

REGIONE
MOLISE



COMUNE DI
ROTELLO



COMUNE DI
MONTORIO NEI FRENTANI



Provincia
Campobasso



**PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN
IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 8 AEROGENERATORI E
DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

RELAZIONE GEOLOGICA

ELABORATO

A.2

PROPONENTE:



PROGETTO E SIA:



Il DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Orazio Tricofico



CONSULENZA:

Dott. Geol. Michele Valerio



0	GIUGNO 2021	B.B.	A.A. - O.T.	A.A. - O.T.	Progetto definitivo
EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE

INDICE

PREMESSA.....	1
2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROGEOLOGICHE.....	5
3. CONDIZIONI DI STABILITA' DEL SITO INTERESSATO	6
4. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	7
5. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI FONDAZIONE.....	7
5.1 Stima della pericolosità sismica del sito	8
6. CONCLUSIONI	11

PREMESSA

Su incarico ottenuto dalla **A TECH srl**, per conto della Società **BLUE STONE RENEWABLE VII S.r.l.**, Committente della proposta progettuale in oggetto, è stato condotto uno studio geologico, geomorfologico e geognostico preliminare, inerente l'area interessata dal progetto di realizzazione di un Parco eolico con relative opere di connessione alla Rete Elettrica, caratterizzato da n° 8 aerogeneratori di potenza complessiva 48 MW, con relative opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale, da realizzarsi nei territori comunali di Rotello (CB) e Montorio nei Frentani (CB).

Il presente studio, di corredo ad una più ampia valutazione di tipo paesaggistica per il progetto in essere, al momento ha lo scopo di stabilire la compatibilità dello stesso con gli strumenti di pianificazione territoriale e di descrivere la natura litologica dei terreni, che verranno interessati dal progetto in oggetto, per risalire al loro prevedibile comportamento in dipendenza dei fattori morfologici, geologici, stratigrafici, tettonici, idrogeologici e sismici rilevabili nella zona, prendendo in riferimento dei risultati ottenuti sia dal rilevamento geologico di superficie che dalle conoscenze dello scrivente.

Per l'acquisizione dei dati geologici e geomorfologici è stato eseguito un rilevamento speditivo del sito di progetto e di un suo intorno. Le condizioni geologiche del sottosuolo dell'area oggetto di studio sono state ricostruite facendo ricorso alla presa visione di risultati di indagini dirette ed indirette eseguite in aree limitrofe e sulle medesime formazioni litologiche. Successivamente, così come previsto in base alle *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e alla Circolare esplicativa del 21 gennaio 2019 n° 7 C.S.LL.PP, a cui la presente Relazione fa riferimento, in sede esecutiva verranno eseguite una serie di indagini geognostiche puntuali al di sotto di ogni aerogeneratore per ottenere una conoscenza geologica e geotecnica più dettagliata del sottosuolo interessato.

In base alle informazioni ottenute da tali indagini si sono potuti stabilire gli spessori, le giaciture ed i rapporti stratigrafici delle Formazioni geolitologiche presenti nel sottosuolo della zona in esame.

L'indagine è stata articolata secondo il seguente programma:

- studio della bibliografia tecnico-scientifica esistente;

- rilevamento geo-litologico di superficie;
- analisi morfologica dei luoghi e relative condizioni di stabilità;
- esame dei risultati delle indagini geognostiche;
- esame della categoria sismica del suolo di fondazione;
- modellazione geologica dei terreni di fondazione.

Le risultanze acquisite sono state confrontate sia con i dati della cartografia ufficiale che con la bibliografia esistente del territorio studiato.

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il territorio di Rotello e di Montorio nei Frentani ricade nel Foglio 155 (San Severo) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 del Servizio Geologico. Il territorio in esame si sviluppa a quote comprese tra i 130 e i 210 m sul l.m.m.

Dal punto di vista geologico, il territorio in generale è caratterizzato dalla presenza continua di sedimenti prevalentemente clastici, sia di origine marina che continentale, riferibili al Pliocene ed al Pleistocene.

Tali terreni, che occupano una vasta parte del territorio, presentano ovunque facies piuttosto uniformi.

