



REGIONE
TOSCANA



COMUNE DI
MANCIANO



PROVINCIA DI
GROSSETO

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Fiora" di potenza nominale pari a 52.8 MW e relative opere connesse da realizzarsi nel comune di Manciano (GR)

Titolo elaborato

Relazione Geologica

Codice elaborato

F0612ER01A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni DI SANTO)



Gruppo di lavoro

Ing. Giuseppe MANZI
Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Monica COIRO
Ing. Jr. Flavio Gerardo TRIANI
Ing. Gerardo Giuseppe SCAVONE
Ing. Manuela NARDOZZA
Ing. Angelo CORRADO
Arch. Gaia TELESCA



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche



ARCHEOLOGIA

Archeoservizi s.r.l.

Via A. Moro, B/5 - 82021
Apice (BN), Italia
Cell. +392171616306
Skype antonio.mesisca



GEOLOGIA

Dott. Geol. Giuseppe PALMITESTA

Piazza della Costituzione Italiana 81
85100 Potenza
giuseppe.palmitesta@gmail.com
giuseppe.palmitesta@f4ingegneria.it

Committente

Apollo Wind S.r.l.

Via della Stazione, 7
39100 Bolzano (BZ).

L'Amministratore Delegato

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Dicembre 2023	Prima emissione	GPA	FTR	GMA

Sommario

Relazione geologica	3
1 Introduzione	4
1.1 Riferimenti Normativi e Cartografici	5
2 Ubicazione sito di progetto	7
3 Inquadramento geologico generale	9
3.1 Assetto strutturale e lineamenti tettonici	10
3.2 Stratigrafia generale dell'area	11
3.3 Geomorfologia	14
4 Geologia dell'area di intervento	16
4.1 Geomorfologia	19
4.2 Idrogeologia	22
5 Valutazione della pericolosità geomorfologica e idraulica	24
6 Piano Assetto Idrogeologico	30
7 Pericolosità sismica	33
7.1 Verifica Liquefazione dei terreni	38
8 Caratterizzazione Fisico-Meccanica dei Terreni	40
9 Tracciato cavidotto	42

9.1	Trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.)	44
10	Conclusioni	45

Relazione geologica

1 Introduzione

La presente relazione geologica presentata dalla società Apollo Wind S.r.l. con sede legale in Via della Stazione n. 7 - 39100 Bolzano (BZ), in qualità di proponente – è stata redatta in riferimento al progetto di un **nuovo parco eolico di proprietà denominato "Fiora", localizzato nel territorio comunale di Manciano, in provincia di Grosseto.**

Il parco eolico in oggetto sarà costituito da **8 aerogeneratori** della potenza nominale di 6.6 MW ciascuno, con **potenza complessiva in immissione di 52.8 MW**, connessi ad un sistema di accumulo di energia (BESS, Battery Energy Storage System) elettrochimico di potenza pari a 25 MW.

L'impianto sarà collegato in antenna a 36 kV con una futura stazione elettrica di trasformazione RTN 150/36 kV, localizzata nel territorio comunale di Manciano e da inserire in entra - esce alla linea RTN a 150 kV "Suvereto - Montalto" (STMG Terna)

L'installazione degli 8 aerogeneratori caratterizzati da un diametro del rotore pari a 170 metri, un'altezza del mozzo di 115 metri e con un'altezza complessiva al tip (punta) della pala di 200 metri. Il modello commerciale che attualmente soddisfa questi requisiti tecnici è SG 6.6-170 HH 115 m.

Per la scelta dell'ubicazione delle aree di sedime si è tenuto conto di tutti i vincoli di tutela paesaggistica-ambientale, dell'andamento plano-altimetrico del territorio, delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche del terreno e della disponibilità dei suoli.

La modellizzazione geotecnica del sottosuolo per le aree di sedime delle fondazioni degli aerogeneratori è stata effettuata tramite l'uso di dati di proprietà dello scrivente acquisiti durante la realizzazione di un precedente lavoro nella medesima area e la raccolta di dati bibliografici esistenti nella medesima area.

Il **tracciato del cavidotto interrato** destinato al trasporto dell'energia elettrica prodotta dall'impianto eolico è stato individuato con l'obiettivo di minimizzare il percorso per il collegamento dell'impianto alla RTN e di **interessare, per quanto possibile, strade o piste esistenti o territori privi di peculiarità naturalistico-ambientali** e problematiche geologiche. Dove il percorso intersecherà i corsi d'acqua, si provvederà ad usare la tecnologia TOC per effettuare l'attraversamento con la realizzazione di pozzetti di sezionamento in entrata e uscita posti esternamente alla fascia di rispetto fluviale. La profondità di interrimento del cavidotto lungo il suo tracciato sarà di circa 1,5 metri dal piano campagna.

Per verificare la realizzabilità del progetto, si è proceduto ad uno studio delle caratteristiche geologiche dell'intera area coadiuvate da un'analisi geomorfologica, idrogeologica e litotecnica dall'area di sedime degli aerogeneratori e delle relative opere secondarie al fine di individuare le possibili aree di criticità geologica e di poter sottoscrivere la fattibilità del progetto.

A tal fine è stata effettuata una verifica puntuale dell'area di sedime dell'impianto eolico e del relativo tracciato del cavidotto tramite l'ausilio delle immagini fotogrammetriche, delle cartografie geologiche messe a disposizione dall'ISPRA 1: 100.000 e dalla Regione Toscana 1:10.000, e quelle del Piano Operativo e Strutturale del comune di Manciano.

L'area di progetto ricadente nel comune di Manciano è classificata in **Zona sismica 3** (Ordinanza P.C.M. n. 3274/03 e s.m.i. e del G.R.T. n. 421 del 25/05/2014) con valori di accelerazione orizzontale compresi tra **0,05 e 0,15 a_g/g** e **spettro di ancoraggio pari a 0,15 a_g/g (NTC 2018)**. Inoltre si fa presente che l'area di progetto risulta ricadere in un'area interessata da Vincolo Idrogeologico (R.D. 3267/1923 e L.R. 39/00 con relativo Regolamento di Attuazione D.P.G.R. n. 48/R del 08/08/2003 e s.m.i.).

Gli elaborate cartografici prodotti in questa relazione sono riportati nei seguenti allegati:

- F0612ET01A - Carta Geologica
- F0612ET02A - Sezione geologica
- F0612ET03A - Carta Geomorfologica
- F0612ET04A - Carta Idrogeologica
- F0612ET05A - Stralcio della carta della pericolosità da alluvioni

1.1 Riferimenti Normativi e Cartografici

Per la redazione della seguente relazione si è fatto riferimento alla normativa vigente ed alla documentazione cartografica e bibliografica esistente di seguito riportata:

➤ **Normativa di riferimento Nazionale**

- **L.N. n.64/74** - *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.*
- **D.M. 11.03.1988** - *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.*
- **D.P.R. n.380/2001** - *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.*
- **O.P.C.M. n.3274/2003** – *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.*
- **D.M. 14.09.2005** - *Norme Tecniche per le Costruzioni.*
- **D.M. LL.PP. del 14.01.2008** - *Testo Unitario - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.*
- **D.M. del 17.01.2018** - *Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni.*
- **Circolare del C.S.LL.PP. n° 7 del 21.01.2019** - *Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*
- **R.D. Legge 30 n° 3267 del 30.12.1923** – *Provvedimenti per la tutela di pubblici interessi, Vincoli per scopi idrogeologici*

➤ **Normativa di riferimento regionale**

- **Norme di Attuazione - Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI)** - *Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Centrale e Appennino Settentrionale - Bacino del Fiume Tevere e Bacino del Fiume Ombrone.*
- **D.P.R.G. 26/R/2007** – *Regolamento di Attuazione dell'art. 62 della Legge Regionale 3 Gennaio 2005 n. 1 in materia di indagini geologiche*
- **L.R. 24 Luglio 2018, n. 41** – *Disposizioni in materia di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 Febbraio 2010 n. 49*
- **D.M. 17/01/2018** – *Aggiornamento della Classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006*

Riferimenti cartografici e bibliografici

- Foglio 136 Toscana della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000)
- Note illustrative foglio 136 Toscana Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 , Servizio Geologico d'Italia
- Inventario Fenomeni Franosi in Italia IFFI, Open data Regione Toscana.
- Regione Toscana - *DB Geologico Regionale della Regione Toscana*

- Regione Toscana - *DB Geomorfologica della Regione Toscana*
- Piano Strutturale e Piano Operativo del Comune di Manciano
- Strumenti Urbanistici del comune di Manciano Cartografia (Tavole 7, geologica, geomorfologica, idrogeologica, litotecnica, pericolosità idraulica, pericolosità geomorfologica, aree inondabili)

2 Ubicazione sito di progetto

L'area di studio dell'area di sedime del parco eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile ricade nella parte meridionale del comune di Manciano (GR) a circa 3 KM dal confine con la Regione Lazio (Figura 1).

Idrograficamente l'area è delimitata ad Est, dal Fiume Fiora e ad Ovest dal Fosso del Tafone. La parte settentrionale dell'area è caratterizzata da due rilievi collinari denominati Poggio Costone (324 m) ad Est e Monte Maggiore (378 m) ad Ovest i quali vanno a delimitare un'area a morfologia più pianeggiante. La zona a sud invece è caratterizzata da una morfologia sub pianeggiante caratterizzata dalla presenza di colline con fianchi debolmente inclinati ed incise dai corsi d'acqua principali e dai fossi ad alimentazione stagionale di tipo torrentizio.

Il cavidotto seguirà principalmente le opere già esistenti come la strada provinciale Campigliola e le strade bianche che forniscono accesso ai vari poderi agricoli disseminati nell'area.

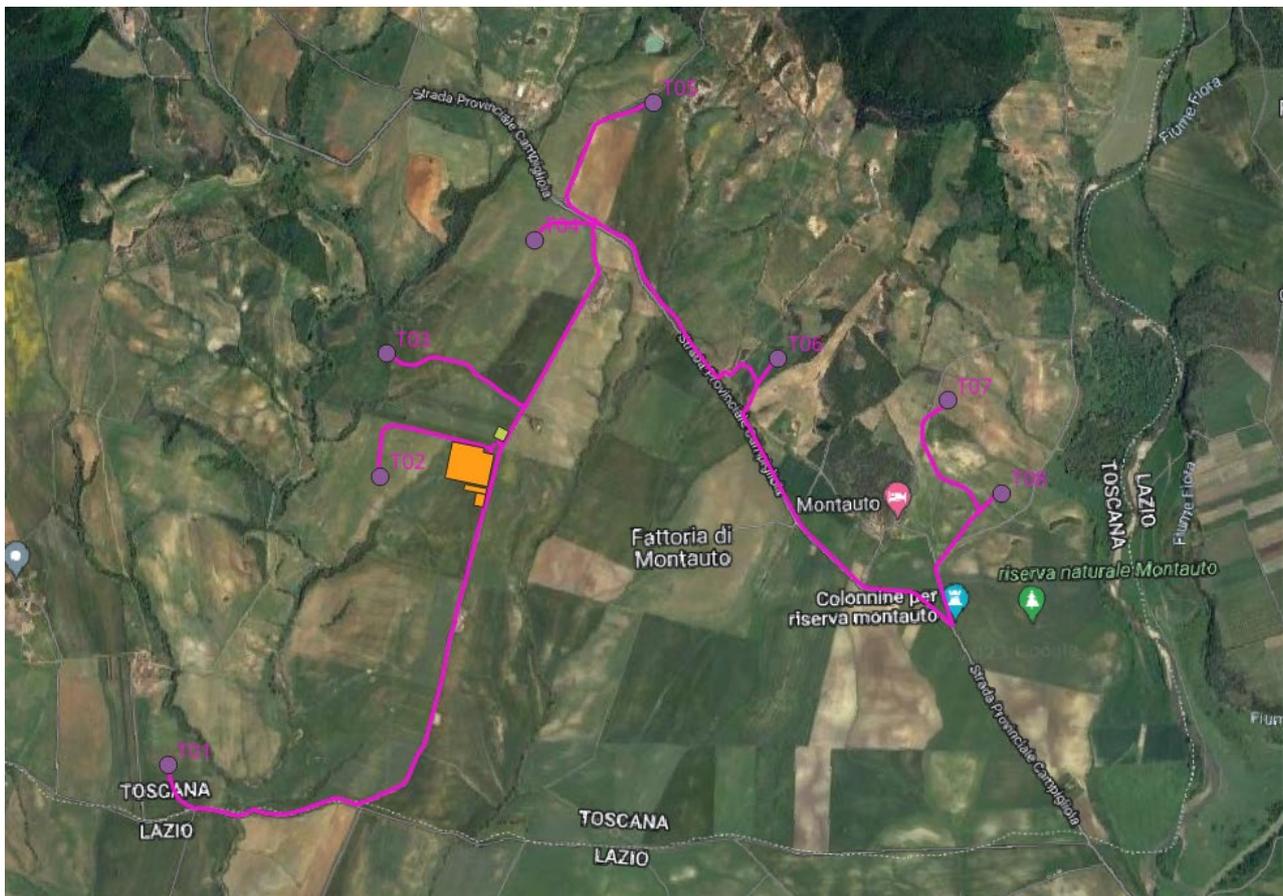


Figura 1 - Estensione dell'area di progetto ed ubicazione degli aerogeneratori con relativo tracciato del cavidotto.

Le quote altimetriche delle piazzole degli aerogeneratori interessano un'area che varia da un minimo di 70 metri a circa 160 metri slm.

