto, risulta che l'area destinata all'installazione dei pannelli fotovoltaici è occupata parzialmente da entrambe le unità geologiche che sono attraversate anche dal tracciato relativo allo scavo destinato alla linea MT di 30 kV.

L'area di ubicazione delle cabine, invece, è collocata interamente al disopra dei Calcari di Altamura.

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_{Seq} 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.

<i>CATEGORIA DI SOTTOSUOLO MASW01</i>	<i>V_{Seq}</i>
B	423 m/s

La categoria di sottosuolo ai sensi del D.M. 14/01/2018 è di tipo B per tutte le aree che rientrano nel progetto in epigrafe.

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;

7 DEFINIZIONE DEL MODELLO LITOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI

In riferimento alle caratteristiche litotecniche dei terreni interessati dalle opere in progetto, va sottolineato che non si prevedono particolari opere di fondazione in quanto i pannelli fotovoltaici saranno posizionati su pali infissi e le cabine, prefabbricate, su una base di magrone. Le operazioni di sistemazione dei cavi, inoltre, comporterà l'escavazione di trincee di modesta entità in termini di ampiezza e profondità. I valori sotto riportati si riferiscono all'analisi dei dati presenti nella letteratura tecnica consultati dallo scrivente.

Fatte tali premesse, quindi, risulta che i terreni interessati dal progetto sono sostanzialmente rappresentati da rocce lapidee, ovvero:

- **Calcari** (Calcari di Altamura): rappresentano il substrato geologico le cui proprietà tecniche d'insieme sono controllate, in termini riduttivi, dalle discontinuità fisiche. Una caratteristica di tali terreni è la presenza di livelli o sacche di terreni sciolti, ovvero la tipica terra rossastre e fasce intensamente brecciate. Spesso, inoltre, si generano fessure molto aperte e veri e propri vuoti carsici.
- **Calcareniti** (Calcareniti di Gravina): in questo caso le proprietà tecniche sono strettamente correlate al grado di cementazione che, varia da debolmente a mediamente cementato. Le calcareniti, soprattutto nei livelli più superficiali e maggiormente esposti alla degradazione fisico-meteorica, presentano un grado di cementazione più basso, fino quasi a formare dei livelli di terreni sciolti. I dati su tali terreni indicano i seguenti valori medi per alcune delle principali proprietà tecniche

I parametri geotecnici dei terreni interessati dal progetto in epigrafe sono il risultato del rilievo geomeccanico effettuato nell'area di studio:

Litotipo	γ_c (kN/m ³)	c_k (kPa)	ϕ_c (°)	E (MPa)
Calcarenite Massiva	24.51	298.5	41	20531.74

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

Da un punto di vista morfologico, il sito di progetto è localizzato in un'area pianeggiante dove non sono presenti elementi significativi di pericolosità geomorfologica. Tutto il territorio a est dell'abitato di Avetrana è caratterizzato dalla presenza di aree destinate ad operazioni di cava e sono riportate all' *Allegato Geo.06 – Carta geomorfologica*

In occasione del rilievo effettuato in sito sono state messe in luce alcune tipiche forme morfologiche che caratterizzano diffusamente il territorio e che sono strettamente collegata alla natura litologica dei terreni affioranti, ovvero aree di conca. I principali elementi morfologici che caratterizzano l'area vengono riportati nella figura sottostante. Non si individuano significative incisioni di carattere fluviale (Fig.09).

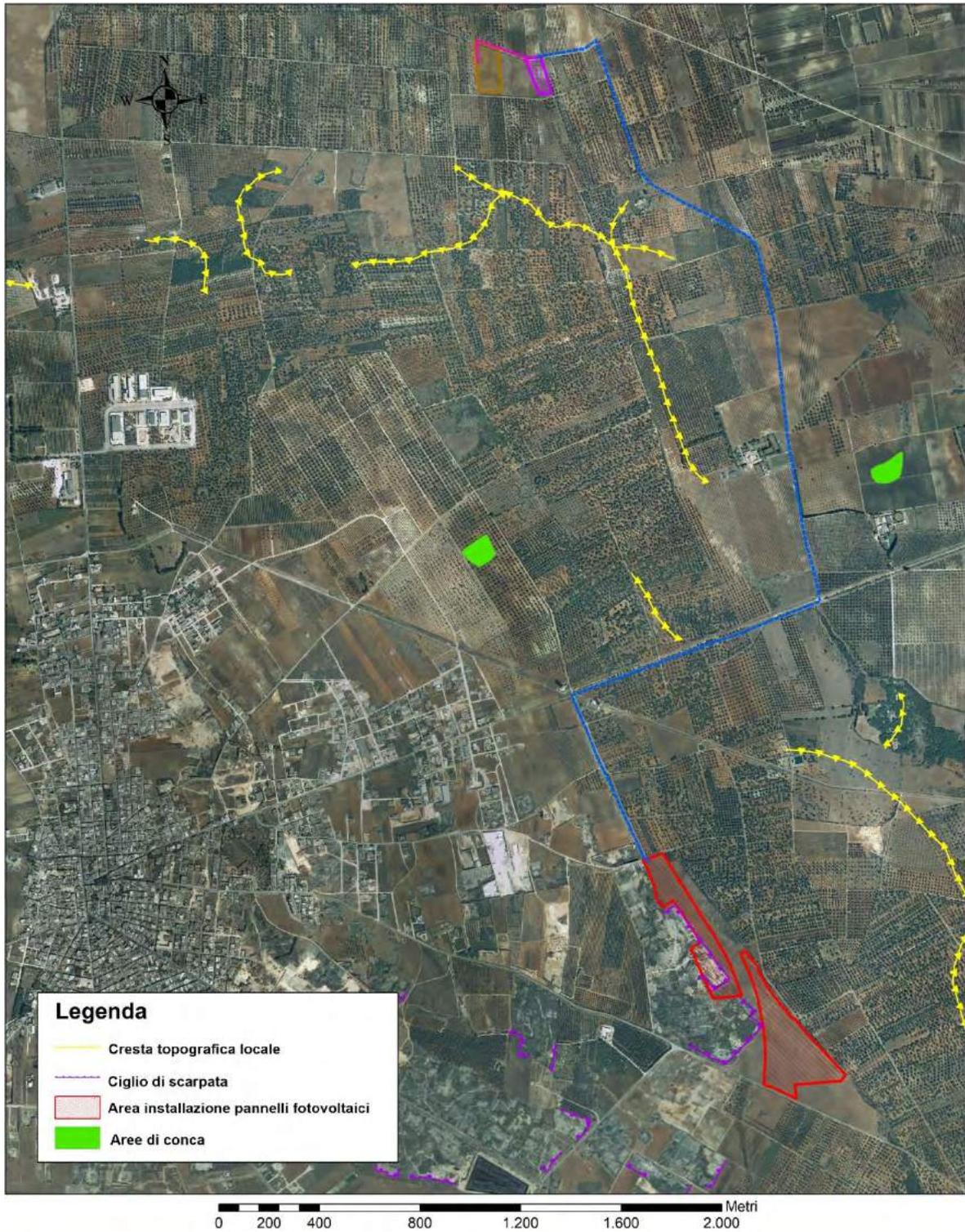


Fig.09: Principali elementi morfologici che caratterizzano l'area di progetto

8.2 – Caratteri idrogeologici

Come richiamato precedentemente, l'area di ubicazione dell'impianto è caratterizzata dalla presenza da una formazione calcarenitica di età plio-plestocenica, le cui caratteristiche di permeabilità sono ben note in letteratura e dalla presenza delle unità di basamento geologico carbonatico costituito dai Calcari di Altamura.

Le calcareniti presentano una permeabilità primaria per porosità ed una secondaria per fatturazione, talvolta anche per carsismo (soprattutto di interstrato). I dati di letteratura riportano valori della permeabilità medio-bassi e, qualitativamente, compresi tra 1×10^{-4} e 1×10^{-6} cm/s.

I calcari, invece, hanno una permeabilità da media a alte, soprattutto per le condizioni di fratturazione e fessurazione che li caratterizzano. Di seguito si riporta la carta idrogeologica elaborata per l'area di studio. Non sono presenti punti di sorgente naturale (Fig.10).

Per quanto riguarda l'idrogeologia sotterranea, in letteratura è riportata la presenza di una ricca falda acquifera profonda che occupa la formazione del Calcare di Altamura. La profondità di rinvenimento della falda è piuttosto variabile e dipende dalla presenza in profondità di eventuali strati di calcare compatto. Generalmente il livello statico si stabilizza ad una quota sul livello del mare compresa tra 2 e 4 metri.

Nel settore centrale del territorio, in corrispondenza dell'abitato di Avetrana, è stata intercettata una falda intermedia che circola negli strati basali della Calcarenite di Gravina. La piezometrica di tale falda acquifera generalmente si pone ad una profondità di circa 12 – 14 metri di profondità dal p.c. e la sua alimentazione avviene per infiltrazione dell'acqua piovana dagli strati superficiali.

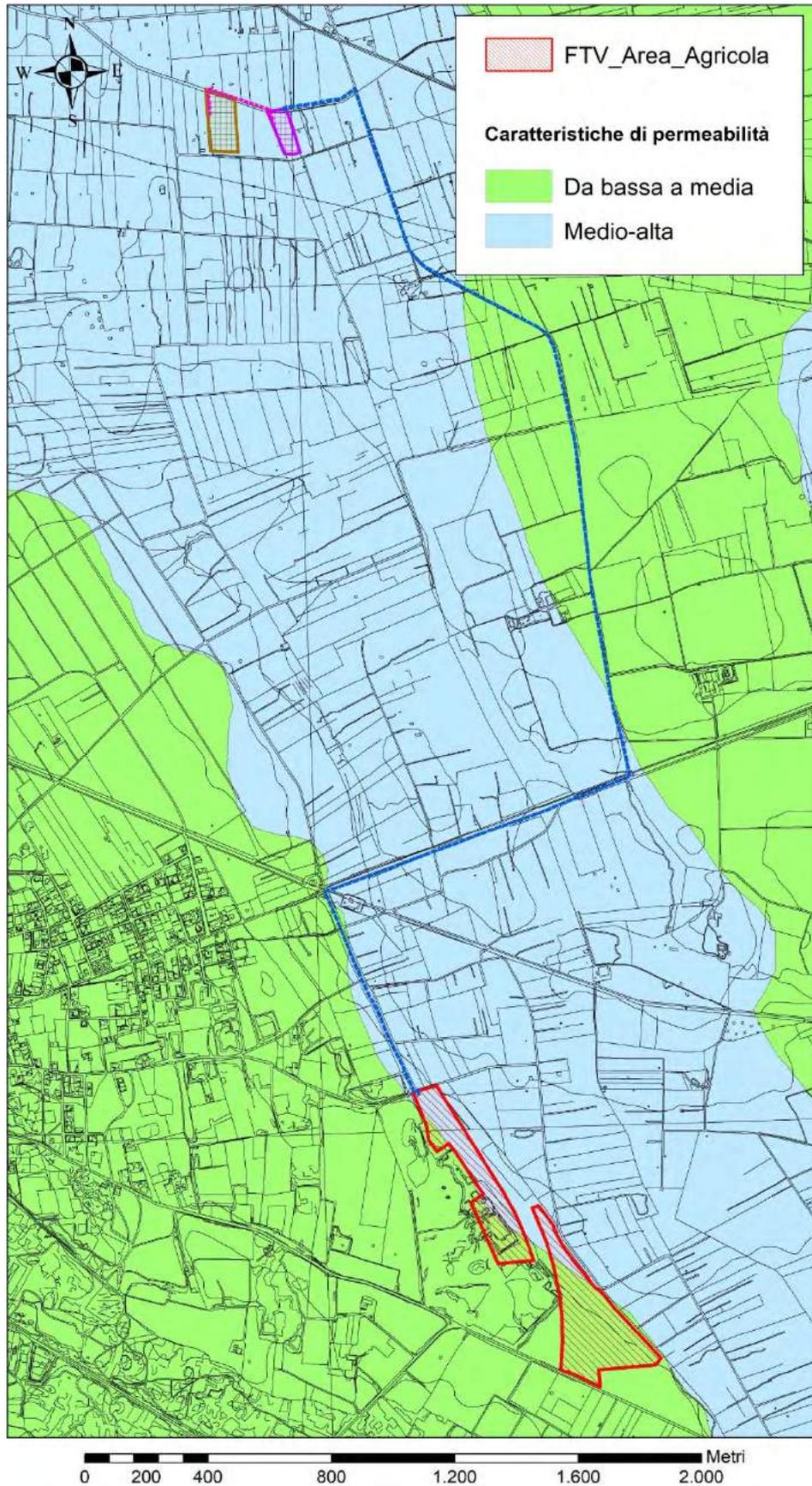


Fig.10: Carta della permeabilità dei terreni affioranti nell'area di progetto.

9 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA DI PRGETTO

9.1 - Zona sismica del Comune di Avetrana

Il comune di Avetrana, da un punto di vista sismico, viene classificato in ZONA 4, che rappresenta la zona meno pericolosa dove la probabilità che capiti un forte terremoto è molto bassa e indica la possibilità che i comuni inquadrati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.

La consultazione del Database Macrosismico Italiano, inoltre, consente di analizzare i principali terremoti che in epoca storica hanno interessato il comune di Avetrana e si osserva che per l'area di studio non risultano eventi sismici rilevanti (Fig.11).

Avetrana

PlaceID IT_62430
 Coordinate (lat, lon) 40.349, 17.726
 Comune (ISTAT 2015) Avetrana
 Provincia Taranto
 Regione Puglia
 Numero di eventi riportati 4

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1743	02	20				Ionio settentrionale	84	9	6.68
NF	1951	01	16	01	11		Gargano	73	7	5.22
4	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77

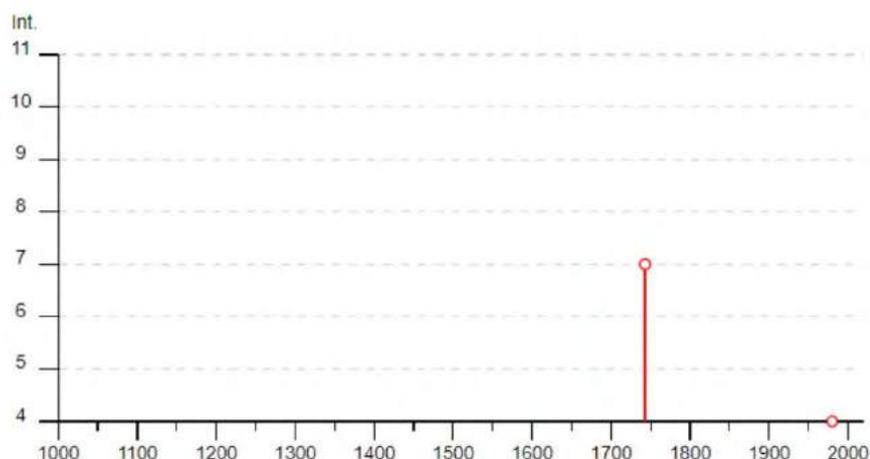


Fig.11: Eventi storici che hanno interessato il Comune di Avetrana (<http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/>).

Categoria sismica di suolo

- Classificazione della categoria di sottosuolo: Sulla base delle prospezioni sismiche effettuate è stato possibile determinare la *categoria di sottosuolo* che per l'area in esame è di tipo "B".
- Classificazione delle condizioni topografiche: La *categoria topografica* è la **T1**, a cui corrisponde un valore del *coefficiente di amplificazione topografica* S_T pari a 1

9.2 – Azione sismica: Relazione sulla pericolosità sismica di base

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.

Per la definizione dell'azione sismica di un sito vengono utilizzate al meglio le possibilità offerte dalla definizione della pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

L'azione sismica è ora valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, riferendosi non ad una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì sito per sito e costruzione per costruzione.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" VR e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" RVP .

