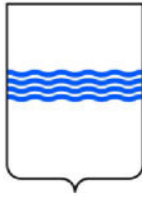


REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI MONTEMILONE



Denominazione impianto:

PERILLO SOPRANO

Ubicazione:

**Comune di Montemilone (PZ)
Località "Masseria Perillo Soprano"**

Foglio: 26

Particelle: varie

PROGETTO DEFINITIVO

per la realizzazione di un impianto agrovoltaico da ubicare nel comune di Montemilone (PZ) in località "Masseria Perillo Soprano", potenza nominale pari a 18,8727 MW in DC e potenza in immissione pari a 18 MW AC, con sistema di accumulo da 10 MW, e delle relative opere di connessione alla RTN ricadenti nello stesso comune.

PROPONENTE



AMBRA SOLARE 35 SRL
Sede Legale: VIA TEVERE n. 4 - 00198
ROMA (RM)
Partita IVA: 16110871007
pec:ambrasolare35@legalmail.it

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

Tav. n° A.2.

Aggiornamenti	N	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
	Rev 0		Novembre 2021			

PROGETTAZIONE

Dott. Ing. SAVERIO GRAMEGNA
Via CADUTI DI NASSIRIA, 179
70022 - ALTAMURA (BA)
Ordine degli Ingegneri di Bari n. 8443
PEC: saverio.gramegna@ingpec.it
Cell: 3286812690



progettista:
js

Dr Geol ANTONIETTA CILUMBRIELLO
Studio Tecnico Geologia, Energia & Ambiente
Via Delle Puglie, 24
85013 - Genzano di Lucania (PZ)
qgeo.lab@gmail.com
mob: 347/1848562



Antonietta Cilumbriello

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

Indice

-	1. PREMESSA.....	- 2 -
-	2. UBICAZIONE GEOGRAFICA E VINCOLI NORMATIVI.....	- 3 -
-	3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	- 3 -
-	4. GEOMORFOLOGIA, STRATIGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO.....	- 5 -
	4.1 STRATIGRAFIA E CARATTERI GEOTECNICI DEL TERRENO DI FONDAZIONE-	5
-		
	4.2 GEOMORFOLOGIA.....	- 6 -
	4.3 IDROGEOLOGIA	- 6 -
-	5. SISMICITA' DELL'AREA E QUADRO SISMOTETTONICO	- 7 -
	5.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO E PARAMETRI SISMICI	- 8 -
-	6. CONCLUSIONI	- 11 -
-	BIBLIOGRAFIA	- 13 -

- **1. PREMESSA**

Su incarico ricevuto dalla società AMBRA SOLARE 35 S.R.L. lo scrivente, Dr.ssa Antonietta CILUMBRIELLO (iscritto all'albo dei Geologi di Basilicata al n. 452), ha eseguito lo studio geologico a supporto del progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico da ubicare nel comune di Montemilone (PZ) in località "Masseria Perillo Soprano", potenza nominale pari a 18,8727 MW in DV e potenza in immissione pari a 18 MW in AC con sistema di accumulo da 10 MW, e delle relative opere di connessione alla RTN ricadenti nel medesimo comune.

L'elaborato è stato redatto in conformità a quanto previsto dalle predette normative.

- **legge n. 64/74;**

- **L.R. n. 38/97;**

- **N.T.C. D.M. 17/01/18.**

Lo studio è stato realizzato principalmente attraverso l'acquisizione e l'interpretazione di dati stratigrafici, geotecnici e sismici pregressi.

In dettaglio, il lavoro ha previsto le seguenti fasi:

- raccolta bibliografica degli studi geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area e rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio di un areale significativo intorno alla zona di interesse.

- identificazione di eventuali vincoli presenti nell'area;

- studio della sismicità;

- ricerca bibliografica su eventuali campagne di indagini geognostiche e sismiche esistenti. Nello specifico, la stratigrafia del sito in esame e le caratteristiche geotecniche del sottosuolo dell'area sono state ricostruite con l'ausilio e l'analisi stratigrafica dei depositi di diverse sezioni stratigrafiche naturali e artificiali ubicati nei pressi dell'area di progetto, integrate dai dati di sottosuolo provenienti da numerosi sondaggi geognostici realizzati per la ricerca di acqua sotterranea. Inoltre, la consultazione di una campagna di indagini sismiche pregresse eseguite in un'analoga situazione stratigrafica nell'area urbana del comune di Montemilone (All. A.12.a.7) ha consentito di ricavare il profilo di Vs dell'area interessata alla realizzazione del progetto. La correlazione stratigrafica dei dati geognostici con il rilevamento di terreno ha consentito di ricostruire le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del terreno di fondazione e le unità litostratigrafiche che costituiscono il piano di sedime dell'opera di progetto. Inoltre, l'analisi multitemporale di cartografia storica, fotoaeree e ortofoto acquisite negli ultimi anni, hanno consentito di valutare la stabilità del versante e l'eventuale presenza e l'evoluzione di eventuali dissesti presenti nell'area;

- definizione dello schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea ed identificazione delle caratteristiche di permeabilità dei complessi idrogeologici riconosciuti;

- elaborazione dei dati raccolti, realizzazione della cartografia geologica e geomorfologica e definizione della sezione litotecnica e del modello geologico.

La presente relazione geologica è finalizzata alla descrizione dei seguenti aspetti geologici, idrogeologici e geotecnici:

- - i caratteri geologico-strutturali generali;
- - i lineamenti geomorfologici della zona nonché gli eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali;
- - la successione stratigrafica locale;
- - lo schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- - l'analisi della sismicità e del quadro sismotettonico dell'area e ricostruzione di un modello sismostratigrafico utile all'individuazione della risposta sismica locale del sito;
- - il modello geologico e geotecnico del sottosuolo e l'eventuale presenza di variazioni laterali e verticali delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni;

Lo studio geologico ha come obiettivo finale quello di fornire i dati utili alla definizione di una soluzione progettuale relativa al tipo e alla profondità delle fondazioni della struttura di progetto adeguata alle caratteristiche geologiche e geotecniche del sito e si compone dei seguenti allegati:

- All. A.12.a.7 - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE
- All. A.12.a.8 - CARTA GEOLOGICA
- All. A.12.a.9 - CARTA GEOMORFOLOGICA
- All. A.12.a.10 - CARTA IDROGEOLOGICA
- All. A.12.a.11 - SEZIONE GEOLOGICA E MODELLO GEOLOGICO-TECNICO
- All. A.12.a.12 - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA

- **2. UBICAZIONE GEOGRAFICA E VINCOLI NORMATIVI**

L'area di studio è ubicata in Località "Masseria Perillo Soprano" nel settore occidentale comune di Montemilone (PZ) e ricade nella sezione 435160 della Carta Tecnica Regionale della Regione Basilicata in scala 1:10000 (All. A.12.a.7).