Dal punto di vista catastale l'area in cui ricade l'opera di progetto ricade sui seguenti fogli e particelle:

Foglio 263, Particelle: 9, 10, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180

Foglio 266, Particelle: 110, 42, 127

Foglio 268, Particelle: 163, 56

Foglio 269, Particelle: 100

Foglio 270, Particelle: 19, 77, 86, 77, 116, 206

3 Inquadramento geologico generale

L'area di studio ricade all'interno del Foglio Geologico 136 Toscana scala 1:100.000 del Servizio Geologico d'Italia (Figura 2 e 3), esso ricopre la parte meridionale della regione Toscana che si estende

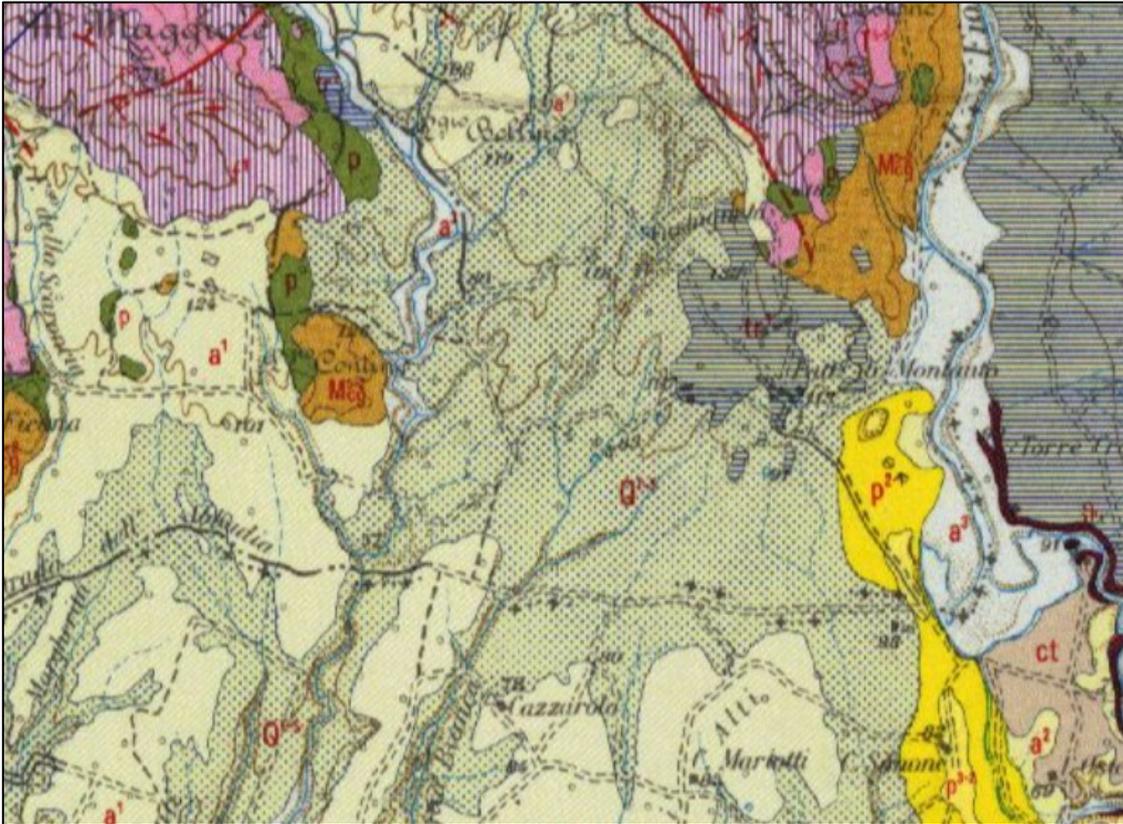


Figura 2 - Stralcio carta geologica 1:100.000 del Servizio Geologico Italiano

dalla costa Tirrenica fino al Lago di Bolsena. Il Foglio può essere suddiviso in due macroaree delimitata da un lineamento immaginario con direzione di confine NW-SE. La parte ad Ovest è caratterizzata da depositi di origine sedimentaria mentre la parte ad Est è caratterizzata da depositi vulcanici che in buona parte appartengono all'apparato dei Vulsini.

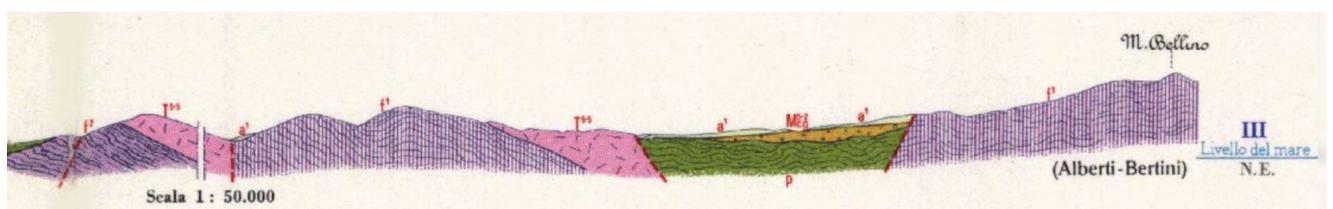


Figura 3 - Figura 3 sezione geologica dal Foglio 136 Toscana scala 1:50.000

I terreni di origine sedimentaria sono rappresentati dai seguenti gruppi formazionali:

- **Formazioni della serie tipo Toscana** che può essere completa o ridotta. Lembi di questa serie affiorano nei Monti di Manciano e della Campigliola dove risultano fagliati e ricoperti dalla serie dei flysch cretaceo paleogenica.
- **Formazioni del Flysch argilloso-calcareo-arenaceo** del Cretaceo-Eocene. Queste Formazioni poggiano direttamente su quelle più antiche di tipo toscano. Affiorano sui Monti di Manciano e della Campigliola e in prossimità dei Monti della Tolfa
- **Formazioni prevalentemente argilose sabbiose e conglomeratiche**, calcareo-sabbiose ed arenacee, marine subcontinentali e continentali in parte con materiale vulcanico depositatesi nel Miocene, Pliocene e quaternario con rapporto di trasgressione sui depositi delle formazioni più antiche.

La trasgressione neogenica, i cui depositi affiorano sui Monti di Manciano, sarebbe iniziata nel Miocene inferiore e terminata nel Pliocene medio raggiungendo il massimo della sua ampiezza e profondità nella zona centrale del foglio geologico dove affiorano prevalentemente terreni Pliocenici e Quaternari. All'inizio del Pliocene superiore inizia una fase di regressione che continua nel Quaternario.

Le formazioni vulcaniche sono occupate in prevalenza dalle colate laviche e dai prodotti piroclastici dell'apparato dei Vulsini. Essi affiorano nei dintorni di Tuscania, dove alle vulcaniti Vulsine si sovrappongono i lembi più occidentali dei prodotti dell'apparato vulcanico di Vico. Formazioni vulcaniche affiorano nei Monti della Tolfa e nelle zone limitrofe e sono rappresentate principalmente da ignimbriti e coni di lave acide del complesso vulcanico tolfetano.

3.1 Assetto strutturale e lineamenti tettonici

L'area ricadente sul foglio 136 Tuscania può essere distinta in tre strutture tettoniche principali ciascuna con caratteri diversi una dall'altra: strutture tettoniche delle formazioni più antiche, quelle che coinvolgono le formazioni flyschoidi e quelle delle formazioni più recenti.

Le prime due sono state interessate dagli eventi deformativi più antichi che avrebbero causato lo scollamento principale in corrispondenza delle formazioni evaporitiche del Norico-Retico seguito da un altro scollamento a livello delle Marne a Posidonia. Le formazioni al di sopra del complesso evaporitico sarebbero state interessate da una tettonica compressiva che ha portato alla formazione di pieghe e sovrascorrimenti con direttrici N-S e vergenza verso Est. Le formazioni al di sotto del complesso evaporitico sarebbero state interessate da una serie di faglie normali che hanno portato alla formazione di una fase distensiva che hanno portato alla formazione di blocchi fagliati ed inclinati (struttura toscana). Le strutture tettoniche riguardanti le formazioni più antiche affiorano in superficie solo in alcune aree come i Monti di Manciano-Campigliola e Monti di Canino.

Le formazioni più recenti sono state interessate sempre da una tettonica distensiva e caratterizzata principalmente da movimenti verticali. Esse sono rappresentate in genere da blocchi fagliati e variamente dislocati con vergenza verso E e NE. Esse si sviluppano essenzialmente secondo tre direzioni: direzione appenninica NW-SE, trasversale NE-SW e N-S. La struttura più estesa è quella delle filladi di Monte Bellino, limitata a SW da una faglia con direzione appenninica (Valle del Tafone) a NE e ad E del corso del Fiume Fiora, impostato con ogni probabilità in corrispondenza di due principali linee di dislocazione per faglia, una con direzione NW-SE l'altra con direzione NS. All'incrocio delle suddette faglie si osserva il centro eruttivo di Monte Calvo e quello presso Ponte dell'Abbadia.

Le formazioni flyschoidi presentano caratteristiche strutturali diverse rispetto a quelle più antiche, esse sono caratterizzate da pieghe e faglie di vario tipo a causa della loro litologia. Le faglie si riescono a distinguere e cartografare seguendo i contatti anomali formazionali.

Nei pressi di Manciano si osserva un accenno a strutture con direttrici NW-SE e vergenza verso NE. In tale zona gli affioramenti arenacei appaiono chiaramente sviluppati e disposti in allineamenti secondo le direzioni NW-SE con immersioni verso NE. In quest'area si può osservare una zona tettonica rilevata rispetto alla zona depressa circostante che si raccorda con la zona litoranea. Questa zona costituisce un'area di depressione tettonica che è stata colmata dai sedimenti Neogenici e quaternari interessati da fenomeni distensivi avvenuti in età recente. I suddetti terreni sono interessati da faglie, che in parte hanno riattivato le faglie preesistenti dando origine all'attività vulcanica quaternaria.

3.2 Stratigrafia generale dell'area

Dall'analisi della carta geologica si riporta una descrizione sintetica delle formazioni sedimentarie elencate nell'inquadramento geologico regionale generale e della relativa colonna stratigrafica che riporta i rapporti geometrici che intercorrono tra le diverse formazioni (Figura 4).

1) FORMAZIONI DELLA SERIE TOSCANA

Filladi o Verrucano: complesso di scisti filladici quarzoso micacei di colore grigio scuro stratificato e deformato. Al tetto della formazione si rinviene un orizzonte di scisti filladici argillosi e talcosi di colore giallo biancastro con intercalazione di calcari cristallini. Età: Permiano superiore-Trias superiore (f1 e f2)

Calcare cavernoso: costituito da calcari dolomitici, dolomie grigi, grigio-scuro o nerastri, brecciati e vacuolari. Età: Norico-Retico (T6-5)

Calcare Massiccio: calcare microcristallino compatto grigio chiaro o scuro, biancastro talora con sfumature rosate. Presenta una stratificazione evidente soltanto nella parte più alta, mentre tende a scomparire nella parte bassa. Età: Hettangiano (G1)

Rosso Ammonitico: calcare nodulare dal rosato al rosso in strati poco spessi con suture stilolitiche, presenza di lenti o liste di selce rosea o rossa. Ricca in Ammoniti. Nella serie completa si trova al tetto del Calcare Massiccio. Spessore medio circa 50 metri. Età: Sinemuriano. (G2)

Calcari selciferi: è rappresentata principalmente da calcari grigi con lenti o liste e noduli di selce rossastra, grigia o biancastra con intercalazioni di marne e argille verdastre, di calcari detritici e calcari brecciati con cemento rosso bruno. Tali calcari si presentano in strati poco spessi e hanno uno spessore tra i 200 e 250 metri. Età: Lias medio- Lias superiore. (G4-3)

Marne a Posidonia: questa formazione è rappresentata da calcari marnosi e marne scistose grigio giallastre, verdastri e rosati con rare intercalazioni di calcari finemente detritici; in strati poco spessi ed attraversati da un reticolo di fratture. Età Dogger (G8-5)

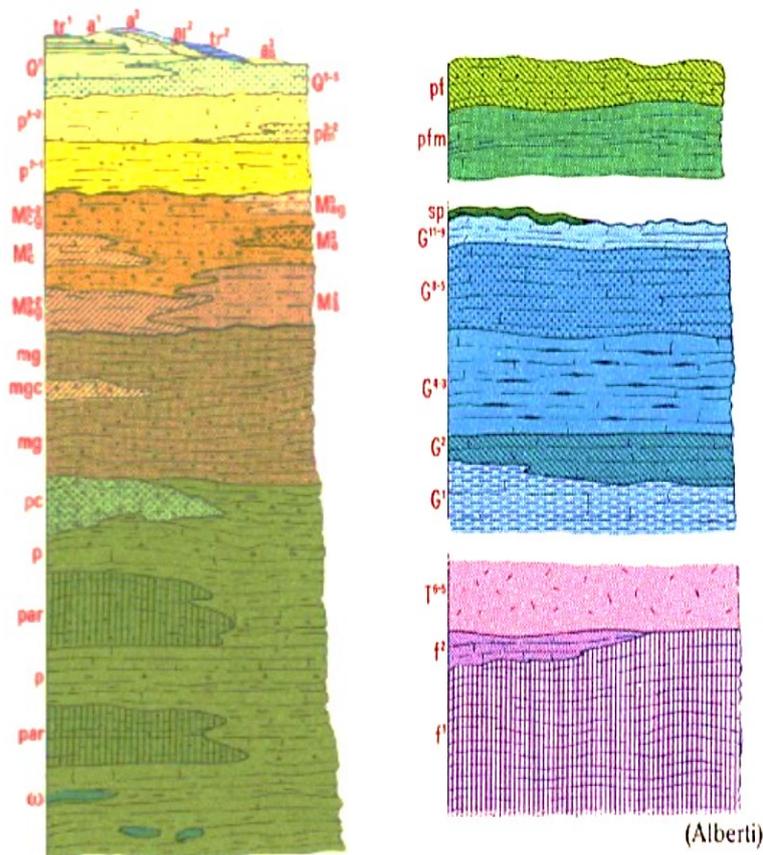


Figura 4 - Rapporti stratigrafici che intercorrono tra le diverse unità

Diaspri: rappresentata da un'alternanza di diaspri neri e rosso cupo, calcari marnosi rosso in strati spessi pochi centimetri e scisti marnoso argillosi silicei in sottili livelli varicolori in prevalenza verdi e rossi. Età: Malm (G11-9)

2) GRUPPO DEL FLYSCH CRETACICO PALOGENICO

Tale gruppo risulta notevolmente diffuso nei Monti di Manciano-Campignola, esso è presente in lembi poco estesi tra le formazioni vulcaniche e sedimentarie del Neogene.

Marne, argille e calcari: è rappresentato alla base da marne ed argille dal grigio al grigio-verdastro all'avana a luoghi varicolori con intercalazioni di calcari marnosi grigi o grigio-verdi a frattura concoide, di calcareniti ed arenaria grigia del tipo "pietraforte". L'età di questa parte basale è riferita al Cenomaniano ed hanno uno spessore non inferiore al centinaio di metri.

Arenarie del tipo Pietraforte: questa formazione è rappresentata da arenarie torbiditiche a cemento calcareo marnoso in strati e banchi di vario spessore, compatte, grigio-azzurre, oppure giallo oca a grana fine o media. Marne ed argille più o meno scistose e siltose grigie, avana, verdi, grigio-verdastre o grigio-nerastre. Spessore non inferiore a 300-400 metri. Età: Turoniano Campaniano (pf)

Scisti policromi: rappresentati da argille e marne più o meno scistose grigio-biancastre e verdastre, rosse e gialline, variegata con intercalazioni di calcari marnosi rosso chiaro. Sono compresi tra i diaspri a letto ed il flysch cretatico paleogenico. Spessore 20-30 metri circa. Età: Cretacico superiore. (sp)

Flysch calcareo-argilloso-arenaceo: questa formazione è costituita da un'alternanza di calcari marnosi in strati in genere poco spessi a frattura concoide, grigi, biancastri, grigio-azzurri o grigio-verdi a luogo molto fratturati e con colorazione ocrea e calcareniti a grana media e fine passanti ad arenaria calcarea grigia avana; arenarie calcareo-quarzose grigie o avana; marne ed argille talora siltose, avana grigie rosate o biancastre; argilloscisti varicolori a luoghi con intercalazioni di calcari marnosi verdastri o di arenaria del tipo "Pietraforte". Spessore della serie non inferiore a 500-600 metri. Età: Senoniano-Oligocene superiore. Alla base della serie si rinvengono masse ofiolitiche di modeste proporzioni accompagnate da argilloscisti silicei e da diaspri.

Arenarie di tipo Macigno: costituite da arenarie quarzoso-feldspatiche a cemento calcareo-argilloso grigio-verdastre, avana o brune in superficie per alterazione, in strati e banchi di spessore variabile con intercalazioni di marne e argille siltose; nella parte alta della formazione, calcari marnosi, calcareniti e argilloscisti grigi e avana. Spessore di circa 300 metri. Età: Eocene superiore-Oligocene.