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti. Il valore di ag è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dallo INGV.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento R V P, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori caratteristici riguardanti l'azione sismica al sito studiato sono riportati all'*Allegato Geo.07*
– *Relazione sulla pericolosità sismica di base.*

10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

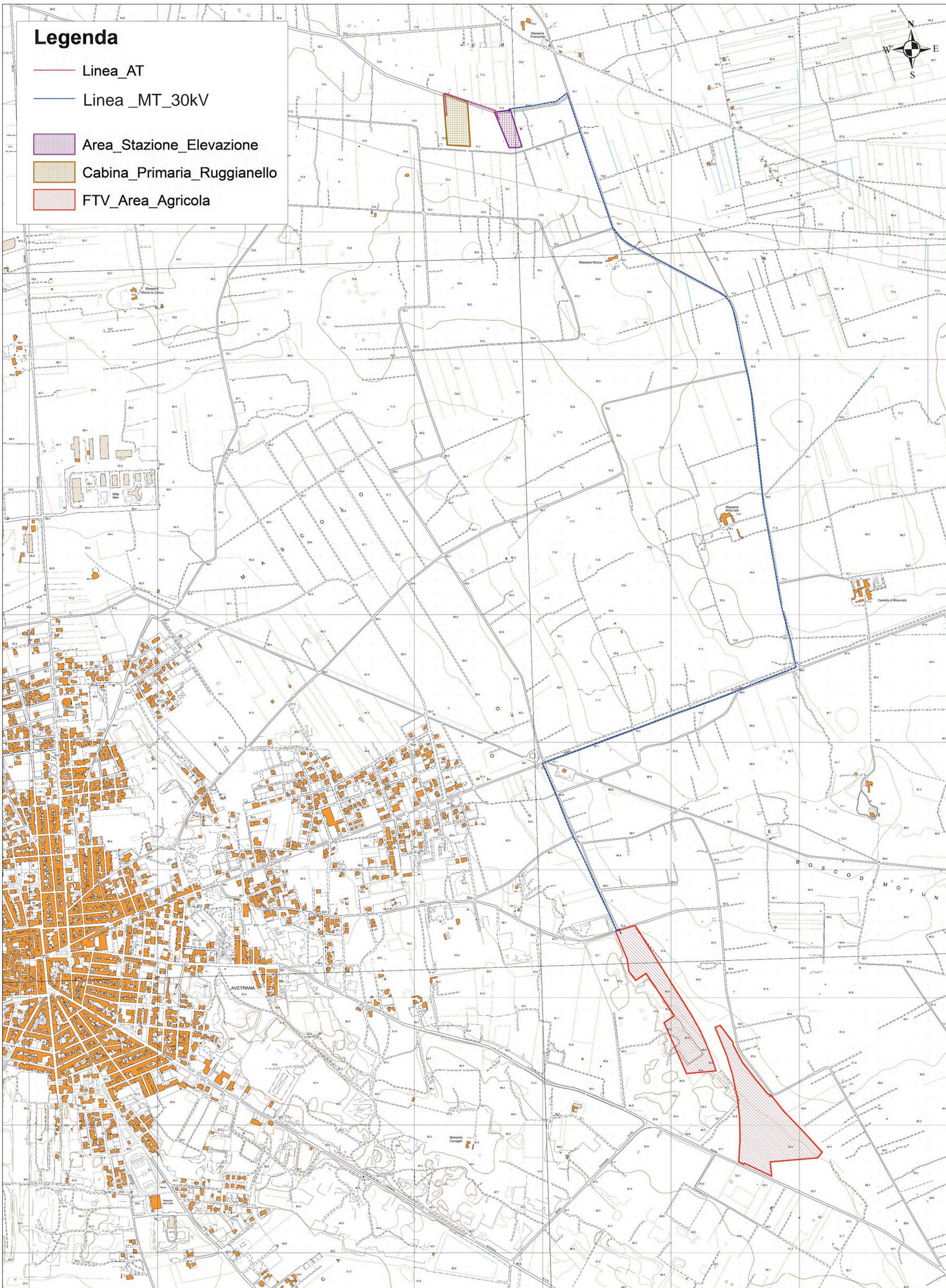
In base a ciò che è emerso in occasione del rilevamento geologico e idrogeologico compiuto e della campagna di indagini geognostiche effettuate oltre che, allo studio critico della bibliografia tecnica esistente sull'area di interesse *il sottoscritto esprime parere favorevole alla esecuzione degli interventi ingegneristici* così come riportato in epigrafe e raccomanda la realizzazione di quanto prescritto nel report geologico e l'osservazione di quanto necessario ad una progettazione a regola d'arte ed a norma di Legge.

In sintesi:

- ✓ Le informazioni di carattere geologico e idrogeologico raccolte hanno permesso di definire con sufficiente dettaglio le caratteristiche dei terreni che ospiteranno l'Impianto FTV, il Cavidotto e la Stazione di Elevazione ed hanno consentito di accertare la fattibilità del progetto previsto;
- ✓ Le aree che saranno interessate dall'Impianto FTV, Cavidotto e della Stazione di Elevazione non coincidono con areali perimetrati dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale ex AdB Puglia;
- ✓ Le aree che saranno interessate dall'Impianto FTV, Cavidotto e della Stazione di Elevazione non sono assoggetta a Vincolo Idrogeologico ai sensi del D.R. 3267/1923;
- ✓ Non sono stati rinvenuti segni o markers che lascino ritenere che l'area in questione sia in condizioni di equilibrio precario o presagire condizioni di rischio degne di attenzione;
- ✓ Nelle aree di studio non sono presenti faglie e/o discontinuità tettoniche di qualsiasi natura che possano costituire un pericolo;
- ✓ L'area è caratterizzata da terreni appartenenti alle Calcareniti del Salento sormontate da circa 0.50/0.80ml da terreno agrario misto a frammenti Calcarenitici (lo spessore di tali terreni non è omogeneo su tutta l'area investigata);
- ✓ Le aree si presentano stabili ed esenti da problematiche geologico-tecniche relative alle opere in progetto;
- ✓ Parametri sono da considerarsi indicativi e la loro scelta ricade nella piena responsabilità del progettista per quanto riguarda le ipotesi e le scelte progettuali.
- ✓ La categoria di sottosuolo ai sensi del D.M. 14/01/2018 è di tipo B e la categoria topografica è la T1 per tutte le aree oggetto di studio.

Potenza, 07/01/2021


Dott. Geol. Soldo Giovanni



1:5.000

0 100 200 400 600 800 1.000 Metri



COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO

REGIONE PUGLIA

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO
CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI
A 12.045,60 kW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICOM
PER L'UTILIZIO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA**

Denominazione Impianto:		IMPIANTO AVETRANA 1	
Ubicazione:		Comune di Avetrana (TA) Località Strada Provincia n.145	
ELABORATO 029700_IST_R - Geo.01		CARTA DI UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO	
Cod. Doc.: AVA02_029700_IST_R		COMET ENERGY POWR	
Projet - Commissioning - Consulting Municipal Success Sector 5 Str. IRISCOLLETA N. 2-4, Parlar, Camera 1, Str. 2, Ag. RD41889103		Scale: --- Data: 15/12/2021 PROGETTO	
Richiedente: AVETRANA S.r.l. Riscossa Walter Van Ingelghede, 8 39100 Bolzano Provincia di Bolzano P.IVA 0302790214		Tecnici e Professionisti: Iscritto al n. 481 dell'Albo dei Geologi della Basilicata	

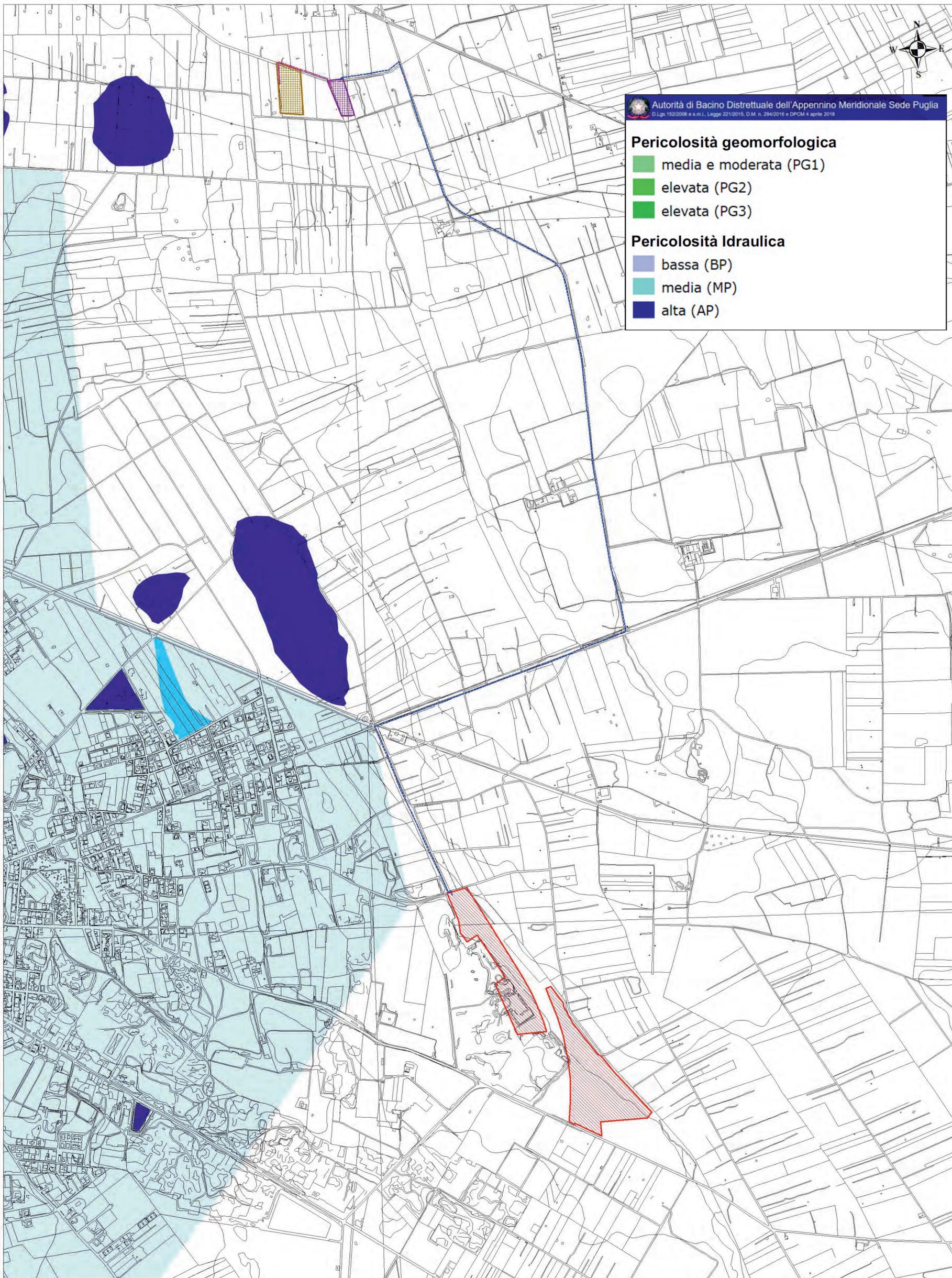
Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autizzato
01	05/12/2021	Progetto Definitivo	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
02	15/12/2021	Revisione	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
03					
04					

Il Firmatario:
Dr. GIORGIO GIOVANNI
Scritto e in data 15/12/2021 presso l'Ufficio Geologico della Basilicata



Il Richiedente:
AVETRANA S.r.l.
Piazza Walter Van Ingelghede, 8
39100 Bolzano (BZ)
P.IVA 0302790214





1:5.000



COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO REGIONE PUGLIA

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA

Denominazione Impianto: **IMPIANTO AVETRANA 1**

Ubicazione: **Comune di Avetrana (TA)
Località Strada Provincia n. 145**

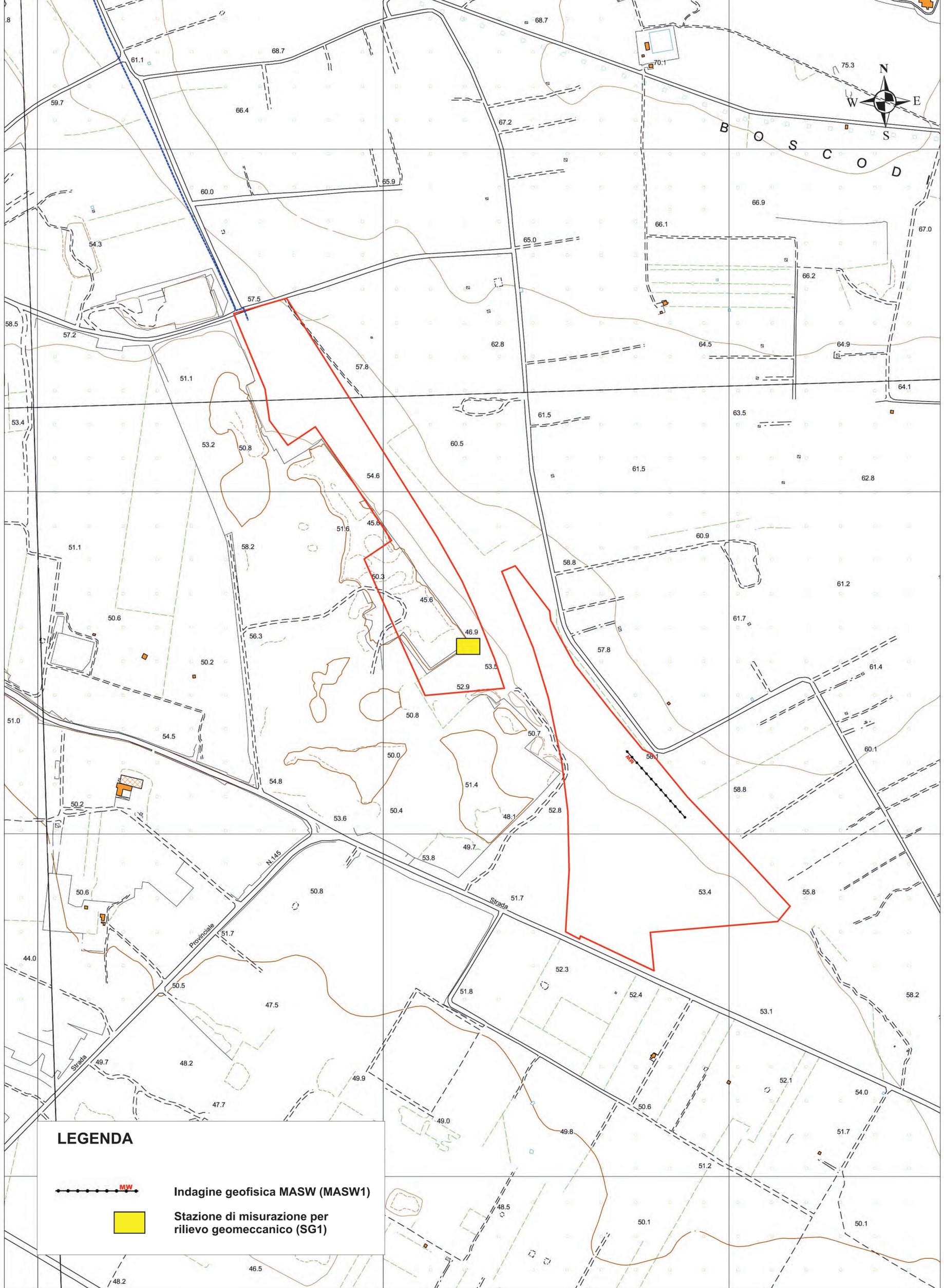
ELABORATO 029700_IJT_R - Geo.02 **CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA**

COMET ENERGY **Project - Commissioning - Consulting** **Manifattori Borelli S.p.A.** **Scale: -** **PROGETTO**
 Via MESSAGLI N. 24, Puzosi, Carroci 1, B.I. 2, Ap. 98 **15/12/2021**