La successione stratigrafica, dal basso verso l'alto, può essere descritta come segue:

- **Formazione della Daunia:** costituiti superiormente calcari organogeni bianchi litoidi; nella parte media, marne calcaree grigie con lenti di selce alternanti con argille siltose; nella parte inferiore, arenarie quarzose giallastre con intercalazioni di calcareniti e marne argillose verdine.
- **Argilliti varicolori:** alternanze di argilliti varicolori, prevalentemente rosse, con strati di diaspri neri e rossastri, concrezioni maganesifere, in assetto frequentemente caotico.
- **Argille di Montesecco:** si tratta di argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, giallastre in superficie per alterazione, con intercalazioni sabbiose che diventano più

frequenti nella parte alta della formazione, che passa gradualmente alle soprastanti Sabbie di Serracapriola.

- **Sabbie di Serracapriola:** sono costituite prevalentemente da sabbie giallastre quarzose in grossi banchi; a luoghi sono presenti intercalazioni di arenarie ben cementate, argille biancastre o verde chiaro. Non mancano livelli lentiformi di conglomerati ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi. Poggiano in concordanza sulle Argille di Montesecco, alle quali passano gradualmente per alternanze, con locali fenomeni di eteropia.
- **Conglomerati di Campomarino:** sono costituiti da lenti e letti di ghiaie, più o meno cementate, talvolta con livelli di conglomerati compatti. A luoghi sono presenti sabbie a stratificazione incrociata ed intercalazioni di argille verdastre. La natura litologica dei costituenti è molto varia, trattandosi di materiale proveniente dalle formazioni appenniniche, prevalgono i ciottoli di calcari marnosi e di arenarie. L'arrotondamento degli elementi è notevole ed il grado di appiattimento risulta abbastanza pronunciato. Il passaggio alle sottostanti Sabbie di Serracapriola è normalmente concordante o con lieve discordanza angolare nelle zone più interne. La natura del sedimento e la locale presenza, nei livelli inferiori, di fossili marini, fa ritenere che la formazione rappresenti la fase finale della regressione calabriana e l'inizio del successivo alluvionamento.

Su parte delle superfici abbandonate dal mare in regressione, si è in seguito impostata, un'idrografia con bacini in cui si alternano depositi lacustri e fluviali; per tale motivo, in certe zone, non è facile stabilire se i depositi affioranti siano di ambiente fluvio-lacustre o schiettamente lacustre.

In corrispondenza in particolare della valle del fiume Saccione e dei suoi principali affluenti, si hanno depositi alluvionali terrazzati, disposti in quattro ordini di terrazzi.

Questi sedimenti sono distinti in base a considerazione prevalentemente morfologiche; la loro età è probabilmente riferibile alla parte alta del Pleistocene, tuttavia non è da escludere che i livelli più recenti facciano parte dell'Olocene. In base alla Cartografia Geologica Ufficiale, essi vengono così denominati:

- **fl1** - coperture fluvio-lacustri del I ordine di terrazzi: sono costituiti da ghiaie più o meno cementate e subordinatamente da argille. Probabilmente si tratta di una successione di fasi di accumulo e di erosione caratterizzata dalla presenza di depressioni interne dove, a depositi di natura essenzialmente lacustre, si alternavano episodi di facies deltizia e fluviale;
- **fl2** - coperture fluviali (e lacustri?) del II ordine di terrazzi: trattasi di depositi alluvionali intermedi che presentano una natura litologica simile a quella di fl1. La presenza di un marcato fenomeno di terrazzamento testimonia un'origine prevalentemente fluviale di questi depositi;
- **fl3** – alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III ordine di terrazzi: trattasi di depositi più fini dei precedenti, con prevalenza di sabbie e argille e rari livelli ghiaiosi;
- **fl4** – alluvioni limoso-argillose del IV ordine di terrazzi: si tratta di limi, argille e sabbie provenienti essenzialmente dall'erosione dei sedimenti plio-pleistocenici.

In particolare gli aerogeneratori, così come evidenziato nell'allegato cartografico alla presente, ricadono sui depositi argilloso-marnosi e sabbioso-siltosi propri delle Argille di Montesecco, mentre il cavidotto interessa litologie calcareo-marnose e argilliti che varicolori.