L'analisi del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (AdB) della Regione Puglia (All. A.12.a.12) evidenzia che le aree sulle quali insisterà l'impianto agrofotovoltaico non è sottoposta a vincoli di natura idrogeologica.

- **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

L'area in esame è ubicata nell'avanfossa della catena sudappenninica ("Fossa bradanica", Tropeano et al., 2002, e bibliografia contenuta), un bacino di sedimentazione plio-pleistocenico compreso tra la catena appenninica meridionale ad ovest e l'avampaese apulo ad est. Il margine appenninico (fronte della catena) è costituito da una serie di successioni (Formazione dei Galestri, Flysch Rosso,

Argille varicolori, Flysch Numidico, Unità di Serra Palazzo e Unità della Daunia) strutturate secondo un ventaglio imbricato (Pescatore et al., 1999 e bibliografia contenuta). I terreni più antichi sono costituiti dalle successioni, appartenenti alle Unità Lagonegresi, della Formazione dei Galestri, del Flysch Rosso e delle Argille varicolori. La Formazione dei Galestri (Cretacico inferiore) è caratterizzata da una monotona alternanza di calcari, marne silicee e peliti, seguita da flussi gravitativi calcareo-clastici alternati a marne e argille rosse (Flysch Rosso, Cretacico superiore-Eocene) e da una successione molto caotica a prevalente componente argillosa (Argille varicolori). La pro-secuzione stratigrafica della successione pelagica Lagonegrese è rappresentata dai depositi del bacino Numidico di età Oligocene superiore-Miocene inferiore (Pescatore et al., 1999) che in questo settore della catena sono rappresentati dal solo Flysch Numidico.

I depositi della Fossa bradanica costituiscono una potente successione plio-pleistocenica spessa 3-4 km (Tropeano et al., 2002, e bibliografia contenuta). Le parti affioranti della successione, costituite da depositi di mare basso, sono rappresentate dalla Formazione delle calcareniti di Gravina, un deposito clastico carbonatico che ricopre in discordanza le successioni carbonatiche dell'avampese, su cui poggia la Formazione delle Argille subappennine. Il margine appenninico della Fossa bradanica, conosciuto in gran parte grazie a dati di pozzo, è caratterizzato da un approfondimento del bacino, infatti la Formazione delle Argille subappennine poggia su depositi torbiditici di mare profondo potenti 2000 metri che verso il basso passano ad argille marnose (emipelagiti). I depositi siltoso-argillosi grigio-azzurri delle argille subappennine sono ricoperti da placche di depositi di ambiente di transizione e continentali (Sabbie di Monte Marano e Conglomerati di Irsina), riconducibili alla progressiva emersione del sistema di avanfossa iniziata nel Pleistocene inferiore (Tropeano et al., 2002). Nel complesso la parte alta della successione dell'avanfossa Bradanica è rappresentata da sequenze deposizionali regressive di spessore limitato, riconducibili a sistemi di transizione (spiaggia, delta) e continentali (fluviali). Tali terreni sono noti in letteratura come Sabbie di Monte Marano; Sabbie dello Staturo e Conglomerato di Irsina (Tropeano et al., 2002 e bibliografia contenuta) e formano ampi pianori suborizzontali terrazzati dall'approfondimento medio-supra pleistocenico del reticolo idrografico. Tale risposta geomorfologica è la conseguenza del sollevamento tettonico e dell'attività di faglie ad alto angolo che ha interessato questo settore dal Pleistocene inferiore-medio (Schiattarella et al., 2006) e che ha anche determinato la genesi del bacino endoreico di Venosa (Martino & Schiattarella, 2010), riempito da depositi fluvio-lacustri epiclastici di età mediopleistocenica.

Nell'area di progetto affiorano i seguenti litotipi: i) conglomerati poligenici attribuibili alla successione, del Pleistocene inferiore-medio, nota in letteratura come Conglomerati di Irsina (All. A.12.a.8); ii) sabbie e limi-sabbiosi giallastri passanti verso il basso a depositi più francamente limosi e limoso-argilloso di colore grigio-azzurro.

- 4. GEOMORFOLOGIA, STRATIGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

4.1 STRATIGRAFIA E CARATTERI GEOTECNICI DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Il rilevamento geologico eseguito in un'areale più esteso rispetto al sito in esame e l'integrazione dei dati geognostici provenienti dall'analisi stratigrafica di un pozzo con stratigrafia da archivio nazionale delle indagini del sottosuolo dell'ISPRA (ubicazione dell'indagine nell'All. A.12.a.7; sintesi dei dati in Fig. 1a) hanno consentito di ricostruire, per una profondità di circa 20 m, la stratigrafia del terreno di sedime dell'impianto fotovoltaico. L'area interessata dal progetto è interpretabile come un terrazzo erosionale impostato sul top di conglomerati poligenici attribuibili alla successione del Pleistocene inferiore-medio, nota in letteratura come Conglomerati di Irsina (Tropeano et al., 2002). Essi mostrano un buon grado di addensamento, un assetto da massivo a clasto-sostenuto e una stratificazione sub-orizzontale; è presente un'abbondante matrice sabbiosa arrossata, che localmente forma dei livelli decimetrici e/o delle lenti.

In sintesi, la stratigrafia del sito in esame è, dall'alto verso il basso, la seguente:

- circa 20 m di conglomerati poligenici da poco a mediamente addensati (unità litotecnica UC, All. A.12.a.11). I clasti si presentano subarrotondati, hanno dimensioni variabili, da alcuni centimetri ad alcuni decimetri e sono costituiti da arenarie, calcareniti e calcilutiti riconducibili a successioni fliscioidi. La matrice è arenitica e con elementi quarzosi e calcarei. Tali depositi si presentano mal stratificati e con un assetto geometrico sub-orizzontale. Questi depositi passano verso il basso, con un contatto mai brusco ma caratterizzato dall'aumento delle intercalazioni sabbiose e limose, a depositi fini, rappresentati da sabbie e limi-sabbiosi giallastri e, ancora più in profondità, a depositi limosi e limoso-argilloso di colore grigio azzurro. I conglomerati poligenici sono a loro volta ricoperti da una sottile coltre di terreno vegetale.

