

REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI
BARLETTA-ANDRIA-TRANI



COMUNE DI MINERVINO



Denominazione impianto:

SCAPANIZZA

Ubicazione:

**Comune di Minervino (BT)
Località "Scapanizza"**

Foglio: 47/44

Particelle: varie

PROGETTO DEFINITIVO

DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RTN DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 87.282,8 kWDC E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 76.429,92 kWAC, DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN RICADENTI NEI COMUNI DI MINERVINO (BT), VENOSA E MONTEMILONE (PZ) E PIANO AGRONOMOICO PER L'UTILIZZO A SCOPI AGRICOLI DELL'AREA.

PROPONENTE



SOLAR ENERGY VENTUNO S.r.l

SOLAR ENERGY VENTUNO SRL
Sede Legale: Via Sebastian Altmann n. 9
39100 Bolzano (BZ)
Partita IVA: 03084730211
PEC: solareenergyventuno.srl@legalmail.it

Codice Autorizzazione Unica 1YK00C8

ELABORATO

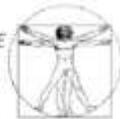
RELAZIONE GEOLOGICA

Tav. n° 3RG

Aggiornamenti	N	Data	Motivo
	Rev 0	Marzo 2021	Richiesta Provvedimento Autorizzativo Unico Regionale (P.A.U.R.) art. 27-bis D.lgs. 152/2006

PROGETTAZIONE

Dott. Ing. ANTONIO ALFREDO AVALLONE
Via Lama, 18
75012 - Bernalda (MT)
Ordine degli Ingegneri di Matera n. 924
PEC: antonioavallone@pec.it
cell: 339/7962182



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



SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Dr Geol. Antonietta Cilumbriello

INDICE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	5
3.1. Geologia di dettaglio dell'area di progetto	9
4. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE ED IDROLOGICHE	10
4.1 Caratteristiche morfologiche del sito di progetto	10
4.2 Idrografia ed Idrogeologia	10
4.3. Compatibilità Idrogeologica in conformità al P.A.I.	12
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE	13
6. MODELLAZIONE SISMICA DELL'AREA	16
6.1. Normativa sismica di riferimento	16
6.2. Caratterizzazione sismica dell'area.....	20
6.3. Pericolosità sismica di base	22
6.4. Caratterizzazione dinamica.....	25
7. RISPOSTA SISMICA LOCALE	27
8. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO.....	29
8.1. Stratigrafia	29
8.2. Caratterizzazione geotecnica.....	30
9. ANALISI DI STABILITA' DEL VERSANTE	33
10.CONCLUSIONI	34

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. PREMESSA

Su incarico ricevuto dalla Solar Energy Ventuno SRL, la Dr Antonietta Cilumbriello, geologa, iscritta all'Albo dei Geologi di Basilicata al n° 452, ha eseguito lo studio geologico relativo al progetto di un impianto solare fotovoltaico connesso alla RTN della potenza di picco pari a 87.282,8 kWDC e potenza in immissione pari a 76.429,92 kWAC, delle relative opere di connessione alla RTN ricadenti nei comuni di Minervino (BT), Venosa e Montemilone (PZ) e Piano Agronomico per l'utilizzo a scopi agricoli dell'area.

La seguente Relazione Specialistica ha lo scopo di fornire le informazioni utili all'autorizzazione di un impianto fotovoltaico connesso alla rete Nazionale comprensivo delle scelte progettuali per la connessione e realizzazione di impianti elettrici, in media tensione (MT – 30 kV) ed in alta tensione (AT – 150 kV), necessari alla connessione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica di potenza $P = 87.282,8 \text{ kWp}$ (lato corrente continua) come indicato nella relazione tecnica di dettaglio denominata "Relazione Tecnica Specialistica Tav PTO e_RT".

Di seguito sono descritte in maniera sintetica le opere impiantistiche utili alla realizzazione dell'impianto per l'immissione in rete meglio descritte nelle relazioni specialistiche contenute nel progetto.

La Società Solar Energy Ventuno Srl con sede in Bolzano (cap 39100, alla Via Sebastian Altmann n.9 -, P.IVA 03084740210, nell'ambito dei suoi piani di sviluppo di impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, prevede la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto, di potenza $P = 87.282,8 \text{ MWp}$, in località SCAPANIZZA, nel Comune di Minervino Murge (BT). A seguito della richiesta di connessione alla rete a 150 kV di RTN, e stata emessa da TERNA la STMG (Soluzione Tecnica Minima Generale), per la connessione, numero di pratica N° 202000003, che prevede la connessione su uno stallo a 150 kV della nuova Stazione a SE – 380 / 150 kV di TERNA di Montemilone.

La connessione dell'impianto prevede una linea di connessione in MT, a un livello di tensione di esercizio di 30 kV, che terminerà all'interno di una stazione elevatrice del produttore 30/150 kV, da cui, si dipartirà una linea in cavo interrato in AT – 150 kV, fino a raggiungere lo stallo a 150 kV predisposto da TERNA per la connessione. Come si vedrà più avanti, a livello di media tensione 30 kV si utilizzerà la connessione con la soluzione del "condominio condiviso", secondo la quale sullo stesso sistema a 30 kV si collegheranno due produttori, secondo le condizioni dettate da TERNA ed agli accordi tra i produttori stessi. I produttori che faranno parte del "condominio" tra questi l'impianto oggetto di autorizzazione denominato, **BIO-001 Minervino**.

Inoltre, nella "Relazione Tecnica Specialistica Tav PTO e_RT" si descrivono, tutte le pertinenze necessarie all'immissione dell'energia generata dall'impianto di produzione denominato **BIO-001 Minervino**.

Nella presente Relazione Specialistica si riferisce sulla caratterizzazione e la modellazione geologica ed idrologica del sito di progetto, estesa ad un adeguato intorno, dei caratteri litologici, stratigrafici, geomorfologici, idrogeologici, e sismici in modo da caratterizzare il contesto territoriale in cui si inseriscono le opere di progetto, con la finalità di verificare l' idoneità dell' area da un punto di vista geologico agli usi preposti.

Per la caratterizzazione geologica del substrato di fondazione, oltre ai dati bibliografici, sono stati utilizzati i risultati delle indagini svolte dalla scrivente in aree limitrofe a quella di progetto e su terreni dalle medesime caratteristiche geotecniche, dalle quali è stato possibile ricostruire la stratigrafia dei terreni di progetto oltre che desumere le caratteristiche litotecniche degli stessi, in via preliminare.

I risultati delle indagini consultate sono riportati nella presente relazione, illustrati graficamente negli elaborati che accompagnano la stessa e consistenti in:

1. Carta Geologica – scala 1:5.000 (Elaborato 3RGa)
2. Carta Geomorfologica – scala 1:5.000 (Elaborato 3RGb)
3. Carta Idrogeologica – scala 1:5.000 (Elaborato 3RGc)
4. Profili Geologici – scala 1:2.000 (Elaborato 3RGd)
5. Planimetria con ubicazione delle Indagini Geognostiche – scala 1:5.000 (Elaborato 3RGe)
6. Carta della pericolosità geomorfologica ed idraulica - scala 1:25.000 (3RGf)

Si ricorda, infine, che il Comune di Minervino, ai sensi dell' Ordinanza del Presidente del Consiglio n°3274 del 20/03/2003 pubblicata sulla G.U. del 08/05/2003 e del Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", è legalmente riconosciuto e classificato come "Zona Sismica 2".

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle "*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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*" del Ministero dei LL.PP. (D.M. 11/3/1988), della Legge n°64 del 02/02/74, del Decreto Ministeriale del LL.PP. del 16/01/1996, alla L.R. n°38 del 06/08/1997, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003, della Nota esplicativa dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 emanata dal Dipartimento della Protezione Civile – Ufficio Servizio Sismico Nazionale in data 04 giugno 2003, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3379 del 05/11/2004 art. 6, del Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*", il D.M. 14/02/2008 "*Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*", e il D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "*Norme Tecniche per le costruzioni*".

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La zona oggetto della presente indagine comprende terreni ricadenti in agro del comune di Minervino (Provincia di Barletta – Andria - Trani), in località Scapanizza. In particolare, l'area di progetto è ubicata a nord-ovest dell'abitato di Minervino, e si sviluppa tra due aree: area A che si sviluppa tra le quote di 200 m e 150 m s.l.m., e l'area B che si sviluppa tra le quote di 240 m e 200 m s.l.m. ed in prossimità della diga del Locone.