3) DEPOSITI NEOGENICI

E' rappresentato da un complesso di terreni costituiti principalmente da argille, conglomerati e calcari più o meno arenacei in parte marini e in parte continentali. Questa sedimentazione è iniziata con una trasgressione marina durante il Langhiano ed è ben visibile nei dintorni di Manciano.

Arenarie a scutella: costituita da arenarie prevalentemente calcaree di colore grigio o bruno-giallastre a stratificazione incerta. Alla base è presente un conglomerato eterogeneo fortemente cementato costituito da grossi ciottoli derivante dalla formazione flyschoidi più antica. Età: Langhiano.

Argille con gessi, conglomerati e arenarie: argille più o meno sabbiose, giallastre o varicolori a luoghi con gessi in cristalli sciolti, frustoli carboniosi e lignite depositatesi in ambiente salmastro-lagunare. Età: Langhiano-Elveziano.

Calcari e calcareniti: calcari e calcareniti grigi e grigio-azzurri o grigio verdi con intercalazioni di sabbie argillose gialline, in strati e banchi. Età Miocene medio superiore.

Arenarie ad Ostrea: Arenarie grossolane prevalentemente calcaree grigie, giallastre o brune in superficie per alterazione con stratificazione poco evidente spesso in grossi banchi.

Conglomerati argille e sabbie: conglomerati costituiti da ciottoli provenienti dal flysch e cemento argilloso-sabbioso per lo più rossastro; stratificato e con lenti di sabbie e argille più o meno sabbiose.

Marne e argille con gessi, conglomerati e sabbie: marne e argille grigie, varicolori straterellate con frustoli carboniosi a luoghi con gesso; intercalazioni o alternanze di sabbie poco cementate o di arenarie avana o gialle e nella parte alta del complesso con conglomerati per lo più cementatiti in strati e banchi. Essi si presentano trasgressive sulle formazioni più antiche

Arenarie e calcari arenacei: Arenarie e calcari arenacei compatti di colore grigio, giallo oca e rossastre, stratificazione non evidente e sono trasgressive sul flysch cretaco paleogenico. Età Pliocene.

Marne e argille prevalenti, conglomerati e calcari arenacei: marne e argille grigio azzurre con intercalazioni di conglomerati e sabbie verso l'alto della formazione. Spessore variabile fino a 150 metri

Conglomerati, sabbie e calcari sabbiosi: conglomerati poligenici e sabbie gialle cementati o poco coerenti intercalati od alternati ad argille grigie più o meno sabbiose prevalenti verso il basso della formazione. Lateralmente passano a calcareniti o calcari sabbiosi più o meno compatti giallo biancastri. Età: Pliocene medio- superiore.

4) DEPOSITI QUATERNARI

Il complesso è caratterizzato da depositi sia marini che continentali, i sedimenti marini e subcontinentali affiorano principalmente nella zona costiera e sono in trasgressione sui depositi più antichi.

Sabbie, conglomerati, argille e marne: sabbie gialle grossolane, conglomerati avana-rossastri con materiale vulcanico; talora passanti inferiormente ad argille sabbiose e marne gialle o biancastre tripolacee con materiale vulcanico.

Sabbie, argille e calcare sabbioso: sabbie, marne ed argille con materiale vulcanico e molluschi di ambiente salmastro, passanti inferiormente a sabbie, sabbie argillose e conglomerati gialli o avana con materiale vulcanico alternati ad argille sabbiose o a calcare sabbioso conchigliare. Età: Tirreniano.

Sabbie, conglomerati e argille: sabbie più o meno argillose, conglomerati gialli e rossastri ed argille con materiale vulcanico nella parte alta del complesso; si passa gradualmente da sedimenti marini alla base a quelli costieri in facies salmastra: Età: Tirreniano-Siciliano.

Sabbie e conglomerati: sabbie e conglomerati più o meno argillosi e alluvionali, terrazzati con tufi vulcanici rimaneggiati. Età: Pleistocene superiore.

Alluvioni, detriti e sabbie: alluvioni e detriti di falda provenienti quasi esclusivamente dalla formazione delle filladi.

Depositi alluvionali lacustri e fluvio-palustri: depositi alluvionali lacustri, fluvio-palustri recenti più o meno terrazzati ed attuali ed eluviali: conglomerati e sabbie più o meno argillose.

3.3 Geomorfologia

L'area in esame presenta due aree rilevate, una a Nord comprendente i Monti di Manciano-Campigliola, Monti Vulsini occidentali e Monti di Latera-Valentano; l'altra a Sud rappresentata dai Monti della Tolfa ed un'area centrale depressa ondulata o di bassa collina degradante verso il mare e passante gradualmente alla fascia litorale pianeggiante. La zona a Nord è divisa in due parti da un'incisione valliva del dal Fiume Fiara; in destra orografica si rinvergono depositi sedimentari la cui morfologia è caratterizzata da versanti piuttosto ripidi, mentre in sinistra orografica la morfologia si presenta più dolce.

Le aree di depressione tettonica, comprese tra le masse tettonicamente più elevate, sono sede di bacini interni come la zona dei laghi secchi e il bacino del lago Acquato, oppure sono valli tettoniche come quella del Fiume Tafone a fondo pianeggiante alluvionale reincidento dall'attuale corso d'acqua.

Nella zona a destra del Fiume Fiara nei dintorni di Manciano si osserva una morfologia che si differenzia da quella sopracitata e che riguarda le formazioni flyschoidi e quelle del Neogene e del Quaternario, tale morfologia è caratterizzata da forme irregolari con versanti dei rilievi poco ripidi e localmente scoscesi rispecchiando la composizione litologica della formazione caratterizzati da una scarsa coesione e quindi esposti a fenomeni precoci di erosione e a luoghi soggetti a fenomeni di dissesto idrogeologico. In queste zone i corsi d'acqua presentano bruschi cambiamenti di direzione e con alta capacità di prendere in carico depositi solidi derivanti dai litotipi con scarsa coesione favorendo i fenomeni di alluvionamento.

Dove prevalgono i terreni di natura calcarea i rilievi presentano fianchi generalmente arrotondati, pareti ripide dove la giacitura degli strati è ha reggipoggio e zone spianate dove prevalgono depositi neogenici e quaternari.

Dove affiorano i depositi vulcanici la morfologia assume un andamento irregolare all'esterno delle caldere, mentre nella loro prossimità si osserva un brusco innalzamento prima di ritrovarci al suo interno che è costituito da un fondo piatto. L'idrografia si presenta scarsa e rappresentata da profonde incisioni vallive incassate con frequenti forre.

La fascia costiera si presenta pianeggiante orlata di dune nella quale la parte più bassa è di recente alluvionamento. La spianata costiera si eleva dolcemente verso l'interno, dove affiorano depositi quaternari marini, che in più parti si raccordano con la superficie di regressione a chiusura del ciclo sedimentario del Pliocene. In questa zona si osservano le vaste spianate con pendenze generali verso mare e con incisioni vallive per lo più poco profonde ed in genere sub parallele. I depositi Neogenici hanno una morfologia regolata principalmente dalle condizioni strutturali o di deposito, essi si presentano in prevalenza in banchi sub orizzontali o poco pendenti verso mare, ne conseguono forme per lo più spianate e terrazzate le bancate sabbiose ciottolose e calcareo sabbiose hanno balze o cornici soprastanti a pendii argillosi più o meno dolci, ondulati e soltanto a luoghi con motivo morfologico a calanchi.

La rete idrografica risente dell'azione tettonica e molti dei corsi d'acqua principali che attraversano l'area sono impostati su lineamenti tettonici che delimitano in grosso modo le aree tettonicamente rilevate dei monti della Tolfa e Manciano-Campigliola.

La fascia costiera è attraversata oltre che dai fiumi ora accennati da una serie di corsi d'acqua minori con direzione prevalente NE-SW e talora N-S che hanno inciso piccole valli per lo più poco profonde e subparallele.

4 Geologia dell'area di intervento

L'area di sedime dell'impianto eolico ricade in un'area dove le unità geologiche affioranti risultano essere quelle appartenenti alle unità continentali alluvionali terrazzate recenti e antiche, ai depositi marini pliocenici ed ai depositi marini pre e post evaporitici Messiniani (Figura 5).

In particolare le litologie affioranti e attraversate dall'opera di progetto (tracciato cavidotto e aree di sedime delle fondazioni delle pale eoliche) sono descritte dalla carta geologica che è stata redatta per il Piano operativo del Comune di Manciano.

Depositi continentali Post-Villafranchiano

Travertini e calcari continentali, Olocene Pleistocene. (f1)
Depositi alluvionali terrazzati recenti; Olocene. (bn1)
Depositi alluvionali terrazzati antichi; Pleistocene. (bn2)
Depositi eluvio-colluviali; (b2)
Depositi palustri; (eb)
Depositi piroclastici; Pleistocene (Pi)

Depositi marini Pliocenici

Argille e argilliti siltose grigio-azzurre localmente fossilifere; Zancleano Piacenziano. (FAA)

Depositi marini pre-evaporitici

Argille e arenarie; Messiniano inferiore. (RAQa)
Conglomerati; Messiniano inferiore. (RAQc)

Depositi marini post-evaporitici

Conglomerati e paraconglomerati; Tortoniano superiore-Messiniano inferiore; (SLEc)

Le aree di sedime delle fondazioni delle pale eoliche ricadono per la maggior parte sui depositi alluvionali terrazzati antichi ed in parte sulle formazioni piroclastiche e depositi lacustri post evaporitici Messiniani.

L'area di progetto non risulta essere interessata da elementi tettonici rilevanti.

Le opere fondali delle pale eoliche denominate T01, T02, T03, T04 e T05 ricadono sui depositi alluvionali terrazzati antichi i cui spessori sono variabili e sono funzione delle distanze dal punto di alimentazione e dei rapporti deposizionali eteropici.

La fondazione della pala eolica T06 sorgerà su depositi costituiti da travertini che possono raggiungere spessori di una decina di metri.

La T07 sorgerà su depositi costituiti da conglomerati riconducibili ai depositi lacustri e lagunari post evaporitici messiniani, mentre la T08 sorgerà sui depositi piroclastici.

Per quanto riguarda il cavidotto che collegherà gli otto generatori alla stazione SSE Terna esso attraverserà principalmente i depositi alluvionali terrazzati per gran parte del suo tracciato e solo in parte i depositi di travertini ed i depositi sabbiosi e argillosi i quali possono essere sede dei fenomeni di dissesto idrogeologico.

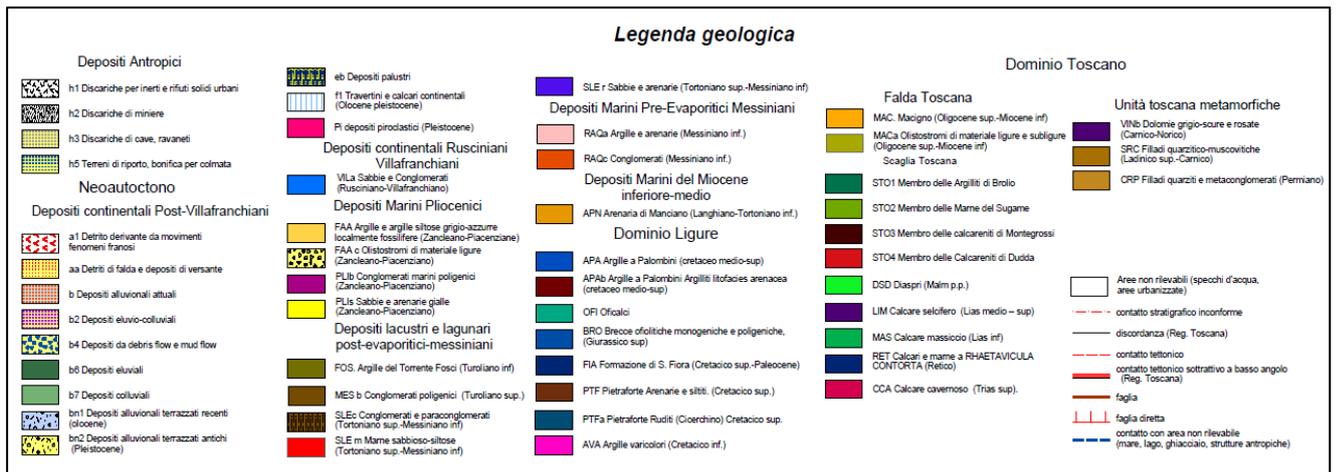
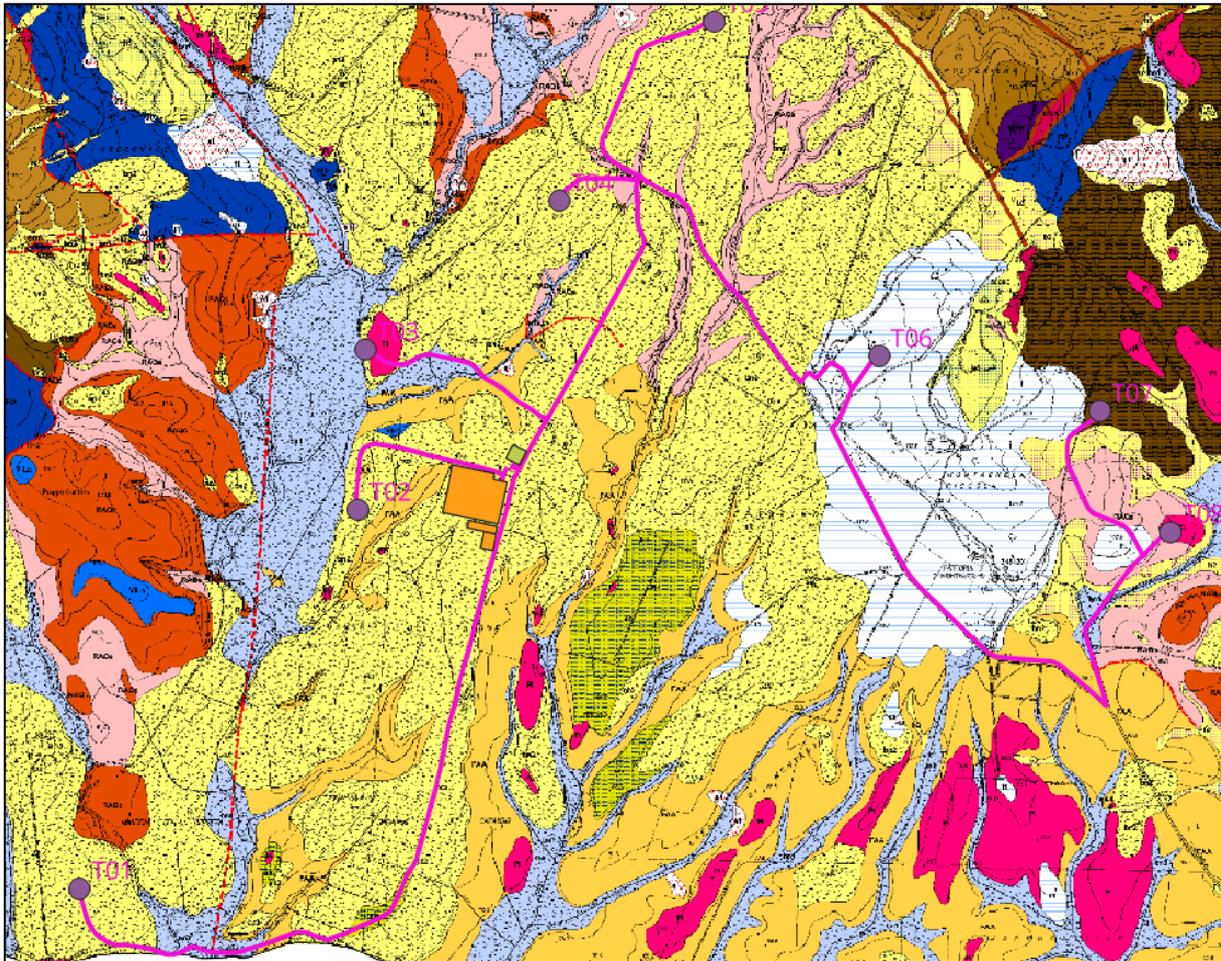
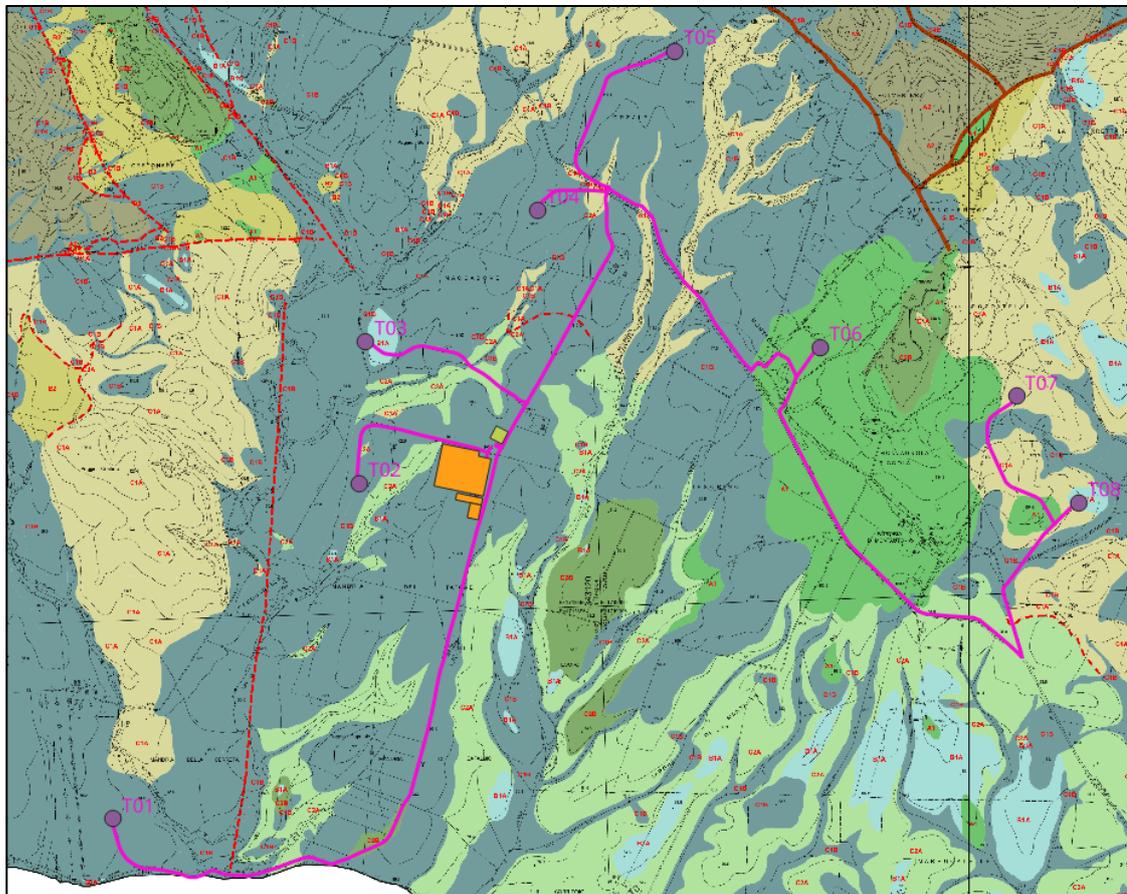