La caratterizzazione geotecnica dei depositi che caratterizzano il sottosuolo di progetto è stata effettuata sulla base dei risultati di prove pregresse di caratterizzazione geotecnica e geomeccanica dei depositi affioranti nell'area (si veda ad esempio, Carbone & Tucci, 2008; Fig. 1b).

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei conglomerati poligenici, l'impossibilità di prelevare campioni indisturbati *in situ* o durante l'esecuzione di sondaggi geognostici rende difficile la loro caratterizzazione geotecnica. Indagini geomeccaniche tramite prove sclerometriche *in situ* realizzate con un martello di Schmidt di tipo L in sezioni stratigrafiche ubicate nei pressi dell'area di progetto hanno fornito valori medi dell'indice di rimbalzo pari a 45 (Fig. 1c). La correlazione (Aydin & Basu, 2005; Saptono et al., 2013) tra l'indice di rimbalzo ricavato dalle misure sclerometriche e la resistenza a compressione uniassiale dei conglomerati e valutazioni delle caratteristiche meccaniche tramite la metodologia di Bieniawsky (1989) indicano valori di angolo di resistenza al taglio maggiori di 35°. Ulteriori indagini geomeccaniche basate su prove di Point Load Test (Carbone &

Tucci, 2008) sui conglomerati poligenici hanno fornito una resistenza a compressione uniassiale media di 213 kg/cm²; l'insieme di questi dati e valutazioni quantitative basate sul criterio di Hoek et al. (2002) (Fig. 1c) permettono di confermare i parametri geotecnici ricavati dal numero di colpi equivalenti delle sabbie ghiaiose addensate.

In base a tali correlazioni empiriche estrapolate in maniera cautelativa e conservativa, si possono considerare i seguenti parametri geotecnici della tabella 1 per le unità litotecniche ricostruite per l'area di interesse (All.A.12.a.11).

Tab. 1 – Parametri geotecnici delle unità litotecniche ricostruite.

Unità litotecnica UC- Conglomerati poligenici da moderatamente a ben addensati con rare intercalazioni di sottili livelli di sabbie medie (Spessore 15-20 m circa):

$\gamma = 2,2 \text{ g/cm}^3$	21,5 kN/m ³	Peso di volume naturale
$c' = 0,1 \text{ kg/cm}^2$	9,8 kN/m ²	Coesione drenata
$\phi' = 29^\circ$		Angolo di attrito interno efficace

4.2 GEOMORFOLOGIA

Il sollevamento tettonico dell'avanfossa bradanica ha determinato il terrazzamento dell'ampia pianura costiera infra-medio pleistocenica, i cui relitti sono oggi rappresentati dall'ampio terrazzo dislocato a diverse altezze a causa dello sviluppo, dal Pleistocene inferiore, di faglie ad alto angolo ad andamento NW-SE (associate in una struttura a gradinata), SO-NE e N-S.

Attualmente, questi terrazzi pleistocenici sono solcati, specialmente nella parte a ridosso della catena appenninica, da profonde e larghe incisioni dovute all'azione erosiva e all'incisione dei corsi d'acqua a recapito adriatico.

La conformazione orografica dell'area di sedime dell'impianto agrofotovoltaico, ubicata sul top del terrazzo erosionale in conglomerati, fa rientrare il sito di interesse nella categoria topografica T1 (< 15°; ai sensi del D.M. 14/01/2008). Le modeste pendenze del sito e le osservazioni geomorfologiche più dettagliate basate sullo studio di foto aeree e di aereofotogrammetrie (Volo IGM del 1990 a scala 1:33000; Ortofoto AGEA del 2008 a scala 1:5000; Carta Geologica d'Italia dell'I.G.M. a scala 1:25.000) e sul rilevamento di campagna consentono di appurare che il sito in studio, allo stato attuale, non è interessato da fenomeni di dissesto in atto.

4.3 IDROGEOLOGIA

Nel complesso la situazione stratigrafica dell'area in oggetto è caratterizzata da una successione, dal basso verso l'alto, di: conglomerati sabbie e sabbie limose. In questa sequenza stratigrafica, la successione può essere considerata permeabile nei primi 15-20 m di sottosuolo (All.A.12.a.10) e quindi si può escludere l'assenza di significative falde nei primi metri di sottosuolo. Tuttavia, la presenza di livelli e lenti più fini nei conglomerati e nelle sabbie fluvio-lacustri può conferire un certo grado di eterogeneità all'acquifero, con modeste variazioni della permeabilità sia in senso verticale

che orizzontale. Tali caratteri idrostratigrafici potrebbero creare, localmente, modeste falde effimere.

Dal punto di vista idrogeologico la successione conglomeratica è caratterizzata da terreni con valori di permeabilità medio con (K) di 10^{-1} - 10^{-2} cm/sec. Aumenti del valore di permeabilità si possono avere nei conglomerati in presenza di fratturazioni. I depositi sabbiosi e sabbioso-limosi presentano caratteristiche di permeabilità variabili con coefficiente medio (K) presunto di 10^{-3} - 10^{-4} cm/sec. Verso il basso, con il passaggio stratigrafico ai depositi argillosi e limi argillosi, il coefficiente medio (K) corrisponde a valori di circa 10^{-9} cm/sec.

- 5. SISMICITA' DELL'AREA E QUADRO SISMOTETTONICO

Il territorio del Comune di Montemilone si trova ai margini delle strutture tettoniche sismogenetiche dell'Appennino meridionale e ha risentito in passato anche debolmente degli effetti prodotti dalle zone sismogenetiche del Promontorio del Gargano. Nel territorio di Montemilone non sono mai ricaduti epicentri di terremoti di forte intensità. I terremoti che hanno interessato l'abitato di Montemilone di provenienza appenninica o garganica sono indicati nella tabella 2:

*Osservazioni sismiche disponibili per Montemilone (PZ) [41,028; 15,968]
(database Macrosismico Italiano DMBI04 redatto dall' INGV e disponibile al sito internet <http://emidius.mi.ingv.it>)*