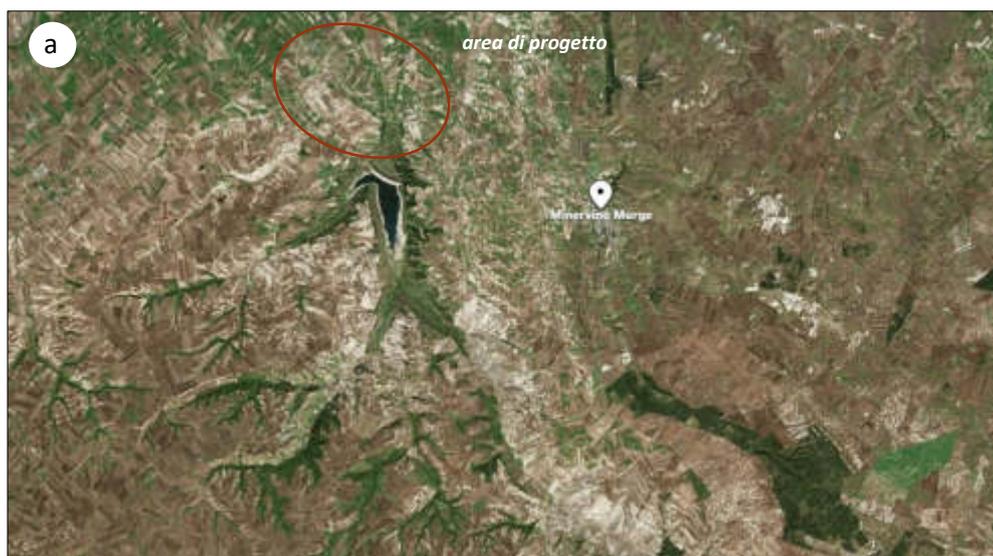


Fig. 1a) e b) – Ripresa fotografica aerea dell'area di progetto tratta da archivio interattivo di Bing.

Da un punto di vista cartografico la zona oggetto della presente indagine ricade a cavallo delle Tavole I.G.M. in scala 1:25.000 Foglio Geologico 436 IV/N.O. "Montegrosso" e Foglio Geologico 435 I/S.E. "Loconia". Per quanto riguarda i principali vincoli esistenti, si può dire che l'area oggetto dell'intervento non risulta sottoposta a vincoli per fini idrogeologici, ai sensi delle Norme del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico di Puglia e non rientra altresì nell'ambito della perimetrazione del vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. 2367/23.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Il territorio comunale di Minervino (PZ) è situato nella parte nord-orientale della regione Puglia, al confine con la Regione Basilicata. Fisiograficamente il territorio appartiene in parte al dominio strutturale della Fossa bradanica, ossia il bacino di sedimentazione plio-pleistocenico della Catena appenninica meridionale compresa tra la Catena appenninica ad ovest e l'Avampaese apulo ad est (Migliorini, 1937; Selli, 1962) (Fig. 2) e in parte al dominio strutturale dell'avampaese.

L'avanfossa bradanica, che è il contesto strutturale in cui ricade l'area di progetto, corrisponde alla porzione autoctona dell'avanfossa appenninica meridionale definita da Selli (1962). Secondo quest'ultimo il substrato di questa grande area bacinale è stato soggetto dal Cretaceo al Miocene, ad una ridottissima subsidenza; anzi, in quest'intervallo di tempo ha rappresentato per lunghi periodi un'area emersa, come indicano le ampie lacune stratigrafiche e le numerose trasgressioni. Solo nel Pliocene e nel Quaternario essa è stata soggetta ad una cospicua subsidenza, e in tale lasso di tempo ha assunto il carattere di vera e propria fossa. La Fossa bradanica si imposta su un substrato costituito dai calcari cretacei della piattaforma apula ribassati, verso SW, da un sistema di faglie ad andamento appenninico (Ciaranfi *et al.*, 1979) e a partire dal Pliocene inferiore costituisce un'area bacinale a sedimentazione terrigena. Al limite Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, la migrazione verso NE del fronte appenninico, che formava un angolo aperto a SE con il margine interno della placca apula in subduzione (Casnedi, 1988), determina, nel settore settentrionale del bacino, la convergenza tra queste due grandi unità del sistema orogenico meridionale (Pieri *et al.*, 1994; 1996). Questo motivo geodinamico segna l'inizio del colmamento del bacino con sedimentazione di mare poco profondo nell'area di convergenza, e la migrazione del depocentro dell'avanfossa verso SE in corrispondenza della cosiddetta Fossa di Salandra nel Bacino lucano (*sensu* Casnedi, 1988) dove avviene la sedimentazione torbiditica. Verso la fine del Pleistocene inferiore, inoltre, l'area di avampaese apulo, insieme all'adiacente settore di avanfossa appenninica, è interessata da sollevamento attribuito da alcuni autori a raggiustamento isostatico o *rebound* (Ciaranfi *et al.*, 1979; Patacca *et al.*, 1990), da altri a *buckling* della placca adriatica (piegamento litosferico indotto dalla spinta relativa verso est del mantello astenosferico che agisce sul piano di subduzione al di sotto degli Appennini; Doglioni *et al.*, 1994; 1996). Tale evoluzione del bacino bradanico è registrata dalla

successione di riempimento spessa alcuni chilometri. Tale successione è costituita dal basso da un intervallo argilloso-marnoso di base (Balduzzi *et al.*, 1982), spesso circa 100-150 m, di età variabile dal Pliocene inferiore al Pliocene medio, con tendenza al ringiovanimento verso E e verso SE (fase pre-torbiditica) (Casnedi *et al.*, 1982). Verso l'alto si passa ad un intervallo essenzialmente sabbioso-argilloso (intervallo sabbioso-argilloso intermedio *sensu* Balduzzi *et al.*, 1982), anch'esso di età progressivamente più recente procedendo da NW verso SE (fase torbiditica *sensu* Casnedi *et al.*, 1982). Secondo Casnedi *et al.* (1982), contemporaneamente alla sedimentazione torbiditica, la fossa si riempie di accumuli di materiale alloctono derivanti dal margine interno del bacino, in seguito a scivolamenti gravitativi a loro volta dovuti alla natura plastica ed incoerente del substrato paleogenico-miocenico sollevato e mobilizzato. La presenza di queste coltri alloctone era già stata messa in luce da una serie di perforazioni e di profili sismici eseguiti presso il margine appenninico della Fossa bradanica (Carissimo *et al.*, 1962). La porzione di successione affiorante ha uno spessore massimo di circa 600 metri, e corrisponde alla cosiddetta fase post-torbiditica *sensu* Casnedi *et al.* (1982) e alle Argille e sabbie sommitali (*sensu* Balduzzi *et al.*, 1982). Si tratta principalmente di argille siltose emipelagiche che passano verso l'alto a depositi silicoclastici grossolani di ambiente marino poco profondo (Valduga, 1973). I depositi della fase post-torbiditica *sensu* Casnedi *et al.* (1988) sono in letteratura noti anche come i depositi del ciclo regressivo della Fossa bradanica (Ricchetti, 1965, 1967) e sono rappresentati dal basso verso l'alto dalla formazione delle argille subappennine, dalla formazione delle Sabbie di Monte Marano e dalla formazione del Conglomerato di Irsina, quest'ultimo a luoghi eteropico alle Sabbie dello Staturo e delle Argille Calcigne (Azzaroli *et al.* 1968a, b; Ricchetti, 1965, 1967; Valduga, 1973; Patacca & Scandone 2001; 2004).

Essi, dai più antichi ai più recenti, presentano le seguenti caratteristiche geolitologiche:

- Calcarenite di Gravina Q_{tc}^c (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore): Calcareniti bianche o giallastre, più o meno cementate, con frammenti di coralli, echini, ostreidi e pettinidi.
- Argille subappennine Q_a^c (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore): argille marnose e argille siltose abbastanza compatte, di colore grigio azzurro a cui, soprattutto nella parte alta della formazione si intercalano livelli sabbiosi con spessori variabili dal centimetro al metro. Lo spessore è estremamente variabile: al centro della fossa si aggira su qualche centinaio di metri, in prossimità delle Murge si riduce fino ad annullarsi. Dal punto di vista strutturale costituiscono una monoclinale immergente a sud-est con inclinazione di 6°/10°.
- Sabbie di Monte Marano Q_{cc}^c (Pleistocene inferiore): sabbie quarzoso-calcaree, giallastre, incoerenti, a luoghi cementate, con intercalazioni di lenti conglomeratiche. Lo spessore di quest'unità è variabile e può raggiungere i 100 m nel settore depocentrale della fossa e ridursi notevolmente verso i bordi.
- Conglomerato di Irsina Q_g^c (Pleistocene inferiore-medio): deposito ghiaioso-conglomeratico, stratificato con lenti sabbiose e rare lenti argillose. Lo spessore di questa unità è variabile da circa 30 m fino a pochi metri in prossimità del bordo murgiano.
- Sabbie dello Staturo q_s^1 (Pleistocene inferiore-medio): sabbie fini quarzoso-micacee, con lenti conglomeratiche e stratificazione incrociata evidente. Il colore è prevalentemente

rosso e risultano prive di fossili. Il loro spessore varia da pochi decimetri ad una quindicina di metri. Generalmente si rinviene intercalata tra le Sabbie di Monte Marano ed il Conglomerato di Irsina, ma non forma un livello continuo, essendo spesso eteropica del conglomerato.

- Argille Calcigne q^1_a (Pleistocene inferiore-medio): argille siltose grigie con concrezioni calcaree, spesse al massimo pochi metri. Rappresenta una formazione eteropica delle Sabbie dello Staturo.



Fig. 2 – Carta geologica schematica dell'Appennino meridionale.

In erosione sui depositi del ciclo bradanico si rinvengono una serie di depositi di età variabile dal Pleistocene superiore (?) all'attuale. Tali depositi sono rappresentati dai *depositi alluvionali antichi* e *depositi alluvionali recenti ed attuali*. Questi depositi sono attribuiti a fasi di erosione e sedimentazione successive al colmamento del bacino bradanico.