Figura 5 - Stralcio dalla carta geologica del Piano Operativo del comune di Manciano dal rilevamento su scala 1:10.000

Dall'analisi della cartografia litotecnica si mette in evidenza che la maggior parte dell'opera ricade in un'area è caratterizzata da depositi appartenenti alla categoria **C1B** e **C1A** che è costituita principalmente da successioni conglomeratiche-ghiaioso-sabbiose-argillose con comportamento tendenzialmente incoerente e rapporto granulare/coesivo >1 e grado di addensamento e grado di

addensamento che varia da medio-elevato (C1A) a basso o nullo (C1B). La restante parte ricade su depositi appartenenti alla categoria **A1** caratterizzata da depositi lapidei costituite da rocce calcaree.



Legenda litologico-tecnica

A. Materiali Lapidei	
	A1 - Rocce Calcareae
	A2 - Complessi metamorfici
B. Alternanze di litotipi diversi	
B1. Alternanza con rapporto argillitico/lapideo > 1	
	B1A - Strati a consistenza lapidea prevalentemente arenacei con intercalazioni siltitiche
	B1B - Strati a consistenza lapidea prevalentemente calcarei o calcarmetici con intercalazioni siltitiche
	B2 - Alternanze con rapporto lapideo/argillitico-marnoso < 1. Siltiti con intercalazioni di arenarie, calcari marnosi e marni spesso con assetto strutturale caotico

C. Successioni conglomeratiche ghiaioso-sabbioso-argillose

C1. Depositi a comportamento tendenzialmente incoerente (rapporto granulare/coesivo > 1)	
	C1A - Materiali con grado di addensamento medio-elevato
	C1B - Materiale con grado di addensamento basso o nullo
C2. Depositi a comportamento tendenzialmente coesivo (rapporto granulare/coesivo < 1)	
	C2A - Materiali a consistenza medio-elevata
	C2B - Materiale a consistenza bassa o nulla

Figura 6 Stralcio della carta litotecnica realizzata dal comune di Manciano per il Piano Operativo

Per quanto riguarda il cavodotto esso attraversa principalmente i depositi alluvionali terrazzati antichi ed in minima parte, i depositi marini pliocenici costituiti da argille siltose grigio-azzurre. Dal punto di vista litotecnico questi depositi sono classificati in:

- **C1B** corrispondenti a successioni conglomeratiche ghiaioso-sabbiose argillose a comportamento tendenzialmente incoerente (rapporto granulare/ coesivo >1) e grado di addensamento basso

- **A1** costituiti da depositi a comportamento tendenzialmente litoide costituito da materiale rocce calcaree (Figura 6).

4.1 Geomorfologia

La zona a Sud di Manciano fa parte del sistema morfogenetico dei bacini neo quaternari con alternanze litologiche, dove le forme principali, sono legate ad un modellamento erosivo intenso, sono presenti rari ripiani sommitali residuali e versanti ripidi con movimenti di massa come balze e calanchi. Le litologie presenti sono costituite principalmente da alternanza di sabbie e argille.

Dal punto di vista dell'uso del suolo, l'area è caratterizzata da un paesaggio dove predomina il seminativo semplice e il prato da foraggio e dalla presenza di un sistema insediativo a maglia rada.

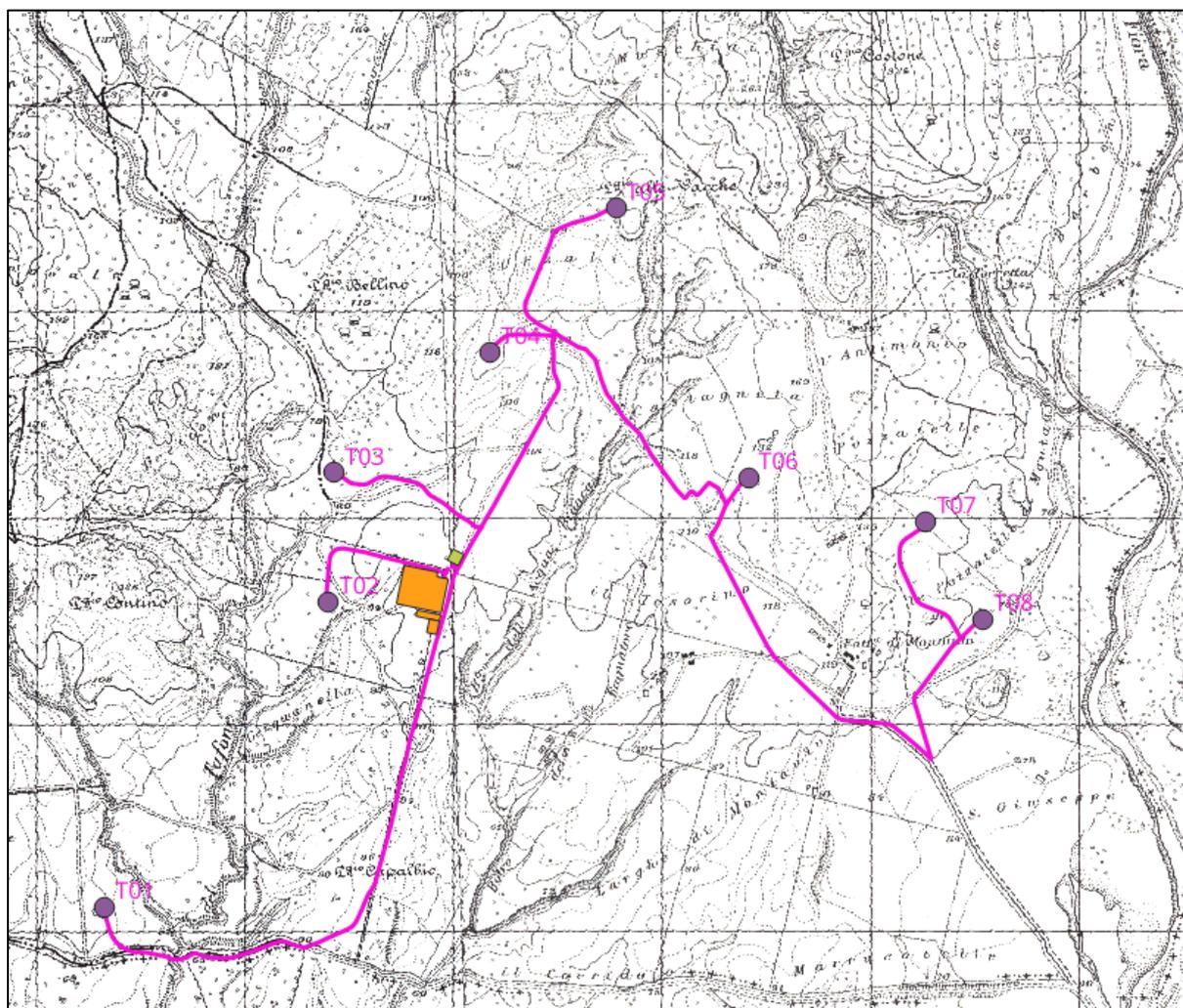


Figura 7 - Inquadramento orografico dell'area del parco eolico Manciano.

Da un punto di vista geomorfologico di dettaglio l'area di sedime delle fondazioni delle strutture eoliche e del relativo cavidotto ricadono in destra orografica del Fiume Fora ad Est ed in sinistra orografica del Torrente Tafone ad ovest.

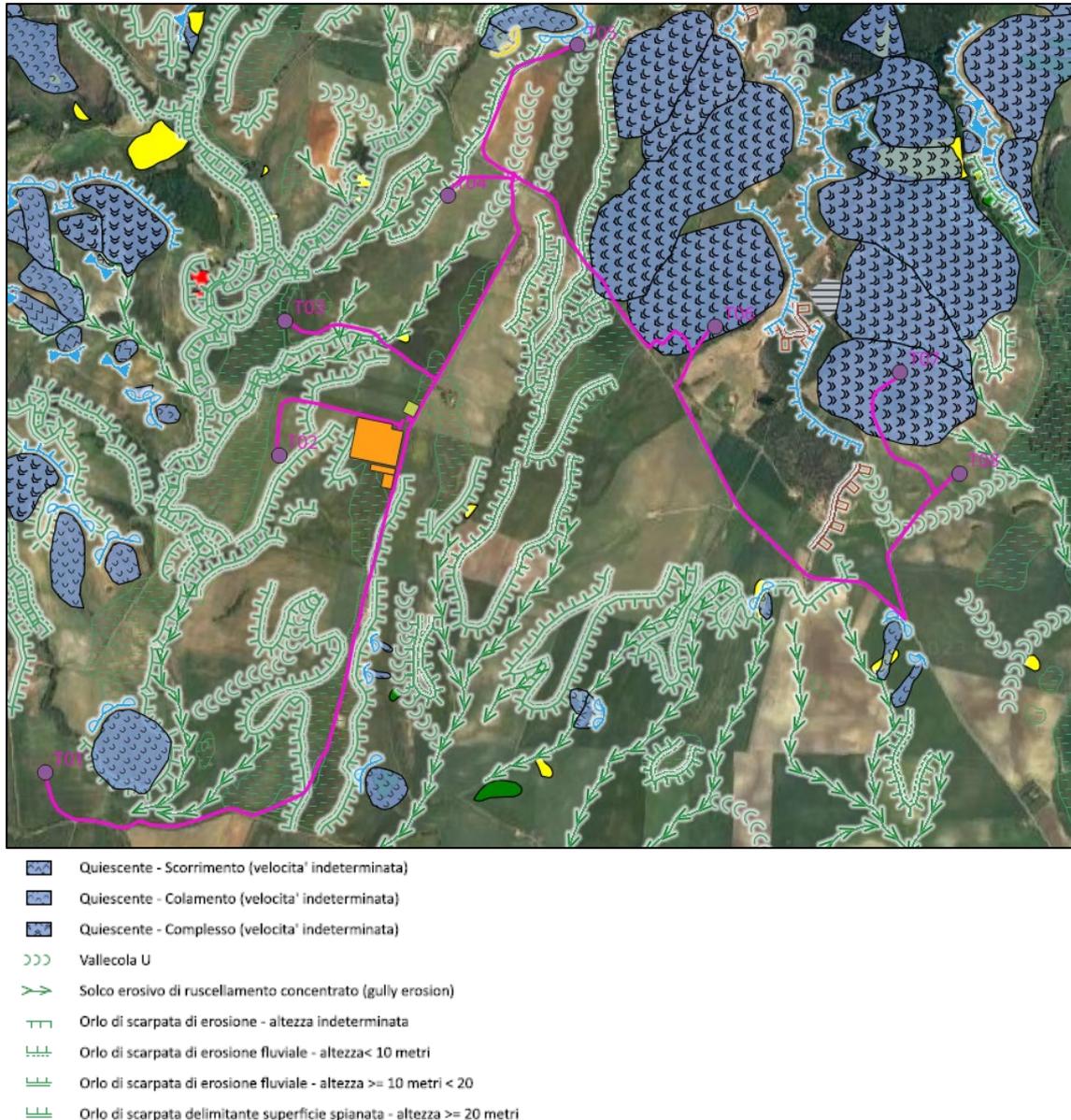


Figura 8 - Carta geomorfologica

L'area di sedime ricade in un territorio pressoché pianeggiante e degradante dolcemente fino a raccordarsi con il mar Tirreno. Le uniche rotture di pendio sono caratterizzate da dolci colline con fianchi poco inclinati.