Richiedente: **AVETRANA S.r.l.** **Tecnici e Professionisti:**
 Piazza Walter Von Vogelsiedt, 8 **Dr. Geol. Sotelo Giovanni**
 71010 Solano **iscritto al n. 451 dell'Albo dei Geologi della Basilicata**
 Provincia di Bitonto **PIVA 0207780214**

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Assistito
01	07/12/2020	Progetto Definitivo	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
02	15/12/2021	Revisione	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
03					
04					

Il Tecnico **AVETRANA S.r.l.**
 iscritto al n. 451 dell'Albo dei Geologi della Basilicata **Piazza Walter Von Vogelsiedt, 8 - 71010 Solano (BZ)**
 Progetto n. 145/2021



LEGENDA

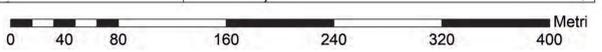


Indagine geofisica MASW (MASW1)



Stazione di misurazione per rilievo geomeccanico (SG1)

1:2.000





COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO



REGIONE PUGLIA

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO
CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI
A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMOICO
PER L'UTILIZIO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA**

Denominazione Impianto:		IMPIANTO AVETRANA 1																															
Ubicazione:		Comune di Avetrana (TA) Località Strada Provincia n.145																															
<p>ELABORATO 029700_IST_R - Geo.03</p> <p><small>Cod. Doc. AVA020_009700_IST_R</small></p>	<p>UBICAZIONE DELLE INDAGINI</p>																																
<p>COMET ENERGY POW//R</p> <p><small>Project - Commissioning - Consulting Municipal Business Society 1 Str. HIRSOVALLI N. 2/4, Part. Camera 1. Bl. 2, Ag. 88 RD41889165</small></p>		<p>Scale: --</p> <p>15/12/2021</p>	<p>PROGETTO</p> <p>PROGETTATO: <input type="checkbox"/> VERIFICATO: <input type="checkbox"/> AUTORIZZATO: <input type="checkbox"/></p>																														
<p>Richiedente: AVETRANA S.r.l. Piazza Walter Von Vogelsiedel, 8 39100 Bolzano Provincia di Bolzano P.IVA 0327960214</p>		<p>Tecnici e Professionisti: Dr. Geol. Sotido Giovanni iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi della Basilicata</p>																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Revisione</th> <th>Data</th> <th>Descrizione</th> <th>Redatto</th> <th>Approvato</th> <th>Autorizzato</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>07/11/2020</td> <td>Progetto Definitivo</td> <td>F.P.L.</td> <td>F.P.L.</td> <td>F.P.L.</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>15/12/2021</td> <td>Revisione</td> <td>F.P.L.</td> <td>F.P.L.</td> <td>F.P.L.</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>04</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato	01	07/11/2020	Progetto Definitivo	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.	02	15/12/2021	Revisione	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.	03						04						<p><small>Il Tecnico</small> Dr. Geol. SOTIDO GIOVANNI iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi della Basilicata</p> 		
Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato																												
01	07/11/2020	Progetto Definitivo	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.																												
02	15/12/2021	Revisione	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.																												
03																																	
04																																	
<p><small>Il Richiedente</small> AVETRANA S.r.l. Piazza Walter Von Vogelsiedel, 8 - 39100 Bolzano (BZ) P.IVA 0327960214</p> 																																	



COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO



REGIONE PUGLIA



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 kW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMIC PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA

Denominazione Impianto:

IMPIANTO AVETRANA 1

Ubicazione:

Comune di Avetrana (TA)
Località Strada Provincia n.145

ELABORATO
029700_IST_R - Geo.04

REPORT INDAGINI REALIZZATE

Cod. Doc.: AVA20_029700_IST_R



Project - Commissioning – Consulting

Municipiul Bucuresti Sector 1
Str. HRISOVULUI Nr. 2-4, Parter, Camera 1, Bl. 2, Ap.
88
RO41889165

Scala: --

PROGETTO

Data:
15/12/2021

PRELIMINARE



DEFINITIVO



AS BUILT



Richiedente:

AVETRANA S.r.l.

Piazza Walther Von Vogelweide, 8
39100 Bolzano
Provincia di Bolzano
P.IVA 03027960214

Tecnici e Professionisti:

Dr. Geol. Soldo Giovanni:
Iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi
della Basilicata

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01	07/11/2020	Progetto Definitivo	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
02	15/12/2021	Revisione	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
03					
04					

Il Tecnico

Dr. Geol. SOLDO GIOVANNI
Iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi della Basilicata



Il Richiedente:

AVETRANA S.r.l.

Piazza Walther Von Vogelweide n.8 – 39100 Bolzano (BZ)
P.iva: 03027960214

REGIONE PUGLIA



COMUNE
DI
AVETRANA



RILIEVO GEOMECCANICO



1 - RILIEVO GEOMECCANICO PREMESSA

Per acquisire i dati, necessari allo studio di stabilità ed alle verifiche geotecniche delle eventuali soluzioni progettuali da mettere in atto, nell'area in esame sono state disposte diverse stazioni geomeccaniche la cui scelta è stata tale da rappresentare e caratterizzare geomeccanicamente l'ammasso roccioso nella sua totalità.

Per valutare la risposta sismoelastica dei terreni e caratterizzare il sito ai sensi del "D.M. 17 gennaio 2018" sono state realizzate indagini geofisiche consistenti in N. 1 prospezione sismica di tipo MASW. La determinazione dell'indice RMR ottenuto dalla classificazione dell'ammasso roccioso ha permesso, inoltre, la stima delle caratteristiche geomeccaniche, in correlazione con i dati desunti da bibliografia storica.

1.1 - Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso

E' noto che il comportamento meccanico degli ammassi rocciosi (insieme della roccia intatta e delle discontinuità in esso contenute) è fortemente influenzato dalle caratteristiche delle discontinuità. Gli attuali metodi di progettazione per fondazioni, versanti e scavi in sotterraneo richiedono informazioni sulle discontinuità presenti all'interno degli ammassi rocciosi.

In particolare, le caratteristiche di resistenza al taglio alla scala dell'ammasso roccioso dipendono in gran parte da quelle disponibili lungo i piani di discontinuità e dall'orientazione di queste nello spazio: ogni analisi di stabilità riguardante ammassi rocciosi non può prescindere pertanto dal rilevamento delle superfici di discontinuità.

Le giaciture delle discontinuità sono rappresentate come ciclografiche dei piani in proiezione stereografica equiareale (emisfero inferiore) e come densità dei poli; le concentrazioni polari statisticamente significative sono descritte, per ogni famiglia dal polo centrale del set e dalla ciclografica relativa (ISRM, 1978; Priest, 1993). Risulta quindi indispensabile conoscere l'assetto strutturale dell'ammasso roccioso alla mesoscala (quella cioè dell'affioramento).

L'analisi in proiezione stereografica può essere efficacemente utilizzata per il riconoscimento dei possibili cinematismi di rottura, dipendendo questi dal rapporto tra assetto strutturale dell'ammasso e geometria dei fronti di scavo.

Le discontinuità in un ammasso roccioso condizionano in modo sostanziale il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso. È quindi importante, al fine di una corretta valutazione delle condizioni di stabilità, una precisa descrizione della struttura della massa e delle discontinuità sia in termini qualitativi che quantitativi. Il rilevamento geomeccanico, ha lo scopo di raccogliere informazioni

sulla giacitura delle discontinuità presenti, sulle loro condizioni idrauliche, sulla loro resistenza, alterazione e riempimento.

Nel presente lavoro lo studio dell'ammasso roccioso è stato effettuato tramite analisi delle giaciture delle discontinuità da parte di un operatore geologo.

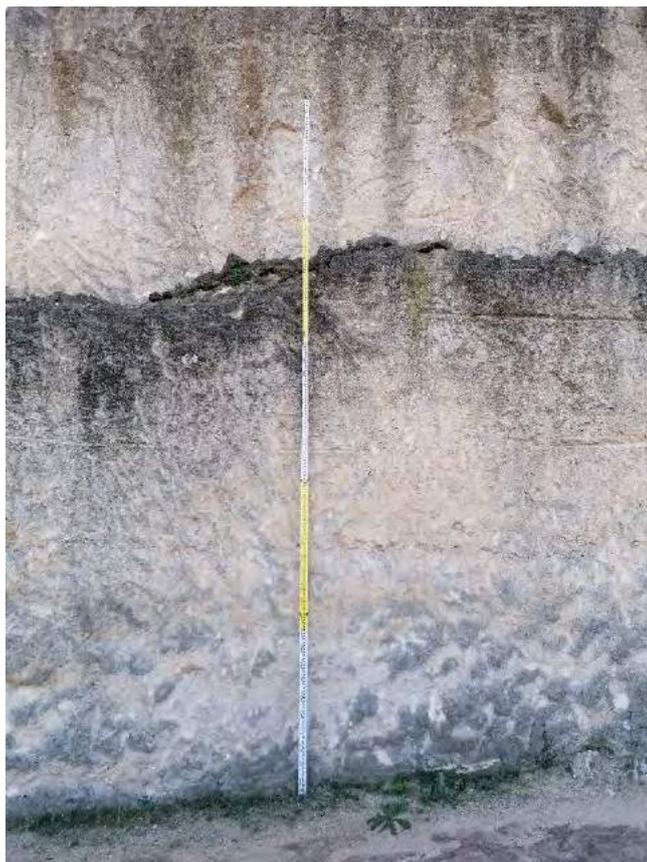


Figura 1 – Parete interessata dal rilievo geomeccanico

Le strutture planari dell'ammasso roccioso, quali stratificazione, giunti, fratture, faglie, discontinuità, sono state misurate con la bussola da cui è stata ricavata la direzione di immersione e l'inclinazione.

Il rilievo geomeccanico è stato eseguito su di un ammasso roccioso nell'area preposta all'installazione di un parco fotovoltaico, in agro al Comune di Avetrana, le cui coordinate in WGS84 sono: latitudine 40.344918° e longitudine 17.756920° . Si tratta di un affioramento roccioso di origine naturale poco fratturato in cui non sono stati riscontrati blocchi potenzialmente instabili.

Il tipo di ammasso, definito in base alla geometria dei blocchi, ricade all'interno della categoria massivo poco fratturato, con due famiglie di discontinuità, classifica (IRSM, 1978), con spazature vicine e dimensioni dei blocchi diverse tra loro. La struttura è stratificata con spessore degli strati che arriva fino ad 1 m e ricadenti sempre nella stessa litologia.

Le fratture ed i giunti risultano parzialmente chiusi e lo spazio tra le fratture può essere vuoto oppure riempito con blocchi più piccoli e qualche volta con terra rossa, derivante dall'alterazione chimica e fisica, e/o calcite spatica.

La resistenza alla compressione uniassiale della roccia è stata determinata da dati statistici di analisi di laboratorio su campioni di roccia geologicamente assimilabili.

Sia per il valore della resistenza a compressione che per il peso di volume è stata calcolata una media statistica a cui corrispondono i seguenti valori:

$$\sigma_c = 27.21 \text{ MPa}$$

$$\gamma = 24.51 \text{ kN/m}^3$$

L'indice J_v (Volumetric Joint Count) è definito come la somma del numero di giunti per metro per ogni set di joint presente. Sulla base dell'indice J_v , L'ISRM ha proposto una serie di termini descrittivi della dimensione media dei blocchi che caratterizzano l'ammasso.

L'indice I_b vuole rappresentare la dimensione medie del blocco roccioso "tipico" e viene stimato scegliendo soggettivamente alcuni blocchi di taglia "tipica" e misurandone le dimensioni.

Nel nostro caso si rientra nella categoria di blocchi con dimensioni medie in cui il J_v è compreso in un range di 3-10 *joints* per m^3 .

La principale forma dei blocchi è prismatica.

2 - CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

2.1 - Indice RQD

La spaziatura tra due discontinuità è definita come la distanza tra una coppia di discontinuità misurata lungo una linea di una certa orientazione. Sono distinti tre tipi di spaziatura:

1. *spaziatura totale* (rappresenta la spaziatura tra due discontinuità immediatamente adiacenti lungo la linea di scansione);
2. *spaziatura del set*: è la spaziatura tra due discontinuità dello stesso set immediatamente adiacenti lungo la linea di scansione;
3. *spaziatura normale del set (X_n)*: è la spaziatura tra due discontinuità dello stesso set immediatamente adiacenti misurata lungo la normale media del set.

E' possibile stimare la qualità dell'ammasso roccioso mediante il valore rappresentativo delle spaziature totali X_t . In particolare si desume il grado di fratturazione (R.Q.D.) mediante la Tabella proposta da Deere (1963).

Rock Quality Designation

RQD	Qualità
90% - 100%	Molto Buona
75% - 90%	Buona
50% - 75%	Discreta
25% - 50%	Scadente
<25%	Molto scadente

Questo parametro fornisce un'indicazione diretta del grado di fratturazione dell'ammasso ed ha un peso notevole nelle classificazioni geomeccaniche e nella stima dei parametri di permeabilità e deformabilità dell'ammasso. Il calcolo dell'RQD viene eseguito mediante la seguente formula

$$RQD = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n X_{ti}}{L}$$

X_{ti} = Lunghezze delle discontinuità maggiori di 10 cm

RQD = 84%

Sulla base della tabella proposta da Deere (1963) risulta che la nostra percentuale dell'RQD è compreso tra 75% e 90% a cui corrisponde una qualità dell'ammasso **Buona**.

L'RQD è stato calcolato nei settori più fratturati dell'intera parete rocciosa per avere un parametro significativo della qualità dell'ammasso roccioso secondo questo indice.

2.2 - Classificazione geomeccanica di Bieniawski

Per valutare la qualità dell'ammasso roccioso è stata applicata la classificazione RMR di Bieniawski sia del 1976 sia del 1989 e l'indice GSI ricavato dall'indice RMR.

La classificazione RMR (Bieniawski) si basa su parametri, acquisiti direttamente sull'ammasso affiorante. Essi comprendono la resistenza a compressione uni assiale della roccia intatta, l'indice RQD, il numero dei principali sistemi di discontinuità, le loro caratteristiche in termini di spaziatura, lunghezza, rugosità, apertura, riempimento ed alterazione. A questi si aggiungono le condizioni idrauliche e l'orientazione relativa delle famiglie di discontinuità. La classificazione GSI (Hoek, 1980) è molto più semplice ed intuitiva e si basa sull'aspetto generale dell'ammasso e sul suo grado di alterazione.

La classificazione geomeccanica di Bieniawski (sistema RMR) Prende in considerazione sei diversi parametri:

R1) resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;

R2) RQD (Rock Quality Designation);

R3) spaziatura delle discontinuità;

R4) condizioni delle discontinuità;

R5) condizioni dell'acqua di falda;

R6) orientazione delle discontinuità

Per ognuno dei primi cinque parametri viene attribuito un punteggio, che è massimo per le rocce di migliore qualità. Il punteggio massimo è diverso per ogni parametro, denotando la maggior importanza di alcuni rispetto ad altri nel descrivere il comportamento dell'ammasso roccioso, e, quindi, la sua qualità.

I valori dell'indice RMR (Rock Mass Rating), necessario per la classificazione, si ottengono:

$$RMR_{base} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

$$RMR_{corretto} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6$$

In base al rilevamento geomeccanico effettuato i nostri risultati possono essere riepilogati nella tabella sottostante:

PARAMETRI	VALORE	COEFFICIENTI NUMERICI	P
Co (MPa)	25	4	P1
RQD (%)	84	17	P2
Spaziatura (m)	0.6	5	P3
Condizioni discontinuità	Discontinuità molto scabre	30	P4
Acqua	0 l/min	15	P5
Orientamento	favorevole	-2	P6
RMR _a (asciutto)		55	
RMR _b (di base)		70	
RMR _c (corretto)		68	
QUALITA' DELLA ROCCIA	BUONA		

Considerando che i parametri di resistenza (coesione e angolo di attrito) dipendono dalle caratteristiche intrinseche dell'ammasso roccioso e sono indipendenti dalla geometria e giacitura delle discontinuità, se ne deduce, come precisato dallo stesso Autore, che i detti parametri si calcolano utilizzando l'indice RMR base :

la coesione è data da $c = 5 \times RMR_{base}$ (kN/m²)

l'angolo di attrito interno è dato da $\alpha = 0,5 \times RMR_{base} + 5$ (°)

Nel nostro caso avremo:

coesione $c = 350$ (kN/m²) angolo di attrito interno = 40 °; $E = 40.00$ (GPa).