A partire dal deposito più antico a quello più recente si descrivono le principali caratteristiche geologiche:

- Deposit *alluvionali antichi (at₂)* (Pleistocene superiore): depositi siltoso-argillosi con lenti conglomeratiche ed una, non sempre ben evidente, morfologia terrazzata. Sono riferibili alle fasi di alluvionamento successive alle incisioni delle valli del Bradano e del Basentello.

- Depositi alluvionali recenti e attuali (α^2) (Olocene): limi argillosi con sostanza organica diffusa e residui vegetali, di colore marrone giallastro, associati a scheletro ghiaioso; la struttura è assente.

Lo stralcio del Foglio Geologico 176 “Barletta” della Carta geologica d’Italia in scala 1:100.000 (Fig. 3), mostra in sintesi la geologia dell’area investigata.

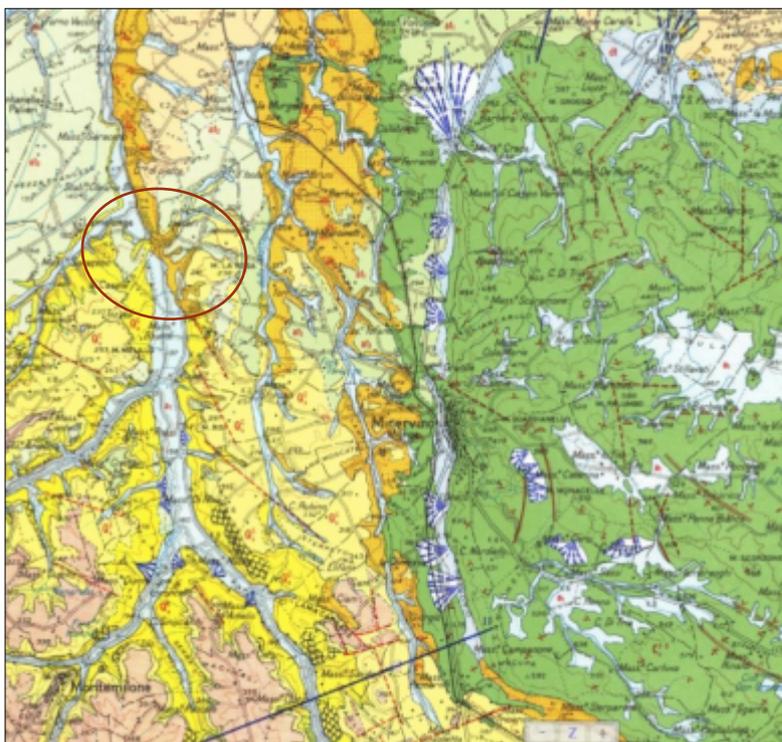


Fig. 3 – Stralcio Foglio Geologico n°176 “Barletta” in scala 1:100.000

3.1. Geologia di dettaglio dell'area di progetto

La ricostruzione litostratigrafica è scaturita dal rilevamento geologico di superficie, esteso ad un'area più ampia rispetto a quella strettamente interessata dal progetto.

Le caratteristiche peculiari delle formazioni presenti sono di seguito descritte, dall'alto verso il basso stratigrafico:

- **Depositi alluvionali recenti ed attuali.** Unità costituita prevalentemente da sedimenti ciottoloso-sabbiosi e posti a ridosso del letto dell'attuale alveo dei corsi d'acqua.
- **Depositi alluvionali terrazzati.** Depositi siltoso-argillosi con lenti conglomeratiche ed una, non sempre ben evidente, morfologia terrazzata.
- **Conglomerato di Irsina.** Unità costituita da elementi poligenici, eterometrici, di natura calcarea, marnosa, arenacea e silicea ed a luoghi di natura granitica. Presenta una tessitura clasto-sostenuta, con matrice sabbiosa grossolana tra i clasti e cemento carbonatico. Quest'ultimo conferisce al deposito un grado di cementazione medio-alto. La stratificazione è da suborizzontale ad incrociata concava. Possono essere presenti grosse lenti sabbiose e/o argillose.
- **Sabbie di Monte Marano.** Unità costituita prevalentemente da sabbie a granulometria da medio-grossolane a fini e/o finissime, composizione calcareo-quarzosa e colorazione giallo-ocra. All'interno si rinvencono livelli, strati e/o banchi da centimetrici a metrici di arenarie cementate. Sono altresì presenti intercalazioni di strati limoso-argillosi, grigiastri, a luoghi dello spessore metrico. Gli strati sabbiosi presentano una stratificazione da piano-parallela ad obliqua a basso angolo (stratificazione gibbosa), a luoghi sono bioturbate tanto da risultare massive; gli strati limoso-argillosi presentano strutture sedimentarie tipo *ripples* da onda e/o rampicanti. A varie altezze stratigrafiche si rinvencono lenti e/o corpi ghiaioso-conglomeratici di spessore variabile fino alla decina di metri. I clasti che li costituiscono sono principalmente poligenici, eterometrici, di natura calcarea, marnosa, arenacea e silicea ed a luoghi di natura granitica. Tali corpi presentano tessitura clasto-sostenuta, con molta matrice sabbiosa grossolana tra i clasti e cemento carbonatico.
- **argille subappennine.** Unità argilloso-limosa, di colore grigio-azzurro, con intercalazioni di strati sabbiosi fini. Costituisce una successione monotona con stratificazione indistinta, a luoghi, messa in evidenza dalla presenza di strati limosi di colore giallo chiaro. Lo spessore, nell'area rilevata, è di circa 25-30 m.
- **Calcareniti di Gravina.** Calcareniti bianche o giallastre, più o meno cementate, con frammenti di coralli, echini, ostreidi e pettinidi

La **Carta Geologica** mostra la sintesi del rilevamento geologico effettuato nell'area di studio (ELABORATO 3RGa).

4. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE ED IDROLOGICHE

4.1 Caratteristiche morfologiche del sito di progetto

L'area di interesse si colloca nel contesto morfologico-strutturale della Fossa bradanica che è un'area in gran parte occupata da terreni argillosi e sabbioso-conglomeratici che costituiscono un paesaggio dalla morfologia collinare caratterizzato da rilievi, spesso isolati, e versanti di tipo tabulare a sommità pianeggiante. La sommità degli altopiani è caratterizzata dalla presenza di sedimenti conglomeratici, sabbiosi e arenacei, come testimonianza dell'ultima azione di un mare in fase di colmamento. Tali depositi, in quest'area, sono incisi da un importante corso d'acqua, il fiume Ofanto, e da una serie di affluenti ed una rete idrografica secondaria normalmente attiva solo nella stagione piovosa.

In quest'area, il sollevamento quaternario ed il conseguente approfondimento dei corsi d'acqua, a partire dalle colline sabbioso-conglomeratiche, è stato graduale ed è testimoniato dalla presenza di lembi di terrazzi alluvionali disposti a varie quote sui fianchi delle principali valli.

L'area di progetto è morfologicamente rappresentata da due superfici sub-pianeggiante leggermente inclinate a NE ed incise lateralmente dal torrente Locone e dai suoi tributari. Piccoli avvallamenti si riconoscono sul territorio e non sono nient'altro che la rete idrografica che anticamente interessava quest'area. Questi paleoalvei costituiscono ora aree di "avvallamenti" e rappresentano zone di richiamo e deposizione preferenziale dei materiali fini, con fenomeni, in alcuni casi, di ristagno idrico. Non sono state rilevate aree caratterizzate da instabilità.

In conclusione, il sito in oggetto non presenta per un ampio raggio di contorno superfici con notevoli cambi di pendenza e soprattutto non è interessato da fenomeni di degrado e d'instabilità superficiale e profondi e tanto meno da fenomeni legati alle vicende fluviali.

Le caratteristiche topografiche dell'area di interesse fanno rientrare il sito nella **categoria topografica T1** (pendenza inferiori a 15°, ai sensi del D.M. 14/01/2008), come si evince dalla Profili Geologici riportati nell'ELABORATO 3RGB.

4.2 Idrografia ed Idrogeologia

Il Fiume Ofanto è il corso d'acqua più importante dell'area. Nasce in Irpinia a ridosso dei comuni di Torella dei Lombardi e Nusco a 715 m s.l.m. e scorre da O verso E, attraversando la Campania, la Basilicata e la Puglia dove sfocia nel Mar Adriatico tra i territori di Barletta e Margherita di Savoia. Di natura pluviale, ha un regime di acque accentuatamente torrentizio, quindi una portata molto variabile in funzione delle condizioni climatiche e di piovosità del periodo temporale con una portata media alla foce di 15 mc al secondo. Durante il suo percorso accoglie diversi affluenti: piccoli corsi d'acqua a carattere torrentizio tra i quali si annoverano, relativamente all'apporto significativo di volumi di acque, in Basilicata, la Fiumara di Atella ed il torrente Locone in Puglia.