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw	Rt	Rt1
8-9	1851	08	14	13	20		Basilicata	9-10	6.33	CFTI	BOA997
8	1456	12	05				MOLISE	10	6.96	DOM	MLA988
8	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	10-11	6.87	CFTI	BOA997
7-8	1688	06	05	15	30		Sannio	11	6.72	CFTI	BOA997
7-8	1857	12	16	21	15		Basilicata	10-11	6.96	CFTI	BOA997
7-8	1930	07	23		08		Irpinia	10	6.72	CFTI	BOA997
6	1962	08	21	18	19	30	Irpinia	9	6.19	CFTI	BOA997
6	1990	05	05	07	21	17	POTENTINO	7	5.84	BMING	BMING
5-6	1991	05	26	12	25	59	POTENTINO	7	5.22	BMING	BMING
5	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	8-9	5.87	CFTI	BOA997
4-5	1889	12	08				APRICENA	7	5.55	DOM	MEM985
4-5	1933	03	07	14	39		BISACCIA	6	5.13	DOM	GDTSP
4	1915	01	13	06	52		AVEZZANO	11	6.99	DOM	MOA996
4	1951	01	16	01	11		GARGANO	7	5.27	DOM	MEM985
4	1963	02	13	12	45		TITO	7	5.26	DOM	GDTSP
4	1984	05	07	17	49	42	Appennino abruzzese	8	5.93	CFTI	BOA000
3-4	1966	07	06	04	24		LUCANIA	4	4.62	DOM	GDTSP
3-4	1996	04	03	13	04	35	IRPINIA	6	4.92	BMING	BMING
2	1892	04	20				GARGANO	6-7	5.15	DOM	GDTSP
2	1904	04	08	08	22		GARGANO	6-7	4.98	DOM	GDTSP
NF	1892	06	06				TREMITI	6-7	5.07	DOM	GDTSP
NF	1899	08	16		05		IRPINIA	6	4.83	DOM	GDTSP
NF	1905	11	26				IRPINIA	7	5.32	DOM	GDTSP
NF	1913	10	04	18	26		MATESE	7-8	5.40	DOM	MOR990
NF	1984	04	29	05	02	59	GUBBIO/VALFABBRICA	7	5.68	DOM	GDTRD
NF	1988	04	26		53	45	ADRIATICO CENTRALE	5	5.43	BMING	BMING

I_s = intensità sismica (scala Mercalli, Cancani, Seaborg)
 I_o = massima intensità (epicentro); M_w = magnitudo (scala Richter)

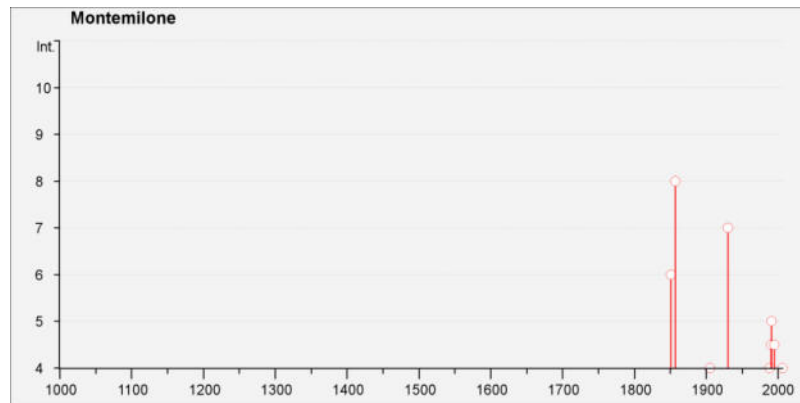


Tabella 2 - Diagramma rappresentante la storia sismica del Comune di Montemilone.

La definizione dell'azione sismica secondo le Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC08; D.M. del 14 gennaio 2008, G.U. n.29 del 04/02/2008) viene effettuata sulla base della Carta della Pericolosità sismica del territorio nazionale (Mappa di Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale dell'INGV, <http://esse1-gis.mi.ingv.it>), espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005). La mappa è stata elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 sulla base di uno studio della probabilità che si verifichi un terremoto con intensità pari ad una certa soglia in un determinato intervallo temporale (Stucchi et al., 2011). Sulla Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale dell'INGV, l'area di interesse si colloca nella nuova zonazione sismica 2b ed è caratterizzata da un'accelerazione attesa PGA subzona di 0.225 g ed una coppia magnitudo-distanza della sorgente sismogenetica di, rispettivamente 6.3 Mw e 30 Km.

5.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO E PARAMETRI SISMICI

In accordo con il D.M. del 17/01/2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, la definizione dell'azione sismica di progetto è effettuata, oltre che sulla base della categoria macrosismica del sito di interesse, anche in base ad uno studio della risposta sismica locale oppure, in alternativa, ad un approccio semplificato della risposta sismica che si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo del sito.

Nell'areale di studio, le indagini sismiche pregresse hanno consentito di ricostruire il profilo di $V_{S,eq}$ e quindi di ricavare la classe di suolo per l'utilizzo dell'approccio semplificato per lo studio dell'azione sismica. La ricostruzione dei profili di velocità delle onde P e S e delle loro variazioni laterali è stata effettuata sulla base dell'interpretazione di una campagna pregressa di indagini sismiche (ubicazione nell'All. A.12.a.7, sintesi dei risultati nella Fig. 1d), realizzata in un'area dalle analoghe caratteristiche stratigrafiche rispetto all'area di progetto.

La prospezione sismica di tipo MASW si basa sullo studio delle onde superficiali (onde di Rayleigh e Love) attraverso un approccio che prevede la generazione di un impulso sismico (metodo attivo). Il metodo attivo prevede la registrazione di onde generate da una sorgente impulsiva, a differenza delle indagini di tipo passivo (prova ESAC o REMI), che registrano il rumore di fondo (microtremori) prodotto da sorgenti naturali (ad es. il vento) ed antropiche (ad es. il traffico e le attività industriali). Tale indagine, finalizzata al calcolo delle $V_{s,eq}$ (valore medio delle velocità delle onde di taglio fino alla profondità del bedrock o nei primi 30 metri se il bedrock sismico si trova al di sotto di tale profondità), è stata impiegata in combinazione con i dati sismici ricavati dalle misure di microtremori a stazione singola per la definizione della classe di suolo di fondazione sulla base dei criteri progettuali in materia antisismica delle NTC del 17 gennaio 2018. La prova MASW si basa sulla misura delle onde superficiali di Rayleigh o di Love lungo uno stendimento sismico costituito da geofoni verticali o orizzontali. In un mezzo stratificato le onde superficiali sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. La proprietà dispersiva delle onde superficiali consente di ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s e, in particolare, l'analisi spettrale del segnale registrato consente di produrre un grafico Frequenza/Velocità di Fase (curva di dispersione, Dal Moro, 2012), dal quale, per inversione, si ottiene il profilo verticale delle V_s .