2.3 - Classificazione di Barton - Q

I parametri per ricavare la qualità rispondente sono i seguenti:

RQD (Indice di recupero percentuale modificato RQD (RockQualityDesignation)): qualità Buona, pari a 84%, ricavato da j_v immesso pari a 9.5

J_n (Numero di sistemi di discontinuità (Joint Set Number)): una famiglia, corrispondente al parametro 2

J_r (Scabrezza delle discontinuità (Joint Roughnes Number)): scabri o irregolari, ondulati, corrispondente al parametro 3

J_a (Riempimento e alterazione delle fratture (Joint Alteration Number)): riempimento impermeabile, non rammollente, cementante, resistente, corrispondente al parametro 0.75

J_w (Condizioni idrauliche (Joint Water Reduction Factor)): scavo in assenza di acqua o venute ridotte,

5 l/min localizzate, corrispondente al parametro 1

SRF (Fattore di riduzione per le condizioni di carico litostatico (Stress Reduction Factor)): roccia con fratture serrate e condizioni medie di carico litostatico, corrispondente al parametro 1

e si è pervenuto ad un indice Q pari a: 168 rispondente a una qualità dell'ammasso roccioso ESTREMAMENTE BUONA

2.4 - Classificazione Geological Strength Index (GSI)

Il concetto sviluppato da Hoek e che è alla base del GSI è molto semplice: combinare l'assetto strutturale dell'ammasso con le caratteristiche delle discontinuità che lo separano, per arrivare ad un valore indice che permetta il suo utilizzo per una valutazione accurata della resistenza e della deformabilità di un ammasso roccioso. Il GSI nella sua forma più recente vede la sua valutazione affidata all'utilizzo di un semplice grafico (fig. 3) dove le caratteristiche strutturali dell'ammasso in termini di grado di fratturazione e disturbo tettonico sono intercorrelate con le caratteristiche della superficie delle discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento della frattura.

La definizione dell'Indice GSI comporta la valutazione degli stessi parametri necessari per la determinazione dell'Indice RMR con la differenza che il parametro "Venute d'acqua" viene tenuto fisso a 15 e con la differente formula risolutiva che comunque richiama parametri dell'indice RMR. In base alla classificazione dell'ammasso roccioso e della sua superficie di discontinuità è dunque possibile riferirsi a una specifica cella della tabella 5x5, la quale fornisce un intervallo di valori stimati per GSI nelle condizioni in esame così definito: *"ammasso roccioso ben interbloccato non disturbato costituito da blocchi cubici formati da tre insiemi di discontinuità intersecanti"*

Figura 3 – Classificazione GSI

Rock Type: <input type="text" value="General"/>	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
GSI Selection: <input type="text" value="64"/> <input type="button" value="OK"/>					
STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY →				
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70 64 60			
VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		50			
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40		
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				30	
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes					20
					10
	N/A	N/A			

2.5 - Classificazione di Jasarevic & Kovacevic

I parametri per ricavare la qualità rispondente sono i seguenti:

Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta : - $S_u = 40 \sim 100$ MPa

Indice point load misurato perpendicolarmente alla discontinuità principale : - $Is (\perp) > 5.7$ MPa

Indice point load misurato parallelamente alla discontinuità principale : - $Is (//) > 0.8$ MPa

Velocità sismica delle onde longitudinali : - $V_p > 6.5$ Km/s

Velocità sismica di riferimento (roccia intatta) delle onde longitudinali : - $V_p/V_o > 0.8$

Inclinazione della discontinuità più sfavorevole : - $\alpha = 0^\circ \sim 20^\circ$

Venute d'acqua : - acqua = A (assente)

Indice di recupero percentuale modificato : - $RQD > 65$ %

Numero di giunti per m³ : - $J_v = 5 \sim 10$

Spaziatura delle discontinuità : - $S = 6 \sim 10$ cm

Proprietà dei giunti : - $JRC = 4 \sim 8$

e si è pervenuto ad un indice n pari a: 2.09

Si è calcolato anche l'indice $RMRC = 68.18$ derivandone le seguenti caratteristiche :

$C = 247.16$ kPa

$\Phi = 42.05^\circ$

$E = 20531.74$ MPa

2.6 - Caratteristiche geotecniche dei terreni e valutazione dei valori caratteristici

Il rilievo geolitologico di dettaglio unitamente ai risultati del rilievo geomeccanico integrati con le statistiche di analisi di laboratorio su rocce assimilabili, hanno permesso di verificare la stratigrafia locale e di attribuire le caratteristiche geotecniche degli orizzonti geologici individuati nel sito.

Il Nuovo D.M. 17/01/2018 prevede la definizione dei valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuirsi ai terreni, dove per valore caratteristico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro con riferimento ad un particolare stato limite. Coerentemente con quanto indicato dall'EC7 si è proceduto alla definizione di tali valori mediante una analisi statistica, a partire da dati derivati, a seconda dei casi, o da prove di laboratorio o da letteratura.

Dalle osservazioni eseguite sull'area di intervento è emerso che l'ammasso roccioso oggetto di studio è costituito prevalentemente da:

Calcareniti organogene, variamente cementate, porose, biancastre, grigie e giallognole, costituite da clasti derivanti dalla degradazione dei calcari cretacei; si presentano poco fratturati e stratificati e superficialmente alterati.

I valori dei parametri caratteristici sono stati ottenuti attraverso le seguenti procedure: Il valore del peso di volume, il valore della coesione, il valore della resistenza al taglio sono stati ricavati dalla media aritmetica dei valori ricavati con la classificazione dell'ammasso roccioso di Bieniawski e quelli ottenuti con il criterio di Jasarevic & Kovacevic.

Litotipo	γ_K (kN/m ³)	c_k (kPa)	φ_K (°)	E (MPa)
Calcarenite Massiva	24.51	298.5	41	20531.74

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.

Dott. Geol. Soldo Giovanni



GEOLOGO
 Dott. Giovanni Soldo
 Via P. di Chirico n. 48, Venosa
 cell.: 334 98 53 647 - soldogiovanni@gmail.com
 P.IVA: 0192799761 - S.I.D. GVV 83107L 738G

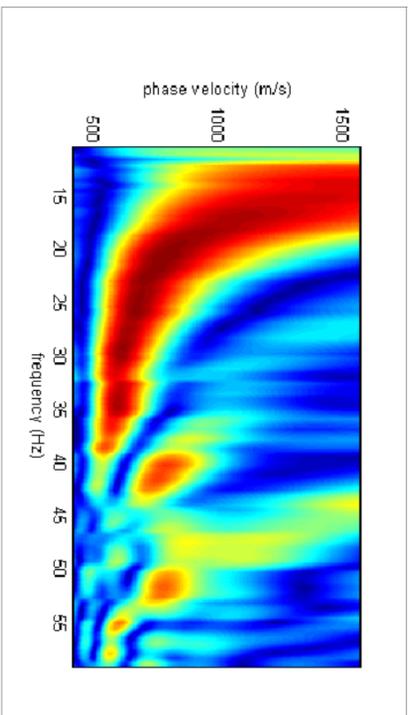
PROSPERZIONE GEOFISICA DI TIPO MASW01

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12045,60 KW COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPPI AGRICOLI DELL'AREA

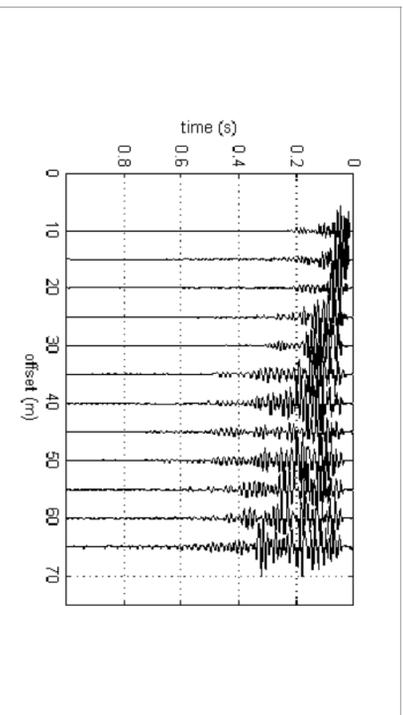
Elaborato: Geo. 04

Committente: ATOM S.R.L.

SPETTRO DI VELOCITÀ



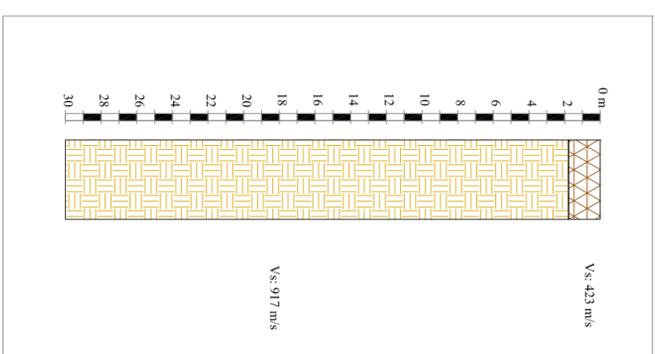
TRACCE NORMALIZZATE



FOTO



PROFILO VERTICALE VS



Cat. Suolo

B

Descrizione Geotecnica

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.

VS₃₀ (m/s)

423



Studio di Geologia Tecnica & Prospezione Geofisica e Ambientale
 Dott. Geol. Giovanni Soldo
 Via P. di Chirico, 48 - 85029 Venosa (PZ)
 Cell.: 334 98 53 647 - e-mail: soldogiovanni@gmail.com

REGIONE PUGLIA

COMUNE
 DI
 AVETRANA



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO
 CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A
 12.045,60 KW COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICICO
 PER L'UTILIZZO A SCOPPI AGRICOLI DELL'AREA

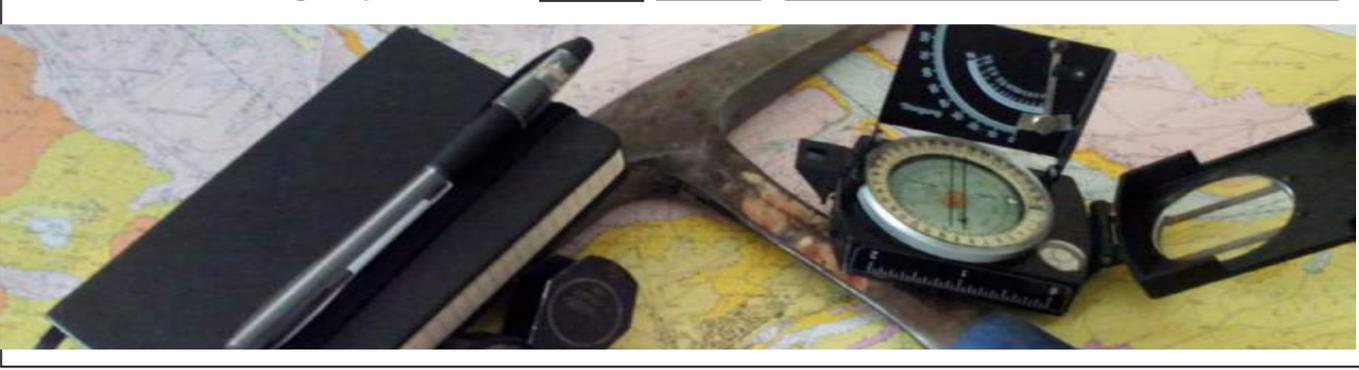
PROSPERZIONE MASW

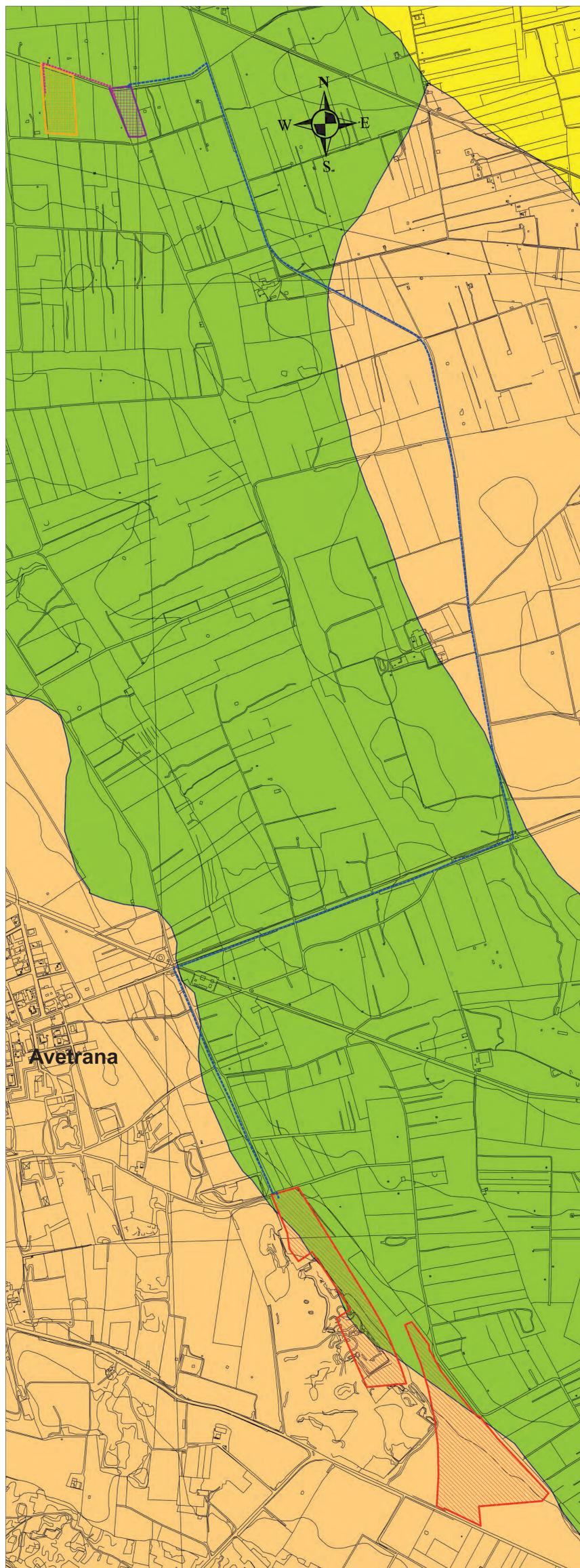
Committente: Atom S.r.l.