L'area di progetto ricade nell'ambito di un sottobacino del Fiume Ofanto che è il sottobacino del torrente Locone. Il torrente ha origine nel comune di Spinazzola in Località Paredano nei pressi della Masseria Epitaffio; delimita il confine amministrativo tra l'agro dei comuni di Spinazzola e Montemilone a sinistra e di Minervino Murge a destra, fino allo sbarramento della diga del Lago Locone. A valle della diga il fiume attraversa Minervino e Canosa di Puglia per sfociare alla destra del fiume Ofanto nei pressi della Masseria Locone. Un tributario molto importante è il Loconcello. L'impianto solare fotovoltaico si sviluppa a nord dello sbarramento della Diga del Locone dove si rinviene un reticolo idrografico poco ramificato con aste di I e II ordine. I fossi non sono molto incisi e le valli hanno una tipica forma ad U in conseguenza dei depositi sabbioso-limosi ed argilloso che incidono.

Dal punto di vista della circolazione idrica sotterranea l'area di studio ricade nel dominio strutturale della Fossa bradanica, dominato dalla presenza di un potente substrato impermeabile costituito dalla formazione delle argille grigio-azzurre, localmente sabbiose, a cui si sovrappongono localmente terreni marini e alluvionali permeabili per porosità.

Tale situazione stratigrafica associata alla scarsa fratturazione delle rocce e a contatti stratigrafici suborizzontali determina l'esistenza di due importanti tipi di acquiferi. Il primo acquifero è presente nei depositi sabbiosi riferibili alla formazione delle Sabbie di Monte Marano, caratterizzato da permeabilità media ed affioranti in corrispondenza dei principali rilievi collinari. Dalla letteratura i depositi sabbiosi ed i sovrastanti depositi conglomeratici che nell'area non sono affioranti, sono caratterizzati da un valore di K (coefficiente di permeabilità) compreso tra $1 \cdot 10^{-1}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ cm/sec. Aumenti del valore di permeabilità si possono avere nei conglomerati in presenza di fratturazioni. Un altro importante acquifero si rinviene nell'ambito dei depositi della Calcarenite di Gravina (Area B dell'intero impianto fotovoltaico), principalmente per fratturazione.

Il secondo acquifero si identifica con quelli presenti nei depositi alluvionali del Pleistocene superiore-Olocene, caratterizzati da una buona permeabilità per porosità. Tali acquiferi sono in genere monostrato, a superficie libera, di spessore, estensione ed importanza variabile in funzione della geometria e della granulometria del deposito; in questo caso, le risorse idriche disponibili sono funzione dello spessore del materasso alluvionale, che si aggira intorno ai 20 metri, e delle precipitazioni meteoriche.

Il sito di progetto si sviluppa completamente nell'ambito del primo acquifero, dove i terreni affioranti sono principalmente depositi sabbiosi (Area A) e depositi sabbiosi e calcarenitici (Area B).

Nei terreni di progetto, dai rilievi effettuati, si ritiene non sia presente una circolazione idrica sotterranea importante e a profondità tali da interferire con le opere di progetto. Alcuni pozzi sono stati rinvenuti nei dintorni dell'area di progetto.

4.3. Compatibilità Idrogeologica in conformità al P.A.I.

L'area in esame, come riportato nell'EABORATO 3RGf "Carta della Pericolosità Geomorfologica ed Idraulica" del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia ricade, ricade in zone in cui non sono state cartografate aree a pericolosità geomorfologica né idraulica (Fig. 4). Come si evince inoltre dal protale cartografico

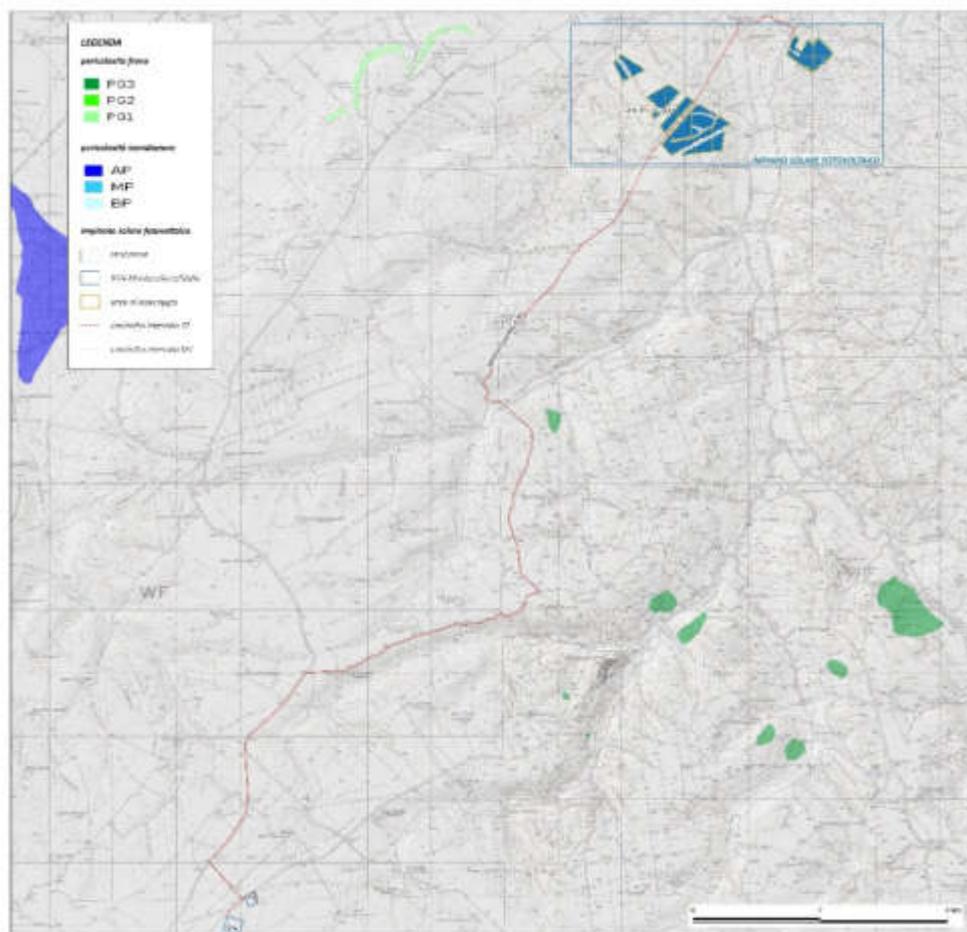


Fig. 4 – Carta del Rischio Idrogeologico dell'AdB di Basilicata

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la ricostruzione della successione stratigrafica dei terreni oggetto di intervento e la determinazione dei parametri geotecnici ci si è serviti di dati di letteratura e di dati provenienti da indagini eseguite dalla scrivente in aree caratterizzate dall'affioramento di terreni dalle medesime caratteristiche litotecniche. In particolare, sono state utilizzate le indagini MASW per la determinazione delle velocità V_s nei primi 30 m di profondità.

5.1.1. Indagini sismiche per la stima del V_{s30} - MASW

Le prove MASW sono molto utili per ricavare il parametro V_{s30} richiesto dalla nuova normativa sismica (O.P.C.M. 3274), in maniera semplice ed economica ma decisamente affidabile. Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , nei primi 30 metri di profondità, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

In un'area intorno a quella di progetto è stata effettuata un'indagine sismica di tipo MASW. Per le misure è stato utilizzato un sistema costituito da un sismografo GEA24 della PASI a 24 canali ed un set di 24 geofoni a 4,5 Hz. I geofoni sono stati disposti lungo uno stendimento lineare con una distanza intergeofonica di 2 m ed hanno consentito di ottenere uno stendimento sismico con lunghezza di 48 m (Fig. 5). Quattro energizzazioni sono state fatte a 2 metri dal primo e dall'ultimo geofono.

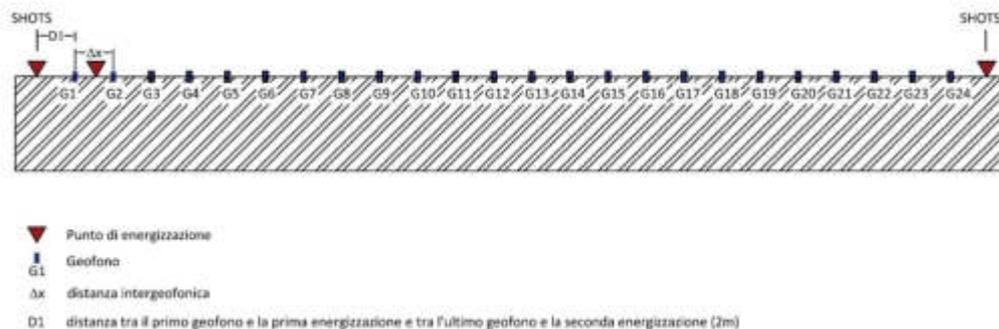
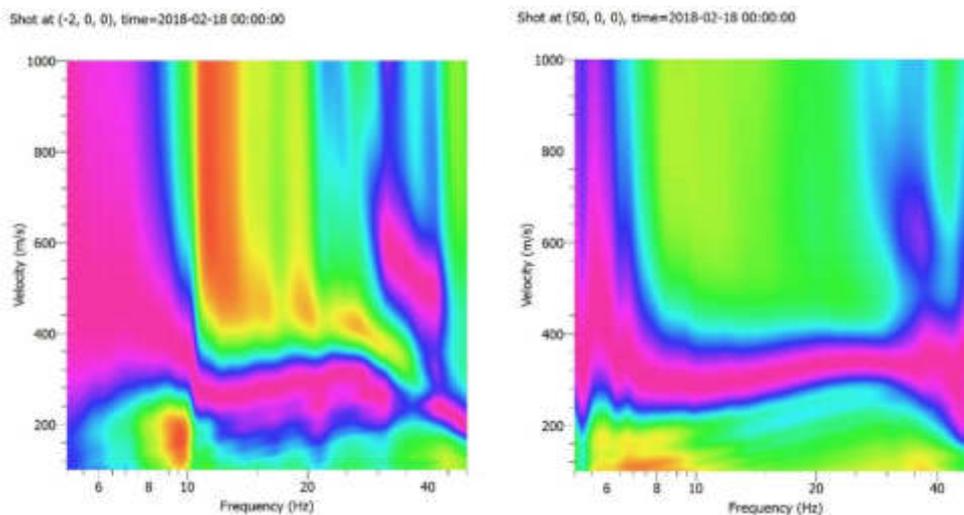


Fig. 5 – Disposizione geometrica dello stendimento di sismica MASW.

