

Febbraio 2024

SKI 12 S.R.L.

WIND FARM TRONCO

IMPIANTO EOLICO DA 52,8 MW

LOCALITÀ TRONCO

**COMUNE DI SERRACAPRIOLA (FG) e
TORREMAGGIORE (FG)**

ELABORATI TECNICI DI PROGETTO

ELABORATO R08

**RELAZIONE GEOLOGICA E
GEOTECNICA**

Progettista

Ing. Laura Maria Conti – Ordine Ing. Prov. Pavia n.1726

Coordinamento

Eleonora Lamanna

Matteo Lana

Lorenzo Griso

Francesca Casero

Codice elaborato

2800_5528_TRN_PFTE_R08_Rev0_RELGEO.docx

Mantovana

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2800_5528_TRN_PFTE_R08_Rev0_REL GEO.docx	02/2024	Prima emissione	M. Pecorelli	E. Lamanna	A. Angeloni

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Matteo Lana	Coordinamento Progettazione Civile	
Andrea Amantia	Geologo - Progettazione Civile	
Michele Pecorelli	Geologo	Ord. Reg. Puglia - n. 327

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



INDICE

1. PREMESSA	4
1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO	4
2. STUDIO GEOLOGICO	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO	7
3.1 GEOLOGIA	7
3.1.1 Caratterizzazione dei litotipi locali	8
3.1.2 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	9
3.2 ASPETTI GEOMORFOLOGICI.....	10
4. DEFINIZIONE DELL'AMBIENTE CLIMATICO	12
4.1 TEMPERATURE	12
4.2 PLUVIOMETRIA.....	13
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	15
5.1 INQUADRAMENTO PIEZOMETRICO	15
6. INQUADRAMENTO SISMICO.....	17
7. PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	21
7.1 INDAGINE SIMSICA - METODOLOGIE DI INDAGINE ADOTTATE	21
7.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITÀ DI CAMPO	23
7.3 RISULTATI INDAGINE GEOSISMICA.....	24
7.3.1 Elaborazione dell'indagine sismica di tipo MASW	24
7.3.2 Elaborazione dell'indagine sismica a rifrazione	25
7.4 INDAGINE PENETROMETRICA.....	25
8. SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA	28
8.1 INDIVIDUAZIONE DELLE UNITA' LITOTECNICHE	28
9. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (D.M. 17.01.2018 N.T.C.)	31
10. SINTESI CONCLUSIVA	38

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



1. PREMESSA

Il progetto in esame riguarda la realizzazione di un nuovo Parco Eolico della potenza complessiva di **52,8 MW**, che prevede l'installazione di **n. 8 aerogeneratori da 6,6 MW** da installarsi nel territorio comunale di Serracapriola e Torremaggiore in provincia di Foggia. Le relative opere di connessione, oltre ai comuni già citati interesseranno anche il territorio del comune di Rotello (CB).

La Società Proponente è la SKI 12 S.R.L., con sede legale in Via Cardosso 9, 20123 Milano (MI).

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

La Soluzione Tecnica Minima Generale per Voi elaborata prevede che la Vs. centrale venga collegata in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN 380/150 kV di Rotello. Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento della centrale sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Nel suo complesso il parco di progetto sarà composto:

- da N° 8 aerogeneratori della potenza nominale di 6,6 MW ciascuno;
- dalla viabilità di servizio interna realizzata in parte ex-novo e in parte adeguando strade comunali e/o agricole esistenti;
- dalle opere di collegamento alla rete elettrica;
- dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche;
- dalle reti tecnologiche per il controllo del parco.

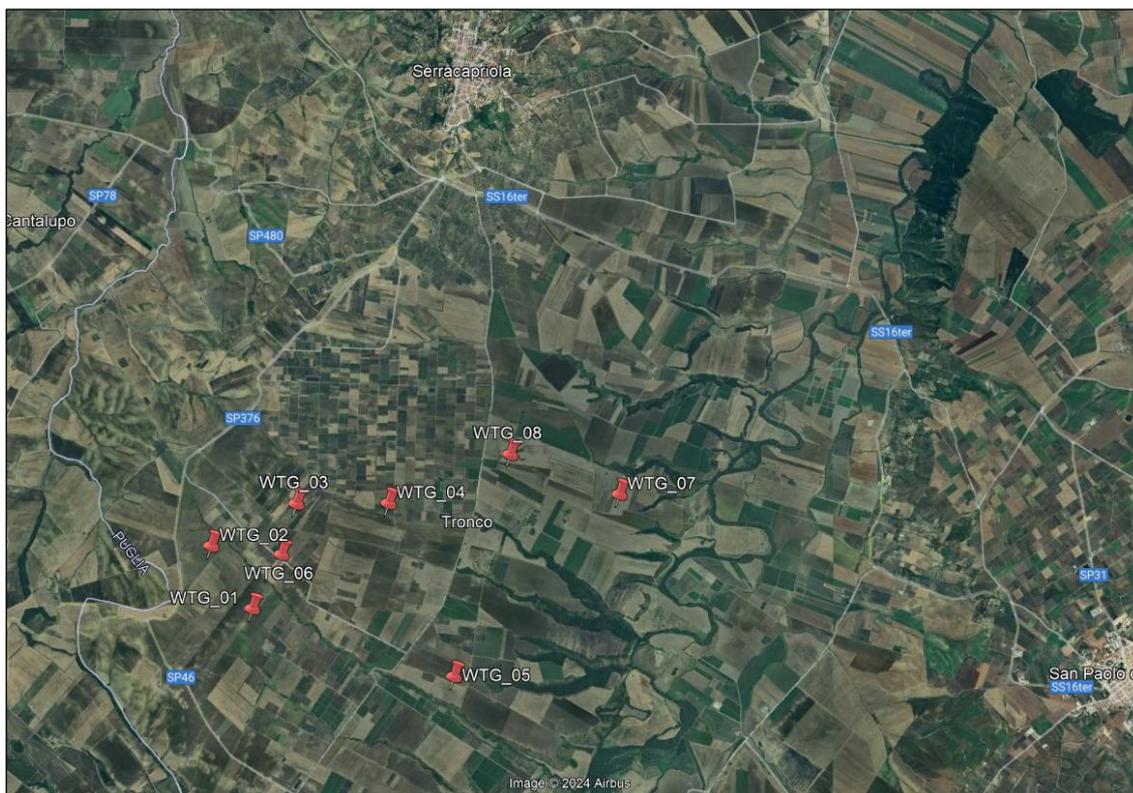
A tal fine il presente documento costituisce la **Relazione Geologica e Geotecnica** del progetto.

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

Il parco eolico in progetto si estende prevalentemente nella provincia di Foggia e prevede l'installazione di n. 8 aerogeneratori territorialmente così collocati:

- n. 2 aerogeneratori nel comune di Torremaggiore;
- n. 6 aerogeneratori nel comune di Serracapriola.

Le opere di connessione interesseranno, oltre ai comuni già citati, anche i territori comunali di Rotello, nella provincia di Campobasso, nella regione Molise (Figura 1).



Le coordinate degli aerogeneratori previsti sono riportate in Tabella 1:1.

Tabella 1:1: Coordinate aerogeneratori

WTG	WGS 84 – GRADI DECIMALI	
	Longitudine E	Latitudine N
TRN01	15,1272493	41,7467489
TRN02	15,1214560	41,7533523
TRN03	15,1341832	41,7583329
TRN04	15,1480929	41,7583206
TRN05	15,1579445	41,7385370
TRN06	15,1318711	41,7525791
TRN07	15,1832346	41,7592473
TRN08	15,1662730	41,7638712

L'accesso al sito avverrà mediante strade esistenti a carattere nazionale e regionale partendo dal porto di Vasto (CH) fino ad arrivare all'area di progetto. Successivamente, le principali strade provinciali e comunali del territorio, in aggiunta alle piste appositamente create, permetteranno di collegare le singole piazzole di ciascuna torre con la viabilità pubblica esistente.

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



2. STUDIO GEOLOGICO

Il presente studio descrive le caratteristiche geotecniche delle litologie affioranti nell'area interessata progetto da installarsi nel territorio comunale di Serracapriola e Torremaggiore in provincia di Foggia. È stata così programmata una campagna di studi nel rispetto del DM. 17.01.2018 - Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni», che ha previsto uno schema di lavoro come di seguito riportato:

- Inquadramento geologico dell'area, per la indicazione dell'ambiente geologico, geomorfologico, idrogeologico e strutturale generale [pericolosità geologica del territorio].
- Rilevamento geologico di dettaglio, di un'area sufficientemente ampia, entro la quale ricade l'intervento in oggetto, atto alla definizione geologica, geomorfologica, idrogeologica, con particolare riferimento alla caratterizzazione della natura e del tipo di strutture sedimentarie dei corpi geologici presenti [controllo litologico di dettaglio].
- Indagini geognostiche eseguite in sito, per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione interessati dalle opere in progetto [accertamento litotecnico].
- Analisi delle indagini geognostiche, con l'interpretazione delle indagini di campagna e la valutazione delle proprietà elastiche e meccaniche dei terreni investigati.

Durante la prima fase è stato effettuato una ricerca bibliografica, un esame fotointerpretativo e un successivo rilievo di superficie per la verifica dello stato dei luoghi e la corretta pianificazione delle indagini geognostiche.

Da qui è stata pianificata una campagna di indagini geofisiche che ha previsto l'esecuzione di prospezioni come di seguito elencate.

- n. 3 prospezione sismiche superficiale con tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves);
- n. 3 prospezione sismica a rifrazione
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche

Infine, il quadro conoscitivo è stato completato correlando le indagini eseguite in situ con indagini pregresse realizzate a più riprese dallo scrivente nell'area vasta di riferimento.

Le considerazioni tecniche conclusive sono state ponderate in funzione della conoscenza geologica della zona e dell'attendibilità dei dati ottenuti, operando con un giusto grado di cautela nella definizione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, avvalendosi anche di studi pregressi realizzati nello stesso ambito di riferimento.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

3.1 GEOLOGIA

Da un punto di vista strettamente geologico gli affioramenti dell'area appartengono ad un grande complesso morfologico-strutturale, allungato per lo più in direzione appenninica (NO-SE), con carattere di bacino che ospita terreni prevalentemente clastici d'età plio-quadernaria ed è solcato dai torrenti e dai fiumi più importanti della Puglia nord-orientale.