Gli elementi morfologici più comuni che si possono osservare durante il rilevamento sono quelle forme di tipo "reel" e "gully" i quali sono alimentati dalle acque meteoriche e controllati principalmente dalle litologie presenti in affioramento. L'innesco di tali fenomeni è favorito dall'affioramento sul versante di litotipi limoso-sabbiosi poco coerenti e facilmente erodibili. Le acque di dilavamento danno luogo ad erosione superficiale che si esplicano nelle zone di interfluvio e vanno a contribuire all'arretramento dei versanti, all'abbassamento delle creste e alla produzione di ingenti quantità di materiale. L'erosione a solchi una volta innescata evolve rapidamente con approfondimento e arretramento delle testate delle incisioni

Dalla consultazione della carta geomorfologica della Regione Toscana l'area in esame non risulta ricadere in zone a dissesto idrogeologico se non per le forme di erosione superficiali di tipo gully e reel come menzionato precedentemente.

Gli unici elementi ricadenti in aree di dissesto idrogeologico sono le aree di fondazione delle pale eoliche T07 e T08, le quali ricadono in aree cartografate come zone in frana di tipo complesso ma allo stato attuale quiescente (figura 8).

Da un'analisi delle foto aeree dallo studio delle carte geomorfologiche l'area di sedime del piano fondale della torre T07 è quella che può presentare una maggiore criticità dal punto di vista morfologico. Quest'area ricadente in una zona già cartografata come zona in frana quiescente presenta fenomeni di erosione superficiale sui fianchi e a valle dell'area di sedime, mentre a monte, anche se distanti, dei fenomeni di dissesto superficiali diffusi. Inoltre vi è la presenza di un piccolo bacino a monte dell'opera delimitato sui fianchi dalle colline e sul fronte dall'accumulo in contropendenza di terreno probabilmente da una vecchia frana. (Figura 9)



Figura 9 - Immagine ripresa da Google Earth del bacino a monte dell'aera di sedime dell'aerogeneratore T07

A tal proposito si consiglia durante la fase esecutiva un approfondimento delle conoscenze geologiche dell'area di sedime per la verifica della fattibilità dell'opera .

Dall'analisi geologico geomorfologico, volto ad individuare gli elementi di criticità di tutta l'area parco, si evidenzia principalmente la presenza di fenomeni di erosione superficiale in corrispondenza dei principali impluvi e le zone di massima pendenza dei versanti. Tali elementi di criticità possono essere risolti con delle opere di drenaggio superficiale che consentono l'allontanamento delle acque dalle aree ritenute critiche. Le restanti aree presenti sulla planimetria di progetto risultano compatibili dal punto di vista geomorfologico, quindi alla luce delle mie conoscenze rilascio un parere positivo alla fattibilità del progetto.

4.2 Idrogeologia

La morfologia e le caratteristiche idrologiche dell'area rispecchiano la composizione litologica delle formazioni affioranti e gli elementi tettonici presenti nell'area di sedime che influenzano il grado di permeabilità.

L'area di sedime degli aerogeneratori ricadono per la quasi totalità sui depositi costituiti da una permeabilità per porosità bassa a causa della presenza di elementi fini che costituiscono le formazioni affioranti ad esclusione degli aerogeneratori T06 e T08 che ricadono il primo in un'area a permeabilità elevata per fratturazione in quanto ricade su affioramenti costituiti da travertini e la seconda in formazioni con porosità primaria media caratterizzata dalla presenza di litologie di origine piroclastica.

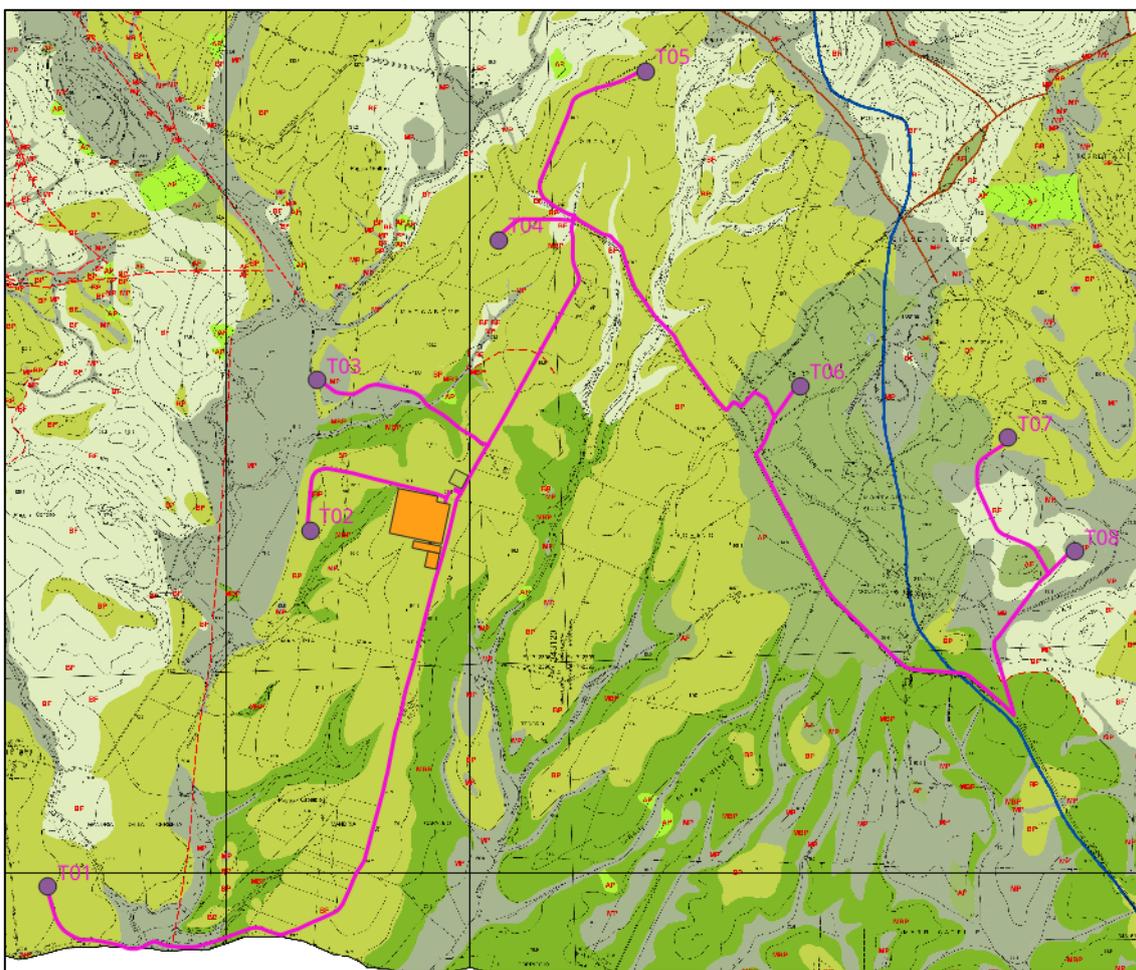
Per quanto riguarda la stazione SSE l'area di sedime del piano fondale ricade in formazioni aventi una permeabilità per porosità bassa (Figura 10).

Intorno alla zona di sedime dell'impianto eolico non sono stati rinvenuti pozzi potabili destinati al consumo umano e a scopi irrigui.

Inoltre è stato verificato che l'area di progetto non interferisce con le opere esistenti di sistemazione idraulico agrarie come riportato dal Regolamento 8 Agosto 2003, n. 48/R art. 89.

Nel progetto si prevede la possibilità di realizzare delle opere di regimentazione delle acque superficiali in modo tale da limitare il fenomeno erosivo legato al dilavamento delle acque meteoriche lungo le linee di drenaggio principali rispettando il Regolamento 8 Agosto 2003, n. 48/R.

Pertanto sulla base delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni, nonché delle specifiche progettuali dell'intervento, e agli accorgimenti mitigatori per facilitare il mantenimento dei parametri idrologici dell'area si ritiene che le opere di progetto non comportino alterazioni del regime idrogeologico ed idraulico dell'area.



Legenda

	AP - permeabilità elevata per porosità (permeabilità primaria)
	AF - permeabilità elevata per fratturazione (permeabilità secondaria)
	BP - permeabilità bassa per porosità (permeabilità primaria)
	BF - permeabilità bassa per fratturazione (permeabilità primaria)
	MP - permeabilità media per porosità (permeabilità primaria)
	MF - permeabilità media per fratturazione (permeabilità secondaria)
	MBP - permeabilità molto bassa per porosità (permeabilità primaria)

Figura 10 - Stralcio della carta idrogeologica derivante dal Piano Strutturale del comune di Manciano

5 Valutazione della pericolosità geomorfologica e idraulica

Per lo studio della pericolosità geomorfologica e idraulica dell'opera in progetto si è fatto uso del Regolamento Regionale DPGR 26/R/2007 e suo allegato che disciplina le direttive tecniche per le indagini atte a verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico, la fattibilità delle previsioni per la valutazione degli effetti locali e di sito. Si riporta di seguito la valutazione delle pericolosità e le loro definizioni riportate come da Allegato 1.

Il territorio viene caratterizzato in funzione dello stato di pericolosità con l'indicazione degli eventuali condizionamenti della trasformabilità anche di tipo prescrittivo da assumere nella redazione e del regolamento urbanistico. Attraverso le analisi e gli approfondimenti vengono caratterizzate aree omogenee dal punto di vista delle pericolosità e delle criticità rispetto a specifici fenomeni che le generano, oltre ad essere integrate e approfondite quelle già individuate nei piani di bacino.

Sono pertanto caratterizzate le aree a pericolosità geomorfologica ed idraulica, nonché le zone a maggiore pericolosità sismica locale e le aree che presentano problematiche idrogeologiche. E' opportuno tenere distinta la pericolosità per fattori geomorfologici da quella per fattori idraulici attraverso categorie che individuano le situazioni di pericolosità di seguito riportate.

Aree a pericolosità Geomorfologica

Pericolosità geomorfologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza;

Pericolosità geomorfologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza

Pericolosità geomorfologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto

Pericolosità geomorfologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

Aree a pericolosità idraulica

Pericolosità idraulica molto elevata (I.4): aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni. In presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni:

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni
- b) sono morfologicamente in situazioni sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Pericolosità idraulica elevata (I.3): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 \leq Tr \leq 200$ anni. in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni

b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Pericolosità idraulica media (I.2): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 \leq Tr \leq 500$ anni. in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

a) vi sono notizie storiche di inondazioni

b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Pericolosità idraulica bassa (I.1): aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

a) non vi sono notizie storiche di inondazioni

b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità geomorfologica elevata** e necessario rispettare i seguenti principi generali secondo il regolamento 26/R:

- a) l'attuazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture e subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza
- b) gli eventuali interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono essere comunque tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.
- c) in presenza di interventi di messa in sicurezza dovranno essere predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;
- d) l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, devono essere certificati;
- e) possono essere attuati quegli interventi per i quali venga dimostrato che non determinano condizioni di instabilità e che non modificano negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area; della sussistenza di tali condizioni deve essere dato atto nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia.

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità geomorfologia media** le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità geomorfologia bassa** possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere geomorfologico.

Sempre con riferimento al regolamento 26/R per le aree caratterizzate da pericolosità idraulica è necessario rispettare i seguenti criteri generali:

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità idraulica molto elevata ed elevata** e necessario rispettare i seguenti criteri generali:

- a) non sono da prevedersi interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture per i quali non sia dimostrabile il rispetto di condizioni di sicurezza o non sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni;
- b) nelle aree che risultino soggette a inondazioni con tempi di ritorno inferiori a 20 anni sono consentite solo nuove previsioni per infrastrutture a rete non diversamente localizzabili, per le quali sarà comunque necessario attuare tutte le dovute precauzioni per la riduzione del rischio a livello compatibile con le caratteristiche dell'infrastruttura;
- c) gli interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi idrologici e idraulici, non devono aumentare il livello di rischio in altre aree con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena a valle;
- d) relativamente agli interventi di nuova edificazione previsti nel tessuto insediativo esistente, la messa in sicurezza rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni può essere conseguita anche tramite adeguati sistemi di auto sicurezza, nel rispetto delle seguenti condizioni:
 - a) dimostrazioni dell'assenza o dell'eliminazione di pericolo per le persone e i beni
 - b) dimostrazione che gli interventi non determinano aumento delle pericolosità in altre aree;
 - e) possono essere previsti interventi per i quali venga dimostrato che la loro natura e tale da non determinare pericolo per persone e beni, da non aumentare la pericolosità in altre aree e purché siano adottate, ove necessario, idonee misure atte a ridurre la vulnerabilità.
 - f) della sussistenza delle condizioni di cui sopra deve essere dato atto anche nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia;
 - g) fino alla certificazione dell'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere idrauliche accompagnata dalla delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, non può essere rilasciata dichiarazione di abitabilità e di agibilità;
 - h) deve essere garantita la gestione di quanto in essere tenendo conto della necessità di raggiungimento anche graduale di condizioni di sicurezza idraulica fino a Tr 200 per il patrimonio edilizio e infrastrutturale esistente e per tutte le funzioni connesse.

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità idraulica media** per gli interventi di nuova edificazione e per le nuove infrastrutture possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico. Qualora si voglia perseguire un maggiore livello di sicurezza idraulica, possono essere indicati i necessari accorgimenti costruttivi per la riduzione della vulnerabilità delle opere previste o individuati gli interventi da realizzare per la messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni, tenendo conto comunque della necessità di non determinare aggravii di pericolosità in altre aree.