5.1.2. Interpretazione ed elaborazione

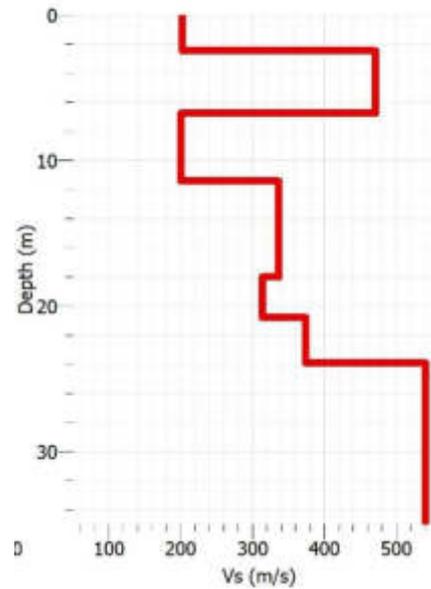
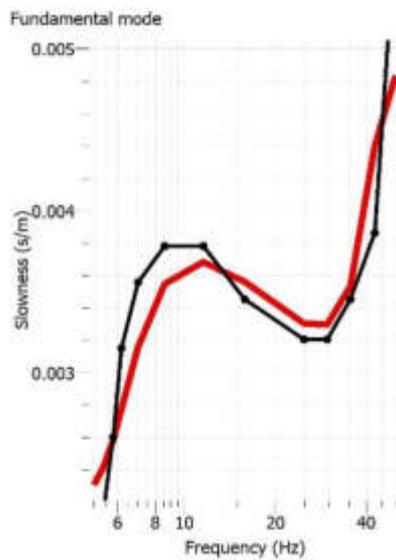
Le tracce acquisite sono state sommate per migliorare il rapporto segnale/rumore (S/N) e il sismogramma derivante da questa procedura è stato successivamente elaborato ed interpretato utilizzando il software Geopsy.

Dall'elaborazione dei dati sono state ricavate per ogni shot le densità spettrali nel piano frequenza – velocità di fase. Nelle figure seguenti sono riportate la densità spettrale nel piano frequenza – velocità di fase delle onde superficiali relative allo shot posto a – 2 m dal primo geofono e a + 2 m dal 24° geofono. Le due elaborazioni sono ben confrontabili ad indicare una sostanziale planarità dei sismostrati come anche evidenziato dalla rifrazione. Ottenuti i grafici f/v in 2D per differenti algoritmi, si è proceduto alla selezione dei punti di massima intensità del segnale (*picking*); tale operazione ha consentito di ottenere la curva di dispersione media e la deviazione standard delle diverse curve, dalla cui inversione si è giunti al profilo verticale delle Vs. Il picking della curva di dispersione è stato eseguito sullo shot posto a – 2 m dal 1° geofono.



Il processo di inversione della curva di dispersione con il quale sono stati ricercati i modelli geofisici di sottosuolo che meglio approssimano il dato sperimentale è iniziato ipotizzando due strati con variazioni molto ampie dei parametri di rigidità. Successivamente il modello è stato affinato per ridurre al minimo possibile lo scarto con il dato sperimentale.

Nella figura sottostante a sinistra si riporta il grafico con il confronto tra la curva di dispersione teorica e quella sperimentale (linea nera); con le linee rosse è rappresentato il modello con il migliore misfit. Nella figura sottostante, a destra, si riporta il profilo del sottosuolo per quanto riguarda il parametro delle onde di taglio (V_s).



Il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio è così riassumibile:

- un primo sismostrato caratterizzato da modeste oscillazioni della velocità delle onde S rispetto al valore di riferimento pari a 200 m/s e base a profondità di 2,50 m dal p.c.;
- un secondo sismostrato caratterizzato da modeste oscillazioni della velocità delle onde S rispetto al valore di riferimento pari a 460 m/s e base a profondità di circa 6,5 m dal p.c.;
- un terzo sismostrato caratterizzato da oscillazioni della velocità delle onde S (da un valore minimo di 200 m/s fino ad un massimo di 370 m/s) e base a profondità di 24 m dal p.c.;
- un quarto sismostrato con modeste oscillazioni delle velocità delle onde S rispetto al valore di riferimento pari a 540 m/s

6. MODELLAZIONE SISMICA DELL'AREA

6.1. Normativa sismica di riferimento

La legislazione antisismica italiana prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.

I riferimenti legislativi relativi ai terreni di fondazione nella legislazione sismica vigente sono:

- l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni"

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 vengono emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, considerato che ante OPCM 3274, il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. Tali criteri sono basati sugli studi di pericolosità sismica del territorio nazionale, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo, e prevedono una riclassificazione in quattro zone dell'intero territorio italiano. In virtù di tale provvedimento tutte le Regioni hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Zona 1 - E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti

Zona 2 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti
--

Zona 3 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
--

Zona 4 - E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", e viene introdotta la zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

Inoltre, l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274, recepita dal Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", contempla, per la definizione delle azioni sismiche di progetto, cinque categorie principali di terreno di fondazione, individuate dai valori della velocità media (V_{s30}) delle onde di taglio nei primi 30

metri di sottosuolo o dalla resistenza penetrometrica NSPT o dalla coesione non drenata c_u . La classificazione viene effettuata principalmente sulla base del valore di V_{S30} valutato dalla seguente espressione

$$V_{S30} = 30 / \sum(h_i/V_i)$$

con h_i e V_i rispettivamente spessore e velocità dello strato i esimo degli N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo. In assenza di informazioni sulle velocità delle onde di taglio, potranno essere presi in considerazione i valori di NSPT o di c_u .

Categorie	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento della proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni di sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{S30} < 800$ m/s).

Tab. I – Categorie di sottosuolo

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

Categorie	Descrizione
S1	<i>Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 100$ m/s</i>
S2	<i>Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.</i>

Tab. II – Categorie di sottosuolo

In seguito è stata emanata la l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 che ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di

superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche. Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	ag >0.25
2	0.15 <ag ≤ 0.25
3	0.05 <ag ≤ 0.15
4	ag ≤ 0.05

L'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008), invece, ha modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento “propria” individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Attualmente, il Decreto Ministeriale del 17/01/2018 - Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”, che sostituiscono le NTC 2008, introduce, limitatamente all'approccio semplificato per la definizione della categoria di sottosuolo, la cosiddetta velocità di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = 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 le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. III.

Categorie	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento della proprietà meccaniche con la profondità e da valori di 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.

Tab. III – Categorie di sottosuolo ai sensi del DM 17/01/2018

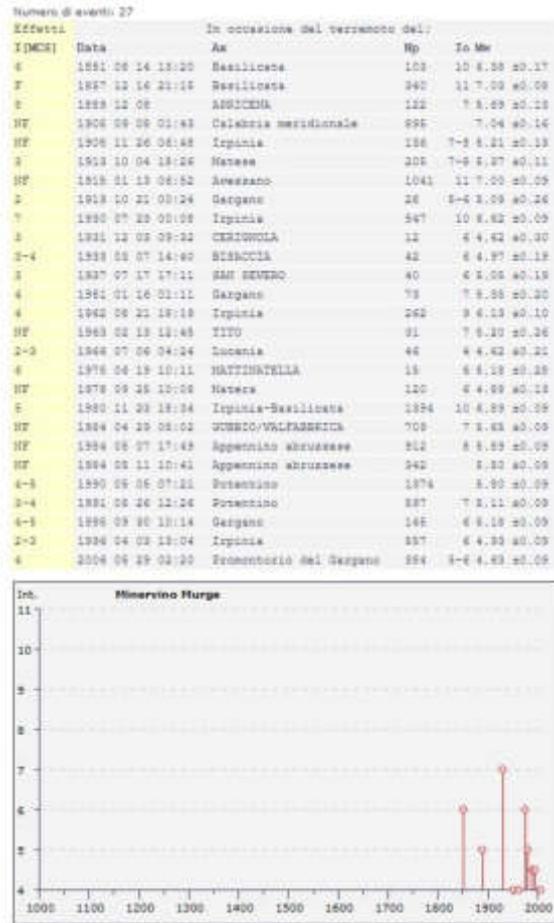
Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