Dal punto di vista **morfologico** l'area è occupata in gran parte da terreni argillosi, coperti da una coltre sabbioso-ghiaiosa, che diventa sempre più estesa e potente man mano che ci si avvicina alla costa.

Questi sedimenti si dispongono in pianali molto regolari con dolce inclinazione verso l'attuale linea di costa; in prossimità di essa, la superficie termina con una scarpata di falesia; tale scarpata è molto accentuata nella zona di Termoli-Campomarino e va progressivamente riducendosi verso SE fino a scomparire presso la foce del F. Fortore.

La serie è incisa da tre corsi d'acqua principali ad andamento parallelo: il Biferno, il Saccione ed il Fortore, con una serie di affluenti ed una rete idrografica secondaria normalmente attiva solo nella stagione piovosa.

Fra i sedimenti argillosi e la loro copertura, esiste una differenza di erodibilità che dà luogo, in alto, ad un gradino subverticale abbastanza pronunciato, corrispondente agli

affioramenti sabbioso-ghiaiosi; ad esso segue, verso il basso, una scarpata meno ripida, localmente franosa o calanchiva, che caratterizza le argille sottostanti.

Questa morfologia più molle, con modellamento a colli e dossi poco elevati è tipica delle zone più interne, ove la copertura è stata in gran parte erosa.

Il terrazzamento dei depositi alluvionali è molto pronunciato per i ripiani più recenti, mentre quelli più antichi sono molto meno differenziati ed hanno uno sviluppo asimmetrico rispetto all'asse vallivo.

Per quanto riguarda l'aspetto tettonico, dove affiorano i terreni pliocenici e quaternari, la tettonica di superficie è molto semplice; i sedimenti sono dolcemente immergenti verso NE e E.

2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROGEOLOGICHE

L'idrografia superficiale del Molise è caratterizzata dalla presenza di quattro corsi d'acqua principali a sbocco adriatico (F. Trigno, F. Biferno, F. Fortore e F. Saccione) e di una fitta rete di ordine inferiore. I corsi d'acqua principali presentano uno spiccato controllo tettonico in quanto il loro asse (SW-NE) è in perfetta sintonia con i maggiori sistemi dislocativi presenti nel tratto di Catena Appenninica.

Da un punto di vista idrogeologico è possibile individuare sul territorio tre fasce con caratteristiche di permeabilità sensibilmente differenti. La fascia montana delle strutture carbonatiche, la fascia collinare dei complessi argilloso marnoso in facies di flysch che bordano le strutture carbonatiche ed infine la fascia costiera a cui possono essere assimilate anche le coperture vallive alluvionali intramontane caratterizzate da depositi alluvionali. Le diversità litologiche, e strutturali, condizionano i caratteri idrogeologici in quanto controllano i processi di infiltrazione e la circolazione sotterranea.

Nell'area di affioramento dei calcari della piattaforma carbonatica, che si affaccia sulla piana di Boiano, l'assetto tettonico è caratterizzato da importanti piani di faglia che fratturano intensamente la roccia conferendole elevata permeabilità. Sono inoltre presenti fenomeni accentuati di carsismo ipogeo. L'acquifero presente all'interno di questo complesso crea

numerose importanti emergenze, tra queste le sorgenti del Biferno e Riofreddo. Acquiferi di minore importanza possono essere rinvenuti in corrispondenza delle alluvioni terrazzate o dei livelli sabbioso-arenacei sovrapposti a litologie argillose.

In corrispondenza dell'affioramento dei materiali argillosi la permeabilità è da bassa a nulla ad eccezione dei livelli arenaci o calcarenitici che danno origine a piccole emergenze collegate a falde locali. Molto spesso gli olistostromi litoidi che fasciano la parte bassa delle vallate importanti, determinano emergenze idriche non trascurabili, collegate agli acquiferi contenuti nella massa calcarea, che si manifestano al contatto tra gli olistostromi e le argille in cui gli stessi sono inglobati. Le litologie argillose sono caratterizzate da permeabilità molto bassa che favorisce un deflusso superficiale su un reticolo fluviale di tipo detritico.