Dall'alto verso il basso stratigrafico, l'intera area è ricoperta sopra da depositi quadernari, in prevalenza di facies alluvionale. Tra questi prevale argilla più o meno marnosa, di probabile origine lagunare, ricoperta a luoghi da lenti di conglomerati e da straterelli di calcare evaporitico (crosta). Al di sotto si rinviene in generale un deposito clastico sabbioso-gliaioso a cui fa da basamento impermeabile il complesso delle argille azzurre pliocenico-calabriere che costituisce il ciclo sedimentario più recente delle argille subappennine. Il substrato profondo è costituito da una potente successione calcareo-dolomitica su cui poggia l'argilla con ripetute e irregolari alternanze di livelli sabbiosi e gliaiosi.

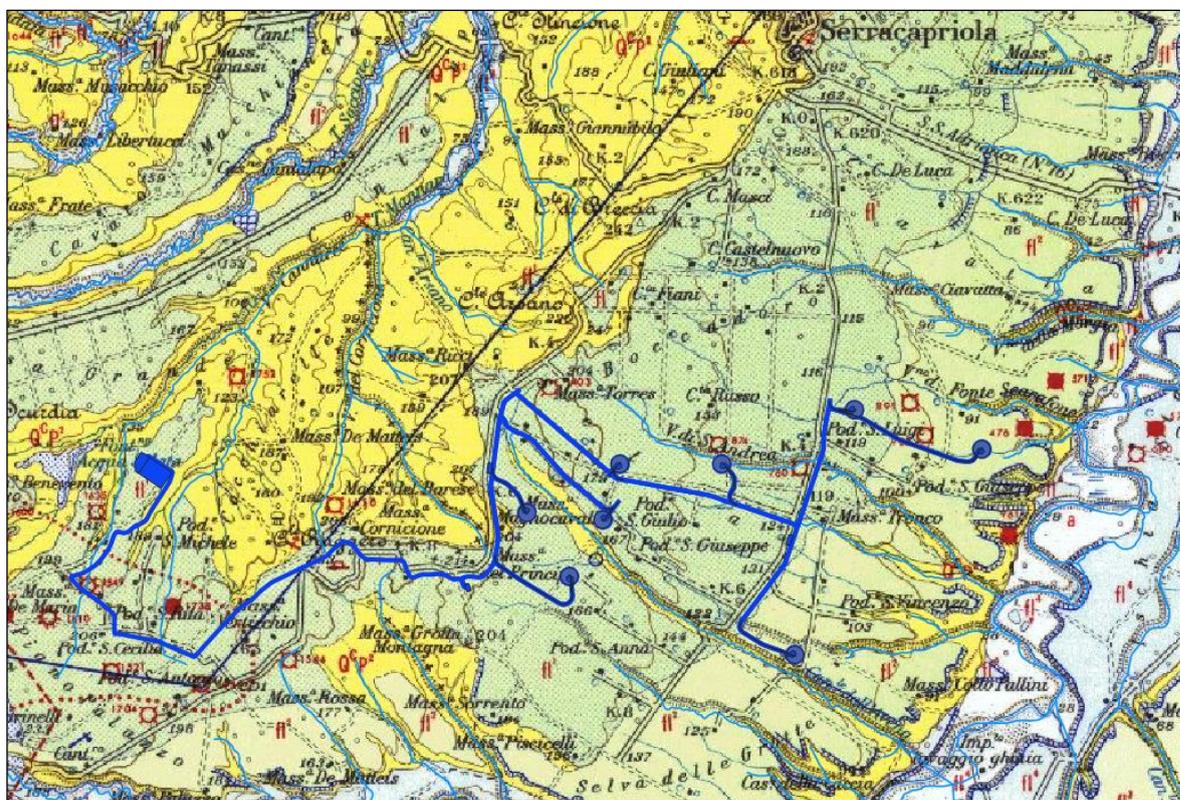


Figura 3-1 Estratto della Carta Geologica d'Italia con individuazione della posizione degli aerogeneratori

Il motivo geologico strutturale più evidente è rappresentato da linee tettoniche con direzione NNO-SSE e NE-SO e in tale direzione si sviluppano anche gli assi di ampie strutture plicative in un regime compressivo, individuatesi fin dal Miocene medio. Queste hanno determinato strutture geologiche complesse con rapporti di sovrapposizione e contatti (stratigrafici e/o tettonici) diversi e variabili da zona a zona. Le fasi tettoniche successive non hanno modificato sostanzialmente questi allineamenti strutturali anche se ne hanno accentuati gli effetti coinvolgendo le formazioni plioceniche, determinando sovrascorrimenti e faglie inverse e rendendo tettonici molti dei contatti tra le varie formazioni geologiche.

In base alle più recenti interpretazioni, il modello geodinamico di questa porzione di territorio può essere di contro schematizzato con la seguente evoluzione paleogeografico-strutturale:

- formazione della piattaforma carbonatica mesozoico-paleogenica (substrato profondo – Piattaforma Apula), caratterizzata da strutture horst e graben associate ad un regime distensivo;
- riattivazione della Piattaforma Apula in un regime compressivo con relativa individuazione dell'avanfossa a partire dal Miocene (Fossa Bradanica);
- riempimento di questo bacino subsidente durante il Plio-Pleistocene con la sedimentazione di depositi argillosi di mare profondo (Argille Azzurre);
- sollevamento regionale dovuto a sovrascorrimento NE vergenti, concomitante con oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare e conseguente importante fase di terrazzamento con depositi marini ed alluvionali nel Pleistocene-Olocene. La generale pendenza verso oriente rappresenta, probabilmente, l'originaria inclinazione della superficie di regressione del mare pleistocenico e dei depositi fluviali che su di essa si sono adagiati.

Entrando più nel dettaglio l'evoluzione strutturale generale, che caratterizza la zona del Preappennino Dauno, è sostanzialmente iniziata con la sedimentazione, nel Miocene, di una potente serie torbiditica (depositi accumulatisi in seguito a eventi gravitativi sui fondali marini) sopra il complesso basale carbonatico (substrato). Contemporaneamente alla trasgressione miocenica si determina un abbassamento dell'area con la formazione di un bacino di accumulo di depositi clastici provenienti, in prevalenza, da aree emerse limitrofe.

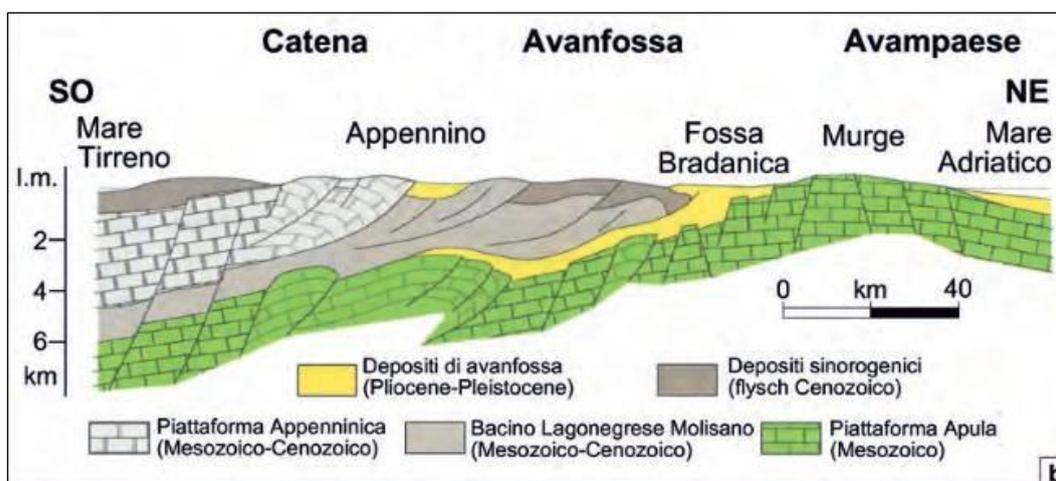


Figura 3-2 Sezione geologica schematica attraverso l'avanfossa appenninica

Dal Pliocene inferiore si ha un progressivo approfondimento del bacino diventando di avanfossa in seguito al sovrascorrimento delle unità appenniniche più esterne su di esso. Le geometrie tra le unità nel bacino sono tali che i depositi prevalentemente argillosi, di ambiente marino vanno a sedimentarsi al di sopra di queste unità appenniniche sovrascorse (depositi di avanfossa – Argille Azzurre).

Successivamente, nel Pliocene superiore-Olocene la regressione marina ha consentito la deposizione di materiale continentale clastico limoso – sabbioso e ghiaioso. Il sollevamento che ha causato la regressione è tuttora attivo con l'attivazione di dislocazioni tettoniche trasversali.

3.1.1 CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI LOCALI

L'area in progetto ricade nel settore settentrionale dell'estesa piana del Tavoliere, caratterizzata da affioramenti di depositi continentali terrazzati, presenti alla quota di pochi metri al di sopra di quella degli alvei attuali e poggianti sulle formazioni argillose marine Plio-Pleistoceniche.

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



La formazione dei depositi continentali è legata all'ultima fase dell'evoluzione geodinamica della regione, caratterizzata dal progressivo sollevamento ed emersione di tutta l'area avvenuta a partire dal Pleistocene medio e tuttora in atto. Durante tale processo l'azione degli agenti esogeni, esercitata sulle terre già emerse, causava erosione con trasporto verso il mare in regressione dei prodotti erosi. Le concomitanti oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare hanno favorito la formazione dei depositi terrazzati.

I terreni alluvionali sono costituiti da limi sabbiosi talora argillosi con ghiaie e ciottoli poligenici ed eterometrici, talora addensati e debolmente cementati, in matrice sabbioso limosa di colore avana. Tali depositi contengono intercalazioni lentiformi di limi sabbiosi più o meno argillosi. Nella parte superficiale si rinvencono talvolta croste biancastre a lamine orizzontali, costituiti da limi sabbiosi di natura carbonatica contenenti talora elementi di ghiaia. La natura continentale del deposito alluvionale è evidenziata dalla morfologia dei ciottoli che si presentano generalmente sub-arrotondati, anche se non mancano talora quelli appiattiti ad indicare un parziale rimaneggiamento ad opera del moto ondoso del mare in regressione.

Questi depositi alluvionali hanno uno spessore massimo di 30 m circa. Tale spessore è legato all'andamento del substrato sul quale si sono depositi ed all'azione erosiva superficiale.

Il substrato dei depositi continentali è rappresentato dalla formazione argilloso-marnosa sovraconsolidata, costituita dalle "argille grigio-azzurre subappennine" del Pleistocene inf. e dalle sottostanti argille Plioceniche, la cui potenza è dell'ordine di centinaia di metri.

