

REGIONE  
UMBRIA



COMUNE DI  
GUALDO TADINO



COMUNE DI  
NOCERA UMBRA



PROVINCIA DI PERUGIA

## Progetto di fattibilità tecnica ed economica

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Gualdo Tadino" con potenza di immissione in rete pari a 62 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Gualdo Tadino e Nocera Umbra (PG)

Titolo elaborato

# Relazione geologica

Codice elaborato

**F0589ER01A**

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

Dott. For. Luigi ZUCCARO  
Ing. Giuseppe MANZI  
Ing. Alessandro Carmine DE PAOLA  
Ing. Stefania Conte  
Ing. Mariagrazia PIETRAFESA  
Ing. Federica COLANGELO  
Arch. Gaia TELESKA



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

### GEOLOGIA

#### Dott. Geol. Giuseppe Palmitesta

Piazza della Costituzione Italiana, 81  
85100 Potenza  
giuseppe.palmitesta@pec.epap.it  
giuseppe.palmitesta@f4ingegneria.it

### Committente



#### Renexia S.p.a.

Viale Abruzzo 410, 66010 Chieti

L'Amministratore Delegato  
Prof. Ing. Giorgio ZUCCARO

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Luglio 2023	Prima emissione	GPA	GMA	GDS

File sorgente: **Relazione geologica.docx**

## Sommario

<b>Relazione geologica</b>	<b>3</b>
<b>1 Introduzione</b>	<b>4</b>
1.1 Riferimenti Normativi e Cartografici	5
<b>2 Ubicazione del sito di progetto</b>	<b>7</b>
<b>3 Inquadramento geologico generale</b>	<b>10</b>
3.1 Assetto strutturale e lineamenti tettonici	12
3.2 Stratigrafia generale dell'area	13
3.3 Geologia dell'area di intervento	17
3.4 Geomorfologia	19
3.5 Idrogeologia	21
<b>4 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)</b>	<b>27</b>
4.1 Valutazione del rischio frane e alluvioni	35
4.1.1 Trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.)	35
4.2 Caratteristiche geotecniche preliminari	36
<b>5 Pericolosità sismica</b>	<b>38</b>
5.1 Disgregazione sismica	41
5.2 Sismicità storica	43
5.3 Faglie sismogenetiche capaci	47
5.4 Studi di microzonazione sismica (aspetti conoscitivi)	48

## **6 Conclusioni**

**51**

## Relazione geologica



# 1 Introduzione

Su incarico ricevuto della società Renexia S.p.A. lo scrivente ha redatto la relazione preliminare per la **fattibilità** di un Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Gualdo Tadino" con potenza di immissione in rete pari a 62 MW e le relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Gualdo Tadino e Nocera Umbra.

L'impianto in progetto sarà costituito da 10 aerogeneratori della potenza nominale di 6.2 MW ciascuno con la potenza complessiva di 62 MW localizzato nei territori di Gualdo Tadino (WTG 3, WTG 4, WTG 5, WTG 6, WTG 7, WTG 8, WTG 9, WTG 10) e Nocera Umbra (WTG 1, WTG 2).

Per verificare la realizzabilità del progetto, si è proceduto ad uno studio tale da poter inquadrare sotto il profilo geologico, idrogeologico e geomorfologico l'areale coinvolto dall'intervento al fine di poterne sottoscrivere la fattibilità.

Ai fini della rappresentazione preliminare delle caratteristiche geologiche dell'intera area e per escludere la presenza di elementi di criticità si è effettuato un'analisi geo-morfologico di superficie, coadiuvato dalla fotointerpretazione, dalla raccolta dei dati bibliografici e dallo studio delle varie cartografie messe a disposizione dai vari enti governativi, ha consentito l'individuazione di alcuni aspetti meritevoli di attenzione.