3. CONDIZIONI DI STABILITA' DEL SITO INTERESSATO

L'intero territorio oggetto di indagine ricade all'interno del bacino idrografico del Torrente Saccione, in Molise, quindi sotto la giurisdizione dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore. Per ognuno dei singoli bacini idrografici tale Autorità di Bacino ha predisposto uno specifico piano stralcio.

Il Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Interregionale del Fiume Saccione, che in parte comprende anche il territorio pugliese, è stato approvato dal Comitato Tecnico nella seduta n. 25 del 16 dicembre 2004 e adottato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 99 del 29 settembre 2006.

La maggior parte dell'area su cui sorgeranno gli aerogeneratori, sita a Nord dell'abitato di Rotello (CB), come si evince dalla carta del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico allegata alla presente, non rientra in alcuna fascia di pertinenza fluviale, né in alcuna classe a pericolosità/rischio idraulico e geomorfologico, non essendovi fenomeni di allagamento di particolare rilievo neppure nei periodi di massima registrazione delle precipitazioni, né fenomeni legati a movimenti franosi.

Nelle aree che non rientrano nelle perimetrazioni del P.A.I. sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni

di sicurezza idraulica/geomorfológica in relazione alla natura dell'intervento, poc' anzi citata ed al contesto territoriale.

Solo l'area in cui sorgerà l'aerogeneratore n. 3, ricadente in Area a pericolosità di frana moderata, in base alle N.T.A. del P.A.I. (Piano di bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico), sarà sottoposta ad apposito Studio di Compatibilità Idrogeologica per valutare gli eventuali effetti indotti sull'assetto idrogeologico dell'area.

4. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Dal rilevamento geologico di superficie caratterizzati dalla visione di affioramenti naturali, si è potuta ricostruire la successione lito-stratigrafica che è possibile estendere a tutta l'area di indagine la quale è rappresentata da depositi argilloso-marnosi e sabbioso-siltosi grigio-azzurri con passaggio in profondità a calcari organogeni bianchi litoidi e a marne calcaree grigie con lenti di selce alternati con argille siltose.

La successione stratigrafica relativa all'area su cui sorgeranno le stazioni utente è caratterizzata invece da depositi fluvio-lacustri, ghiaiosi ed argillosi, in passaggio sottostante alle argille marnose e siltoso-sabbiose grigio-azzurre.

5. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI FONDAZIONE

Secondo il D.M. del 17 gennaio 2018, per la definizione delle azioni sismiche di progetto secondo l'approccio semplificato riconducibile alle cinque categorie di sottosuolo, si fa riferimento alla cosiddetta **V_{s,eq}** valutato dalla seguente espressione:

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

dove:

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 e terreno molto rigido, caratterizzato da VS non inferiore a 800 m/s.

Per l'attribuzione della categoria sismica a cui appartengono i terreni su cui ricadranno gli aerogeneratori, si fa riferimento conoscenze del sottoscritto su indagini effettuate sulle medesime litologie le quali hanno determinato dei valori delle V_{seq} tali da attribuire il suolo su cui ricadrà l'opera in progetto alla **CATEGORIA "B"**, che, in base alla nuova definizione fornita dal D.M. del 17 gennaio 2018, rientra nella classificazione di *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"*.

Si precisa che tali dati derivano comunque da indagini di tipo puntuale e che di contro, le formazioni litologiche interessate, sono caratterizzate da un'estrema variabilità litologica.

Pertanto, in fase esecutiva, si dovranno effettuare opportune indagini in situ ove dovrà essere verificata la corrispondenza ad ogni categoria sismica.

5.1 Stima della pericolosità sismica del sito

La pericolosità sismica di un sito, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche; essa deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le **NTC** e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle **NTC**, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento – Fig. 1*) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);

- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un *intervallo di riferimento* compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

Per le categorie di sottosuolo di fondazione (**categoria B** per il sito in esame) definite dal D.M. 17/01/2018 al comma 3. 2. 2, i coefficienti **Ss** e **Cc** possono essere calcolati in funzione dei valori di **F₀** e **Tc**, relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tabella 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Inoltre, l'area in esame presenta pendenze anche superiori ai 15°, pertanto si attribuisce ad essa la Categoria topografica T2.