6.2. Caratterizzazione sismica dell'area

Dal punto di vista della sismicità l'area dell'Appennino meridionale presenta una storia sismica tra le più importanti d'Italia, sia in termini di intensità che di frequenza dei terremoti. Le zone maggiormente interessate da eventi sismici sono quelle ubicate prevalentemente in corrispondenza del fronte della catena appenninica. In un raggio inferiore 50 Km da Minervino ricadono diverse zone sismogenetiche: in particolare vi ricade la zona 927 (Sannio-Irpinia-Basilicata) che rappresenta l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da circa 0,7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale e la zona 926 (Basento). L'area è invece all'interno della zona 925 (Ofanto). Le ultime due zone sono dotate di cinematica trascorrente destra ed orientazione generale circa E-W. A completamento di questo paragrafo in tabella IV si riportano i risultati di uno studio eseguito su tutto il territorio nazionale, che considera la ricorrenza dei forti terremoti dall'anno 1000 al 2000 (Fonte INGV DBMI11). Per una completa comprensione della tabella si consideri che la colonna "effetti" riporta, in termini di intensità (I_s), quanto forte è stato avvertito il terremoto a Minervino e nell'immediato circondario, mentre la colonna *in occasione del terremoto di:* riporta, oltre al toponimo dell'area epicentrale, quanto "forte" è stato il terremoto sia in termini di intensità sia di magnitudo. Da un'analisi dei dati si evince che l'attività maggiormente risentita è legata in prevalenza alla sismicità dell'Appennino Meridionale: i terremoti che hanno causato gli effetti più rilevanti sono quelli del 1851, 1857, 1889, 1905, 1913, 1915, 1919, 1930, 1931, 1933, 1951, 1962, 1963, 1966, 1975, 1978, 1980, 1984, 1990, 1991, 1995, 1996, e 2006.



Tab IV - Tabella delle Osservazioni sismiche disponibili per l'area di Minervino

6.3. Pericolosità sismica di base

L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta elastica che va riferita e controllata negli aspetti di sicurezza e di prestazioni attese.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono in base alla pericolosità sismica del sito di costruzione che a sua volta è definita, ai sensi delle NTC, in termini di accelerazione orizzontale massima a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

La stima dei parametri spettrali necessarie per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata direttamente per il sito in esame, sulla base delle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14 Gennaio 2008. I tre parametri spettrali sono:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;

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.

Per ciascuno dei nodi del reticolato sono forniti i tre parametri spettrali.

Per un punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p (a_g , F_0 , T^*c) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto 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, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p è il parametro di interesse nel punto in esame;
- p_i è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

Se il tempo di ritorno considerato non coincide con nessuno dei 9 tempi di ritorno forniti in Tabella 1, il valore del generico parametro $p(a_g; F_0; T^*c)$ ad esso corrispondente potrà essere

ricavato per interpolazione (tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno che comprendono quello di calcolo) con la formula seguente:

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

Dove:

- p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R considerato
- T_{R1} e T_{R2} sono i valori del tempo di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori di p_1 e p_2

Ubicazione dell'opera di progetto (Coord. WGS84)	Latitudine	Longitudine
Minervino Località Scapanizza	41,111228	15,985970

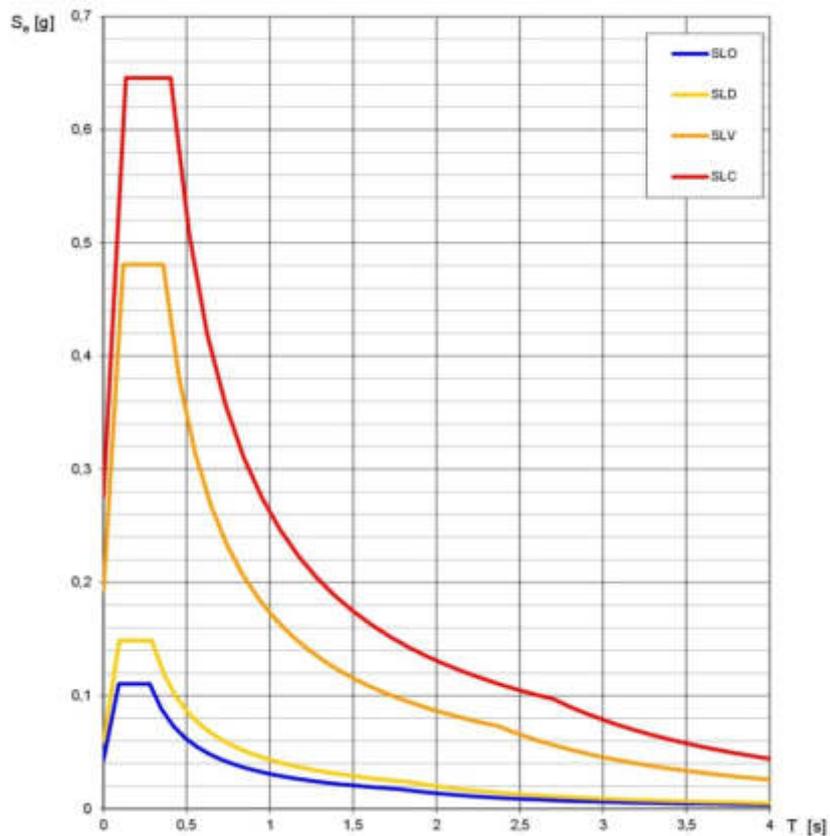
Da progetto				
Classe dell'edificio	II			
Vita nominale	50			
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			
Caratteristiche sismiche				
Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,043	2,548	0,279
Danno (SLD)	50	0,059	2,498	0,291
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,193	2,492	0,360
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,276	2,342	0,405

Coefficienti sismici

Stato Limite	Ss	Cc	St	kh	kv	Amax	Beta
Operatività (SLO)	1,50	1,60	1,00	0,012	0,006	0,635	0,180
Danno (SLD)	1,50	1,58	1,00	0,016	0,008	0,873	0,180
Salvaguardia vita (SLV)	1,41	1,47	1,00	0,065	0,033	2,669	0,240
Prevenzione collasso (SLC)	1,31	1,4	1,00	0,112	0,056	3,541	0,310

Otteniamo così 4 spettri di risposta validi per roccia affiorante e superficie topografica pianeggiante, che costituiscono nell'insieme la cosiddetta risposta sismica di base, ossia relativa ad un sito con roccia affiorante e con superficie topografica orizzontale (il segnale sismico è privo di amplificazioni) (Fig. 6). Abbiamo individuato la pericolosità sismica di base. A questo punto la risposta sismica di base va ulteriormente sviluppata considerando l'amplificazione sismica in funzione delle condizioni litostratigrafiche e topografiche. L'effetto di amplificazione delle onde sismiche dovuto alla successione stratigrafica e alla presenza di alture viene applicato tramite opportuni coefficienti, che variano la risposta sismica in intensità e frequenza (periodo). Nella normativa europea ed italiana esistono 5 principali categorie di sottosuolo A, B, C, D, E. la categoria A coincide con la risposta sismica di base, in mancanza di amplificazione topografica.

Elaborazioni effettuate con "Spettri-NTCver.1.0.3.xls"

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. L' ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Fig. 6 - Spettri di risposta elastici corrispondenti ai parametri sopra indicati.

6.4. Caratterizzazione dinamica

La normativa prevede la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo definendo cinque tipologie di suoli da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m di terreno (V_{s30}).

Per la determinazione delle V_s sono state utilizzate indagini sismiche di tipo MASW eseguite dalla scrivente in aree affioranti in contesti geologici simili.

Il modello del terreno ricavato dal processo di elaborazione dello stendimento sismico di tipo MASW MW evidenzia una velocità delle onde S variabile da 158 a 450 m/s (Fig. 7). Il profilo di Vs è caratterizzato da un rapido incremento delle Vs, le quali passano a valori di circa 420 m/s già a profondità di circa 2 m. Un'inversione di velocità delle Vs si osserva intorno ai 5 m di profondità, dove si osservano valori di circa 300 m/s fino a poco più di 20 m di profondità. Il profilo di Vs riprende ad aumentare fino a velocità di circa 450 m/s (Fig. 7).

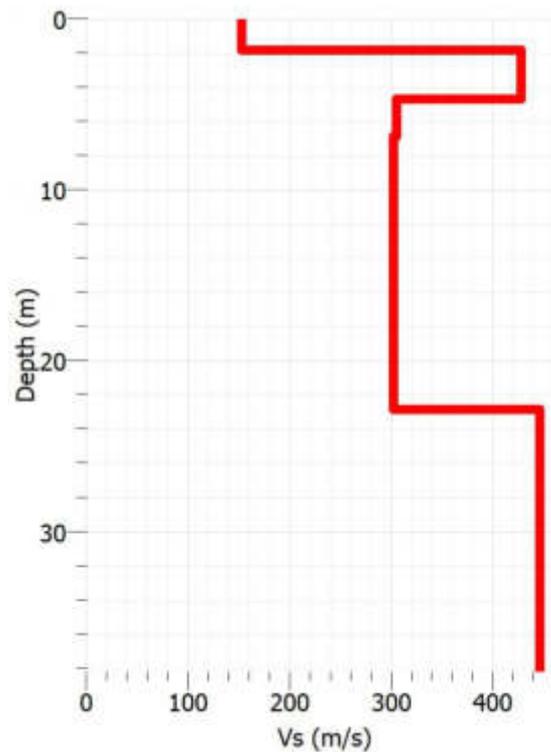


Fig. 7 - Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.