Il Geologo

Dott. Giovanni SOLDO

Data: Gennaio 2021





1:5.000 0 100 200 400 600 800 1.000 Metri

LEGENDA

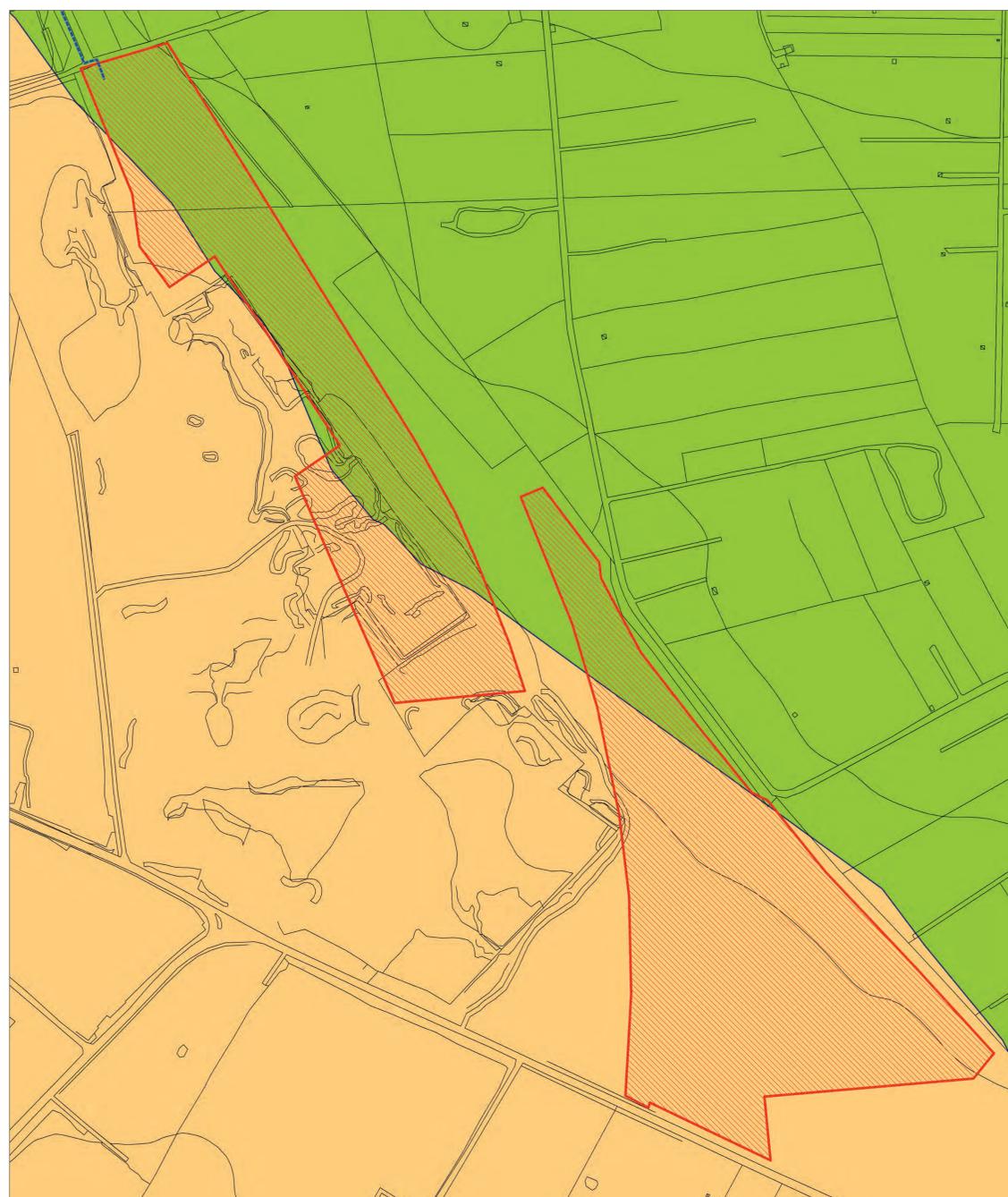
- Unità sabbioso-siltosa:** sabbie calcaree poco cementate con intercalazioni di sabbie argillose grigio-azzurre [Pliocene superiore]
- Unità calcarenitica (Calcareniti di Gravina):** calcareniti organogene porose, variamente cementate e di caratteristico colore dal biancastro al grigio e giallognolo [Pliocene superiore-medio]
- Unità calcareo-dolomitica (Calcari di Altamura):** calcari compatti, coroidi, grigio nocciola, grigio rossastri in superficie ed a frattura concoide, nonché di calcari più o meno compatti bianchi, grigiastri in superficie [Cretaceo]
- Limite geologico**



1:2.000 0 40 80 160 240 320 400 Metri

Elementi di progetto

- Linea AT (cavo interrato)**
- Linea MT 30 kV (cavo interrato)**
- Area Stazione Elevazione**
- Cabina Primaria Ruggianello**
- Area Impianto Fotovoltaico**



1:2.000 0 40 80 160 240 320 400 Metri



COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO



REGIONE PUGLIA

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO
CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI
A 12.045,60 kW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICOMICO
PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA**

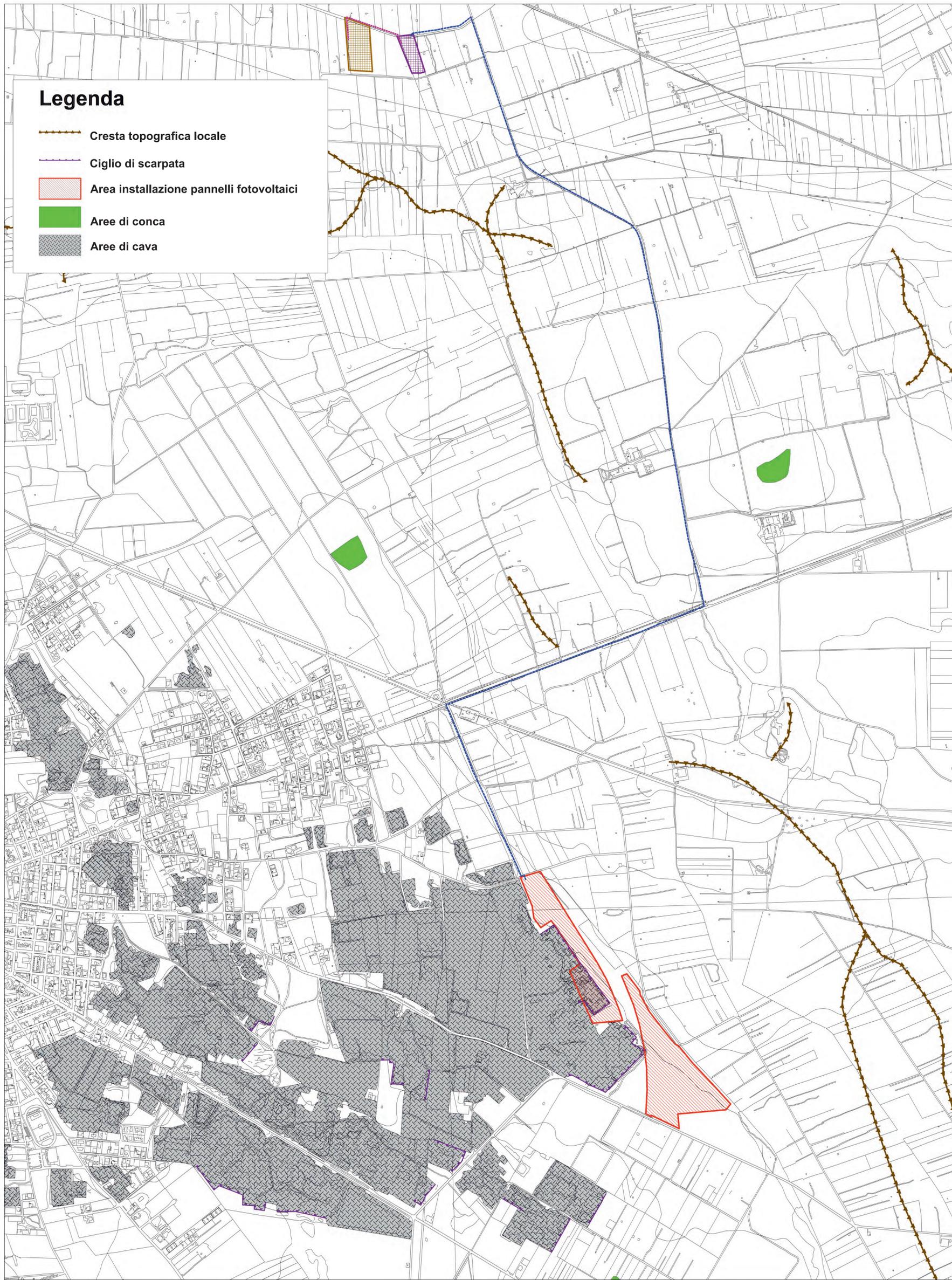
Denominazione Impianto:		IMPIANTO AVETRANA 1	
Ubicazione:		Comune di Avetrana (TA) Località Strada Provincia n.145	
ELABORATO 029700_IST_R - Geo.05		CARTA GEOLITOLGICA	
Cod. Doc.: AVA30_029700_IST_R		Project - Commissioning - Consulting Municipal Business Sector 1 Via RISSOVALLI N. 2-4, Part. Camera 1, B1, 2, 4q 88 70041889165	Scale: -- Date: 15/12/2021
COMET ENERGY POWER		PROGETTO	
Richiedente: AVETRANA S.r.l. Piazza Walter Van Veghelweide, 8 70030 Bisone Provincia di Bari P.IVA 0207980214		Tecniche e Professionisti: Dr. Geol. Sotelo Giovanni iscritto al n. 481 dell'Albo dei Geologi della Basilicata	
Revisione	Data	Descrizione	Redatto
01	07/11/2021	Progetto Definitivo	F.P.L.
02	15/12/2021	Revisione	F.P.L.
03			F.P.L.
04			F.P.L.

Il Tecnico
Dr. Geol. SOTELO GIOVANNI
iscritto al n. 481 dell'Albo dei Geologi della Basilicata



Il Richiedente
AVETRANA S.r.l.
Piazza Walter Van Veghelweide, 8
70030 Bisone
P.IVA 0207980214





COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO REGIONE PUGLIA

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO
CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI
A 12.045,60 kW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICOMICO
PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA**

Denominazione impianto: **IMPIANTO AVETRANA 1**

Ubicazione: **Comune di Avetrana (TA)
Località Strada Provincia n.145**

ELABORATO
029700_I5T_R - Geo.06

CARTA GEOMORFOLOGICA

COMET ENERGY POW//R Project - Commissioning - Consulting
Municipal District Sector 1
DE. RISERVALE N. 24, Part. Camera 1, Bl. 2, A2
05
1024889545

Scale: -- PROGETTO
Date: 15/12/2021

Richiedente: **AVETRANA S.r.l.**
Piazza Walter Von Vogelstedt, 8
37010 Bussano
Provincia di Bolzano
P.IVA 0327962114

Tecnico e Professionista:
Dr. Geol. Sotgi Giovanni
Iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi
della Basilicata

Revisione	Data	Descrizione	Autore	Approvato	Autografo
01	01/12/2021	Progetto Definitivo	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
02	15/12/2021	Revisione	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
03					
04					

Il Tecnico
Dr. Geol. Sotgi Giovanni
Iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi della Basilicata

Il Professionista
AVETRANA S.r.l.
Piazza Walter Von Vogelstedt, 8 - 37010 Bussano (BZ)
P.IVA 0327962114



COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO



REGIONE PUGLIA



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 kW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA

Denominazione Impianto:

IMPIANTO AVETRANA 1

Ubicazione:

Comune di Avetrana (TA)
Località Strada Provincia n.145

ELABORATO
029700_IST_R

RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Cod. Doc.: AVA20_029700_IST_R



Project - Commissioning – Consulting

Municipiul Bucuresti Sector 1
Str. HRISOVULUI Nr. 2-4, Parter, Camera 1, Bl. 2, Ap.
88
RO41889165

Scala: --

PROGETTO

Data:
15/12/2021

PRELIMINARE



DEFINITIVO



AS BUILT



Richiedente:

AVETRANA S.r.l.

Piazza Walther Von Vogelweide, 8
39100 Bolzano
Provincia di Bolzano
P.IVA 03027960214

Tecnici e Professionisti:

*Dr. Geol. Soldo Giovanni:
Iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi
della Basilicata*

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01	07/11/2020	Progetto Definitivo	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
02	15/12/2021	Revisione	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
03					
04					

Il Tecnico

Dr. Geol. SOLDO GIOVANNI
Iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi della Basilicata



Il Richiedente:

AVETRANA S.r.l.

Piazza Walther Von Vogelweide n.8 – 39100 Bolzano (BZ)
P.iva: 03027960214

1 PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la *pericolosità sismica di base* per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

2 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 1$.

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

3 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti

strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Tabella 3.1- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $V_R = 50$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Tabella 3.2- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 30$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 50$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 475$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 975$

4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'Allegato B delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Tabella 4.1- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{V_R} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_0 , T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre p_1 , p_2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno T_{R1} , T_{R2} .

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i d_i}{\sum_{i=1}^4 d_i} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

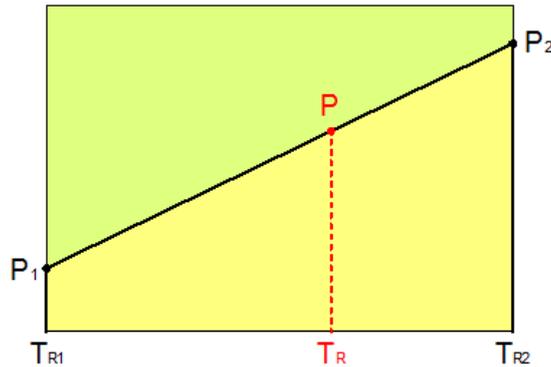


Figura 4.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

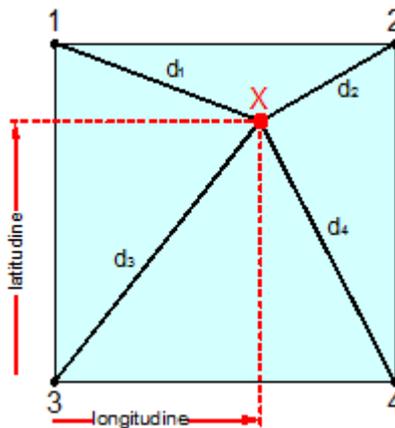


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

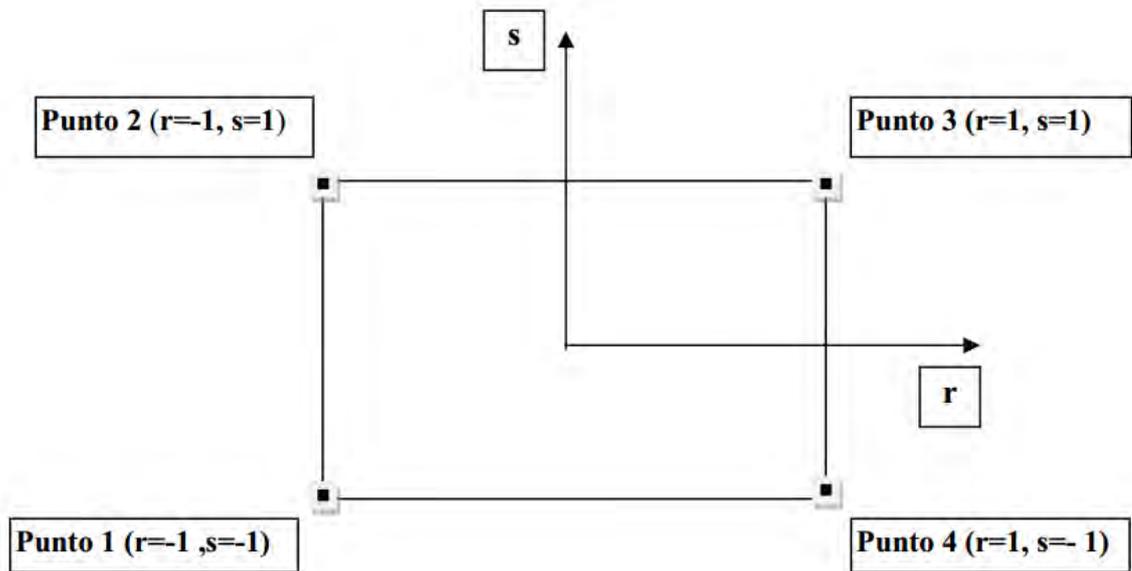


Figura 4.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g, F_0, T_C^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

5.1 Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.2 Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\mathbf{T1: } S_T = 1.0; \mathbf{T2: } S_T = 1.20; \mathbf{T3: } S_T = 1.20; \mathbf{T4: } S_T = 1.40.$$

5.3 Fronti scavo e rilevati

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come

$$F_h = k_h \cdot W \text{ ed } F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

5.4 Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.6)$$

Con:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati di seguito.

$\beta_m = 0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

I valori del coefficiente β_m possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di in Figura 5.2.