Di seguito vengono inseriti i dati utili allo studio della pericolosità sismica del sito:

Denominazione parametro sismico	Valore di input
<i>Vita nominale</i>	30
<i>Classe edificio</i>	I
<i>Categoria di sottosuolo</i>	B
<i>Categoria topografica</i>	T2
<i>Coordinate geografiche</i>	Latitudine: 41.7712
	Longitudine: 14.9946

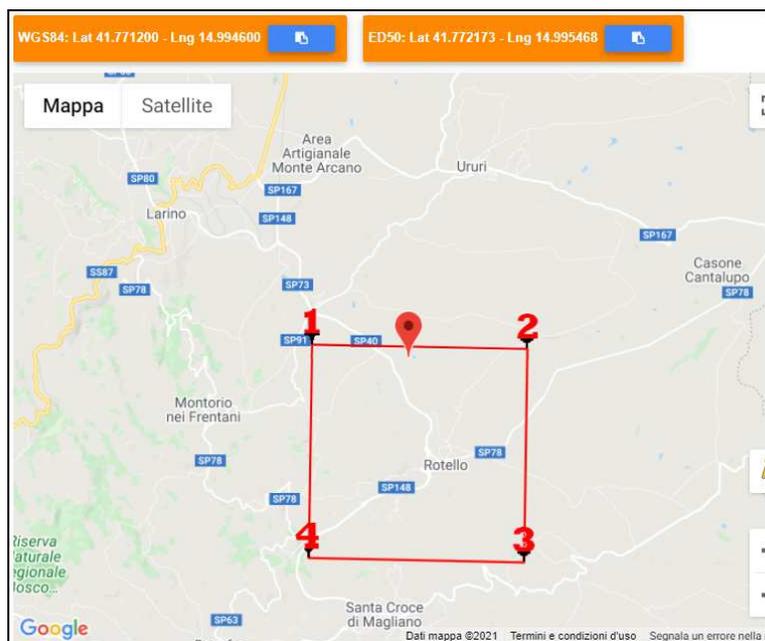


Fig. 1: Reticolo sismico di base

Per determinare, in via del tutto teorica e approssimativa, i valori di F_0 , T^*c e A_g utili alla definizione dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, sempre secondo le Norme tecniche del D.M. 17/01/2018, le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r , ricavato per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_u .

Nel caso in esame, come detto, si è fatto quindi riferimento ad una **Vita Nominale di 30 anni** e ad un coefficiente di **Classe d'uso I** che ha valore pari ad **0,7**.

Pertanto i valori delle forme spettrali da considerarsi sono i seguenti (da Geostru Parametri sismici – Fig. 2):