La velocità delle onde S considerate la tipologia di terreni affioranti nell'area di progetto permette di classificare il suolo di fondazione come **tipo 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 di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**].

7. RISPOSTA SISMICA LOCALE

I caratteri del moto sismico, in un determinato sito, dipendono sostanzialmente da tre fattori: il meccanismo focale del terremoto, la trasmissione delle onde dall'epicentro al sito con relative trasformazioni ed attenuazioni, la trasmissione del segnale sismico da una formazione rocciosa di base (*bedrock*) alla superficie attraverso le stratificazioni di terreni sciolti che ricoprono il *bedrock*.

Schematizzando il problema, la risposta sismica locale si riferisce alle caratteristiche del moto sismico in fase di affioramento in superficie, modificato in relazione alle proprietà geotecniche dei terreni attraversati e delle condizioni morfologiche del sito.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire **le modifiche che un segnale sismico subisce**, a causa dei fattori ansidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A).

Le norme NTC2008 al Paragrafo 3.2.2 recitano: " Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi In assenza di tali analisi, per la valutazione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento".

APPROCCIO SEMPLIFICATO

Amplificazione stratigrafica

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo. Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = S_s \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Amplificazione topografica

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T .

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

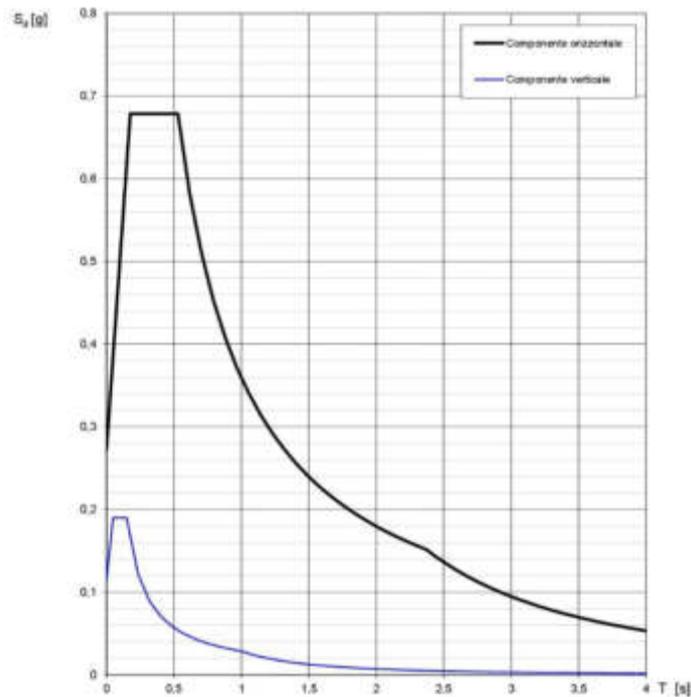
Il parametro S_T deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°.

Nell'area di progetto, nello stato limite per la salvaguardia (SLV), vengono riconosciute le caratteristiche evidenziate di seguito.

Caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito	
Categoria di suolo	C
Condizioni topografiche	T₁
Amplificazione stratigrafica (S_s) per terreni di categoria C	1,50
Amplificazione topografica (S_t)	1,0

Elaborazioni effettuate con "Spetri-NTCver. 1.0.3.xls"

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. L' ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

8. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

8.1. Stratigrafia

In base ai rilievi effettuati ed alle informazioni ricavate dalla bibliografia e da studi condotti dalla scrivente in aree contermini si indicano nel seguito alcune considerazioni di carattere generale sulla stratigrafia del sito.

Per conoscere con precisione il modello geologico dell' area interessata dalla fondazione sarà necessario in sede esecutiva procedere ad effettuare indagini geognostiche dirette o indirette.

Allo stato attuale di conoscenza si può ipotizzare una stratigrafia del sito in esame come segue:

- Depositi sabbiosi e sabbioso-arenacei, con spessore dell' ordine di 40 - 50 m (Formazione delle Sabbie di Monte Marano);
- Substrato s.s. (argille ed argille-marnose).

Il quadro stratigrafico non è ancora perfettamente chiaro, ma non si rilevano in questa fase particolari problematiche legate al rapporto terreno-fondazioni.

Nelle schede riportate di seguito si evincono le stratigrafie di due pozzi per acqua che hanno raggiunto rispettivamente le profondità di 865 m e circa 1000 m, tratti dal portale dell'ISPRA. Emerge dalla consultazione dei due pozzi che i depositi sabbiosi hanno spessori variabili da 70 m a 60 m che tendono a ridursi progredendo verso nord; poggiano con continuità sulle argille grigio azzurre riferibili alla formazione delle argille subappennine.

8.2. Caratterizzazione geotecnica

Le caratteristiche geologiche e geotecniche specifiche per i terreni di fondazione del campo agrovoltaioco sono state – in questa fase progettuale – desunte da indagini geognostiche NON esaustive per l'opera da realizzare.

Nella fase ESECUTIVA del progetto dovranno essere necessariamente previste specifiche indagini geognostiche.

Relativamente ai depositi sabbiosi e sabbioso-arenacei studi pregressi effettuati dalla scrivente in aree dalle medesime caratteristiche litotecniche hanno evidenziato i seguenti parametri geotecnici:

Sabbie e Sabbie e arenarie

peso di volume	18 - 19 KN/m ³
angolo di attrito	38° - 40°
coesione	0 - 19 KPa

Relativamente al substrato delle argille subappennine da letteratura si riportano i seguenti parametri geotecnici

Depositi limoso-argillosi (argille subappennine)

Peso di volume	19 – 20 KN/m ³
Angolo di attrito	20° - 25°
Coesione	25 - 27 KPa

ISPRA		ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE			
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)					
Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine			
Codice: 162543 Regione: BASILICATA Provincia: POTENZA Comune: LAVELLO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 865,00 Quota pc slm (m): 263,00 Anno realizzazione: 1990 Numero diametri: 0 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 0 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 6 Longitudine WGS84 (dd): 15.921719 Latitudine WGS84 (dd): 41.096219 Longitudine WGS84 (dms): 15° 55' 18.19" E Latitudine WGS84 (dms): 41° 05' 46.39" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia					
MISURE PIEZOMETRICHE					
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	
giu/1990	237,00	ND	ND	ND	
STRATIGRAFIA					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	70,00	70,00	CALABRIANO-PLIOCENE	SABBIA CON LENTI CIOTTOLOSE, FOSSILIFERE
2	70,00	400,00	330,00	CALABRIANO-PLIOCENE	ARGILLA CON RESIDUO SABBIOSO, GRIGIO AZZURRA, FOSSILIFERA
3	400,00	748,00	348,00	CALABRIANO-PLIOCENE	ARGILLA CON RESIDUO SABBIOSO, GRIGIO AZZURROGNOLA CON FREQUENTI CONCREZIONI ARENACEE SCURE, FOSSILIFERA CON FENOMENI DI PIRITIZZAZIONE
4	748,00	775,00	27,00	CALABRIANO-PLIOCENE	ARGILLE CON FREQUENTI LENTI SABBIOSE ABBONDANTEMENTE FOSSILIFERE, MARNE GRIGIE TALVOLTA ROSA
5	775,00	813,00	38,00		CALCARE GRIGIO POCO COMPATTO, APPARENTEMENTE TETTONIZZATO
6	813,00	865,00	52,00		CUTTINGS ASSENTI PER MANCANZA DI CIRCOLAZIONE, SI RITIENE CHE SI TRATTI DI CALCARE VISTE LE VELOCITA' DI AVANZAMENTO



Fig. 8 – Stratigrafie di pozzo per acqua da archivio nazionale delle indagini del sottosuolo ISPRA

9. ANALISI DI STABILITA' DEL VERSANTE

Le condizioni di stabilità del pendio oggetto di intervento sono state analizzate nel dettaglio attraverso un rilievo geomorfologico che ha permesso di escludere la presenza di fenomeni di instabilità. L'analisi geomorfologica qualitativa del sito d'imposta dell'impianto fotovoltaico non ha messo in evidenza segni di instabilità. Infatti, l'area di sedime insiste in una porzione di versante, stabile sia per posizione morfologica sia per condizioni litologiche con pendio caratterizzato da pendenze poco acclivi, inferiore ai 10°, senza forme di movimenti gravitativi in atto né in preparazione.

La consultazione del quadro idrogeologico, basata sul Piano Stralcio per la Difesa del Rischio Idrogeologico e redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia non mette in evidenza la presenza di aree perimetrate a rischio idrogeologico né pericolosità geomorfologica ed idraulica nell'intorno dell'area di progetto.

10. 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.