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

5.5 Paratie

In mancanza di studi specifici, a_h (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad (5.8)$$

dove:

g è l'accelerazione di gravità;

k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma in Figura 5.1:

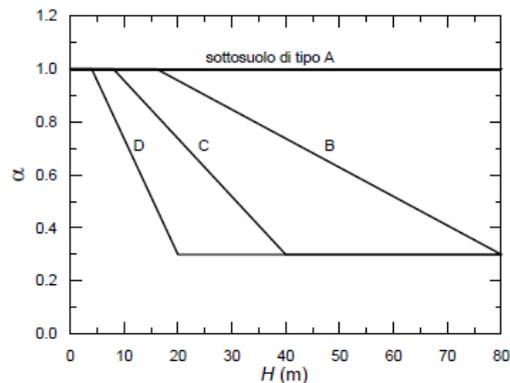


Figura 5.1 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente V_s . Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 5.2, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_s = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \leq 0.005 \cdot H$

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$ deve assumersi $k_h = 0.2 \cdot a_{max}/g$

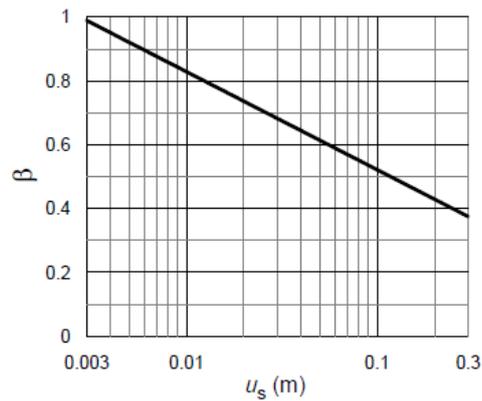


Figura 5.2 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

L'accelerazione di picco a_{\max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.9)$$

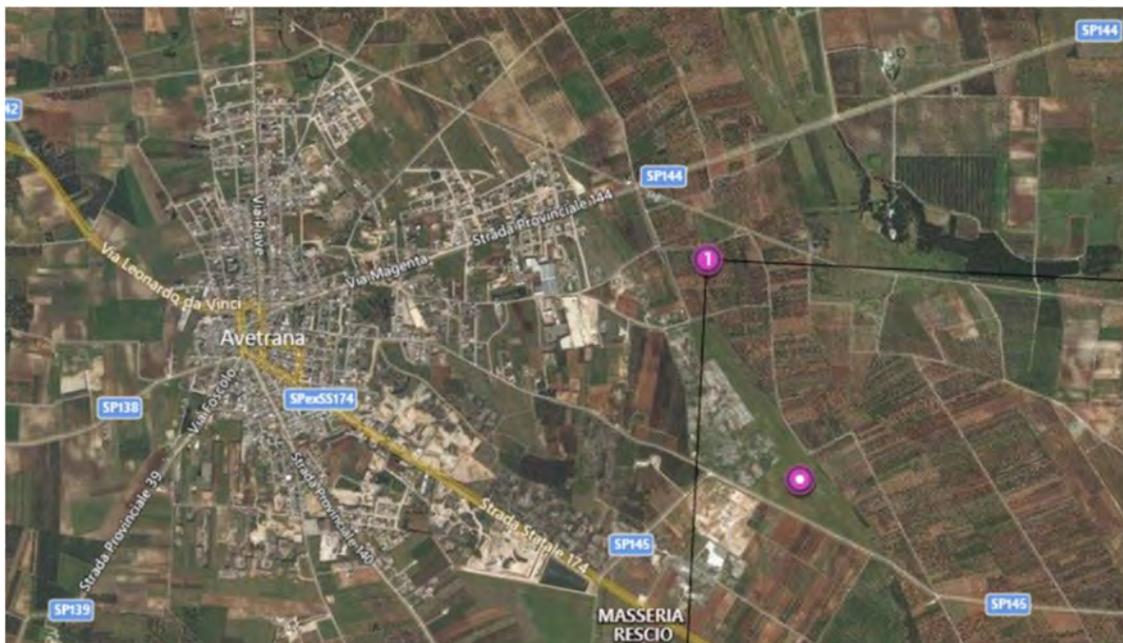
dove:

S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

PERICOLOSITÀ SISMICA

Data: 06/01/2021



Vita nominale (V_n):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (C_u):	1
Periodo di riferimento (V_r):	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 40,3430557 [°]

Longitudine (WGS84): 17,7592659 [°]

Latitudine (ED50): 40,3440399 [°]

Longitudine (ED50): 17,7600517 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	35030	40,353910	17,754610	1190,35
2	35031	40,351390	17,820120	5155,71
3	35253	40,301460	17,816760	6747,64
4	35252	40,303970	17,751330	4516,59

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,017	2,307	0,162
SLD	50	0,023	2,317	0,244
	72	0,027	2,305	0,315
	101	0,031	2,381	0,343
	140	0,035	2,446	0,366
	201	0,039	2,493	0,406
SLV	475	0,051	2,624	0,459
SLC	975	0,061	2,769	0,510
	2475	0,076	2,967	0,535

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,016	2,315	0,161
SLD	50	0,022	2,322	0,237
	72	0,026	2,295	0,311
	101	0,030	2,360	0,341
	140	0,034	2,412	0,367
	201	0,039	2,458	0,406
SLV	475	0,051	2,555	0,466
SLC	975	0,061	2,690	0,518
	2475	0,077	2,873	0,547

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,017	2,317	0,161
SLD	50	0,022	2,311	0,241
	72	0,027	2,296	0,313
	101	0,031	2,364	0,343
	140	0,035	2,418	0,369
	201	0,039	2,469	0,410
SLV	475	0,052	2,563	0,468
SLC	975	0,062	2,693	0,521
	2475	0,078	2,879	0,549

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,017	2,305	0,190
SLD	50	0,023	2,308	0,246
	72	0,027	2,310	0,317
	101	0,032	2,386	0,346
	140	0,035	2,449	0,368
	201	0,040	2,500	0,409
SLV	475	0,052	2,627	0,462
SLC	975	0,062	2,767	0,510
	2475	0,077	2,966	0,537

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,017	2,309	0,166
SLD	50	0,023	2,316	0,243
SLV	475	0,051	2,609	0,462
SLC	975	0,062	2,750	0,512

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
 Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000
 Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica:
 T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,005	0,011	0,013
kv	0,002	0,002	0,006	0,007
amax [m/s ²]	0,201	0,266	0,603	0,725
Beta	0,180	0,180	0,180	0,180

Paratie NTC 2008

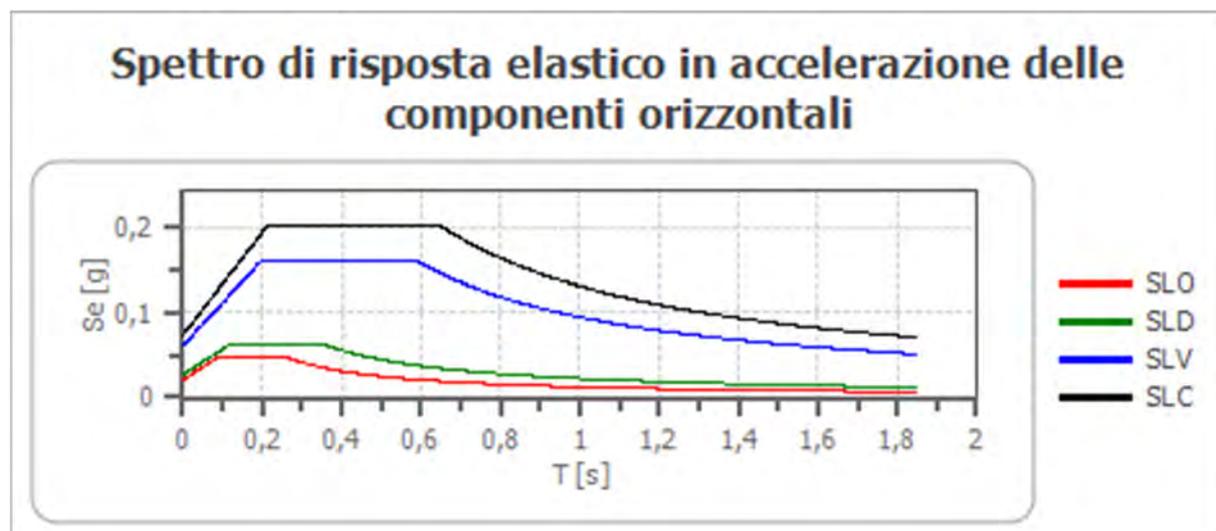
Altezza paratia (H): 3,0 [m]
 Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,018	0,040	0,048
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,201	0,266	0,603	0,725
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,005	0,012	0,015
kv	0,002	0,003	0,006	0,007
amax [m/s ²]	0,201	0,266	0,603	0,725
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

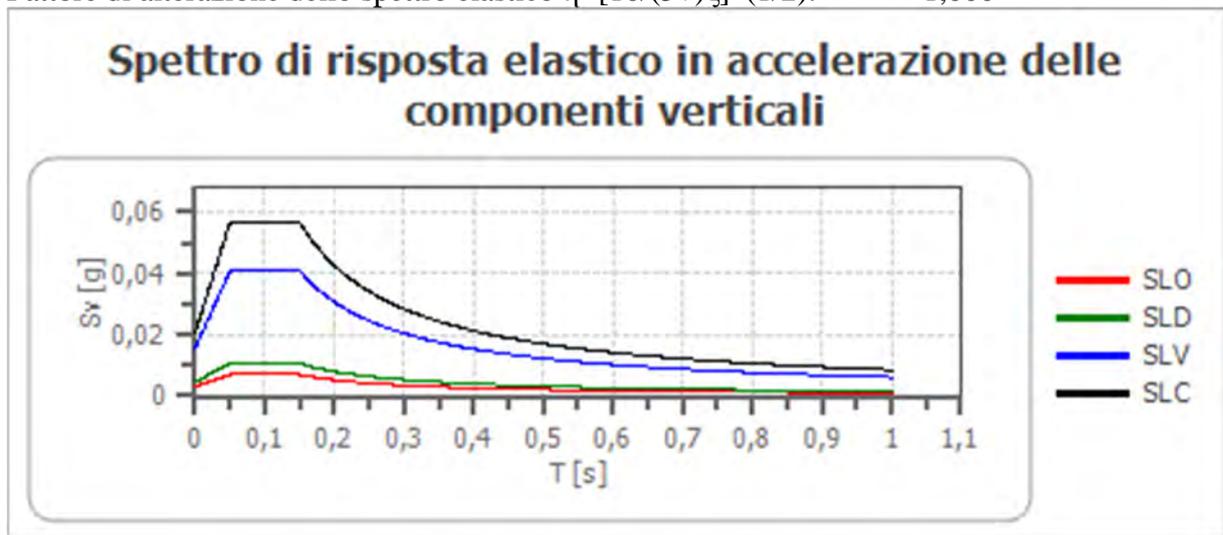


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,017	2,309	0,166	1,200	1,580	1,000	1,200	1,000	0,087	0,262	1,668	0,021	0,047
SLD	1,0	0,023	2,316	0,243	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,118	0,355	1,690	0,027	0,063
SLV	1,0	0,051	2,609	0,462	1,200	1,280	1,000	1,200	1,000	0,197	0,591	1,805	0,062	0,160
SLC	1,0	0,062	2,750	0,512	1,200	1,260	1,000	1,200	1,000	0,215	0,645	1,846	0,074	0,203

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,017	2,309	0,166	1	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,003	0,007
SLD	1,0	0,023	2,316	0,243	1	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,005	0,011
SLV	1,0	0,051	2,609	0,462	1	1,280	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,016	0,041
SLC	1,0	0,062	2,750	0,512	1	1,260	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,021	0,057

Spettro di progetto

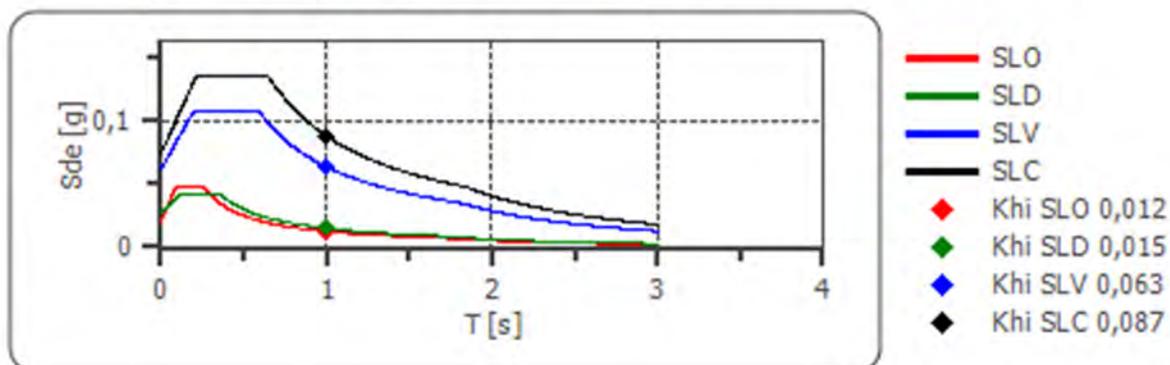
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50

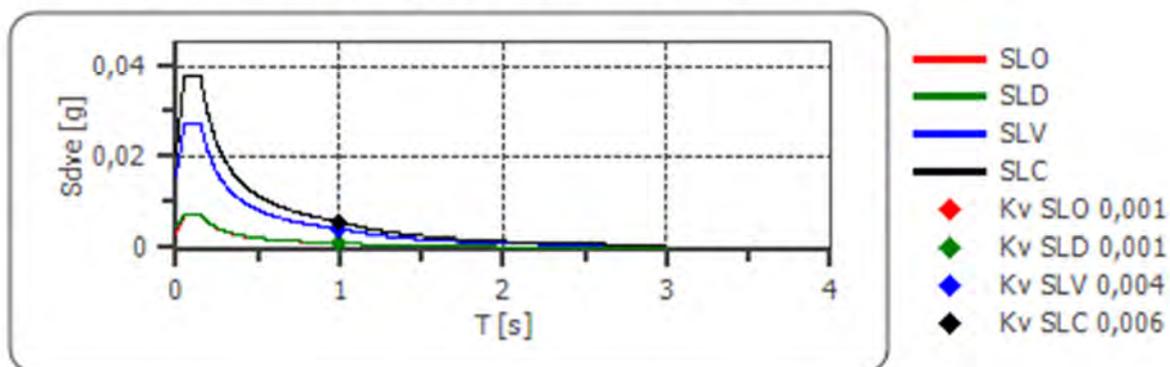
Periodo fondamentale T: 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,012	0,015	0,063	0,087
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,001	0,001	0,004	0,006

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	1,0	0,017	2,309	0,166	1,200	1,580	1,000	1,200	1,000	0,087	0,262	1,668	0,021	0,047
SLO verticale	1,0	0,017	2,309	0,166	1,200	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,003	0,007
SLD orizzontale	1,0	0,023	2,316	0,243	1,200	1,460	1,000	1,200	1,500	0,118	0,355	1,690	0,027	0,042
SLD verticale	1,0	0,023	2,316	0,243	1,200	1,460	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,005	0,007
SLV orizzontale	1,0	0,051	2,609	0,462	1,200	1,280	1,000	1,200	1,500	0,197	0,591	1,805	0,062	0,107
SLV verticale	1,0	0,051	2,609	0,462	1,200	1,280	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,016	0,027
SLC orizzontale	1,0	0,062	2,750	0,512	1,200	1,260	1,000	1,200	1,500	0,215	0,645	1,846	0,074	0,135
SLC verticale	1,0	0,062	2,750	0,512	1,200	1,260	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,021	0,038



COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO



REGIONE PUGLIA



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 kW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMIC PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA

Denominazione Impianto:

IMPIANTO AVETRANA 1

Ubicazione:

Comune di Avetrana (TA)
Località Strada Provincia n.145

**ELABORATO
029700_IST_R - INTEG**

RELAZIONE INTEGRAZIONI AVETRANA

Cod. Doc.: AVA20_029700_IST_R



Project - Commissioning – Consulting

Municipiul Bucuresti Sector 1
Str. HRISOVULUI Nr. 2-4, Parter, Camera 1, Bl. 2, Ap.
88
RO41889165

Scala: --

Data:
15/12/2021

PROGETTO

PRELIMINARE



DEFINITIVO



AS BUILT



Richiedente:

AVETRANA S.r.l.