Il passaggio fra i depositi alluvionali e la formazione argillosa plio-pleistocenica avviene gradatamente ed è segnato dalla presenza di sabbie limo-argillose giallastre marine di età post-calabrianica, affioranti in aree abbastanza estese a N-E e a S-E di Foggia.

3.1.2 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

L'area è caratterizzata da affioramenti di depositi continentali terrazzati, presenti alla quota di pochi metri al di sopra di quella degli alvei attuali e poggianti sulle formazioni argillose marine Plio-Pleistoceniche.

Questi depositi alluvionali, che nel foglio n. 155 "San Severo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, sono datati al Pleistocene superiore ed hanno uno spessore che varia da 10 -15 m a 40 m

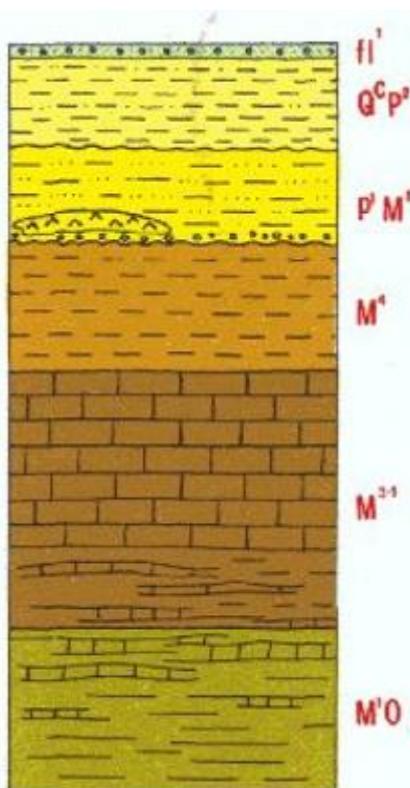


Figura 3.3: schema stratigrafico

ff¹ – Coperture fluvio-lacustri
Q^cp² – Argille di Montesecco
P¹M⁵ – Formazione del Toma
M⁴ – Marne di toppo Capuana
M²⁻¹ – Formazione della Daunia
M²O – Argilliti Varicolori

circa. Tale spessore è legato all'andamento del substrato sul quale si sono depositi ed all'azione erosiva superficiale.

Come già descritto, dal punto di vista geologico generale il sottosuolo in esame è parte integrante dei depositi alluvionali olocenici, poggianti sui sedimenti Plio-pleistocenici, in prevalenza formati da sabbie e argille, che costituiscono i terreni affioranti alle pendici meridionali dei Monti della Daunia, ai margini sud occidentali del Tavoliere delle Puglie, nell'Appennino Meridionale. Il basamento è costituito da una potente serie di sedimenti carbonatici di età mesozoica, in prevalenza di piattaforma.

In ambito sufficientemente ampio, circoscritto al territorio in esame, la Carta Geologica d'Italia¹ evidenzia una potente successione terrigena di avanfossa, sormontata tettonicamente da lembi dell'Unità tettonica della Daunia. Questi ultimi sono a loro volta coperti da una successione terrigena di avanfossa di età più recente (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore), che viene comunemente indicata come ciclo della Fossa Bradanica.

Nello specifico si rilevano 3 formazioni riferibili al pleistocene medio-superiore.

Coperture fluvio-lacustri. Si tratta di depositi alluvionali terrazzati del I Ordine costituiti da ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi, ricoperti in generale da "terre nere" ad alto tenore humico.

- Conglomerati di Campomarino. Costituiti essenzialmente da ghiaie e conglomerati di ambiente marino o continentale
- Sabbie di Serracapriola. – Sabbie giallastre, a grana più o meno grossa, più o meno cementate, a stratificazione spesso indistinta con intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani e di argille; abbondante microfauna a gasteropodi e lamellibranchi.

3.2 ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Il territorio dei Comuni di Serracapriola e Torremaggiore si collocano nella parte nordorientale del Tavoliere di Puglia, e presentano un andamento tipicamente collinare.

La morfologia del territorio in studio è tipica della parte alta della Pianura di Capitanata, di raccordo con i Monti Dauni, con quote minime prossime a 90 metri sul livello del mare (WTG 01) e circa 190 metri (WTG02 e WTG 03).

Buona parte del territorio comunale presenta pendenze variabili, il cui assetto è condizionato dalla natura dei terreni affioranti, costituiti in prevalenza da depositi sciolti variamente coesi. Le forme del rilievo, con particolare riferimento all'acclività dei versanti, risultano pertanto variabili a seconda dello stato di aggregazione e della stabilità dei terreni.

¹ Foglio 396 "San Severo" scala 1:50.000.

In linea generale l'andamento geomorfologico si caratterizza per l'alternanza di vaste aree pianeggianti ad assetto tabulare, attraversate da solchi erosivi con versanti molto ampi e variamente acclivi. L'assetto sub-pianeggiante delle aree di cresta è legato ai processi di modellamento avvenuti durante la fase di colmamento del bacino di sedimentazione. L'azione degli agenti erosivi, con particolare riferimento agli effetti del modellamento dovuti allo scorrimento delle acque superficiali, ha inciso profondamente sul territorio, generando avvallamenti con versanti a pendenza variabile a seconda dei litotipi affioranti. Forme locali di dissesto di modeste dimensioni interessano le parti sommitali dei versanti, laddove affiorano terreni più schiettamente sabbiosi.

L'andamento della superficie topografica è pertanto interrotto dalle incisioni vallive, allungate generalmente in direzione E-O, che solcano la pianura, drenando le acque superficiali provenienti dal Subappennino. L'azione erosiva piuttosto spinta di questi corsi d'acqua ha portato ad un profondo smembramento dei terrazzi marini in corrispondenza delle quote più elevate del medio Tavoliere.

Il reticolo idrografico è caratterizzato anche da corsi d'acqua di minor intensità che si manifestano con incisioni non molto approfondite, solitamente povere d'acqua, che hanno esercitato una debole attività erosiva.

Nell'area di intervento il reticolo idrografico è caratterizzato da un corso d'acqua (Vallone della Morgia) con direzione E-O che poco a Est del sito confluisce nel Fiume Fortore.

4. DEFINIZIONE DELL'AMBIENTE CLIMATICO

Il clima è indubbiamente fra i più importanti fattori ambientali che condiziona vari elementi degli ecosistemi e, in primo luogo, la vegetazione reale e potenziale e di conseguenza l'erosione superficiale, il trasporto solido e il deflusso idrico. La definizione dell'ambiente climatico è la risultante di una serie di elementi come la ventosità, la piovosità, la temperatura, ecc. La stessa morfologia sembra costituire uno dei fattori climatici principali. Infatti, sulle terrazze più alte in inverno si avvertono gli effetti dell'esposizione ai venti di provenienza dai quadranti settentrionali generalmente freddi e carichi di umidità prelevata attraversando l'Adriatico; in questi stessi luoghi, in estate, si registrano i massimi di temperature. Altri condizionamenti vengono dalla prevalente esposizione a SE dei versanti, dalla presenza di correnti marine provenienti sotto-costa dall'Adriatico settentrionale e dalla scarsa copertura arborea. Il clima determina anche i cicli di gelo e disgelo che sono, a volte, determinanti nella meccanica dei terreni.

Come tutto il Tavoliere, anche l'area in esame è soggetta ad un tipico clima mediterraneo caratterizzato da stagioni secche e calde (Primavera-Estate) alternate a stagioni fredde e umide (Autunno-Inverno). La rete di stazioni di rilevamento termo-pluviometrica della Puglia ha installato più stazioni di misura nell'intero territorio regionale. Si è pertanto fatto riferimento alla stazione di Torremaggiore che si trova in un ambito climatico simile all'area di progetto.

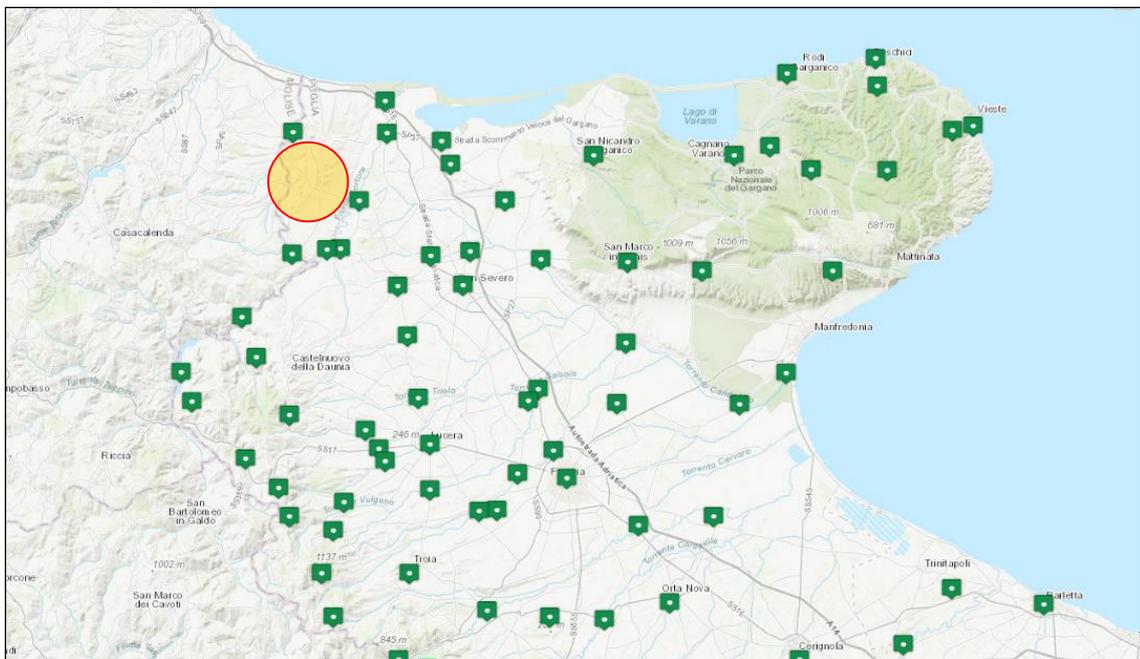


Figura 4-1 Rete in telemisura Protezione Civile Puglia – Centro Funzionale decentrato

4.1 TEMPERATURE

Sono stati considerati i valori medi delle temperature massime, medie e minime mensili, registrati nella stazione termopluviometrica di Torremaggiore (il Comune di Serracapriola è sprovvisto di stazione di misura) considerando 88 anni di misurazione. I dati sono riportati nella tabella 4:1 e nella rispettiva figura 4-2.