In particolare, dallo studio effettuato, risulta che:

- L'impianto solare fotovoltaico in progetto si sviluppa su terreni riferibili ai depositi sabbiosi e sabbioso-arenacei riferibili alla formazione delle Sabbie di Monte Marano.
- Da un punto di vista geomorfologico l'area di progetto ricade su un'area di versante, stabile sia per posizione morfologica che per condizioni litologiche: le formazioni affioranti hanno assetto sub-orizzontale ed il pendio di progetto è caratterizzato da pendenze mediamente acclivi con pendenze inferiori ai 10°. Non sono presenti aree a rischio idrogeologico.
- Da un punto di vista idrogeologico, le rocce affioranti sulla base delle caratteristiche di permeabilità, si distinguono in:
 - ✓ rocce permeabili per porosità primaria
 - ✓ rocce porose ma impermeabili

Appartengono alla prima classe i sabbiosi permeabili per porosità riferibili alle Sabbie di Monte Marano; appartengono alla seconda classe i depositi riferibili alla formazione delle argille subappennine. Dda evidenziare che nell'area B al di sotto dei depositi sabbiosi si rinvengono i depositi calcarenitici della formazione della Calcarenite di Gravina che possono essere considerati permeabili per fratturazione.

- Le caratteristiche geologiche e geotecniche specifiche per i terreni di fondazione sono state desunte – in questa fase progettuale – da indagini NON esaustive per l'opera da realizzare; nella fase ESECUTIVA del progetto dovranno essere necessariamente previste specifiche indagini geognostiche.
- Sulla base di indagini geofisiche consultate ed eseguite in aree dalle medesime caratteristiche litotecniche dalla scrivente, è possibile attribuire al sito d'interesse progettuale, cautelativamente la seguente tipologia di suolo: "C" - *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".*
- In relazione al D.M. 17-01-2018 i parametri sismici del sito di progetto sono rappresentati, per la salvaguardia della vita umana, da: **a_g pari a 0,193; F_0 pari a 2,492 e T^*c pari a 0,360. La microzona individuata ha le seguenti caratteristiche sismiche:** categoria di suolo di fondazione di tipo "C" (ai sensi O.P.C.M. 3274/03); coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s)= 1,50; coefficiente di amplificazione topografica (S_T) = (T_1) = 1. La scelta ed il dimensionamento delle opere di fondazione da adottare per la realizzazione dell'impianto in progetto dovranno essere effettuate in sede di progettazione esecutiva,

solo dopo aver effettuato una campagna di indagini geognostiche (dirette e/o indirette) in situ, con prelievo di campioni di rocce e terre da sottoporre ad analisi di laboratorio.

In fase di progettazione esecutiva si rende necessario approfondire il presente studio geologico con un adeguato piano d'investigazione costituito da:

- Indagini penetrometriche che consentano di evidenziare la successione litologica. Durante l'esecuzione della prova penetrometrica sarà opportuno prelevare dei campioni significativi dei terreni incontrati da analizzare tramite prove geotecniche di laboratorio.
- Analisi e prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati
- Stendimenti di sismica a rifrazione in onde P per la determinazione dei parametri sismo-stratigrafici ed elastodinamici dei terreni oggetto di studio.

Inoltre, vengono suggeriti alla D.L. i seguenti criteri esecutivi:

- 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;
- 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.

Genzano di Lucania 06/03/2021

La Geologa

Dr Antonietta Cilumbriello



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AZZAROLI A., RADINA B., RICCHETTI G. & VALDUGA A. (1968b) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000 del F° 189 "Altamura"*. Serv. Geol. d'Italia, 22 pp.
- BALDUZZI A., CASNEDI R., CRESCENTI U., MOSTARDINI F. & TONNA M. (1982a) - *Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del bacino lucano (Avanfossa appenninica)*. Geol. Rom., **21**: 89-111.
- BOENZI, PALMENTOLA & VALDUGA (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F° 165 e 171 Trinitapoli e Barletta*.
- CARISSIMO L., D'AGOSTINO O., LODDO C. & PIERI M. (1962) – *Le ricerche petrolifere dell'Agip mineraria e nuove informazioni geologiche nell'Italia centro-meridionale dall'Abruzzo al Golfo di Taranto*. In: Proceeding of VI Congresso Mondiale del Petrolio, Francoforte, Germany, I, AGIP Report, san Danato Milanese, Italy.
- CASNEDI R. (1988) - *La Fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 439-448.
- CIARANFI N., MAGGIORE M., PIERI P., RAPISARDI L., RICCHETTI G. E WALSH N. (1979) – *Considerazioni sulla neotettonica della Fossa Bradanica*. P. F. Geodinamica. Pubbl. **515**, 1-63.
- CIARANFI N., GHISSETTI F., GUIDA M., IACCARINO G., LAMBIASE S., PIERI P., RAPISARDI L., RICCHETTI G., TORRE M., TORTORICI L. & VEZZANI L. (1983) – *Carta neotettonica dell'Italia meridionale*. Prog. Fin. Geod. del CNR, **515**, 62 pp.
- CILUMBRIELLO A., SABATO L. & TROPEANO M. (2008). *Problemi di cartografia geologica relativa ai depositi quaternari di chiusura del ciclo della Fossa bradanica: l'area chiave di Banzi e Genzano di Lucania (Basilicata)*. MEMORIE DESCRITTIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA. Volume Speciale in ricordo di Iacobacci, APAT, in corso di stampa. ISSN: 0536-0242.
- D'ARGENIO, PESCATORE & SCANDONE (1973) – *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Acc. Naz. Lincei, Pubbl. N° **280**; 49-72
- DE CELLES P. G. & GILES K. A. (1996) - *Foreland basin systems*. Basin Research, **8**, 105-123.
- DOGLIONI C. MONGELLI F. & PIERI P. (1994) – *The Puglia uplift (SE-Italy): an anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere*. Tectonics, **13**, 1309-1321.
- DOGLIONI C. TROPEANO M., MONGELLI F. & PIERI P. (1996) - *Middle-Late Pleistocene uplift of Puglia: an "anomaly" in the Apenninic foreland*. Mem., Soc., Geol., It., **51**: 101-117.
- GALLICCHIO S. & MAIORANO P. (1999) – *Revised stratigraphy of the Serra Palazzo Formation, a Miocene foredeep turbidite succession of the Southern Apennines (Italy)*. Riv. It. Paleont. E Stratig., **105**, n° 2, 287-302.
- LANZO G., SILVESTRI F. (1999) - *Risposta sismica locale: teoria ed esperienze*. Argomenti di Ingegneria Geotecnica, Hevelius Edizioni.
- LAZZARI M. & PIERI P. (2002) - *Modello stratigrafico-deposizionale della successione regressiva infra-pleistocenica della Fossa bradanica nell'area compresa fra Lavello, Genzano e Spinazzola*. Mem. Soc. Geol. It., **57**: 231-237.
- MIGLIORINI C. (1937) – *Cenno sullo studio e sulla prospezione petrolifera di una zona dell'Italia meridionale*. In: 2nd Petroleum world Congress. Paris. ASGIP Report, Roma: 1-11.
- OGNIBEN (1969) – *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. MEM. SOC. GEOL. IT., **35**: 177-202.
- PATACCA E. & SCANDONE P. (2001) - *Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust belt-foredeep system of the Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene)*. In: G.B. VAI & I.P. MARTINI (Eds.): «Anatomy of an Orogen». Kluwer Academic Publ.: 401-440.
- PATACCA E. & SCANDONE P. (2004) – *The Plio-Pleistocene thrust belt-foredeep system in the southern Apennines and Sicily (Italy)*. Soc. Geol. It., Vol. Spec., IGC 32 Florence.
- PIERI P., SABATO L. & TROPEANO M. (1994) - *Evoluzione tettonico-sedimentaria della Fossa bradanica a sud dell'Ofanto nel Pleistocene*. In: "Guida alle escursioni". 77° Cong. Naz. Soc. Geol. It., Bari. Quad. Bibl. Prov. Matera, **15**, 35-54.
- PIERI P., SABATO L. & TROPEANO M. (1996) - *Significato geodinamico dei caratteri deposizionali e strutturali della Fossa bradanica nel Pleistocene*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 501-515.
- PIERI P., GALLICCHIO S., SABATO L. & TROPEANO M. – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 471 IRSINA.
- PESCATORE T., DI NOCERA S. & MATANO F. – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 470 POTENZA.
- RICCHETTI G. (1965) - *Alcune osservazioni sulla serie della Fossa bradanica. Le "Calcarenti di M. Castiglione"*. Boll. Soc. Nat. in Napoli **74**: 3-11.
- RICCHETTI G. (1967) - *Lineamenti geologici e morfologici della media valle del Fiume Bradano*. Boll. Soc. Geol. It., **86**: 607-622.
- RICCHETTI G. & MONGELLI F. (1980) – *Flessione e campo gravimetrico della micropiastrella apula*. Boll., Soc., Geol., It., **99**, 431-436.
- RIGA G. (2011) – *Metodi per stimare le proprietà geotecniche dei terreni, Correlazioni semi-empiriche dei parametri geotecnici basate su prove in situ, tabelle bibliografiche geologiche e geotecniche di confronto, elaborazione di prove penetrometriche dinamiche*. EPC Editore, Roma, pp.208.
- SABATO L., TROPEANO M. & PIERI P. (2004) - *Problemi di cartografia geologica relativa ai depositi quaternari del F° 471 "Irsina". Il Conglomerato di Irsina: mito o realtà? Il Quaternario* **17**(2/1): 391-404.
- SELLI R. (1962) – *Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **3**: 737-789.
- VALDUGA A. (1973) - *Fossa bradanica*. In: A. DESIO: «Geologia dell'Italia», U.T.E.T., Torino: 692- 695.