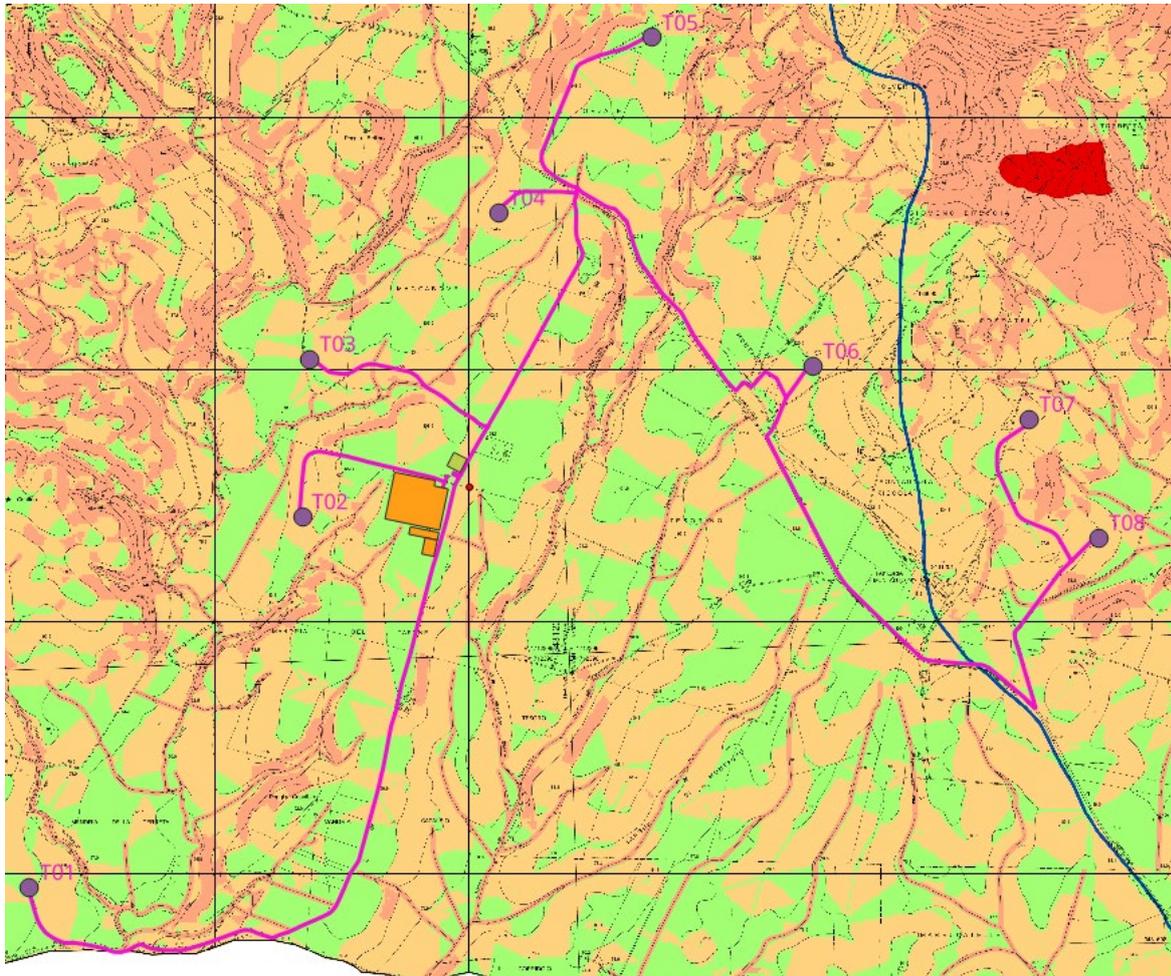
Nelle situazioni **caratterizzate da pericolosità idraulica bassa** non è necessario indicare specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.

E' stata consultata anche la carta delle aree allagabili e di pericolosità del P.S. comunale vigente: l'area perimetrale dell'impianto fotovoltaico così come la stazione SSE non ricade in alcuna area delimitata dalle suddette cartografie (Figura 11). La delimitazione delle aree aventi possibilità di inondazione da corsi d'acqua è stata elaborata sulla base di quanto previsto dalle ex Autorità di Bacino del Fiume Ombrone e del Bacino del Fiume Fiara.

Per la valutazione delle aree di sedime delle fondazioni degli aerogeneratori ricadenti nelle zone a pericolosità geomorfologica si è fatto uso della cartografia del Piano Regolatore Generale (PRG) utilizzato dal comune di Manciano e redatto ai sensi del DPGRT 26/R/07 (Figura 11).

Dalla lettura della cartografia di pericolosità geomorfologica emerge che gli otto aerogeneratori ricadono nelle seguenti classi di pericolosità geomorfologica:

- Classe G1 - Pericolosità Bassa (T01, T03, T05, T06, T08)
- Classe G2 - Pericolosità Media (T02, T04, T07)



Legenda pericolosità geomorfologica

Simbolo	26/R	PAI Ombrone	PAI Fiora
■	G.4	PFME	PF4
■	G.3	PFE	PF3
■	G.2	non classificata	non classificata
■	G.1	non classificata	non classificata
▭	Perimetro UTOE		
—	Spartiacque Fiora-Ombrone-Tafone		

Figura 11 - Stralcio della carta di pericolosità geomorfologica redatta dal comune di Manciano

Per la valutazione della pericolosità idraulica si fa riferimento alla "carta delle aree a pericolosità idraulica" sempre redatte ai sensi del DPGRT 26/R/07 del comune di Manciano dal quale emerge che le aree fondali degli aerogeneratori non ricadono in zone a pericolosità idraulica (Figura 12).

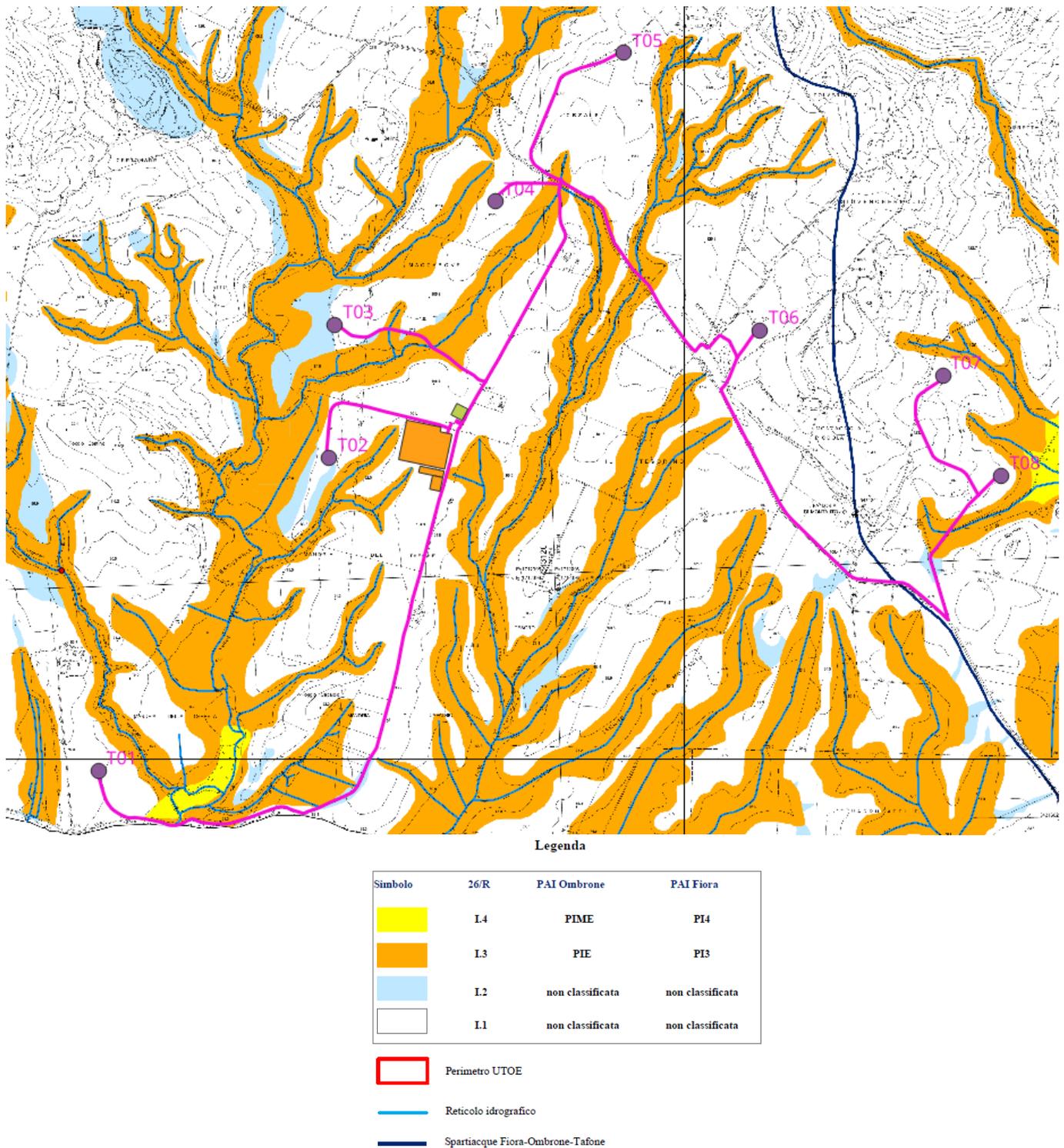


Figura 12 - Stralcio della carta della pericolosità idraulica

La messa in posa del cavidotto avverrà principalmente lungo i bordi delle vie di comunicazione già esistenti, carrarecce e strade provinciali e comunali, e solo in parte verranno attraversati campi adibiti ad uso agricolo. La profondità dello scavo per la posa del cavidotto sarà di circa 1,5 metri dal piano campagna.

Laddove si intersecheranno fiumi e torrenti verrà usata la tecnologia TOC per effettuare l'attraversamento in modo tale da non alterare il percorso naturale delle acque.

I corsi d'acqua principali attraversati dal cavidotto e che richiederanno, l'uso della tecnologia TOC sono i seguenti:

- Fosso del Tafone
- Fosso dell'Acqua Bianca
- Fosso dei Lavinacci

Ulteriori attraversamenti in TOC saranno valutati in fase esecutiva lungo i fossi alimentati principalmente dalle acque meteoriche e che vanno a sfociare nel fiume Fiara.

Dall'analisi delle cartografie della pericolosità idraulica e geomorfologica possiamo asserire che il tracciato del cavidotto attraversa zone a pericolosità geomorfologica G1, G2 e G3, mentre per quanto riguarda la pericolosità idraulica esso insiste in aree a pericolosità I.3 solo nelle aree dove sono presenti i fossi ed i Torrenti/Fiumi ed esente in tutte le altre parti.

6 Piano Assetto Idrogeologico

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) è lo stralcio del Piano di bacino mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione ed alla difesa delle popolazioni, degli insediamenti, delle infrastrutture, del suolo e del sottosuolo nelle aree a pericolosità e rischio legate ai fenomeni geomorfologici ed idraulici.

L'area di progetto ricade in parte, nel **Bacino Interregionale del Fiume Fiara** e per la restante parte nei **Bacini Regionali Laziali** le quali non sono identificate cartograficamente tuttavia tali aree costituiscono ambiti territoriali caratterizzati, allo stato delle conoscenze disponibili, dall'assenza di elementi documentali tali da consentirne la definizione della pericolosità.

Gli aerogeneratori T07-T08 ricadenti nel comprensorio del Bacino del Fiara non insistono su aree classificate a pericolosità geomorfologica ed idraulica dal PAI, mentre le opere accessorie come la viabilità di servizio e l'elettrodotto di connessione alla RTN ricadono nelle seguenti perimetrazioni:

- **aree a pericolosità da frana elevata PF3**, che non possono essere oggetto di trasformazione dello stato dei luoghi, tuttavia è **consentita la realizzazione di nuove opere e infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico non diversamente localizzabili**, purché idonei studi geologici, geotecnici ed idrogeologici dimostrino il non aumento del rischio nelle aree adiacenti, previa realizzazione delle opere funzionali alla messa in sicurezza (NTA-PAI art. 12 p.to 8 – art. 13);
- **aree a pericolosità idraulica elevata PI3**, che non possono essere oggetto di trasformazione dello stato dei luoghi, tuttavia è **consentita la realizzazione di nuove opere e infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico non diversamente localizzabili**, purché idonei studi idrologici ed idraulici dimostrino che i manufatti siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica per tempi di ritorno di 200 anni, non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause del rischio e non concorrano ad aumentare il rischio in altre aree (NTA-PAI art. 5 p.to 7 – art. 6).

Al di fuori delle aree classificate a pericolosità idraulica dal PAI-Fiara, il sito di intervento ricade nel **dominio geomorfologico ed idraulico-forestale** (NTA-PAI art. 15): sono aree collinari/alto-collinari **di particolare attenzione per la prevenzione dei dissesti idrogeologici** in cui è necessaria un'azione di presidio territoriale tesa a prevenire il manifestarsi di dissesti locali ed a non indurre squilibri per le aree di valle, infatti gli strumenti per il governo del territorio devono disciplinare qualunque intervento in tali ambiti in termini di regimazione delle acque e di variazione di destinazione d'uso del suolo, evitando comunque di convogliare acque di pioggia nelle aree a pericolosità da frana elevata e molto elevata (NTA-PAI art. 16).

Il Comune di Manciano ha approvato, con Delibera di Consiglio Comunale n. 44 del 13/12/2011, il **Piano Strutturale Comunale** (PSC) che, ai sensi dell'art. 2 del D.P.G.R 26/R/2007 "Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. n. del 03/01/2005 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche", è corredato da indagini geologico-tecniche dirette a verificare la pericolosità geologica, idraulica e sismica del territorio.

Il PSC di Manciano ha confermato i perimetri delle aree di pericolosità idraulica e geomorfologica individuati dal PAI Fiara ed approvati con D.C.R. n. 67 del 05/07/2006 (NTA-PSC-Valutazione incidenza artt. 70-73).

Si evidenzia che l'approvazione di nuovi strumenti urbanistici comunali o delle varianti agli strumenti vigenti da parte delle strutture preposte è subordinata all'acquisizione del preventivo parere dell'Autorità (NTA-PAI Bacini regionali laziali art. 3 co. 14).

Le opere in progetto rientranti nei bacini laziali insistono sulle seguenti aree classificate a pericolosità geomorfologica dal PSC di Manciano in quanto ad oggi manca la copertura cartografica dell'area:

- Gli **aerogeneratori T01-T03-T05-T06** ed alcuni tratti dell'**elettrodotto principale di impianto** ricadono in aree a pericolosità geomorfologica **irrilevante G1**: aree con assenza delle condizioni per il verificarsi di fenomeni di instabilità e delle limitazioni derivanti da caratteristiche geologico-tecniche (NTA-PSC-Valutazione incidenza art. 77).
- Gli aerogeneratori T02-T06 e la viabilità di progetto e l'elettrodotto di connessione alla RTN di T01-T02-T03-T04-T05-T06 ed alcuni tratti dell'elettrodotto principale di impianto insistono su aree a pericolosità geomorfologica **media G3** (aree dalle condizioni geologiche sfavorevoli con una propensione al dissesto, ma senza dissesti in atto e con fenomeni erosivi di debole intensità), in cui ogni intervento edilizio è fortemente limitato, le indagini di approfondimento dovranno essere condotte a livello dell'area nel suo complesso e, se necessari, dovranno essere previsti interventi di bonifica e miglioramento dei terreni e/o l'adozione di tecniche fondazionali di un certo impegno (NTA-PSC-Valutazione incidenza art. 75).

La cartografia assimila le aree individuate dal PSC a pericolosità geomorfologica media G3 alle aree classificate dal **PAI Ombrone a pericolosità geomorfologica elevata PFE** ed alle aree classificate dal **PAI Fiora a pericolosità da frana elevata PF3**.

Nelle aree PFE delimitate dal **PAI Ombrone** (rientrante nel PAI dei Bacini regionali toscani) e nelle aree PF3 perimetrate dal **PAI Fiora** è **consentita la realizzazione di nuove opere e infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico non diversamente localizzabili** a condizione che idonei studi geologici, geotecnici ed idrogeologici dimostrino il non aumento del rischio nelle aree adiacenti, previa realizzazione delle opere funzionali alla messa in sicurezza (NTA Bacini regionali toscani art. 13 co. 7 lett. f – art. 14 co. 8; NTA-PAI Fiora art. 12 p.to 8 – art. 13).