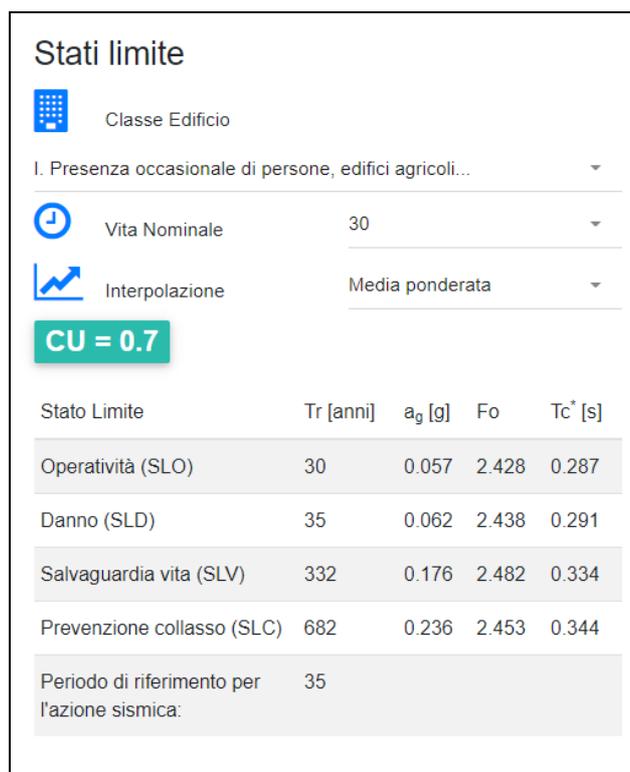


Fig. 2: Forme spettrali

6. CONCLUSIONI

Il programma di studi e le indagini eseguite in sito, hanno consentito di caratterizzare sotto il profilo geologico, stratigrafico-strutturale e geotecnico il sottosuolo dell'area d'interesse, nonché i terreni di fondazione che saranno interessati dal parco eolico costituito da 8 aerogeneratori, ricadente in agro del comune di Rotello (CB) e Montorio nei Frentani (CB).

Il rilevamento geomorfologico di superficie effettuato alla scala su tutta l'area interessata dal progetto del parco eolico, ha evidenziato che essa si presenta sostanzialmente stabile, con poche forme di dissesto localizzate, generalmente di moderata entità.

I risultati del rilevamento geologico di superficie e dalla presa visione della cartografia ufficiale hanno permesso di ricostruire la successione litostratigrafica del sottosuolo, che può essere sintetizzata, correlando i risultati ottenuti, con la presenza di depositi argilloso-marnosi e sabbioso-siltosi con passaggio in profondità a calcari organogeni bianchi litoidi e a marne calcaree grigie con lenti di selce alternanti con argille siltose.

Dalle indagini sismiche prese in riferimento, si è riscontrato un valore sperimentale medio delle Vs,eq tale da poter attribuire il suolo su cui ricadrà l'opera in progetto alla **CATEGORIA "B"**. Si sottolinea comunque come l'opportuna verifica alla corrispondenza ad ogni categoria sismica dovrà essere effettuata tramite opportune indagini in situ in fase esecutiva.

Dalla consultazione della cartografia PAI redatta dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, sulle aree interessate dall'opera in progetto non vi sono segnalazioni di alcun tipo di Rischio Idrogeologico, né di Frana né di Inondazione, se non per l'area su cui ricadrà l'aerogeneratore n. 3 per il quale, come previsto dalle N.T.A. verrà redatto uno Studio di Compatibilità Idrogeologica.

Pur tenendo in considerazione quanto scaturisce dal presente lavoro non si potrà prescindere, in fase esecutiva, al fine di per ottenere una conoscenza più dettagliata del sottosuolo interessato, in primis dall'effettuare opportune indagini geognostiche in situ (carotaggi) in corrispondenza di ogni aerogeneratore, oltre che dall'effettuare ulteriori sopralluoghi e controlli, per poter elaborare una progettazione esecutiva dell'opera nel rispetto delle NTC 2018.

Non essendo stati riscontrati impedimenti riguardo eventuali amplificazioni sismiche dovute alla presenza di falde superficiali, di elementi tettonici attivi nelle immediate vicinanze del sito in esame, ed ancora l'assenza di fenomeni erosivi degni di rilievo e di problemi di instabilità quali frane e smottamenti, si esprime parere favorevole alla realizzazione dell'opera di progetto.

Tanto dovevasi in ottemperanza all'incarico ricevuto.