La misura di microtremori a stazione singola è un'indagine di sismica passiva che determina il rapporto tra la componente orizzontale e quella verticale del "rumore" sismico a diverse frequenze (HVSR, Nakamura, 1989). L'indagine sismica ricostruisce, utilizzando una terna di geofoni (due orizzontali e uno verticale) con la medesima risposta/sensibilità in termini di ampiezza, una curva HVSR, la cui robustezza e significatività dal punto di vista statistico è misurata attraverso i ben noti criteri SESAME (Sesame Project, 2000). I criteri SESAME analizzano sia la curva nel suo insieme che il livello di significatività di eventuali picchi. L'analisi delle curve H/V e degli spettri da cui esse derivano (componenti spettrali nelle direzioni N-S, E-O e verticale o spettri di Fourier), consente di ottenere informazioni sui principali contatti sismostratigrafici; i cui picchi di risonanza, rappresentativi dei contrasti di impedenza, indicano il valore di amplificazione espresso dal rapporto H/V (dove H è la componente orizzontale del moto del suolo; V è la componente verticale del moto del suolo; il rapporto H/V rappresenta la funzione di trasferimento della radiazione sismica alla superficie) alle rispettive frequenze. Inoltre, noto il modello del sottosuolo con le relative velocità delle onde sismiche, è possibile ottenere anche informazioni sulla profondità dei contatti sismostratigrafici (Sesame Project, 2000).

La determinazione della $V_{s,eq}$ risulta essere fondamentale per la definizione della categoria dei suoli

secondo l'inquadramento della nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Il D.M. 17/01/2018 definisce cinque categorie principali di suoli:

Tab. 3.2.II delle NTC 2018:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30m, 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per la stima del valore di V_{seq} è stata adottata la seguente formula:

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

dove: $V_{S,i}$ è la velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato

h_i è lo spessore dell' i -esimo strato

N è il numero di strati compresi tra il piano campagna e la profondità del bedrock sismico (nei primi 30 m se la profondità del bedrock è superiore a tale profondità)

H è la profondità del bedrock sismico e risulta uguale a 30 m se il bedrock è presente al di sotto di tale profondità.

Le analisi di sismica hanno consentito di delineare le caratteristiche sismiche e le velocità delle onde sismiche dei terreni analizzati (Fig. 1d).

Il modello del terreno ricavato dal processo di elaborazione dell'indagine sismica MASW ricostruisce una profondità del bedrock sismico superiore ai 30 m.

La velocità media di propagazione delle onde S entro i primi 30 m tenendo conto degli spessori degli strati è pari a: $V_{seq} = 331 \text{ m/s}$ (Fig. 1d). Tale dato permette di classificare il terreno di fondazione, in accordo con la tabella 3.2.II delle NTC 2018, come di **tipo C**.

- 6. CONCLUSIONI

Lo studio riportato nella seguente relazione ha fornito un quadro dettagliato delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, litotecniche e sismiche dei terreni presenti nell'area di progetto.

Lo studio stratigrafico di dettaglio e l'integrazione con i dati geognostici e geofisici del sito in esame hanno permesso di ricostruire un modello geologico-tecnico costituito dalle seguenti unità litotecniche (cfr. All.A.12.a.11): circa 20 m di conglomerati poligenici da ben addensati a cementati (Unità litotecnica UC, All.A.12.a.11). I clasti si presentano subarrotondati, hanno dimensioni che vanno da alcuni centimetri ad alcuni decimetri e sono costituiti da arenarie, calcareniti e calcilutiti riconducibili a successioni fliscioidi. La matrice è arenitica e con elementi quarzosi e calcarei. Tali depositi si presentano mal stratificati e con un assetto geometrico sub-orizzontale.

L'area non ricade in aree sottoposte a vincolo idrogeologico dalla strumentazione urbanistica vigente e dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Puglia (All. A.12.a.12). Il rilevamento geomorfologico e dall'analisi multitemporale di cartografia storica, fotoaeree e ortofoto ha consentito di verificare che le aree di ingombro dell'impianto fotovoltaico, non sono interessate, allo stato attuale, da fenomeni di dissesto.

Da un punto di vista idrogeologico, le rocce affioranti nell'area, sulla base delle caratteristiche di permeabilità, possono essere definite porose a permeabilità media.

In base all'analisi di un'indagine sismica pregressa di tipo MASW effettuata in un'analogia situazione stratigrafica rispetto a quella dell'area di studio, è stato possibile stimare un valore di V_{s30} pari a **331 m/s**, che permette di classificare il **sottosuolo come di tipo C**; mentre la **categoria topografica è T1**.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione sono state desunte, in questa fase progettuale, da indagini non esaustive. Quindi, nella fase esecutiva del progetto dovranno essere previste specifiche indagini.

Durante l'esecuzione delle opere, il terreno di sedime dovrà essere protetto dall'azione erosiva delle acque superficiali e sotterranee, sia durante le fasi di costruzione che ad opera finita. In particolare, le acque di ruscellamento devono essere regimentate con appositi sistemi di drenaggio superficiale, senza alterare il normale deflusso, al fine di garantirne l'allontanamento ed evitare che siano intercettate dalle opere in questione; le acque di dilavamento dovranno essere controllate con apposite opere di raccolta e smaltimento, così come le strutture interrato devono essere provviste di adeguate sistemazioni idrauliche a tergo. Il materiale di sterro deve essere accuratamente allontanato a discarica ovvero se utilizzato per terrazzamenti, messo in opera per strati non superiori a 30 cm debitamente compattati; eventuali opere di contenimento, devono essere fondate sul substrato non degradato.

In questa fase progettuale, da quanto sopra esposto, si esprime parere favorevole per i settori di propria competenza al progetto di realizzazione dell'impianto agrofotovoltaico, di cui la presente relazione costituisce parte integrante.