Il valore medio della temperatura annua è di 16,8°C con valori medi minimi prossimi a 5°C registrabili nel mese di gennaio e valori medi massimi che superano 31°C rilevabili in pieno periodo estivo (luglio e agosto). I dati analizzati mostrano, inoltre, che le temperature minime assolute non di rado scendono ben al di sotto di 0 °C, sia in pieno inverno che all'inizio della primavera (da novembre a marzo), con un valore minimi assoluti inferiori a -5°C.

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



Durante l'estate (giugno, luglio e agosto) sono state registrate temperature massime assolute comprese fra i 40 e i 43 °C.

Tabella 4-1: Temperature medie mensili – <http://www.protezionecivile.puglia.it/centro-funzionale/analisielaborazione-dati>

TEMPERATURE MEDIE MENSILI																											
Stazione	Anni di osservazione		MEDIE MENSILI																Medie annue								
			G		F		M		A		M		G		L		A				S		O		N		D
Torremaggiore	2013-2020		8.2	9.8	11.4	15.0	18.5	23.6	26.4	26.5	22.1	17.4	13.3	9.5							16.8						
	Max	Min	11.6	4.8	13.6	6.0	15.6	7.2	19.9	10.2	23.4	13.6	28.8	18.5	31.6	21.2	31.6	21.4	26.7	17.5	21.5	13.3	16.8	9.8	12.9	6.2	21.1

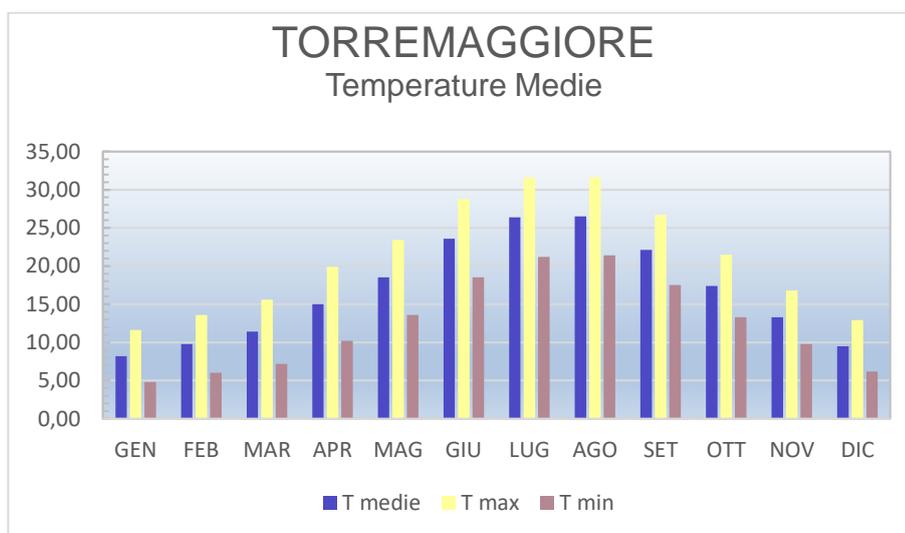


Figura 4-2 Andamento delle temperature medie mensili registrate nella stazione di Torremaggiore

4.2 PLUVIOMETRIA

I dati delle precipitazioni medie disponibili, forniti dal Servizio di Protezione Civile della Regione Puglia, coprono un periodo di osservazione dal 1921 al 2020.

Nella tabella 4:2 e nella relativa figura 4:3, sono riportate le medie mensili ed annuali delle precipitazioni e dei giorni piovosi relativi alla stazione di registrazione di Torremaggiore.

Tabella 4-2: Medie Mensili e annuali delle precipitazioni e dei giorni piovosi (anni di osservazione 1921-2020).

PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUE																												
Stazione	Anni di osservazione		MEDIE MENSILI																Medie annue									
			G		F		M		A		M		G		L		A				S		O		N		D	
Torremaggiore	1921 - 2020		55.6	8	47	7	49	7	49.5	6	39.2	5	32.5	4	21.7	3	24.1	3	56.1	6	56.9	7	66.9	8	65.1	9	561	73

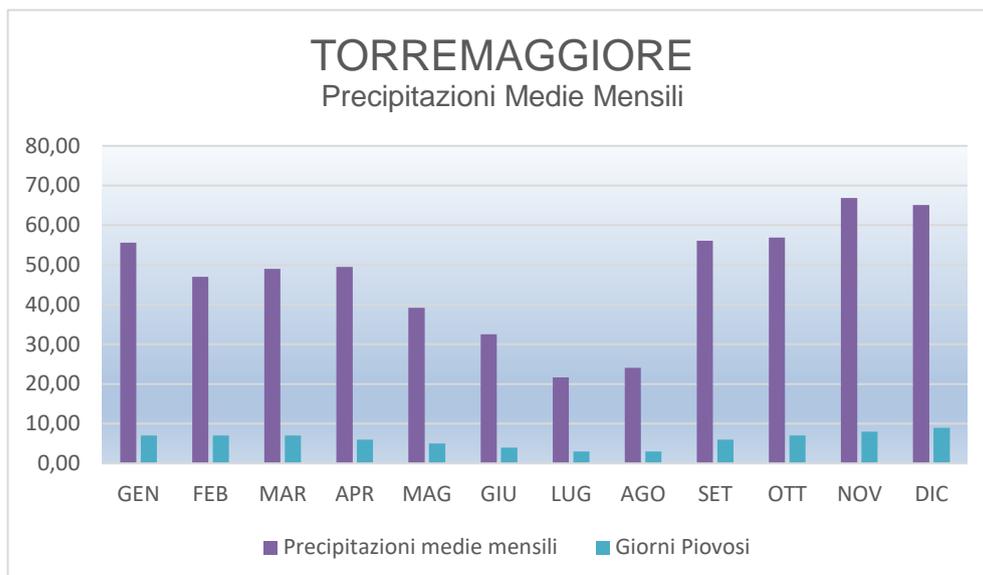


Figura 4-3 Precipitazioni medie mensili e numero dei giorni piovosi nella stazione pluviometrica di Torremaggiore.
Anno idrologico medio 1921 - 2020

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La situazione stratigrafica e strutturale del Tavoliere porta a riconoscere tre unità acquifere principali:

- **ACQUIFERO FESSURATO CARSIICO PROFONDO:** Situato in corrispondenza del substrato carbonatico pre-pleistocenico del Tavoliere, esso costituisce l'unità acquifera più profonda;
- **ACQUIFERO POROSO PROFONDO:** È costituito dai diversi livelli sabbiosi intercalati nella formazione plioleistocenica delle "Argille grigio-azzurre". I livelli acquiferi sono costituiti da corpi discontinui di forma lenticolare, localizzati a profondità variabili tra i 150 m e i 3000 m dal piano campagna, il cui spessore non supera le poche decine di metri;
- **ACQUIFERO POROSO SUPERFICIALE:** Corrisponde agli interstrati sabbioso-ghiaiosi dei depositi marini e continentali del Pleistocene superiore-Olocene che ricoprono con notevole continuità laterale le sottostanti argille.

Nell'area di studio i depositi continentali affioranti sono caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità, molto variabile nei litotipi presenti, sia in senso orizzontale che verticale. Il coefficiente di permeabilità è compreso tra valori medi e bassi; i valori maggiori, stimati in 10^{-2} - 10^{-4} cm/s, sono attribuibili ai banchi sabbioso-ghiaioso-ciottolosi, mentre quelli inferiori stimati in 10^{-4} - 10^{-7} cm/s, si riferiscono agli intervalli limo-sabbioso-argillosi o a livelli di sabbie e ghiaie più cementate.

Quest'ultimo, nello specifico del sito di intervento, si manifesta in lenti di modesta entità che danno luogo ad acquiferi caratterizzati da scarsa capacità di immagazzinamento, e bassa trasmissività

5.1 INQUADRAMENTO PIEZOMETRICO

La carta delle isopieze (Figura 5-1) dell'ISPRA aggiornata al 2003, rileva che i massimi valori del gradiente idraulico si registrano nella parte più interna, corrispondente alla zona di maggiore ricarica dell'acquifero, mentre tendono a diminuire nella parte centrale e ancor più verso la costa adriatica.

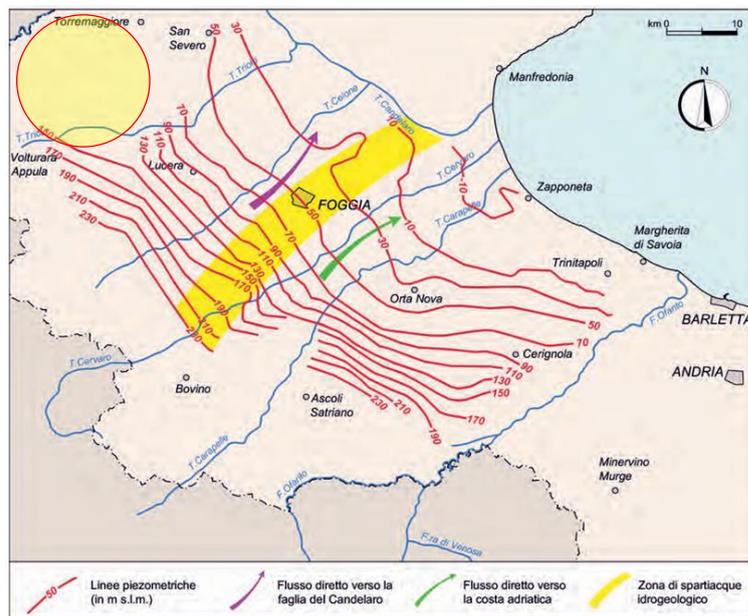


Figura 5-1 Curve isopiezometriche della falda superficiale del Tavoliere relativa all'anno 2003 con indicazione delle zone ove è ubicato lo spartiacque idrogeologico (fonte ISPRA), insieme all'area di progetto

In relazione all'area di progetto, la particolare morfologia assunta dalla superficie piezometrica permette, innanzitutto, di definire una direttrice di deflusso idrico preferenziale più marcata, con direzione pressoché parallela al torrente Triolo.

La stessa carta non evidenzia le isopieze nell'area che comprende i Comuni di Serracapriola e Torremaggiore e questo perché la ricchezza idrica sotterranea si presenta piuttosto effimera e tale da non individuare una falda sfruttabile per assolvere gli usi irrigui del comprensorio.