Piazza Walther Von Vogelweide, 8
39100 Bolzano
Provincia di Bolzano
P.IVA 03027960214

Tecnici e Professionisti:

*Dr. Geol. Soldo Giovanni:
Iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi
della Basilicata*

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01	07/11/2020	Progetto Definitivo	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
02	15/12/2021	Revisione	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
03					
04					

Il Tecnico

Dr. Geol. SOLDO GIOVANNI
Iscritto al n.481 dell'Albo dei Geologi della Basilicata



Il Richiedente:

AVETRANA S.r.l.

Piazza Walther Von Vogelweide n.8 – 39100 Bolzano (BZ)
P.iva: 03027960214

INDICE

1	PREMESSE	Pag. 2
2	INDAGINI INTEGRATIVE	Pag. 3
2.1	PROSPEZIONE MASW2	Pag. 3
2.2	RILIEVO GEOMECCANICO	Pag. 5
3	CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI	Pag. 13
4	DEFINIZIONE DEL MODELLO LITOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI	Pag. 15
5	CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI	Pag. 16

1 PREMESSE

La presente relazione geologica e geofisica è redatta nell'ambito del **Riscontro rif. prot. n.0014374/2021 del 29/04/2021 e richiesta integrazioni** dell'intervento "REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.129,60 kW COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMICICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA" da realizzarsi nel Comune di Avetrana in Provincia di Taranto. Da un punto di vista catastale le aree interessate complessivamente dal progetto sono inquadrare al Foglio n. 41, particelle n. 37-181-253-315 e al Foglio n. 13, particelle 371-374.

Al fine di rispondere alla richiesta di integrazioni è stata effettuata una campagna di indagini integrativa consistita in (**Allegato GEO.03INT – Ubicazione delle indagini Integrative**):

- N.1 rilievo geomeccanico (SG2)
- N.1 Prospezione MASW (MASW2)

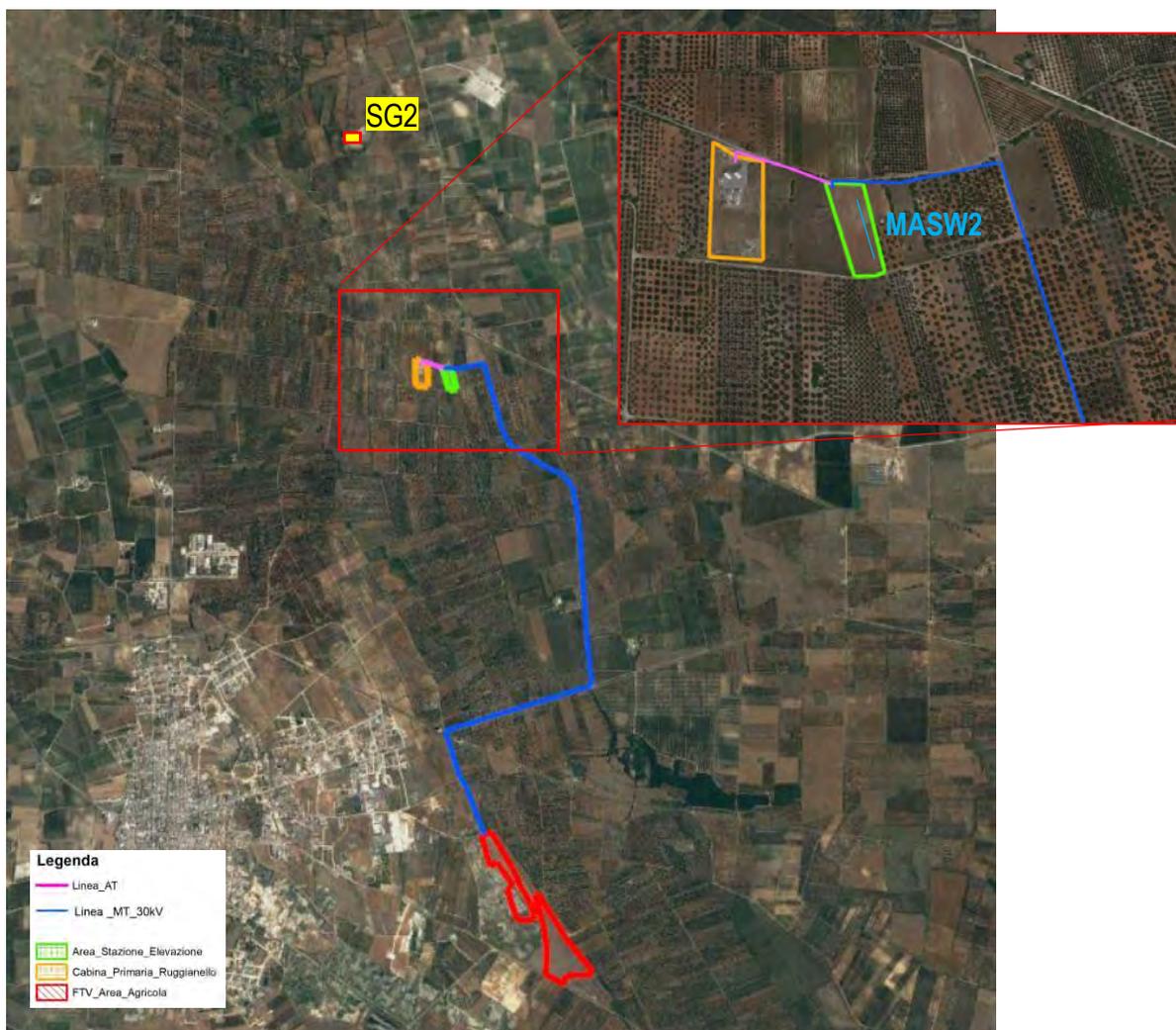


Fig. 01 – Immagine illustrante l'ubicazione delle indagini integrative. (Google Earth).

2 INDAGINI INTEGRATIVE

2.1 PROSPEZIONE MASW2

L'array sismico è stato cantierizzato nell'area di realizzazione della Stazione di Elevazione con orientamento NW-SE e lunghezza pari a 60.00ml.



Fig. 02 – Immagine illustrante l'ubicazione dell'indagine MASW2. (Google Earth).

Dall'analisi della curva di dispersione è emersa la seguente sismostratigrafia:

- un primo sismo-orizzonte mediamente soffice con V_s di circa 310m/s (V_p pari a circa 658m/s), spessore prossimo a 4.20 m e densità di 2.0g/cm³;
- un secondo sismo-orizzonte rigido con V_s di circa 1098m/s (V_p pari a circa 2390m/s), spessore prossimo a 7.40m e densità di 2.3g/cm³;
- un terzo sismo-orizzonte rigido, con V_s di circa 1740m/s (V_p pari a circa 3950m/s) densità di 2.4g/cm³.

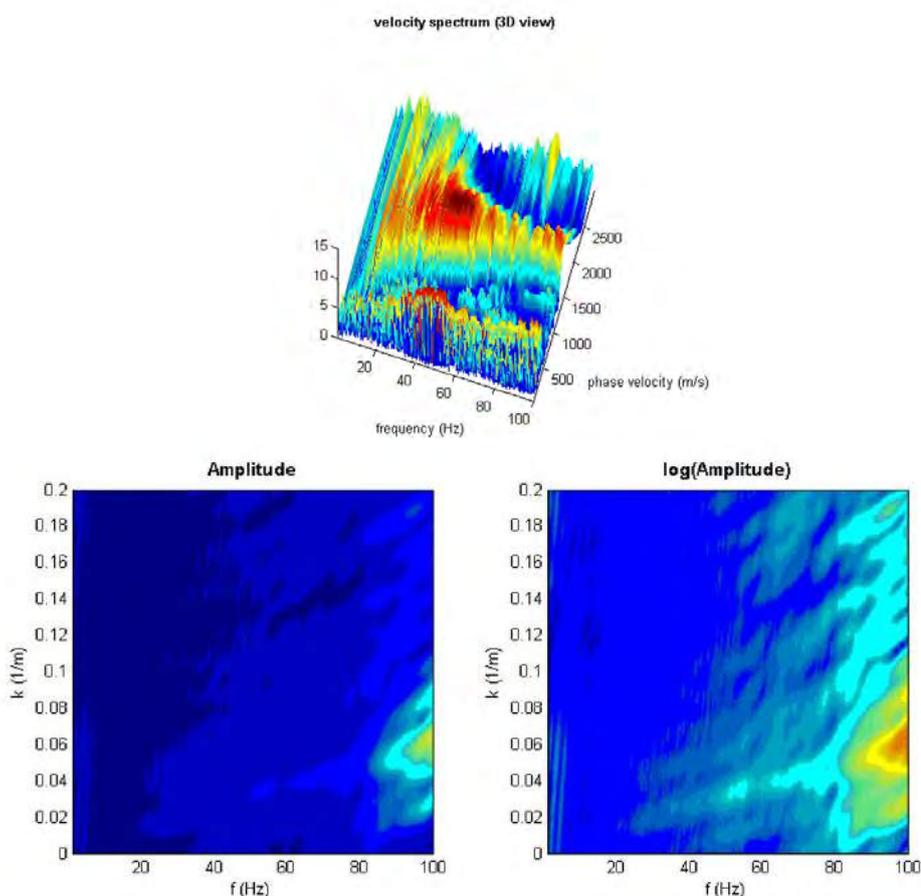


Fig. 03 – Spettro 3D e spettro f-k per il sito d'indagine.

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

2.2 - Rilievo Geomeccanico

La ricostruzione geo-strutturale dell'area è stata effettuata tramite una ricerca bibliografica preliminare e un rilievo geomeccanico delle fratture su affioramenti presenti nelle strette vicinanze dell'area di studio e ricadenti nelle stesse litologie Calcaree.



Fig. 04 – Ubicazione dell'area che ha ospitato il rilievo geomeccanico e un particolare della parete analizzata.

Per acquisire i dati, necessari allo studio di stabilità ed alle verifiche geotecniche delle eventuali soluzioni progettuali da mettere in atto, nell'area in esame è stata disposta una stazione geomeccanica la cui scelta è stata tale da rappresentare e caratterizzare geomeccanicamente l'ammasso roccioso nella sua totalità.

La determinazione dell'indice RMR ottenuto dalla classificazione dell'ammasso roccioso ha permesso, inoltre, la stima delle caratteristiche geomeccaniche, utilizzate nelle successive verifiche geotecniche, in correlazione con i dati desunti da bibliografia storica.

Il rilievo geomeccanico è stato eseguito su di un ammasso roccioso presente in affioramento in una cava abbandonata nelle strette vicinanze delle aree preposte all'installazione di un parco fotovoltaico, in agro al Comune di San Pancrazio Salentino, le cui coordinate in WGS84 sono:

- ✓ **SG2:** latitudine 40.394085° e longitudine 17.740724°

Il tipo di ammasso, definito in base alla geometria dei blocchi, ricade all'interno delle categorie a blocchi, stratificato e fratturato. Il numero di famiglie, variabile tra 2 e 3, classifica (IRSM, 1978) il tipo

di ammasso principalmente come irregolare e fratturato con spazature da distanti a vicine con dimensioni dei blocchi diverse tra loro. La struttura è stratificata con spessore degli strati che arriva a superare il metro e ricadenti sempre nella stessa litologia.

Le fratture ed i giunti risultano beanti e l'apertura può variare da pochi centimetri a qualche decimetro. Lo spazio tra le fratture può essere vuoto oppure riempito con blocchi più piccoli e qualche volta con calcite spatica e/o terra rossa, derivante dall'alterazione chimica e fisica.

La resistenza alla compressione uniassiale della roccia è stata determinata da dati statistici di analisi di laboratorio su campioni di roccia geologicamente assimilabili.

Sia per il valore della resistenza a compressione che per il peso di volume è stata calcolata una media statistica a cui corrispondono i seguenti valori:

$$c = 25.55 \text{ MPa}$$

$$\gamma = 23.53 \text{ kN/m}^3$$

Si sottolinea inoltre che i sottostanti valori di coesione e angolo di resistenza al taglio sono stati calcolati mediante correlazioni empiriche e quindi costituiscono una semplificazione soprattutto per le rocce tenere che hanno subito fenomeni tettonici e alterazioni per le quali le proprietà meccaniche e di resistenza vengono tendenzialmente sovrastimate.

Sinteticamente i parametri statistici sono di seguito indicati.

γ_n (kN/m ³)	ϕ_m (°)	c_m (kPa)
22.1 – 24.6	36°	260

L'indice J_v (Volumetric Joint Count) è definito come la somma del numero di giunti per metro per ogni set di joint presente. Sulla base dell'indice J_v , L'ISRM ha proposto una serie di termini descrittivi della dimensione media dei blocchi che caratterizzano l'ammasso.

L'indice I_b vuole rappresentare la dimensione medie del blocco roccioso "tipico" e viene stimato scegliendo soggettivamente alcuni blocchi di taglia "tipica" e misurandone le dimensioni.

Nel nostro caso si rientra nella categoria di blocchi con dimensioni medie in cui il J_v è compreso in un range di 3-10 joints per m³.

La principale forma dei blocchi è prismatica.

Nella zona rilevata, l'ammasso roccioso si presenta con giaciture di strato da infrapoggio a franapoggio, gli strati appaiono con alternanza di strati compatti e strati fortemente alterati e degradati. A luoghi, l'azione di agenti esogeni, ha provocato la formazione di zone di distacco.

Descrizione dell'ammasso roccioso

La resistenza alla compressione uniassiale della roccia è stata determinata da valori statistici da bibliografia, oltre ad una serie di prove sclerometriche effettuate direttamente in sito, mediante le quali è stato determinato il peso di volume a cui corrispondono i seguenti valori:

Campione	Litologia	RESISTENZA A COMPRESSIONE	Peso di volume
P1 Roccia madre	UNITA' CALACREO-DOLOMITICA Calcarea di Altamura	$\sigma_c = 25.55 \text{ MPa}$	$\gamma = 23.53 \text{ kN/m}^3$
P2 Roccia di riempimento e/o di alterazione sui lembi	Roccia di natura calacreo-dolomitica, di colore brunastra e biancastra, caratterizzata da matrice terrigena con granuli di dimensioni variabili, da millimetrici a centimetrici. All'interno della matrice sono dispersi bioclasti di dimensioni variabili. La roccia si presenta con buon grado di cementazione. <u>Rappresenta il materiale di riempimento delle fratture e/o di alterazione sui lembi</u>	$\sigma_c = 5.36 \text{ MPa}$	$\gamma = 22.1 \text{ kN/m}^3$

L'indice J_v (Volumetric Joint Count) è definito come la somma del numero di giunti per metro per ogni set di joint presente. Sulla base dell'indice J_v , L'ISRM ha proposto una serie di termini descrittivi della dimensione media dei blocchi che caratterizzano l'ammasso.

L'indice I_b vuole rappresentare la dimensione medie del blocco roccioso "tipico" e viene stimato scegliendo soggettivamente alcuni blocchi di taglia "tipica" e misurandone le dimensioni.

Nel nostro caso si rientra nella categoria di blocchi con dimensioni medie in cui il J_v è compreso in un range di 3-10 joints per m^3 .