Potenza, 25/11/2021

Dott.ssa Geologa

Antonietta Cilumbriello



- BIBLIOGRAFIA

- AYDIN A, BASU A (2005) - The Schmidt hammer in rock material characterization. *Engineering Geology*, 81, 1-14.
- BIENIAWSKI Z.T. (1989) – Engineering rock mass classification. John Wiley & Sons.
- CARBONE R. & TUCCI M. (2008) – Relazione Geologica. Allegato al Regolamento Urbanistico del Comune di Venosa.
- DAL MORO G. (2012) - Onde di superficie in geofisica applicata. Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR. D. Flaccovio, Palermo, pp. 191.
- DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.
- HOEK, E., CARRANZA-TORRES, C. AND CORKUM, B. (2002) Hoek-Brown criterion –2002 edition. Proc. NARMS-TAC Conference, Toronto, 2002, 1, 267-273.
- MARTINO C. & SCHIATTARELLA M. (2010) - Bent and multi-bevelled landscape in the foreland of southern Italy. *Rendiconti online della Società Geologica Italiana*, 10,, 76-79
- NAKAMURA, Y. (1989) – A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research Inst. (RTRI)*, 30, 25-33.
- PESCATORE T., RENDA P., SCHIATTARELLA M. & TRAMUTOLI M. (1999) - Stratigraphic and structural relationships between Meso-Cenozoic Lagonegro basin and coeval carbonate platforms in southern Apennines, Italy. *Tectonophysics*, 315, 269-286.
- SAPTONO, S., KRAMADIBRATA, S., SULISTIANTO, B., (2013) - Using the Schmidt Hammer on Rock Mass Characteristic in Sedimentary Rock at Tutupan Coal Mine. *Procedia Earth and Planetary Science* 6, 390-395.
- SCHIATTARELLA M., DI LEO P., BENEDEUCE P., GIANO S.I., MARTINO C. (2006) - Tectonically driven exhumation of a young orogen: an example from the southern Apennines, Italy. In: WILLETT S.D., HOVIUS N., BRANDON M.T. & FISHER D. (eds): “Tectonics, climate, and landscape evolution”. Geological Society of America, Special Paper 398, Penrose Conference Series, 371–385.
- SESAME PROJECT (2004) – Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations - Measurements, processing and interpretation. European Commission, n° EVG1-CT-2000- 00026 - <http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/>.
- STUCCHI M., MELETTI C., MONTALDO V., CROWLEY H., CALVI G.M., BOSCHI E. (2011) - Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 101(4), 1885– 1911.
- TROPEANO M., SABATO L. & PIERI P. (2002) – Filling and cannibalization of foredeep: the Bradanic Trough, Southern Italy. In: JONES S. J. & FROSTICK L. E. (Eds) – *Sediment Flux to Basins: Causes and Consequences*. Geological Society of London, Special Publication, 191, 55-79.
- Riferimenti normativi*
- Deliberazione della Giunta Regionale 6 ottobre 2009 n. 1706 - Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008. Redazione e deposito dei progetti. Microzonazione sismica. Carta di pericolosità locale. Prime direttive.
- DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI. *Supplemento ordinario* n. 8 alla *GAZZETTA UFFICIALE*. Serie generale - n. 42. 20-2-2018.
- Norme tecniche di attuazione del PIANO DI BACINO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) (2005) - Autorità di Bacino della Puglia.
- ORDINANZA PCM 3519 DEL 28 APRILE 2006, ALL. 1B - Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale dell'INGV. <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.
- Gruppo di Lavoro (2004). “Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20 mar-

zo 2003” Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

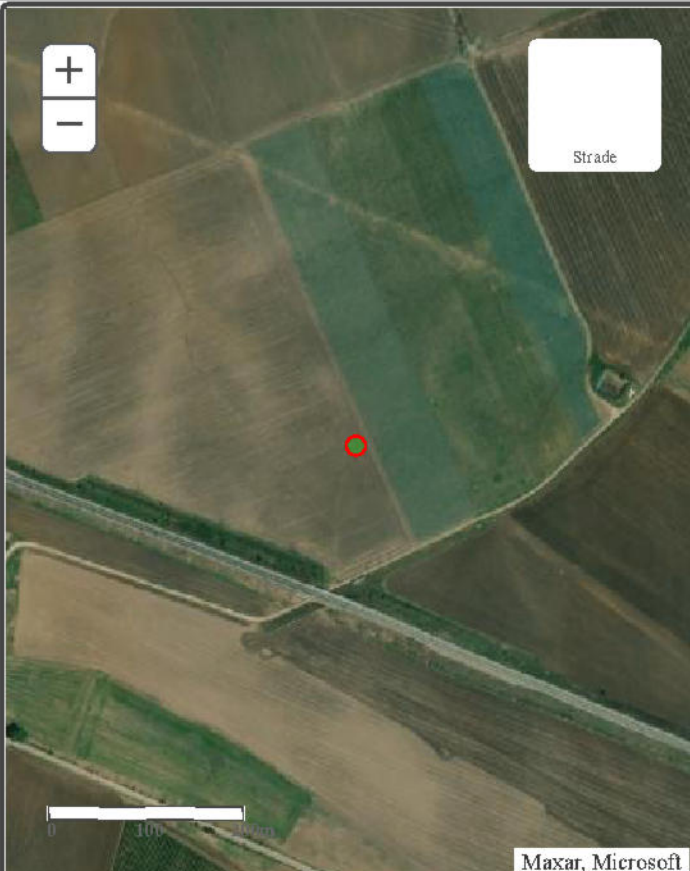
GRUPPO DI LAVORO MS (2008) – Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Provincie autonome, Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Cd-rom.

Legge Regionale 24 dicembre 2008, n. 31 art. 35 - Modifica alla legge regionale n. 23/1999 – Tutela, Governo ed Uso del Territorio

Legge Regionale n. 19 del 28/10/2011. “Modifica all'art. 3 della L.R. 7 giugno 2011, n. 9 – Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica”

 <p>ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</p>  <p>Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente</p>	<p>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</p>
--	--

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<p>Codice: 162614 Regione: BASILICATA Provincia: POTENZA Comune: MONTEMILONE Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 105,00 Quota pc slm (m): 377,00 Anno realizzazione: 1988 Numero diametri: 0 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 0 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 2 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 10 Longitudine WGS84 (dd): 15,910611 Latitudine WGS84 (dd): 40,988719 Longitudine WGS84 (dms): 15° 54' 38.20" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 59' 19.40" N</p> <p>(*):Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>	