Per quanto riguarda l'area di studio non è stato possibile determinare il livello freaticum in quanto, sia nell'indagine di superficie, sia anche analizzando i dati presenti nell'archivio nazionale delle indagini del sottosuolo², non sono state rilevate perforazioni con venute di acqua. Questo è da mettere in stretta relazione con la natura argillosa dei suoli che non consente l'immagazzinamento delle acque.

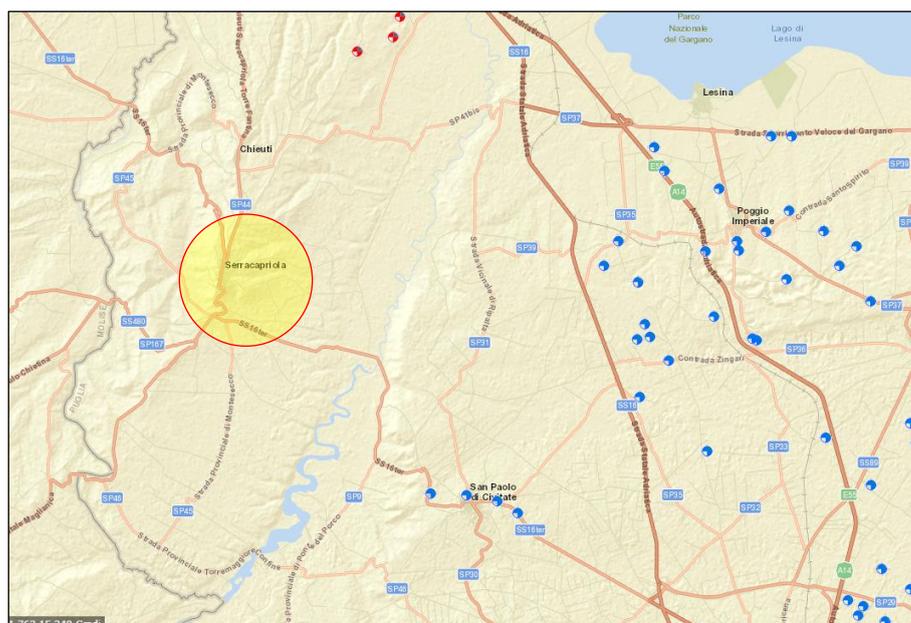


Figura 5-2 Dettaglio Comuni di Serracapriola e Torremaggiore

² www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati//banche-dati-folder/suolo-e-territorio/dati-geognostici-e-geofisici

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



6. INQUADRAMENTO SISMICO

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e s.m.i. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre, sono state definite le nuove norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno, ecc.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati Sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, 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.

A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), 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.

Tabella 6-1: Zone a pericolosità sismica

ZONE A PERICOLOSITÀ SISMICA	
Zona	DEFINIZIONE
1	È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti
3	I comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti
4	È la zona meno pericolosa

Di fatto, viene eliminato il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel 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; zona 2=0.25 g; zona 3=0.15 g; zona 4=0.05 g).

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Tabella 6-2: Suddivisione in zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06).

SUDDIVISIONE DELLE ZONE SISMICHE	
Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

La Regione Puglia, con D.G.R. n. 153 dell'02/03/2004, ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Puglia.

Dalla nuova classificazione regionale si rileva che il Comune di Torremaggiore rientra in zona 2 che significa, secondo la più recente normativa regionale un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima ($a_g \text{ max}$) compreso tra 0,15 e 0,25.

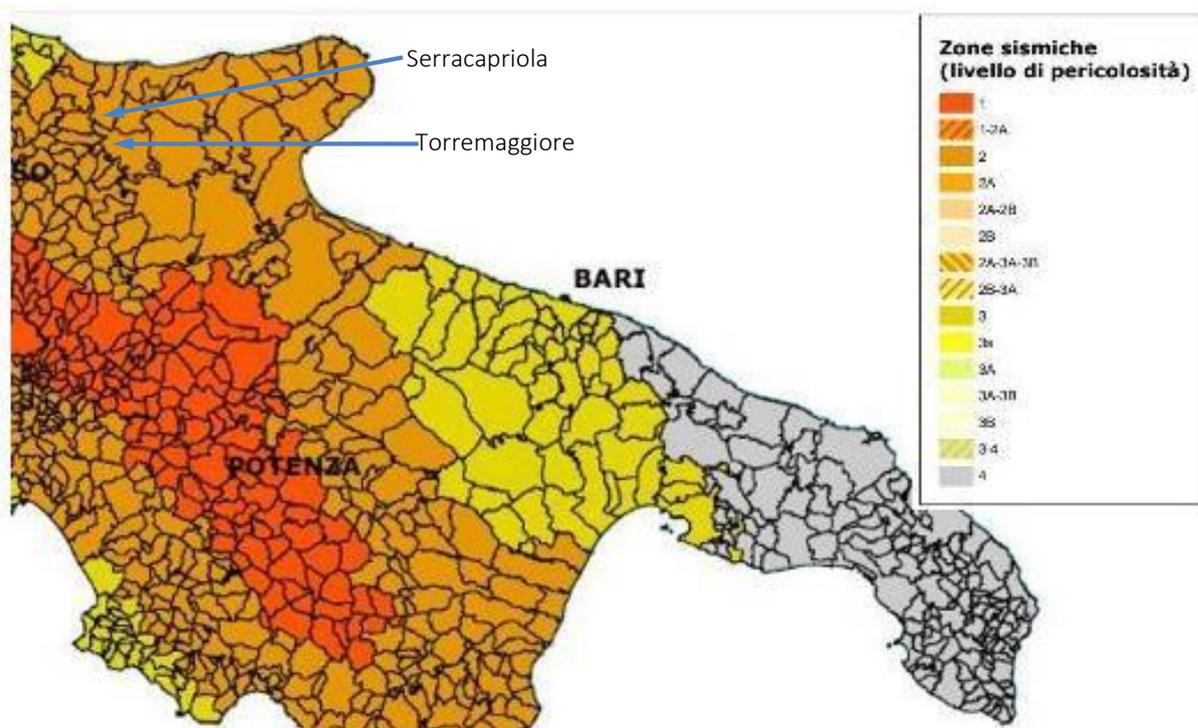


Figura 6-1 Classificazione sismica del gennaio 2019

Per quanto riguarda i rischi correlati all'attività sismica, l'intero territorio è stato interessato da numerosi eventi sismici ed è compreso tra due regioni ad alto rischio: l'Appennino meridionale e il Promontorio del Gargano che sono notoriamente aree sismogenetiche attive a causa della particolare configurazione strutturale (con forti disturbi imputabili a numerose faglie), che nel corso degli anni sono state interessate da energia sismica intensa, con magnitudo $M \geq 4.0$ (figura 6-1).



Figura 6-2 Carta della pericolosità sismica della Puglia

I dati a disposizione indicano che gli epicentri della maggior parte dei terremoti si localizzano nel settore alto del tavoliere, in zona garganica e appenninica (Irpinia). Tali eventi, in gran parte distruttivi nelle immediate vicinanze degli epicentri, hanno avuto influenza e continueranno ad agire in maniera tangibile sul Territorio in esame (figura 6-3).

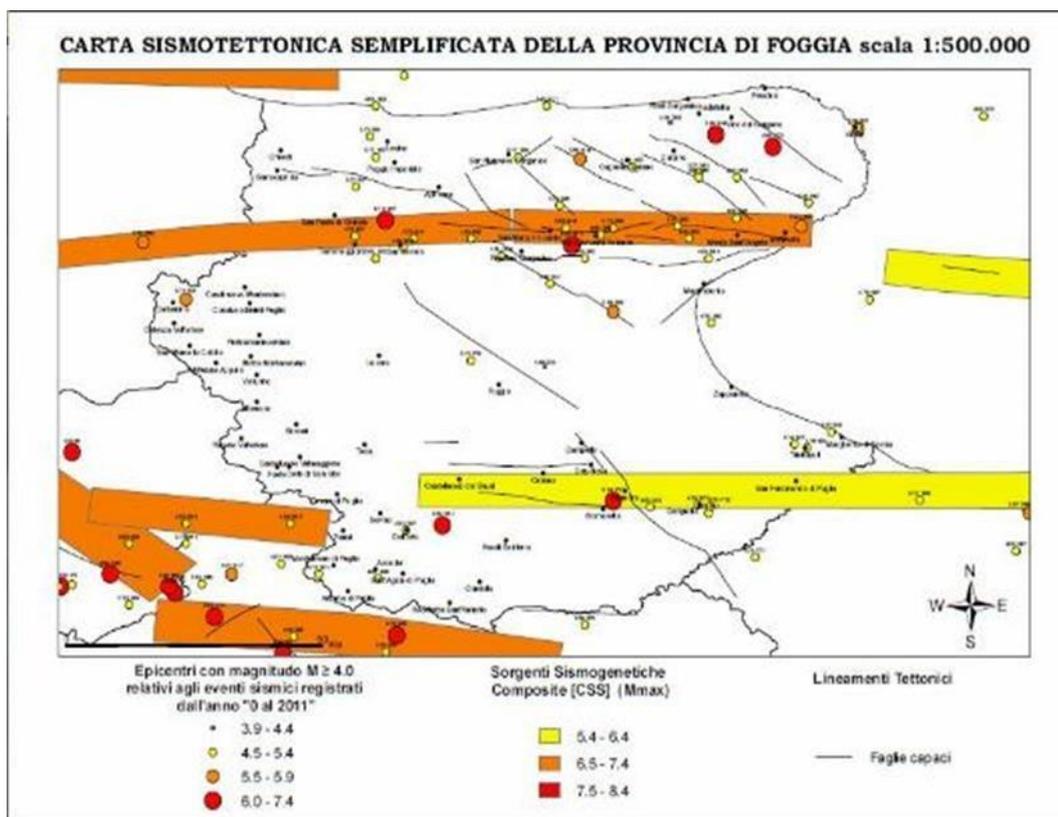


Figura 6-3 Carta Sismotettonica della Provincia di Foggia

L'energia sismica generata negli ipocentri dell'Appennino meridionale (e del Gargano) è trasmessa, attenuata dalla distanza, per mezzo del basamento calcareo mesozoico posto alla profondità di parecchie centinaia di metri sotto all'area in esame.

È evidente che le sollecitazioni sismiche, passando alla sovrastante formazione argillosa plio-pleistocenica di grande potenza, con rigidità sismica inferiore, subiscono amplificazioni che possono ritenersi (grosso modo) uniformi nel sottosuolo dell'intera pianura foggiana fino al tetto delle argille grigio-azzurre.