Nelle aree classificate a pericolosità geomorfologica molto elevata P4 dalla variante al PAI sono comunque **consentite nuove infrastrutture o opere pubbliche o di interesse pubblico non diversamente localizzabili**, subordinate al rispetto delle condizioni di gestione del rischio attraverso misure di protezione finalizzate alla riduzione della pericolosità (Disciplina di Piano - Variante PAI UoM Ombrone art. 9 co. 1 lett. c).

Gli aerogeneratori in progetto rientranti nei bacini laziali, non insistono su aree classificate a pericolosità idraulica dal PSC di Manciano; inoltre sono localizzati ad una **distanza superiore a 50 m dai corsi d'acqua** (NTA-PSC-Valutazione incidenza art. 65) e non ricadono all'interno degli **ambiti di rischio idraulico A1**, fascia di 10 m dai corsi d'acqua, e **A2**, fascia di 100 m dagli ambiti A1 (NTA-PSC-Valutazione incidenza artt. 66-67).

La cartografia assimila le aree individuate dal PSC a **pericolosità idraulica media I3** alle aree classificate dal **PAI Ombrone a pericolosità idraulica elevata PIE** ed alle aree classificate dal **PAI Fiora a pericolosità idraulica elevata PI3**, mentre le aree a pericolosità idraulica bassa I2 risultano non classificate dal PAI Ombrone e dal PAI Fiora.

Nelle aree PIE delimitate dal PAI Ombrone (rientrante nel PAI dei Bacini regionali toscani) e nelle aree PI3 delimitate dal PAI Fiora è **consentita la realizzazione di nuove opere e infrastrutture pubbliche**

o di interesse pubblico non diversamente localizzabili purché idonei studi idrogeologici ed idraulici dimostrino che siano realizzate in condizioni di sicurezza idraulica per tempi di ritorno di 200 anni, non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause di rischio e non concorrano ad aumentare il rischio in altre aree (NTA Bacini regionali toscani art. 5 co. 11 lett. c – art. 6 co. 10; NTA-PAI Fiora art. 5 p.to 7 – art. 6).

7 Pericolosità sismica

Nella classificazione sismica del territorio nazionale, secondo quanto disposto dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, il comune di Manciano ricade in zona sismica 3 a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0,05 e 0,15 g con un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastica massima **ag max** pari a 0,15 g.

zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni	Accelerazione orizzontale cdi ancoraggio dello spettro di risposta elastico (NTC)
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Le più recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018) e l'O.P.C.M. n.3519 del 28 aprile 2006, superano il concetto di classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere e di quelli esistenti. L'approccio ritenuto ufficiale dalle NTC 2018 consiste nella valutazione della risposta sismica locale.

La valutazione preliminare dell'azione sismica può essere realizzata attraverso la determinazione dalle categorie del sottosuolo (definite nel cap.3.2.2 delle NTC 2018) e di una pericolosità di base fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale.

Ai punti del reticolo vengono associati, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di *ag* (accelerazione orizzontale massima al suolo) e dei principali parametri spettrali riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_C^*).

La procedura per la definizione della risposta sismica locale basata su parametri progettuali geologico-tecnici, si compone di molteplici operazioni che prevedono la definizione dell'input sismico, l'analisi di risposta di sismica locale e la rappresentazione dei risultati.

Per la stima dell'input sismico è necessario definire l'accelerazione di base del sito di progetto (*ag*) per la valutazione del quale si determinano pochi parametri inerenti il progetto da realizzare e la sua localizzazione.

Sono richiesti:

- coordinate del sito
- il periodo di riferimento V_R ottenuto dalla relazione $V_f = V_N * C_U$, dove V_N è la vita nominale dell'opera e C_U rappresenta il coefficiente d'uso
- Stato limite del progetto. Esistono 4 stati limiti: due di esercizio (SLO stato limite di operatività e SLD stato limite danno) e due stati limiti ultimi (SLV stato limite di salvaguardia della vita e SLC stato limite di collasso). Per ognuno si definisce una probabilità di superamento (PVR) che rappresenta la possibilità di accadimento, nel periodo di riferimento V_R di un sisma con periodo di ritorno T_R .

Oltre al valore di *ag* è necessario conoscere i dati di disgregazione che permette di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. Tali dati vengono forniti dall'INGV e pubblicati sul sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

L'area di sedime dell'impianto eolico e della stazione di smistamento è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0,075 e 0,100 come indicato nella mappa di pericolosità sismica con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Figura 19).

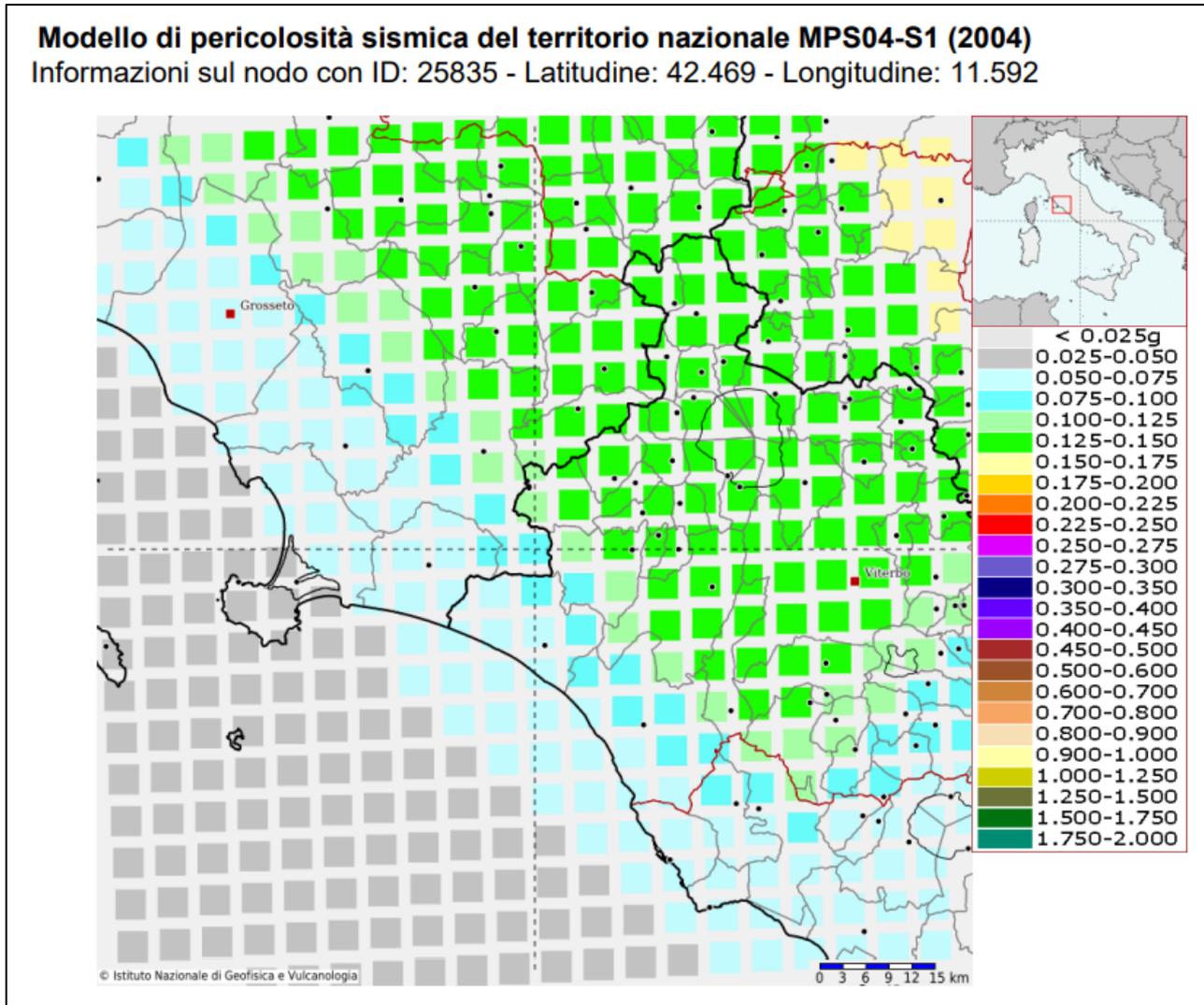


Figura 13 – Mappa di pericolosità sismica derivante dal sito INGV

Tale mappa sismica è riferita ad un periodo di ritorno di $T_R=475$ anni con vita nominale dell'opera $V_N=50$ anni e ad un coefficiente d'uso $C_U=1$; questi parametri sono legati tra loro dalla seguente formula:

$$T_R = - \frac{V_R}{\log(1-PVR)}$$

Ai fini dell'azione sismica di progetto, è necessaria la valutazione dell'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi (cap. 7.11.3 NTC 2018). In alternativa si può fare riferimento a un approccio semplificato, basato sull'individuazione delle categorie del sottosuolo come riportato nelle NTC 2018 (cap. 3.2.2). La classificazione (Tabella 1) viene effettuata in base alla velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{S\text{eq}}$ definita dalla seguente espressione:

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

Dove h_i indica lo spessore dello strato i -esimo in metri, V_{Si} corrisponde alla velocità delle onde S nell' i -esimo strato e H corrisponde alla profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia/terreno molto rigido caratterizzato da una $V_s >$ di 800 m/s.

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

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

Tabella 1 - Caratterizzazione del sottosuolo tramite la velocità delle onde S

La determinazione della velocità delle V_{Seq} viene ricavata tramite l'ausilio di specifiche prove geofisiche e in particolar modo tramite l'acquisizione di una prospezione MASW.

La determinazione delle **categorie del suolo di fondazione degli aerogeneratori e della stazione RTN** sono state individuate tramite l'ausilio di dati appartenenti allo scrivente e di dati bibliografici derivanti da prove effettuate nelle vicinanze con caratteristiche litologiche simili:

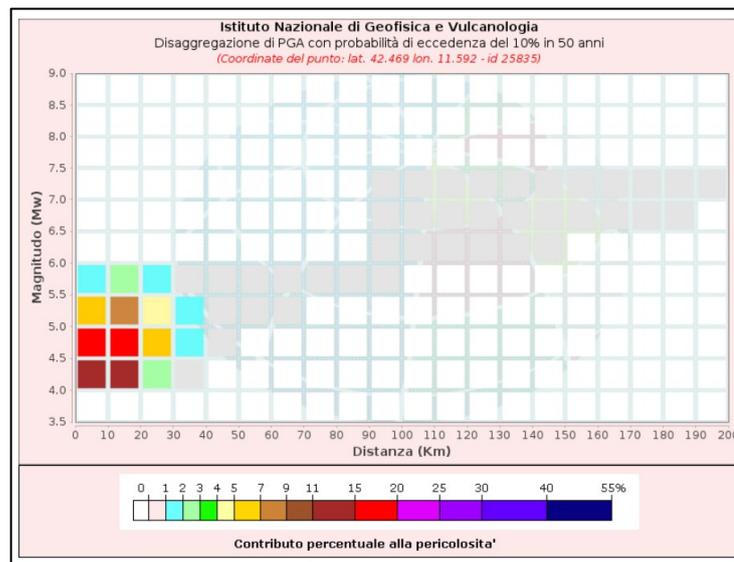
- **Stazione RTN** velocità delle onde di taglio **$V_{seq} = 306$ m/s; categoria del sottosuolo C**
- **Aerogeneratori T01, T02, T03, T04, T05** presentano delle velocità delle onde di taglio **V_{seq} variabili tra i 320 m/s e i 350 m/s** ricadendo come suolo di fondazione nella **categoria C**. Questi valori devono essere comunque verificati nella fase di progettazione esecutiva in quanto dedotti per correlazione con prove effettuate in zone limitrofe.
- **Aerogeneratore T06** ricade su depositi di origine chimica, Travertini e le velocità delle **V_{seq} è pari a circa 400 m/s** indicando una **categoria di sottosuolo di fondazione pari a B**.
- **Aerogeneratore T08** ricade su depositi piroclastici pleistocenici questi depositi hanno velocità delle V_{seq} variabili tra i 370 e 380 m/s, considerando l'esiguo spessore, circa 10 metri, che poggia

su depositi conglomeratici possiamo attribuire la categoria di sottosuolo a fini cautelativi alla categoria C.

Si sottolinea che per un maggiore precisione nell'identificazione delle categorie di sottosuolo si rimanda alla fase esecutiva un approfondimento di dettaglio delle indagini

Il grafico e le tabelle successive riportano il contributo percentuale alla pericolosità per coppie di valori Magnitudo e Distanza epicentrale.

Dall'analisi delle carte di disagregazione si riporta che il valore di magnitudo medio dell'area è di 4,82 ad una distanza di 15,4 Km



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	13.7000	17.3000	5.4000	1.1900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	11.6000	19.1000	8.6800	2.5900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	2.4200	5.8700	4.0400	1.6400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.1430	1.3600	1.6400	0.8620	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.1180	0.5880	0.4260	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.1010	0.1020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0099	0.0286	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0065	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0178	0.0017	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0438	0.0665	0.0705	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0239	0.0951	0.1120	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0066	0.0854	0.1150	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0657	0.1070	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0380	0.0811	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0159	0.0482	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0063	0.0304	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0196	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0136	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0083	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 4.82 ; distanza = 15.4 ; epsilon = 1.03

Figura 14 -carta della disagregazione sismica e tabella dei valori medi

Le caratteristiche morfologiche topografiche del sito in esame ricadono nella **categoria T1** dato che la pendenza media risulta inferiore ai 15°.

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

Per le verifiche di stabilità si deve tener conto del coefficiente sismico orizzontale (Kh) e di quello verticale (Kv) (Paragrafo 7.11.3.5.2 NTC 2018)

Le espressioni per calcolare i coefficienti sismici Kh e Kv sono rispettivamente:

$$K_h = \beta_s \cdot a_{max}/g$$

$$K_v = 0.5 \cdot K_h$$

Dove :

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

a_{max} = accelerazione massima orizzontale attesa al sito

g = accelerazione di gravità

L'accelerazione massima orizzontale è calcolata con la seguente relazione:

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

Il valore da adottare per i coefficienti β_s dipende dalla tipologia di sottosuolo e dal valore di a_g nel sito di interesse. Di seguito si riportano i valori da considerare secondo le NTC 2018

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Per la determinazione dei parametri sismici delle aree fondali dei seguenti aerogeneratori T01, T02, T03, T04, T05 e T08 si prende in considerazione una **Classe d'Uso 4**, una **Categoria Topografica T1**, una **Categoria del Sottosuolo C** e una **vita nominale di 50 anni**. I valori degli stati limiti sono stati ricavati utilizzando il software della GeoStru disponibile al seguente indirizzo <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>

Stato Limite	Tr (anni)	a_g (g)	F_0	T^*c
Operatività (SLO)	60	0.042	2.582	0.248
Danno (SLD)	101	0.051	2.593	0.264
Salvaguardia Vita (SLV)	949	0.099	2.686	0.299
Prevenzione Collasso (SLC)	1950	0.120	2.725	0.308

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1.50	1.50	1.50	1.50
CC Coeff. Funz. categoria	1.66	1.63	1.56	1.55
ST Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
Kh	0.013	0.015	0.030	0.043
Kv	0.006	0.008	0.015	0.022
Amax	0.619	0.746	1.458	1.759
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

Per la determinazione dei parametri sismici l'aereogeneratore **T06** si assume una Classe d'Usa 4, una Categoria Topografica T1, una Categoria del Sottosuolo B e una vita nominale di 50 anni

Stato Limite	Tr (anni)	ag (g)	F ₀	T ^c
Operatività (SLO)	60	0.042	2.582	0.248
Danno (SLD)	101	0.051	2.593	0.264
Salvaguardia Vita (SLV)	949	0.099	2.686	0.299
Prevenzione Collasso (SLC)	1950	0.120	2.725	0.308

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1.20	1.20	1.20	1.20
CC Coeff. Funz. categoria	1.45	1.44	1.40	1.39
ST Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
Kh	0.010	0.012	0.024	0.034
Kv	0.005	0.006	0.012	0.017
Amax	0.495	0.597	1.166	1.407
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

7.1 Verifica Liquefazione dei terreni

Per quanto concerne la verifica alla liquefazione dell'area di sedime dei pannelli fotovoltaici e della stazione SSE si è tenuto conto della Legge 64/74, del D.M: 19/6/1984 e dell'attuale D. M. 17/01/2018 in aree classificate sismiche.