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
nov/1988	69,00	75,00	6,00	6,500
nov/1988	69,00	81,00	12,00	11,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	2,00	2,00		TERRENO AGRARIO VEGETALE
2	2,00	33,00	31,00		CONGLOMERATO: CIOTTOLI, GHIAIE E SABBIE COMPATTI E CEMENTATI
3	33,00	38,00	5,00		SABBIE FINI LIMOSE
4	38,00	41,00	3,00		CONGLOMERATO
5	41,00	43,00	2,00		SABBIE FINI LIMOSE
6	43,00	46,00	3,00		CONGLOMERATO
7	46,00	51,00	5,00		SABBIE FINI LIMOSE
8	51,00	55,00	4,00		CONGLOMERATO
9	55,00	74,00	19,00		ARENARIA
10	74,00	105,00	31,00		SABBIE SCIOLTE CON ACQUA

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI CONGLOMERATI POLIGENICI UNITÀ LITOTECNICA UC

laboratorio
geotecnico
Geotest
s.p.a. s.r.l. di **Carbone Andrea & C.**

Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972.238231 - geotest@tiscolinet.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA CERTITALIA

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 52489/11-10-2004 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

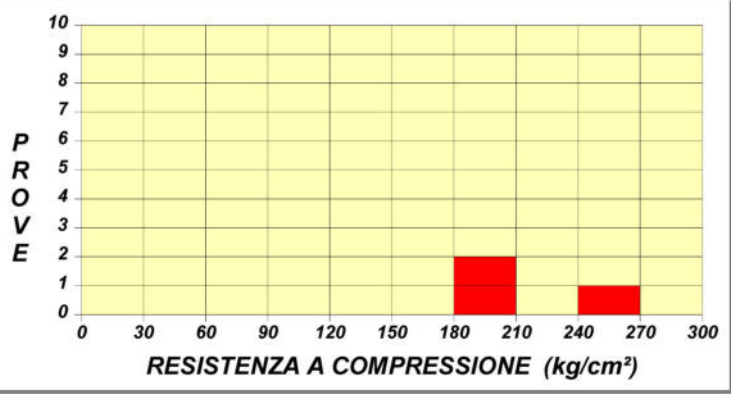
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00623 Pagina 1/1
 VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 45 del 05/04/11 DATA DI EMISSIONE: 06/04/11
Inizio analisi: 05/04/11 Fine analisi: 05/04/11

COMMITTENTE: Comune di Venosa
RIFERIMENTO: Regolamento Urbanistico - Comune di Venosa (PZ)
SONDAGGIO: 1 **CAMPIONE:** 1 **PROFONDITA':** m ====

POINT LOAD TEST

Modalità di prova: Norma ISRM 1985

RESISTENZA A COMPRESSIONE
 $\sigma = F \times Is(50)$ $F =$ 18
 Prove eseguite 3
 Valore massimo (kg/cm²) 245,33
 Valore medio (kg/cm²) 213,00
 Valore minimo (kg/cm²) 188,89



CARATTERISTICHE FISICHE
 Umidità naturale (%): 6,8
 Peso di volume (g/cm³): 2,38

Prova n°	Forma Rottura	Piani di debolezza	Altezza mm	Larghezza mm	Carico kg/cm²	Indice Is kg/cm²	Indice Is(50) kg/cm²	Resist. a compr. kg/cm²
1	A	A	65,0	120,0	992,43	9,993	13,630	245,33
2	A	A	58,0	145,0	810,03	7,565	10,494	188,89
3	A	A	71,0	135,0	971,84	7,963	11,377	204,78

Forma del provino e tipo di rottura
 A - Blocco
 B - Cilindrico - rottura diametrale
 C - Cilindrico - rottura assiale
 D - Informe

Posizione dei piani di debolezza
 A - Assenti
 B - Perpendicolari alla direzione del carico
 C - Paralleli alla direzione del carico
 D - In direzioni varie

142R-11

Software SGE0

LO SPERIMENTATORE
 Geom. DI LUCCHIO Antonello
Antonello Di Lucchio

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
 dott. Geol. CARBONE Raffaele
Raffaele Carbone

Fig.1b

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI CONGLOMERATI POLIGENICI

indagine geomeccanica con martello di Schmidt tipo L

Indagine geomeccanica Gm1

Calcolo del JCS con martelli di Schmidt di tipo L

Angolo di inclinazione del martello (°): 90

Densità della roccia (kN/m³): 22

Valori di rimbalzo: 40, 42, 42

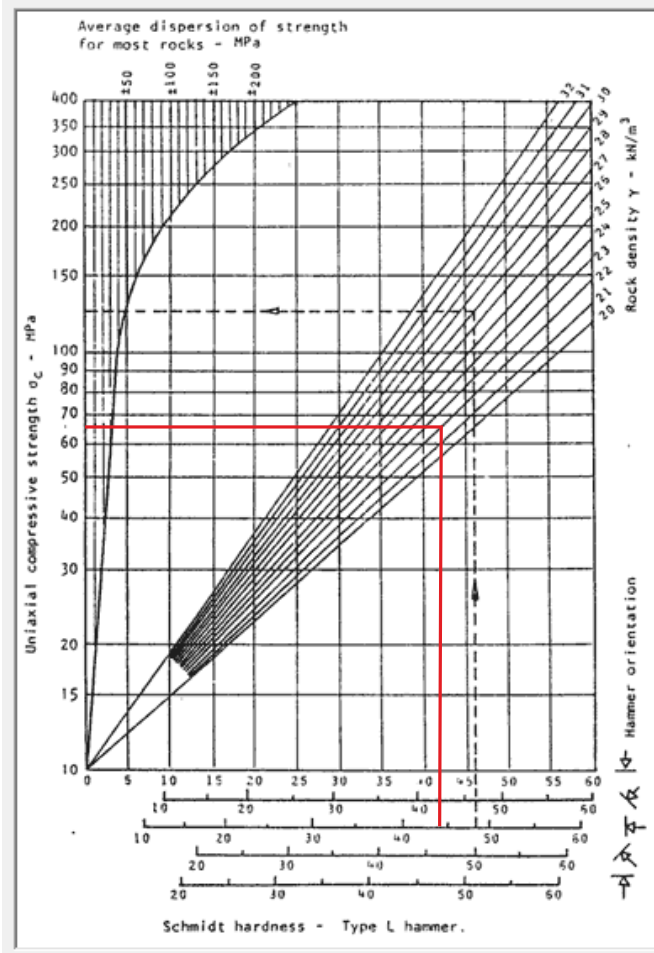
44, 44, 44, 44, 46, 46, 46, 46, 44, 44, 44, 44, 46, 46, 46, 44, 44, 44

Media dei valori di rimbalzo maggiori: 45.4 ± 0.84

Media di tutti i valori di rimbalzo: 44.3 ± 1.19

JCS (MPa) 68 (calcolato scartando i valori inferiori)