L'altro decremento di rigidità sismica dovuta al passaggio dalle argille ai sovrastanti depositi sabbiosi, con presenza di falda acquifera, genera nell'onda che proviene dal bed-rock modificazioni negli spettri di accelerazione del terreno, con attenuazione delle frequenze più elevate ed amplificazione.

La caratterizzazione sismica delle principali unità litotecniche che costituiscono il territorio (categoria di sottosuolo, dell'azione sismica di progetto, D.M. 17.01.2018) è stata determinata facendo riferimento ai numerosi dati a disposizione ottenuti da indagini pregresse.

Per eseguire un'analisi di pericolosità sismica di un'area è necessario acquisire studi mirati a individuare le caratteristiche spaziali, temporali ed energetiche dell'attività sismica.

L'area in studio si localizza tra il fronte della catena appenninica e la Pianura di Capitanata. La sismicità registrata nell'ultimo secolo sembrerebbe alquanto limitata, ma qualora si vada a esaminare l'intero catalogo CPTI 04 (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), si evince che l'area è stata interessata da molti eventi sismici particolarmente intensi.

7. PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'area è stata già investigata a più riprese, in relazione a diversi interventi eseguiti nell'intero comprensorio, con la realizzazione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo, con esecuzione di indagini geofisiche e prove penetrometriche dinamiche.

In questa fase di studi è stata eseguita una prima ricognizione cartografica e aerofotogrammetrica a cui ha fatto seguito una indagine di superficie completata con una indagine sismica consistente con 3 stendimenti eseguiti con tecnica MASW e tecnica a rifrazione.

Da qui si è risaliti alla determinazione dei parametri sismo-elastici e geomeccanici del terreno indagato.

7.1 INDAGINE SISMICA - METODOLOGIE DI INDAGINE ADOTTATE

La prospezione MASW è stata eseguita in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni del D. M. 17 gennaio 2018. Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (V_s).

Inoltre, con l'indagine sismica a rifrazione è stato possibile determinare le caratteristiche dinamiche del sottosuolo nelle prime decine di metri con l'individuazione delle principali unità geofisiche e delle relative proprietà meccaniche elastiche, quali velocità delle onde longitudinali P (V_p), velocità delle onde trasversali S (V_s) ed i relativi parametri elastici (E , G , K e ν)³.

L'ubicazione degli stendimenti sismici è stata accuratamente valutato in campagna, per fornire indicazioni utili sulle successioni litostratigrafiche e ricoprire l'intera area interessata dal Parco Fotovoltaico. Di seguito metodologia d'indagine geofisica, di cui vengono evidenziati brevemente i fondamenti teorici.

Prospezione sismica di tipo MASW

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove

h_i = spessore dello strato i_{esimo} ;

V_{si} = 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/sec⁴.

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

Questo parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo tramite l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione

³ Allegato IV

⁴ 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.

(P) e le onde di taglio verticali (Sv) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

In presenza di un semispazio non omogeneo la velocità dipende dalla frequenza, che provoca dispersione dell'energia trasportata dalle onde stesse, vale a dire che la deformazione del treno di onde nel sottosuolo è dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta delle discontinuità come può essere una stratificazione.

Nelle nuove metodologie d'indagine sismica del sottosuolo si valutano le onde di superficie in quanto la percentuale di energia convertita è di gran lunga superiore rispetto alle onde P ed S; inoltre l'ampiezza di queste onde dipende da \sqrt{r} anziché da r (distanza dalla sorgente in superficie) come per le onde di volume.

La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione anzitutto della V_s , che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

L'analisi delle onde S, operata con tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc.

Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

La metodologia MASW risulta particolarmente indicata in ambienti con spazature limitate e, a differenza della sismica a rifrazione, consente di individuare la presenza di inversioni di velocità con la profondità, associabili alla presenza di strati "lenti" al di sotto del bedrock. Tuttavia, un limite di questa metodologia è che esso risente particolarmente del principio di indeterminazione e, fornendo un modello mono-dimensionale del sottosuolo, rende necessaria l'applicazione di altre metodologie d'indagine per fornire un modello geofisico-geologico più attendibile.

Prospezione sismica a rifrazione

La prospezione sismica a rifrazione prende in considerazione i tempi di propagazione delle onde elastiche che, generate al suolo, si diffondono nel semispazio riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti.

Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante.

Le relazioni matematiche dei principi fisici della riflessione e rifrazione sono regolate dalle note leggi di Snell. La condizione necessaria per la riflessione e la rifrazione di un'onda sismica è la variazione del parametro impedenza sismica fra i 2 mezzi separati dalla superficie di discontinuità. L'impedenza sismica si determina attraverso il prodotto tra la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo e la densità del materiale attraversato.

Ogni litotipo è caratterizzato dalla capacità di lasciarsi attraversare dalle onde elastiche con determinata velocità, questa è definita sperimentalmente attraverso prove di laboratorio o in situ. La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, la pressione ed altro.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo. Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico.

Un impulso generato da una sorgente sismica in superficie genera un treno d'onde sismiche di varia natura; in fase di acquisizione e di elaborazione è possibile analizzare onde sismiche di volume o di superficie, a seconda delle modalità con cui esse si propagano nel sottosuolo.

In funzione del tipo di analisi delle onde sismiche investigate, è possibile distinguere fra la metodologia d'indagine sismica a rifrazione (analisi di onde di volume) e di tipo MASW (analisi di onde di superficie).

Disponendo un certo numero di sensori (geofoni) sul terreno lungo uno stendimento sismico e osservando il tempo di percorrenza delle onde per giungere ai sensori, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano i vari strati nel sottosuolo, consentendo una ricostruzione attendibile delle sue caratteristiche elastico-dinamiche.

Al fine di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0,25 * z$;
- c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio (onde S), meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P; quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- d) le velocità delle onde p, misurate in terreni saturi o molto umidi dipende, talora in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dall'acqua interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Ne consegue che per alcuni terreni al di sotto della falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidezza del terreno sono quelle di taglio.

7.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITÀ DI CAMPO

Indagine sismica di tipo MASW

Le prospezioni geofisiche sono state eseguite con strumentazione *Combinata PASI mod. 16SG24 (sismica 24 canali + tomografia elettrica 32 elettrodi)*.

La tecnica MASW prevede l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione (massa battente di peso pari a 8 Kg) e la registrazione simultanea di 12 o più canali, utilizzando geofoni a bassa frequenza. L'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità d'investigazione) richiede la necessità di utilizzare geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Per il profilo MASW eseguito è stata adottata la seguente configurazione:

- lunghezza stendimento = 16,50 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 1,50 m;
- offset di scoppio = 3,00 metri;
- durata dell'acquisizione = 1 secondo;
- tempo di campionamento = 1 millisecondo.

Per energizzare il terreno è stata usata una sorgente impulsiva del tipo "mazza battente" del peso di 8 Kg, ad impatto verticale su piastra per la generazione delle onde elastiche.

Contrariamente a quanto richiesto nell'indagine sismica a rifrazione, il segnale sismico acquisito nella tecnica MASW deve includere tutto il treno d'onda superficiale; pertanto la durata dell'acquisizione deve essere definita in modo da contenere tutto il segnale e non troncato nelle ultime tracce. Inoltre, lo stesso segnale viene acquisito senza applicazione di filtri e incrementi del segnale.

Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione è consistita nell'esecuzione di n. 01 profilo con acquisizione di onde longitudinali (P), avente la seguente configurazione:

- lunghezza stendimento = 44,00 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 4,00 m;
- End Shot A = 0,00 metri;
- Central Shot E = 24,00 metri;
- End Shot B = 48,00 metri;
- durata dell'acquisizione = 128 msec;
- tempo di campionamento = 250 μ sec;
- Frequenza geofoni = 10.00 Hz;
- Sistema di energizzazione = "massa battente".

7.3 RISULTATI INDAGINE GEOSISMICA

La topografia della superficie del sito investigato è perfettamente pianeggiante e quindi non è stato necessario correggere le quote di acquisizione. Il rumore ambientale rilevato è stato assolutamente trascurabile e riferito alle normali attività di lavorazione dei campi limitrofi. Per tutte le stese si è utilizzato un sistema di riferimento relativo, la cui origine è posta in corrispondenza dell'endshot esterno al 1° geofono sia per l'indagine sismica a rifrazione e sia per l'indagine MASW.

7.3.1 ELABORAZIONE DELL'INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW

L'elaborazione è stata sviluppata in due fasi:

- 1) determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione interpretata con picking della curva di dispersione, vale a dire che sono stati selezionati i punti che appartengono ad un certo modo di propagazione dell'onda superficiale con successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione della curva teorica e sperimentale fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

Per l'inversione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software WinMasw 4.0 della Eliosoft.

Dall'esame dei profili sismici si mette in evidenza una sostanziale omogeneità della successione litologica, pur osservando variazione degli spessori delle singole unità litostratigrafiche che possono essere messe in relazione alle modalità di sedimentazione e alle diverse lavorazioni agricole.

In particolare emerge, abbastanza chiaramente, un modello costituito da 3 unità sismostratigrafiche e un valore di $V_{s,eq}$ misurato con valori > 360 m/sec.

7.3.2 ELABORAZIONE DELL'INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

L'indagine MASW risente particolarmente del problema della non univocità del modello geofisico rispetto ai dati sperimentali ed è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro $V_{s,eq}$ più che alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo. Pertanto, è stato eseguito uno stendimento sismico con la tecnica della rifrazione che ha permesso, unitamente a informazioni dirette di carattere geologico, geotecnico e idrogeologico, di ricostruire un modello geomeccanico ben definito.

Dai sismogrammi sperimentali sono stati letti i tempi di arrivo dei "first-break" attraverso l'utilizzo del software SISMOPC per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo-distanza), mostrate in allegato.

L'interpretazione delle dromocrone, anche questa eseguita con l'aiuto di processi computerizzati, è stata effettuata attraverso il software INTERSISM della Geo&Soft, utilizzando come tecnica di interpretazione il Metodo GRM.

In allegato sono riportate le sezioni sismostratigrafiche interpretative, ottenute, scegliendo dei modelli a 3 strati, dove vengono indicate con $S_nA - S_nB$, rispettivamente le progressive iniziali e finali delle stese.