Palo del Colle, giugno 2021

Il Geologo

Dott. Michele Valerio



ALLEGATI

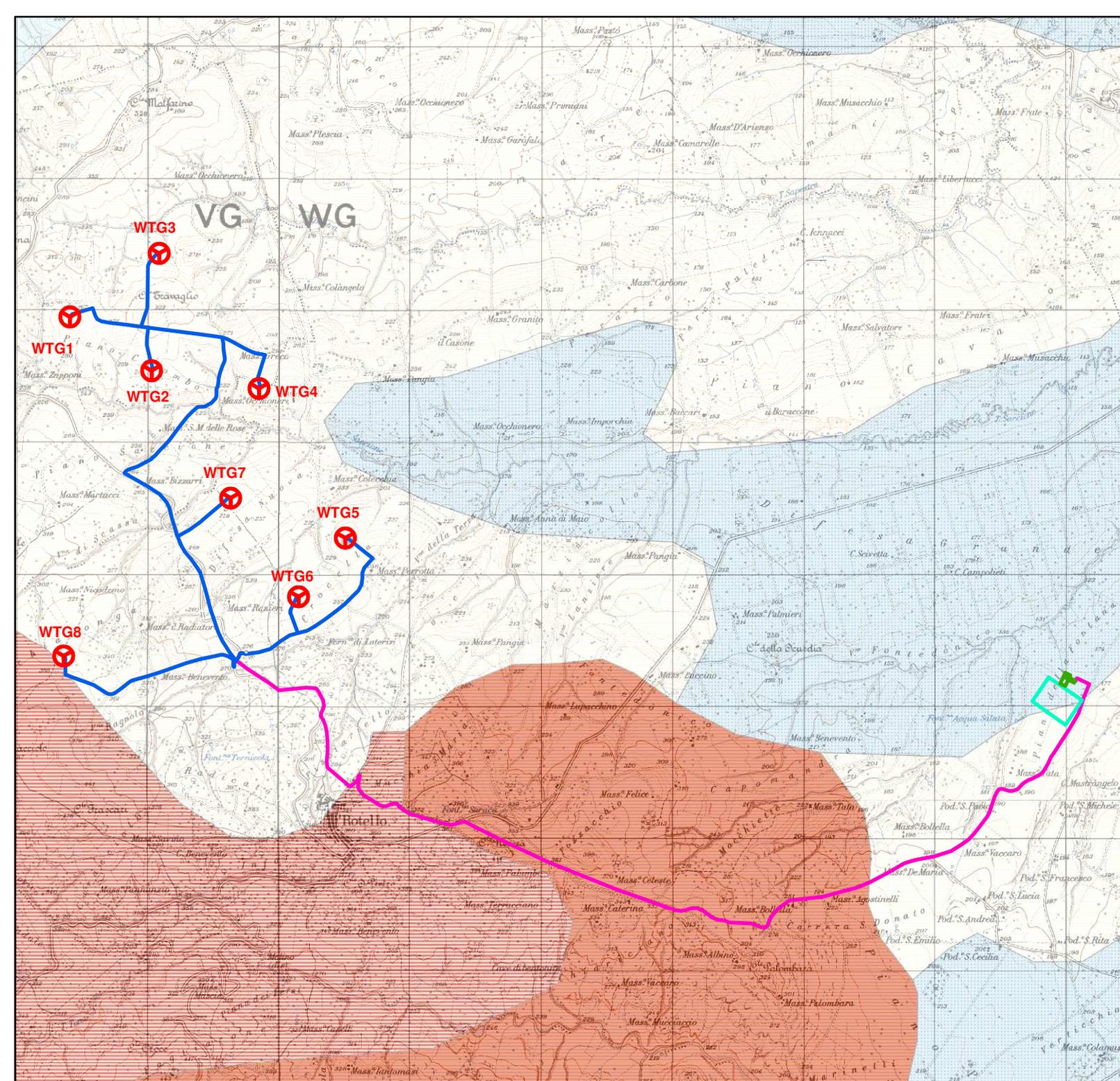
Legenda

-  Aerogeneratori
-  Cavidotto esterno
-  Cavidotto interno
-  Stazione Terna
-  Stazioni utente
-  Coperture fluvio-lacustri del I ordine di terrazzi
-  Argille marnose, siltoso-sabbiose grigio-azzurre.
-  Calcarei organogeni bianchi e marne calcaree
-  Argilliti valicolori rossastri

Carta Geologica



scala 1:40.000



Legenda

-  Aerogeneratori
-  Cavidotto esterno
-  Cavidotto interno
-  Stazione Terna
-  Stazioni utente
-  Pericolosità da frana moderata
-  Pericolosità da frana elevata
-  Pericolosità da frana molto elevata
-  PI3 Aree a pericolosità idraulica elevata
-  PI2 Aree a pericolosità idraulica moderata
-  PI3 Aree a pericolosità idraulica bassa

Carta del Piano per l'Assetto Idrogeologico



scala 1:40.000