Grafico di correlazione tra il valore medio di rimbalzo e la resistenza a compressione uniaassiale dei conglomerati



Calcolo dei parametri geotecnici dal criterio di Hoek-Brown
Dati generali

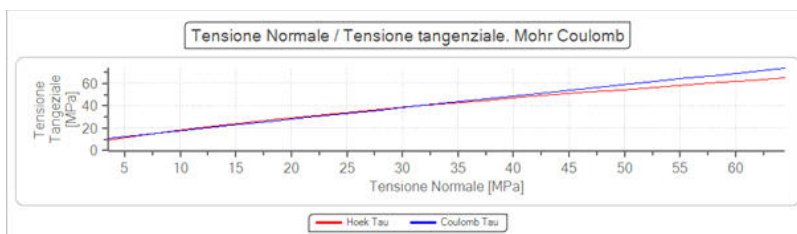
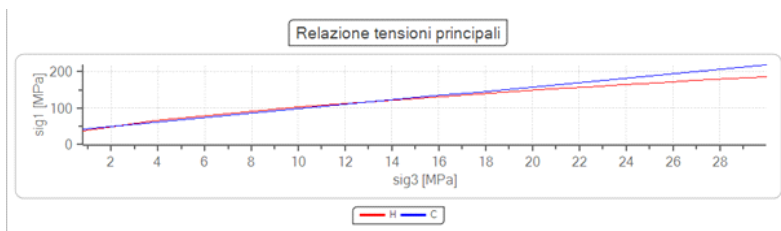
Committente Ing. Lacolla
Cantiere Venosa Località Notarchirico
Latitudine 40.9552
Longitudine 15.8653

Classificazione Hoek-Brown
Resistenza alla compressione uniaassiale [σ_{ci}] 77.000 Mpa
Geological Strength Index [GSI] 80
Costante ammasso roccioso [m_i] 21.000
Fattore di disturbo [D] 0.0
Modulo di elasticità [E_i] 0.00 MPa
Modulo MR [MR] 350

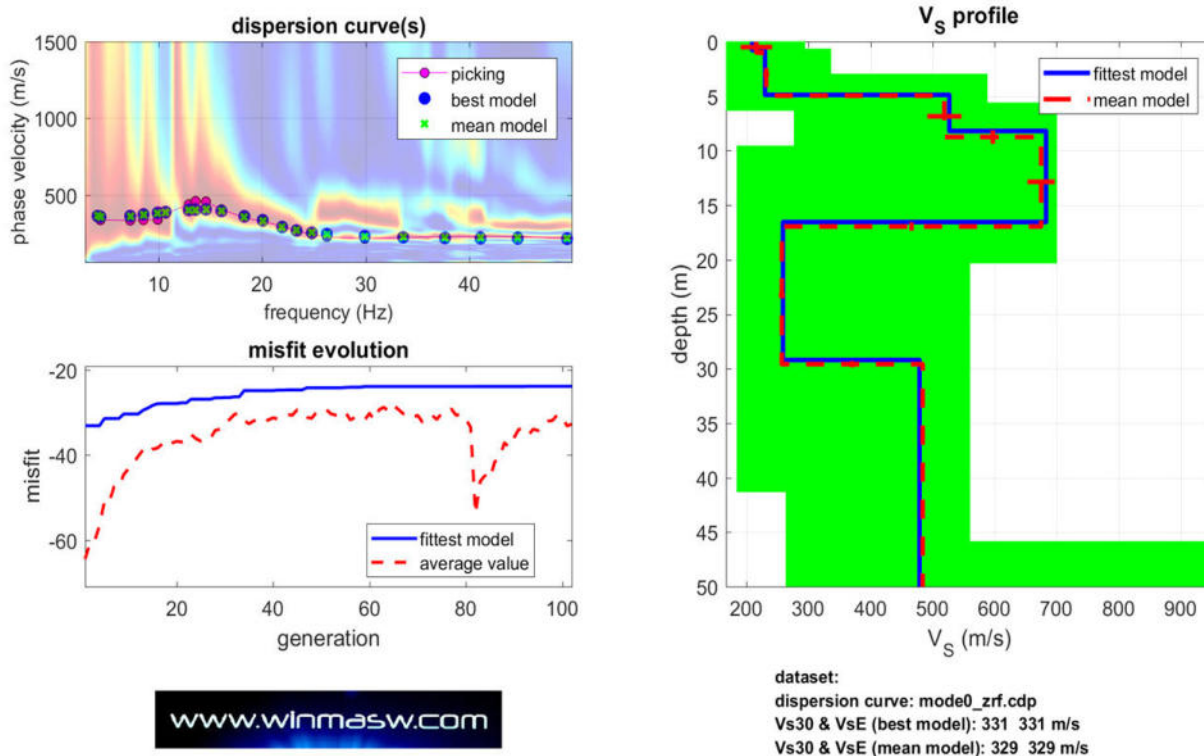
Limite superiore tensione confinamento
Applicazione Generale
Profondità 0.00 m
Peso unità di volume 22.000 KN/m³

Criterio di Hoek-Brown
Valore ridotto di m_i [m_b] 10.280
Costanti ammasso roccioso [s] 0.1084
Constant rock mass [a] 0.501
Tensione confinamento [σ_{3max}] 19.3 Mpa

Parametri ammasso roccioso
[σ_{gt}] 0.8 Mpa
[σ_{gc}] 25.3 Mpa
[σ_{gcm}] 37.6 Mpa
[Erm] 0.00 Mpa



SINTESI DEI RISULTATI DELLE INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW



www.wlmmasw.com

Subsurface Model

V_s (m/s): 209, 230, 527, 683, 259, 479, 537, 914

Standard deviations (m/s): 26, 5, 27, 22, 5, 14, 155, 272

Thickness (m): 0.8, 4.1, 3.3, 8.4, 12.7, 54.4, 37.6

Standard deviations (m/s): 0.2, 0.2, 0.6, 0.4, 0.3, 11.4, 4.8

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.89, 1.88, 2.08, 2.14, 1.90, 2.05, 2.0
2.15

Shear modulus (MPa) (approximate values): 83 99 577 998 128 471 593 179

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: mode0_zrf.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for V_p and Poisson (please, see manual)

V_p (m/s): 511, 479, 1097, 1422, 539, 998, 1006, 1492

Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

Vs30 and VsE (m/s): 331 331

Fig. 1d