7.4 INDAGINE PENETROMETRICA

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) S;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (Tabella 7-1) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

Tabella 7-1: Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

TIPO	SIGLA DI RIFERIMENTO	PESO DELLA MASSA BATTENTE	PRPF. MAX. DI INDAGINE
Leggero	DPL	$M \leq 10$	8 m.
Medio	DPM	$10 \leq M \leq 60$	20 ÷ 25 m.
Pesante	DPH	$40 \leq M \leq 60$	25 m.
Super Pesante	DPSH	$M \geq 60$	25 m.

Il penetrometro in uso nel corso dell'indagine PENNI 30 COMPAC, ha le seguenti caratteristiche:

- altezza di caduta $H = 0.20$ m;
- avanzamento $\delta = 10$ cm;
- punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$);
- diametro $D = 35.7$ mm;
- area base cono $A = 10$ cm²

Correlazione con N_{SPT}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = (\beta_t N)$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q_t}{Q_{SPT}}$$

In cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT.

Le prove penetrometriche eseguite hanno ricoperto l'intera area interessata dalla proposta progettuale, per quanto possibile, sovrapponendole alle linee degli stendimenti geofisici.

Tutte le prove eseguite sono state ripetute in adiacenza, a distanza di circa 1 metro in quanto, per la presenza a diverse profondità di elementi lapidei anche di grosse dimensioni, il rifiuto all'avanzamento della punta interveniva a profondità non compatibili con il quadro geolitologico d'insieme.

In appendice sono riportate le valutazioni statistiche e le correlazioni che permettono l'utilizzazione delle prove penetrometriche.

Dall'esame delle prove si è potuto sintetizzare un modello costituito da tre diverse unità litotecniche.

Delle tre prove una è stata eseguita in prossimità dello stendimento sismico e le restanti in corrispondenza della stazione di consegna.

Tabella 7:2: Correlazioni con prove penetrometriche

UNITÀ LITOTECNICA	SPESSORE	PROFONDITÀ	PESO DI VOLUME	N _{SPT}	ANGOLO DI ATTRITO
	(metri)	(metri)	[Kn/m ³]		(°)
Coltre superficiale	1,00	1,00	16,78	3	23
Sabbie con limo e argilla	2,50	3,60	18,73	15	33
Sabbia debolmente limosa	> 4,50	>9,00	19,91	17	34

8. SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA

Le esposizioni naturali e i tagli di origine antropica in corrispondenza di piccole sezioni occasionali, osservati in vari luoghi del comprensorio, unitamente ai sondaggi eseguiti nell'intera area hanno evidenziato la presenza di una sequenza di sabbie fini, talora limose, con intercalate lenti di ghiaia e ciottoli subarrotondati, poligenici, eterometrici, in matrice sabbiosa, medio-fine, localmente limosa, di colore beige. Queste lenti sono tendenzialmente non cementate. Poco frequenti sono sottili livelli, di spessore contenuto, di argilla o di arenaria.

L'analisi delle stratigrafie, ottenute dai pozzetti geognostici, dai sondaggi meccanici e dall'indagine sismica consente di definire che i terreni in esame, nella loro variabilità granulometrica e nei rapporti geometrici verticali tra i vari strati, pur nella loro eterogenietà, mostrano una sostanziale uniformità che permette di inquadrarli in unità litotecniche dalle caratteristiche geotecniche definite.

8.1 INDIVIDUAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE

L'analisi delle indagini pregresse e la conoscenza diretta dei luoghi ha permesso la ricostruzione dettagliata e il locale assetto litostratigrafico, con l'identificazione e la caratterizzazione dei principali orizzonti litologici caratteristici del substrato dell'area d'intervento e definendo, per ognuno di essi, le caratteristiche litotecniche peculiari indispensabili per una corretta progettazione geotecnica e strutturale delle opere che si vogliono realizzare consolidando alla base quanto già edificato.

Da quanto emerso nel corso delle indagini geognostiche è stato possibile individuare, nell'ambito della successione stratigrafica, diverse unità litotecniche omogenee per litologia e geotecnica.

Unità Litotecnica "1"

Si tratta di suoli di copertura, di natura prevalentemente limo-sabbiosa con argilla nerastro, arricchito di sostanza organica. È considerato un suolo coesivo da molle a mediamente consistente. A questo si associa anche il sottostante livello limo-sabbioso beige, molle, compressibile e mediamente permeabile.

Tabella 8:-1

Caratteristiche elastiche e meccaniche dell'unità Litologica "1"	
Spessore medio	$h = 1,40 \text{ m}$
Peso volume medio	$\gamma_m = 1700 \text{ kg/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio medio (tensioni efficaci, a lungo termine)	$\phi' = 24^\circ$
Coesione drenata media (tensioni efficaci, a lungo termine)	$c' = 0,04 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di Edometrico medio	$E_m = 78 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.32$
Modulo di Young dinamico	$E_{din} = 816 \text{ kg/cm}^2$
Costante di Winkler	$K_0 = 1,4 \text{ kg/cm}^3$

Unità Litotecnica "2"

È costituita da depositi sabbioso limosi con argilla, di colore marrone, talora beige. Lo spessore medio è di circa 8.60 m.

Tabella 8-2

Caratteristiche elastiche e meccaniche dell'unità Litologica "2"	
Spessore medio	$h = 8,60 \text{ m.}$
Peso volume medio	$\gamma_m = 2058 \text{ kg/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio medio (tensioni efficaci, a lungo termine)	$\varphi'_m = 32^\circ$
Coesione drenata media (tensioni efficaci, a lungo termine)	$c'_m = 0,12 \text{ kg/cm}^2$
Modulo Edometrico medio	$E_m = 125 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.34$
Modulo di Young dinamico	$E_{din} = 1410 \text{ kg/cm}^2$
Costante di Winkler	$K_0 = 2,20 \text{ kg/cm}^3$

Unità litotecnica "3"

Questa unità è formata prevalentemente da sabbie fini debolmente limose e ghiaie poligeniche ad elementi di piccole dimensioni in matrice sabbioso-limosa di colore beige. È considerato un suolo non coesivo, mediamente denso di bassa compressibilità.

Tabella 8-3

Caratteristiche elastiche e meccaniche dell'unità Litologica "3"	
Spessore variabile	$h = 14,70 \text{ m}$
Peso volume medio	$\gamma_m = 2005 \text{ kg/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio medio (tensioni efficaci, a lungo termine)	$\varphi'_m = 34^\circ$
Coesione drenata media (tensioni efficaci, a lungo termine)	$c'_m = 0,16 \text{ kN/m}^2$
Modulo Edometrico medio	$E_m = 256 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.32$
Modulo di Young dinamico	$E_{din} = 5354 \text{ kg/cm}^2$
Costante di Winkler	$K_0 = 2,70 \text{ kg/cm}^3$

Unità litotecnica "4"

Questa unità è formata prevalentemente da ghia e ghiaietto in matrice sabbioso-limosa.

Tabella 8-4

Caratteristiche elastiche e meccaniche dell'unità Litologica "4"	
Spessore variabile	$h = > 10,00 \text{ m}$
Peso volume medio	$\gamma_m = 2150 \text{ kg/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio medio (tensioni efficaci, a lungo termine)	$\varphi'_m = 35^\circ$
Coesione drenata media (tensioni efficaci, a lungo termine)	$c'_m = 0,15 \text{ kN/m}^2$
Modulo Edometrico medio	$E_m = 65 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.36$
Modulo di Young dinamico	$E_{din} = 9985 \text{ kg/cm}^2$
Costante di Winkler	$K_0 = 2,55 \text{ kg/cm}^3$

9. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (D.M. 17.01.2018 N.T.C.)

Come evidenziato in precedenza, la regione del Tavoliere è notoriamente un'area a bassa attività sismica, ma che risente della vicinanza con zone sismogeneticamente attive (il Promontorio del Gargano e i monti del Subappennino Dauno), a causa dei particolari caratteri tettonici che li contraddistinguono, con notevoli disturbi (faglie), che nel corso degli anni è stata interessata da energia sismica intensa, con magnitudo comprese tra 5.0 e 6.5 e VIII/X grado MSK.

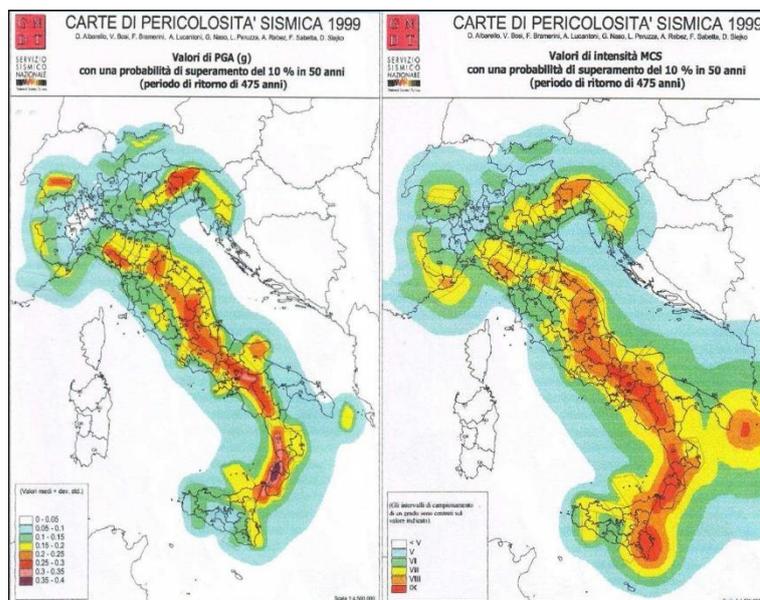


Figura 9-1 Carte della pericolosità sismica (Servizio Sismico Nazionale)

Gli studi effettuati, negli ultimi anni, sulla pericolosità sismica del territorio italiano, dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (G.N.D.T.), dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste (O.G.S.) e dal Servizio Sismico Nazionale (S.S.N.), hanno consentito di sviluppare una metodologia probabilistica sismo-tettonica, ampiamente consolidata ed adottata a livello internazionale, che prevede l'utilizzo di dati di base: catalogo sismico e Zonazione Sismogenetica (Z.S.), oltre all'adozione di criteri e metodi per l'elaborazione degli stessi dati.

Attraverso l'elaborazione dei dati, la pericolosità sismica, ossia "la stima dello scuotimento del suolo, previsto in un certo sito, durante un dato periodo, a causa di terremoti" è stata rappresentata dallo S.S.N. su due carte di pericolosità (1999).

Il Decreto 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" - fornisce le indicazioni per la progettazione e la verifica di nuove strutture secondo criteri antisismici.