Come riportato nella NTC 2018 al paragrafo 7.11.3.4.1 il sito in esame deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o

manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

La verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0,1g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sun-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(n1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 KPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 >Kpa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in figura nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$

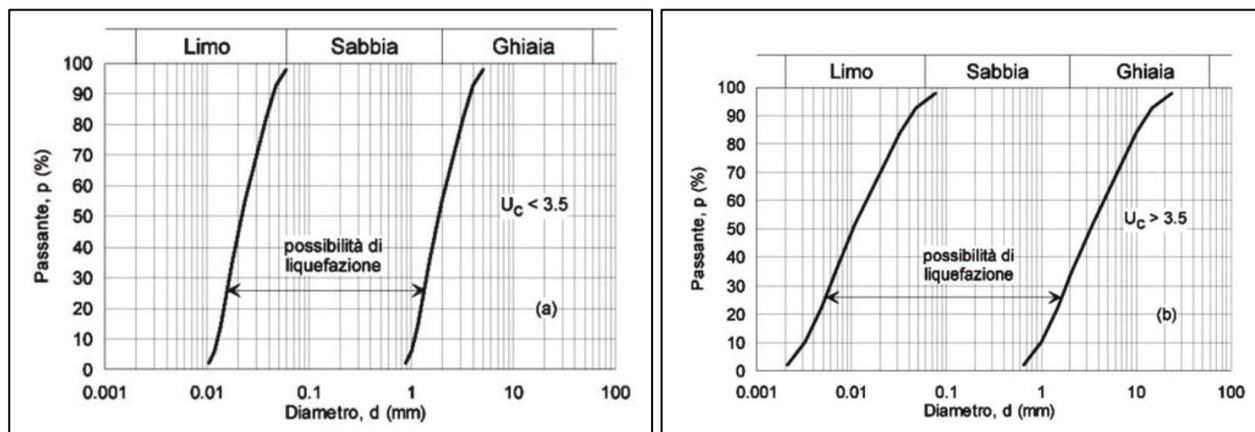


Figura 15 – Distribuzione granulometrica per l'analisi della liquefazione

Date che le condizioni sopra elencate sono verificate e sulla base della nuova zonazione sismogenetica ZS9 con $M < 5$ si può escludere la verifica alla liquefazione.

8 Caratterizzazione Fisico-Meccanica dei Terreni

Per la determinazione delle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione degli aerogeneratori si è fatto uso sia di dati in possesso dello scrivente che di dati derivanti da indagini effettuate in zone limitrofe e di quelli di letteratura.

Essendo dati dedotti da bibliografia ed in parte in mio possesso si suggerisce nella fase esecutiva di verificare l'esattezza dei valori riportati nella presente relazione

Area di sedime della stazione elettrica RST

Peso di volume (KN/m ³)	Densità relativa (%)	Modulo di Taglio (Mpa)	Modulo di Young (Mpa)	Modulo Confinato (Mpa)	Coesione non drenata Cu (KPa)	Angolo d'Attrito (°)
19	55	100	50-70	70-90	80-100	28

Tabella 2 - Parametri geotecnici derivanti dalla prova CPTU sull'area di sedime della stazione RTN

Parametri determinati dalla prova penetrometrica statica con piezocono nell'area di sedime della stazione RTN spinta ad una profondità di 7 metri. I depositi superficiali sono costituiti da depositi alluvionali terrazzati antichi del Pleistocene e costituiti da sabbie e ghiaie depositatesi al di sopra delle argille argillite siltose grigio-azzurre.

Area di sedime degli aerogeneratori T01-T02-T03-T04-T05

Per la determinazione delle proprietà geotecniche sono stati utilizzati dati di bibliografia e dati derivanti da prove penetrometriche eseguite nelle vicinanze delle aree di sedime degli aerogeneratori sopracitati.

Peso di volume (KN/m ³)	Densità relativa (%)	Modulo di Taglio (Mpa)	Modulo di Young (Mpa)	Modulo Confinato (Mpa)	Coesione non drenata Cu (KPa)	Angolo d'Attrito (°)
19	50	100	50-80	50-100	80-	28

Area di sedime degli aerogeneratori T06

L'opera fondale dell'aerogeneratore in questione sorgerà su depositi costituiti da travertini originatesi in ambiente continentale post Villafranchiano.

I parametri geotecnici sono stati desunti da dati bibliografici e quindi confermati in fase esecutiva per accertare la congruità dei valori di seguito riportati.

Peso di volume (KN/m ³)	Densità relativa (%)	Modulo di Taglio (Mpa)	Modulo di Young (Mpa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Coesione non drenata Cu (KPa)	Angolo d'Attrito (°)
23,0	-	-	-	-	-	35-40

Area di sedime degli aerogeneratori T07

L'area di sedime di questo aerogeneratore ricade su unità litologiche costituite da depositi lacustri costituiti da conglomerati eterometrici con matrice arrossata. Le caratteristiche litotecniche sono riportate nella tabella sottostante e derivante da dati bibliografici

Peso di volume (KN/m ³)	Densità relativa (%)	Modulo di Taglio (Mpa)	Modulo di Young (Mpa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Coesione non drenata Cu (KPa)	Angolo d'Attrito (°)
22	-	-	-	25	0,1	35-40

Area di sedime degli aerogeneratori T08

Questo aerogeneratore ricade su un deposito costituito da sedimenti di origine vulcanica associati a depositi piroclastici. I dati riportati di seguito derivano da una prova penetrometrica dinamica pesante spinta ad una profondità di 4,5 metri le cui caratteristiche vengono riportate nella tabella sottostante.

Peso di volume (KN/m ³)	Densità relativa (%)	Modulo di Taglio (Mpa)	Modulo di Young (Mpa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Coesione non drenata Cu (KPa)	Angolo d'Attrito (°)
16,5	50	100	50-80	8	90-130	27

9 Tracciato cavidotto

Come già accennato precedentemente il passaggio del cavidotto avverrà tramite interrimento ad una profondità di circa 1,5 metri dal piano campagna e laddove incontrerà corsi d'acqua o fossi interessati da fenomeni di ruscellamento con fenomeni di profonda erosione, il passaggio avverrà tramite la tecnologia delle perforazioni direzionata (TOC) per evitare di modificare il corso d'acqua e le sue interazioni naturali.

Dall'analisi del tracciato del cavidotto sono stati individuati tre punti di attraversamento che saranno effettuati con la tecnologia TOC.

Il primo attraversamento con tecnologia TOC è in prossimità dell'aerogeneratore T01 ed interessa il Fosso del Tafone lungo la strada "Ponte dell'Abbadia" che segue il confine tra le regioni Toscana e Lazio (Figura 16)

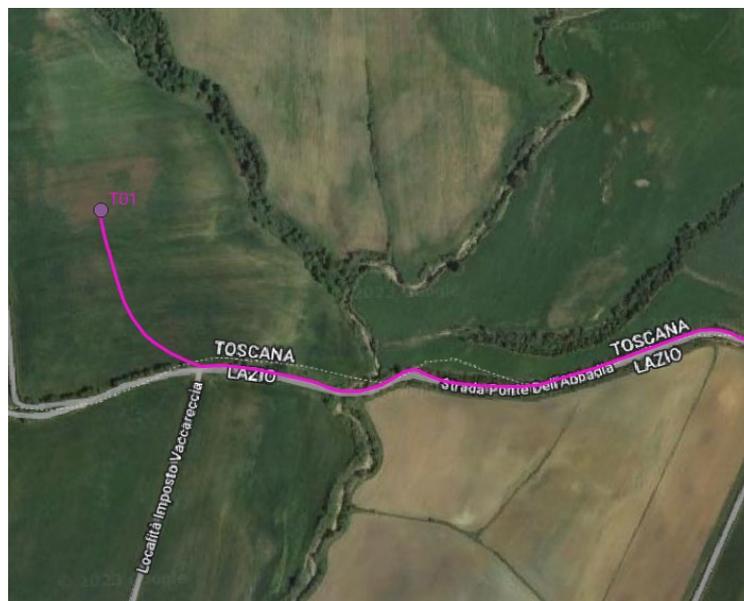


Figura 16 - Primo attraversamento in TOC

Il secondo attraversamento lo si trova in prossimità dell'aerogeneratore T03 dove vi è la presenza di due linee di drenaggio che producono evidenti fenomeni erosivi che convergono verso Sud-Ovest e defluiscono nel Fosso del Tafone (Figura 17).



Figura 17 - Secondo attraversamento del cavidotto

Il terzo attraversamento che verrà effettuato in TOC lo troviamo in prossimità dell'aerogeneratore T06, lungo il suo tracciato ci sono due punti critici da dover attraversare uno legato all'erosione superficiale causata dalle acque superficiali ed il secondo per effettuare l'attraversamento del "Fosso Botro dell'Acqua Bianca" (Figura 18).



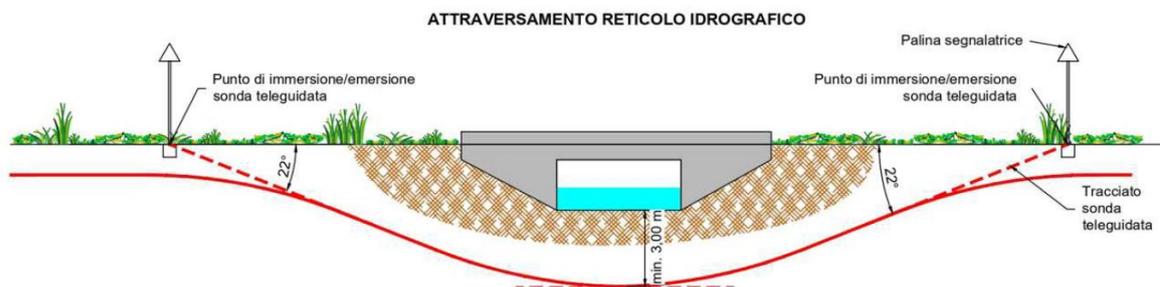
Figura 18 - Terzo attraversamento del cavidotto

9.1 Trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.)

La trivellazione orizzontale controllata chiamata anche trivellazione direzionata controllata è una tecnologia che permette l'installazione di cavi e condotte nel sottosuolo senza dover ricorrere ai tradizionali sistemi di scavo a cielo aperto. La posa si realizza grazie ad una perforazione guidata nel terreno mediante l'introduzione nel terreno di aste guidate da una testa di perforazione che preparano il percorso per la condotta da posare.

Le fasi principali della posa sono 3:

1. Esecuzione della perforazione pilota guidata per creare il percorso del cavo da posare
2. Raggiunto il punto di uscita, sulla testa di perforazione viene montato un alesatore per allargare il diametro del foro fino al raggiungere le dimensioni utili alla posa dei tubi previsti.
3. Tiro del prodotto in posizione.



I vantaggi di questo sistema sono molteplici e permettono di attraversare strade senza bloccare la circolazione, attraversamento di fiumi senza variare gli equilibri idrodinamici dei corsi d'acqua, ingombro di cantiere ridotto e riduzione d'impatto ambientale.

10 Conclusioni

Il presente studio geologico per la realizzazione del parco eolico della potenza di 52.8 MW sito nel comune di Manciano (GR) illustra le caratteristiche litotecniche, sismiche, e le criticità rilevate dell'intera area di sedime degli aerogeneratori e del tracciato del cavidotto.

L'esame di tutte le componenti geologiche (analisi geomorfologica, idrogeologica e quelle di pericolosità geomorfologica) analizzate hanno consentito di ritenere che le aree di sedime prescelte possono ritenersi idonee alla realizzazione dell'opera.

Tuttavia si rimanda ad un successivo grado di approfondimento (progetto esecutivo) per la verifica puntuale delle caratteristiche litotecniche, di quelle geomorfologiche e della stabilità di alcune aree già segnalate nei capitoli precedenti.

La progettazione esecutiva impone una campagna di indagini finalizzate ad ottenere tutti i dati necessari per una corretta progettazione delle fondazioni degli aerogeneratori.

Si ricorda che i parametri geotecnici forniti nella presente relazione sono in parte derivanti da indagini dirette (zone di sedime della stazione elettrica e degli aerogeneratori T02 e T03), mentre per gli altri siti di fondazione sono stati usati dati bibliografici.

Dall'analisi del presente lavoro si afferma che le aree scelte per l'ubicazione degli aerogeneratori non ricadono in aree con pericolosità idraulica, mentre ricadono in zone a pericolosità geomorfologica G1 e G2 secondo il DPGRT 26/R/07 utilizzato dal comune di Manciano per la redazione del Piano Strutturale. Inoltre si sottolinea che questa zona non è coperta dalla cartografia redatta dall'Autorità di Bacino dell'Appennino Centrale (PAI).

Il cavidotto per il collegamento tra aerogeneratori e stazione di smistamento verrà messo installato ad una profondità di circa 1,5 metri dal piano campagna. Il lavoro di scavo e successivo rinterro avverrà in tempi brevi tali da non modificare sostanzialmente i fattori di sicurezza preesistenti delle aree attraversate.

Gli attraversamenti dei corsi d'acqua avverranno tramite l'uso della tecnologia TOC, particolare attenzione si dovrà porre per la scelta della profondità di attraversamento onde evitare di intersecare gli effetti erosivi delle acque di corrivazione.

Per le aree di sedime degli aerogeneratori si deve procedere ad una regimentazione delle acque di corrivazione, dove necessario, tramite opere di drenaggio superficiale al fine di evitare lo scalzamento del terreno intorno alla di fondazione e al tempo stesso una riduzione del consumo del suolo.

Particolare attenzione deve essere rivolta durante la fase esecutiva alla realizzazione dell'opera fondale dell'aerogeneratore T07 il quale ricade in un'area dove le condizioni al contorno devono essere investigate con un maggior dettaglio in quanto in prossimità di aree a pericolosità da frana e idraulica.

Alla luce di quanto emerso dal presente studio è possibile affermare che nel complesso la realizzazione dell'opera non andrà a modificare l'attuale stato di equilibrio dei luoghi prescelti e a tal fine si esprime parere favorevole alla realizzazione del progetto.