La fase successiva è consistita nella caratterizzazione dell'ammasso roccioso utilizzando i dati del rilievo e quindi sono state eseguite le seguenti classificazioni:

- "RMR '76" (Rock Mass Rating, Bieniawsky (1976)).
- "RMR '89" (Rock Mass Rating, Bieniawsky (1989))
- "Q" (Quality, Barton (1979))
- "GSI" (Geological Strength Index)

- "RQD" (Rock Quality Designation, Deere (1964))
- "RSR" (Rock Structure Rating, Wickhman (1972))
- "SMR" (Slope Mass Rating, Romana (1985))

Classificazione dell'ammasso roccioso

Indice RQD

La spaziatura tra due discontinuità è definita come la distanza tra una coppia di discontinuità misurata lungo una linea di una certa orientazione. Sono distinti tre tipi di spaziatura:

- spaziatura totale (rappresenta la spaziatura tra due discontinuità immediatamente adiacenti lungo la linea di scansione);
- spaziatura del set: è la spaziatura tra due discontinuità dello stesso set immediatamente adiacenti lungo la linea di scansione;
- spaziatura normale del set (X_n): è la spaziatura tra due discontinuità dello stesso set immediatamente adiacenti misurata lungo la normale media del set.

E' possibile stimare la qualità dell'ammasso roccioso mediante il valore rappresentativo delle spaziature totali X_t . In particolare si desume il grado di fratturazione (R.Q.D.) mediante la Tabella proposta da Deere (1963).

Rock Quality Designation

RQD	Qualità
90% - 100%	Eccellente
75% - 90%	Buona
50% - 75%	Discreta
25% - 50%	Scadente
<25%	Molto scadente

Questo parametro fornisce un'indicazione diretta del grado di fratturazione dell'ammasso ed ha un peso notevole nelle classificazioni geomeccaniche e nella stima dei parametri di permeabilità e deformabilità dell'ammasso. Il calcolo dell'RQD viene eseguito mediante la seguente formula

$$RQD = 100 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{X_{ti}}{L}$$

X_{ti} = Lunghezze delle discontinuità maggiori di 10 cm

RQD parete rilevata = 70%

Sulla base della tabella proposta da Deere (1964) risulta che la nostra percentuale dell'RQD è compreso tra 50 e 70 a cui corrisponde una qualità dell'ammasso DISCRETA

L'RQD è stato calcolato nei settori più fratturati dell'intera parete rocciosa per avere un parametro significativo della qualità dell'ammasso roccioso secondo questo indice.

Classificazione geomeccanica di Bieniawski

Per valutare la qualità dell'ammasso roccioso è stata applicata la classificazione RMR di Bieniawski sia del 1976 sia del 1989 e l'indice GSI ricavato dall'indice RMR.

La classificazione RMR (Bieniawski) si basa su parametri, acquisiti direttamente sull'ammasso affiorante. Essi comprendono la resistenza a compressione uni assiale della roccia intatta, l'indice RQD, il numero dei principali sistemi di discontinuità, le loro caratteristiche in termini di spaziatura, lunghezza, rugosità, apertura, riempimento ed alterazione. A questi si aggiungono le condizioni idrauliche e l'orientazione relativa delle famiglie di discontinuità. La classificazione GSI (Hoek, 1980) è molto più semplice ed intuitiva e si basa sull'aspetto generale dell'ammasso e sul suo grado di alterazione.

La classificazione geomeccanica di Bieniawski (sistema RMR) Prende in considerazione sei diversi parametri:

- R1) resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;
- R2) RQD (Rock Quality Designation);
- R3) spaziatura delle discontinuità;
- R4) condizioni delle discontinuità;
- R5) condizioni dell'acqua di falda;
- R6) orientazione delle discontinuità

Per ognuno dei primi cinque parametri viene attribuito un punteggio, che è massimo per le rocce di migliore qualità. Il punteggio massimo è diverso per ogni parametro, denotando la maggior importanza di alcuni rispetto ad altri nel descrivere il comportamento dell'ammasso roccioso, e, quindi, la sua qualità.

I valori dell'indice RMR (Rock Mass Rating), necessario per la classificazione, si ottengono:

$$\text{RMR}_{\text{base}} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

$$\text{RMR}_{\text{corretto}} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6$$

In base al rilevamento geomeccanico effettuato i nostri risultati possono essere riepilogati nella tabella sottostante:

PARAMETRI	VALORE	COEFFICIENTI NUMERICI	P
Co (MPa)	50 e 100	7	P1
RQD (%)	50 e 75%	13	P2
Spaziatura (m)	tra 0.2 e 6 m	15	P3
Condizioni discontinuità	Poco scabro	20	P4
Acqua	nessuna	15	P5
Orientamento	Mediocre	-25	P6
RMRa (asciutto)		52	
RMRb (di base)		67	
RMRc (corretto)		45	
QUALITA' DELLA ROCCIA	DISCRETA		

Considerando che i parametri di resistenza (coesione e angolo di attrito) dipendono dalle caratteristiche intrinseche dell'ammasso roccioso e sono indipendenti dalla geometria e giacitura delle discontinuità, se ne deduce, come precisato dallo stesso Autore, che i detti parametri si calcolano utilizzando l'indice RMR base:

la coesione è data da $c = 5 \times \text{RMRbase}$ (kN/m²)

l'angolo di attrito interno è dato da $\phi = 0,5 \times \text{RMRbase} + 5$ (°)

Nel nostro caso avremo:

CALCARE DOLOMITICO – CALCARE DI ALTAMURA		
Coesione c	Angolo di attrito interno	E
335 (kPa)	38.5 °	34.00 (GPa)

3.3.3 - Classificazione Geological Strength Index (GSI)

Il concetto sviluppato da Hoek e che è alla base del GSI è molto semplice: combinare l'assetto strutturale dell'ammasso con le caratteristiche delle discontinuità che lo separano, per arrivare ad un valore indice che permetta il suo utilizzo per una valutazione accurata della resistenza e della deformabilità di un ammasso roccioso. Il GSI nella sua forma più recente vede la sua valutazione affidata all'utilizzo di un semplice grafico (fig. 3) dove le caratteristiche strutturali dell'ammasso in termini di grado di fratturazione e disturbo tettonico sono intercorrelate con le caratteristiche della superficie delle discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento della frattura.

La definizione dell'Indice GSI comporta la valutazione degli stessi parametri necessari per la determinazione dell'Indice RMR con la differenza che il parametro "Venute d'acqua" viene tenuto fisso a 15 e con la differente formula risolutiva che comunque richiama parametri dell'indice RMR. In base alla classificazione dell'ammasso roccioso e della sua superficie di discontinuità è dunque possibile riferirsi a una specifica cella della tabella 5x5, la quale fornisce un intervallo di valori stimati per GSI nelle condizioni in esame così definito: "MOLTO FRATTURATO ammasso parzialmente disturbato con quattro o più famiglie di giunti a formare blocchi angolari a più facce."

Le scelte dei parametri utilizzati sono elencate e riassunte nei punti seguenti:

- **P1** (Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta): tra 25 e 50 [MPa], corrispondente al parametro 4.
- **P2** (Indice di recupero percentuale modificato RQD (RockQualityDesignation)): tra 50 e 70%, corrispondente al parametro 13.
- **P3** (Spaziatura delle discontinuità): tra 0.2 e 0.6 m, corrispondente al parametro 12.
- **P4** (Condizioni delle discontinuità): poco scabre, separazione < 1 mm, lembi duri, corrispondente al parametro 25.
- **P5** (Venute d'acqua): parametro fisso pari a 15.
- **P6** (Effetti della giacitura delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo): favorevole e Fondazioni come tipologia opera, corrispondente al parametro -2.

Si è pervenuto ad un indice GSI pari a: 53 rispondente a una qualità dell'ammasso roccioso

DISCRETA

Rock Type: <input type="text" value="General"/>	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
GSI Selection: <input type="text" value="53"/> <input type="button" value="OK"/>	DECREASING SURFACE QUALITY →				
STRUCTURE	DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓				
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	70	N/A	N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70	60	50	40
VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	70	60	50	40	30
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	60	50	40	30	20
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	50	40	30	20	10
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A	N/A	N/A	10

Fig. 05 Classificazione CSI

Relazione sulla classificazione mediante l'indice RQD, Deere (1964)

Le scelte dell'utente sono elencate e riassunte nei punti seguenti:

- ✓ il parametro RQD è stato ricavato da $J_v = 13.5$, --> $RQD = 72$
- ✓ per tale RQD corrisponde una qualità dell'ammasso roccioso **DISCRETA**

3 CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI

I dati desunti dagli studi geofisici effettuati sui terreni oggetto di studio (MASW2), 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 $h(\text{strato})$ e dalla velocità delle onde $S V_s(\text{strato})$.

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_{Seq} 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.

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO MASW01	V_{Seq}
B	571 m/s

La categoria di sottosuolo ai sensi del D.M. 14/01/2018 è di tipo B per tutte le aree che rientrano nel progetto in epigrafe.

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;

4 DEFINIZIONE DEL MODELLO LITOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI

In riferimento alle caratteristiche litotecniche dei terreni interessati dalle opere in progetto, va sottolineato che non si prevedono particolari opere di fondazione in quanto i pannelli fotovoltaici saranno posizionati su pali infissi e le cabine, prefabbricate, su una base di magrone. Le operazioni di sistemazione dei cavi, inoltre, comporterà l'escavazione di trincee di modesta entità in termini di ampiezza e profondità. I valori sotto riportati si riferiscono all'analisi dei dati presenti nella letteratura tecnica consultati dallo scrivente.

Fatte tali premesse, quindi, risulta che i terreni interessati dal progetto sono sostanzialmente rappresentati da rocce lapidee, ovvero:

- **Calcari** (Calcari di Altamura): rappresentano il substrato geologico le cui proprietà tecniche d'insieme sono controllate, in termini riduttivi, dalle discontinuità fisiche. Una caratteristica di tali terreni è la presenza di livelli o sacche di terreni sciolti, ovvero la tipica terra rossastre e fasce intensamente brecciate. Spesso, inoltre, si generano fessure molto aperte e veri e propri vuoti carsici.
- **Calcareniti** (Calcareniti di Gravina): in questo caso le proprietà tecniche sono strettamente correlate al grado di cementazione che, varia da debolmente a mediamente cementato. Le calcareniti, soprattutto nei livelli più superficiali e maggiormente esposti alla degradazione fisico-meteorica, presentano un grado di cementazione più basso, fino quasi a formare dei livelli di terreni sciolti. I dati su tali terreni indicano i seguenti valori medi per alcune delle principali proprietà tecniche

I parametri geotecnici dei terreni interessati dal progetto in epigrafe sono il risultato del rilievo geomeccanico effettuato nell'area di studio (SG1 e SG2):

Litotipo	γ_c (kN/m ³)	c_k (kPa)	ϕ_c (°)	E (MPa)
Calcarenite Massiva	24.51	298.5	41	20531.74
Calcere di Altamura	25.53	335	38.5	35000

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.

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In base a ciò che è emerso in occasione delle indagini geognostiche integrative effettuate è risultato quanto segue:

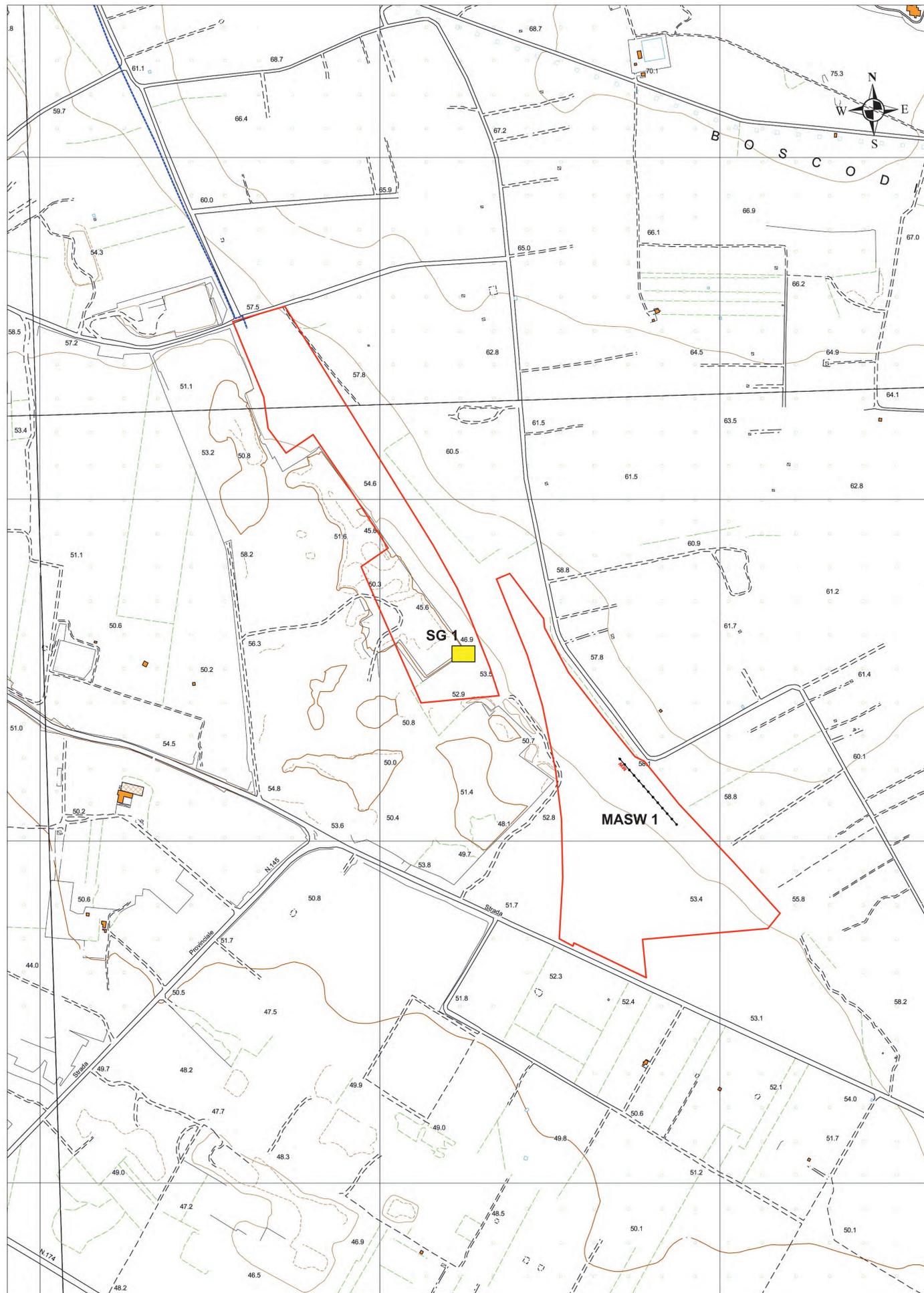
- I parametri geotecnici relativi ai terreni nelle quali sarà insediata la S.E. MT/AT e lo stallo in AT presso la C.P. denominata "Ruggianello" sono i seguenti:

Litotipo	γ_k (kN/m ³)	c_k (kPa)	φ_k (°)	E (MPa)
Calcere di Altamura	25.53	335	38.5	35000

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

Potenza, Agosto 2021

Dott. Geol. Soldo Giovanni



1:2.000



LEGENDA

Indagini pregresse

- Indagine geofisica MASW1
- Stazione di misurazione per rilievo geomeccanico (SG1)

Indagini integrative eseguite

- Indagine geofisica MASW3
- Stazione di misurazione per rilievo geomeccanico (SG3)

COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO REGIONE PUGLIA

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 12.045,60 KW, COLLEGATO AD UN PIANO AGRONOMO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA

Denominazione Impianto: **IMPIANTO AVETRANA 1**

Ubicazione: Comune di Avetrana (TA) Località Strada Provincia n.145

ELABORATO
029700_IST_R - Geo-03INT

UBICAZIONE DELLE INDAGINI INTEGRATIVE

Progetto - Commissioning - Consulting	Scala -	PROGETTO
Dr. IRROZZELLI N. 24, Pavia, Corso L. B. 2, 40	1:500000	
AVETRANA S.r.l.		
Piazza Mellini San Vito, 8		
72010 Avetrana		
Provincia di Taranto		
P.I.A. 0207001014		

Revisione	Descrizione	Autore	Approvato	Adottato
01	Approvazione			
02	Revisione			
03				
04				

AVETRANA S.r.l.
Piazza Mellini San Vito, 8 - 72010 Avetrana (TA) - P.I.A. 0207001014