Ai sensi del decreto, le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale, 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 . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

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

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

Per l'area in esame, sulla base delle indagini eseguite, si verifica l'assoluta stabilità dell'area; ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto e della categoria di sottosuolo (Ordinanza P.C.M. n.3274 del 20/03/03 e aggiornamenti, modifiche, integrazioni, sostituzioni del D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, si potranno prendere in considerazione i seguenti elementi di valutazione:

- In base alla localizzazione geografica del sito di progetto vengono definiti i parametri di riferimento del moto sismico in superficie, successivamente correlati con gli stati limite e la vita nominale dell'opera. Ciò al fine di definire gli obiettivi da raggiungere in termini di sicurezza e prestazioni delle opere o parti di essa.
 - Individuazione del sito: Regione Puglia, Provincia di Foggia,
 - Gli aerogeneratori WTG01 e WTG02 ricadono nel Comune di Torremaggiore e sono compresi nella maglia individuata dalle coordinate :

Tabella 9:1

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]
Sito 1	28995	41,773750	15,099310
Sito 2	28996	41,772800	15,166330
Sito 3	29218	41,722800	15,165060
Sito 4	29217	41,723760	15,098090

- Nella stessa maglia ma nel Comune di Serracapriola ricadono gli aerogeneratori WTG03, WTG04, WTG05, WTG06 e WTG08;
- L'aerogeneratore WTG07 si trova nel comune di Serracapriola e nella maglia di coordinate:

Tabella 9:2

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]
Sito 1	28996	41,772800	15,166330
Sito 2	28997	41,771800	15,233360
Sito 3	29219	41,721810	15,232010
Sito 4	29218	41,722800	15,165060

- La SE, che sarà solo da ampliare, è ubicata nel Comune di Rotello (CB):

Tabella 9:3

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]
Sito 1	28994	41,774670	15,032290
Sito 2	28995	41,773750	15,099310
Sito 3	29217	41,723760	15,098090
Sito 4	29216	41,724680	15,031110

- La velocità media di propagazione potrà essere assunta mediamente inferiore a 360 m/s, entro 30 m di profondità delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$, dello strato i_{esimo} , per un totale di N strati presente nei 30 m superiori;

- Sulla base del valore $V_{s,eq}$ avendo considerato l'insieme delle indagini effettuate durante la campagna geognostica, considerando in modo cautelativo i risultati peggiori riscontrati, non considerando l'aumento delle caratteristiche geotecniche dei terreni con la profondità, si ipotizza un sottosuolo riferibile alla categoria "C", Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m., caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di velocità equivalente comprese tra 180 m/s e 360 m/s. (tab. 3.2.II NTC/18).
- Le condizioni topografiche del sito che si colloca su un'area perfettamente pianeggiante con inclinazione media $i < 15^\circ$ (max 2°), sono riferibili alla categoria "T₁", per cui il coefficiente di amplificazione topografica (S_T) è pari a 1,0 (valori massimi del coefficiente tab. 3.2. III Norme Tecniche per le Costruzioni 2018).

Tabella 9-4: Categoria di sottosuoli.

CATEGORIE SUOLI DI FONDAZIONE	
Tab. 3.2.II - D.M. 17 gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".	
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 fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m., caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di velocità equivalente comprese tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

Tabella 9-5: Tabella 3.2.III NTC 2018 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

VALORI MASSIMI DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA		
Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T ₁	-	1,0
T ₂	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T ₃	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T ₄	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Per il calcolo dei parametri sopra citati sono stati considerati i seguenti parametri:

- **Classe d'uso:** classe nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso; per le opere in progetto è la II (tab. 2.4.II) il cui uso prevede normali affollamenti), per cui il coefficiente d'uso risulta $C_U=1,0$;

Tabella 9-6: – Tab. 2.4. II NTC 2018 – Valori del coefficiente d’uso C_U .

VALORI DEL COEFFICIENTE D’USO C_U				
CLASSE D’USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

- **Vita nominale dell’opera V_N :** intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantiene gli specifici livelli prestazionali di progetto (da questo valore viene calcolato il Periodo di riferimento per l’azione sismica V_R come:

$$V_R = V_N * C_U \text{ (dove } C_U \text{ è il coefficiente d’uso);}$$

- **Probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} :** in funzione dello stato limite di riferimento.

Nel caso dell’opera in oggetto sono considerati i seguenti valori:

Classe d’uso “II”: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l’ambiente.

Vita nominale V_N : 50 anni: costruzioni con livelli di prestazione ordinari.

Coefficiente d’uso C_U : 1 relativo alla classe d’uso II.

Periodo di riferimento per l’azione sismica: $V_R = V_N * C_U = 50 * 1 = 50$ anni

In funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} vengono calcolati i valori a_g , F_0 , T^*_c e del periodo di ritorno:

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

Tabella 9-7

SPETTRI DI RISPOSTA SECONDO LE NTC 2018 (WTG1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8)						
Stati limite		P_{VR}	Periodo di ritorno (anni)	a_g^5 (g)	F_0	T^*_c (sec)
SLE	SLO	81%	30	0,057	2,466	0,280
	SLD	63%	50	0,076	2,486	0,293
SLU	SLV	10%	475	0.207	2,457	0,336
	SLC	5%	975	0.273	2,437	0,344

⁵ a_g espressa come frazione dell’accelerazione di gravità g.

Tabella 9-8

SPETTRI DI RISPOSTA SECONDO LE NTC 2018 (WTG8)						
Stati limite		P _{VR}	Periodo di ritorno (anni)	a _g ⁶ (g)	F ₀	T* _c (sec)
SLE	SLO	81%	30	0.057	2.466	0.280
	SLD	63%	50	0.076	2.486	0.293
SLU	SLV	10%	475	0.207	2.457	0.336
	SLC	5%	975	0.273	2.437	0.344

Tabella 9-9

SPETTRI DI RISPOSTA SECONDO LE NTC 2018 (SE)						
Stati limite		P _{VR}	Periodo di ritorno (anni)	a _g ⁷ (g)	F ₀	T* _c (sec)
SLE	SLO	81%	30	0.057	2.450	0.283
	SLD	63%	50	0.075	2.477	0.296
SLU	SLV	10%	475	0.206	2.461	0.338
	SLC	5%	975	0.272	2.441	0.346

Dove:

- SLE = stati limite di esercizio
 - SLO = **stato limite di operatività**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
 - SLD = **stato limite di danno**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- SLU = stati limite ultimi

⁶ a_g espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g.

⁷ a_g espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g.

- **SLV = stato limite di salvaguardia della vita:** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **SLC = stato limite di prevenzione del collasso:** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Tabella 9-10: Calcolo dei coefficienti sismici (per stabilità di pendii e fondazioni) con Categoria di Suolo di categoria C.

COEFFICIENTI SISMICI (PER STABILITÀ DI PENDII E FONDAZIONI) (WTG1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 7 - 8)				
coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.020	0.090	0.110
kv	0.008	0.010	0.045	0.055
a _{max} [m/s ²]	0.844	1.111	2.838	3.474
β	0.180	0.180	0.310	0.310

Tabella 9-11

COEFFICIENTI SISMICI (PER STABILITÀ DI PENDII E FONDAZIONI) (WTG8)				
coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.016	0.020	0.089	0.110
kv	0.008	0.010	0.045	0.055
a _{max} [m/s ²]	0.845	1.112	2.820	3.477
β	0.180	0.180	0.310	0.310

Tabella 9-12

COEFFICIENTI SISMICI (PER STABILITÀ DI PENDII E FONDAZIONI) (SE)				
coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.020	0.090	0.110
kv	0.008	0.010	0.045	0.055
a _{max} [m/s ²]	0.840	1.110	2.832	3.468
β	0.180	0.180	0.310	0.310

Dove:

β = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito = 0,2

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido (a_g/g)

g = accelerazione di gravità

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica = 1,5 (SLO)-1,5 (SLD)-1,48 (SLV)-1,42 (SLC)

S_t = coefficiente di amplificazione topografica = 1,0

10. SINTESI CONCLUSIVA

Il presente studio descrive le caratteristiche geotecniche delle litologie affioranti nell'area interessata progetto per la realizzazione di nuovo Parco Eolico della potenza complessiva di **52,8 MW**, che prevede l'installazione di **n. 8 aerogeneratori da 6,6 MW** da installarsi nel territorio comunale di Serracapriola e Torremaggiore in provincia di Foggia. Le relative opere di connessione, oltre ai comuni già citati interesseranno anche il territorio del comune di Rotello (CB).

È stata così programmata una campagna di studi nel rispetto del DM. 17.01.2018 - Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni», che ha previsto:

- n. 3 prospezione sismica superficiale con tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves);
- n. 3 prospezione sismica a rifrazione
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche

L'area oggetto di intervento è ubicata in un ambito con deboli ondulazioni tipiche dei pianalti del Tavoliere delle Puglie, dove i sedimenti alluvionali, di età compresa tra il pleistocene medio e il Pleistocene superiore, sono stati reinciati e terrazzati. Le quote sono comprese tra 90 e 190 metri s.l.m. con pendenze minime, prossime a 5° in direzione Est.

La successione stratigrafica individuata e la caratterizzazione geomeccanica delle singole unità litostratigrafiche è stata eseguita sulla base di un rilievo geologico tecnico e dalle correlazioni dei risultati dell'indagine di superficie integrata con una prima indagine geofisica (MASW e a Rifrazione). È stato così ipotizzato un modello geotecnico a 3 unità litotecniche.

Le indagini sismiche eseguite, hanno consentito di determinare le caratteristiche elasto-dinamiche dei terreni investigati e definire la categoria del sottosuolo di fondazione.

Il substrato di fondazione, sulla base dei risultati dell'indagine sismica è, per l'intera area di intervento, classificabile come un suolo di categoria C, caratterizzato da $V_{s,eq} < 360$ m/sec, spessore > 30 metri.

Per quanto attiene le condizioni topografiche, valutata la pendenza generale della piana si attribuisce una categoria topografica T_1 (pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ - valori misurati pari a 5-7°) e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale si adotta un coefficiente topografico $S_T = 1,0$.

Le aree di intervento sono esterne alle perimetrazioni del vigente PAI.

Non è stato possibile determinare il livello freatico in quanto, sia nell'indagine di superficie, sia anche analizzando i dati presenti nell'archivio nazionale delle indagini del sottosuolo, non sono stati rilevate perforazioni con venute di acqua. Questo è da mettere in stretta relazione con la natura argillosa dei suoli che non consente l'immagazzinamento delle acque.

dott. geol. Michele Pecorelli