Una volta appurata l'idoneità geologica e morfologica dei siti di sedime, avendo scartato gli areali con criticità litologica e morfologica, si passerà al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto esecutivo) in cui sarà effettuata la verifica puntuale delle caratteristiche litologiche, dei rapporti stratigrafici (ad esempio tra il substrato alterato ed il substrato s.s., o tra coltri detritiche e substrato), delle caratteristiche geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni in affioramento, tramite una corposa campagna di indagini geognostiche dirette ed indirette, nonché di analisi e prove geotecniche di laboratorio.

Nel dettaglio saranno effettuate le seguenti indagini:

- Indagini MASW
- Sondaggi geognostici a carotaggio continuo e prelievo di campioni indisturbati per analisi di laboratorio
- Prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH)
- Stendimenti geoelettrici (SEV)
- Sismica a Rifrazione
- Misure HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios)

Gli elaborati cartografici prodotti in questa fase sono riportati nei seguenti allegati:

- Planimetria area di sedime e tracciato cavidotto
- Carta Geologica
- Carta Geomorfologica
- Carta Idrogeologica
- Carta della Microzonazione sismica
- Profili geologici

## 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*

### ➤ Normativa di riferimento regionale

- **Regolamento regionale 29 luglio 2011, n. 7-** *Disciplina regionale per l'installazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili*
- **Norme di Attuazione - Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI)** - *Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Centrale - Bacino del Fiume Tevere.*
- **D.R. 5 Luglio 2010 n. 968** - *Indirizzi e criteri per la minimizzazione dell'impatto paesaggistico connesso alla realizzazione di impianti per la produzione di energia mediante l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili solare fotovoltaica con moduli al suolo e potenza superiore a 20 KW.*
- **D.G.R. 19/05/1982 n°2739** *Criteri relativi al tipo, ampiezza di studi ed indagini di carattere geologico e geotecnico da effettuare sia per la formazione degli strumenti urbanistici generali che per quelli attuativi.*

### Riferimenti cartografici e bibliografici

- Foglio 301 Fabriano della Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000)
- Foglio 123 Assisi della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000)
- Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) - Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Centrale - Bacino del Fiume Tevere (scala 1:10.000);
- Cartografia geologica regione Umbria scala 1:10.000 , Open data Regione Umbria
- Note illustrative foglio 301 Fabriano carta geologica d'Italia scala 1:50.000 , Servizio Geologico d'Italia
- Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Umbro-Marchigiano, Università di Siena
- Inventario Fenomeni Franosi in Italia IFFI, Open data Regione Umbria.

- Redazione informatizzata della cartografia idrogeologica tematica del territorio della Regione Umbria, Regione Umbria Direzione Regionale Ambiente, Territorio e Infrastrutture, Aprile 2008
- Piano Regolatore Generale (PRG) Comune di Gualdo Tadino

## 2 Ubicazione del sito di progetto

L'area di interesse per la realizzazione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Gualdo Tadino" di potenza nominale pari a 62 MW e del relativo cavidotto che collega gli aerogeneratori con la cabina di distribuzione Terna è piuttosto ampia e si trova nella Regione Umbria interessando i comuni di Gualdo Tadino e di Nocera Umbra.

A seguire viene riportata l'ubicazione del punto di sedime di ogni aerogeneratore ubicato sul territorio di Gualdo Tadino e Nocera Umbra (Tabella 1)

WTG	Coordinate UTM-WGS84 fuso 32		Coordinate Gauss Boaga fuso ovest	
	E	N	x	y
WTG01	316147	4781263	2336152	4781276
WTG02	317546	4781483	2337551	4781496
WTG03	317583	4783527	2337588	4783540
WTG04	316589	4783559	2336594	4783572
WTG05	317512	4784320	2337517	4784332
WTG06	318294	4784604	2338298	4784617
WTG07	318073	4785412	2338078	4785425
WTG08	317618	4786049	2337623	4786062
WTG09	317333	4786685	2337338	4786698
WTG10	317062	4787511	2337067	4787524

Tabella 1 Punti di ubicazione degli aerogeneratori

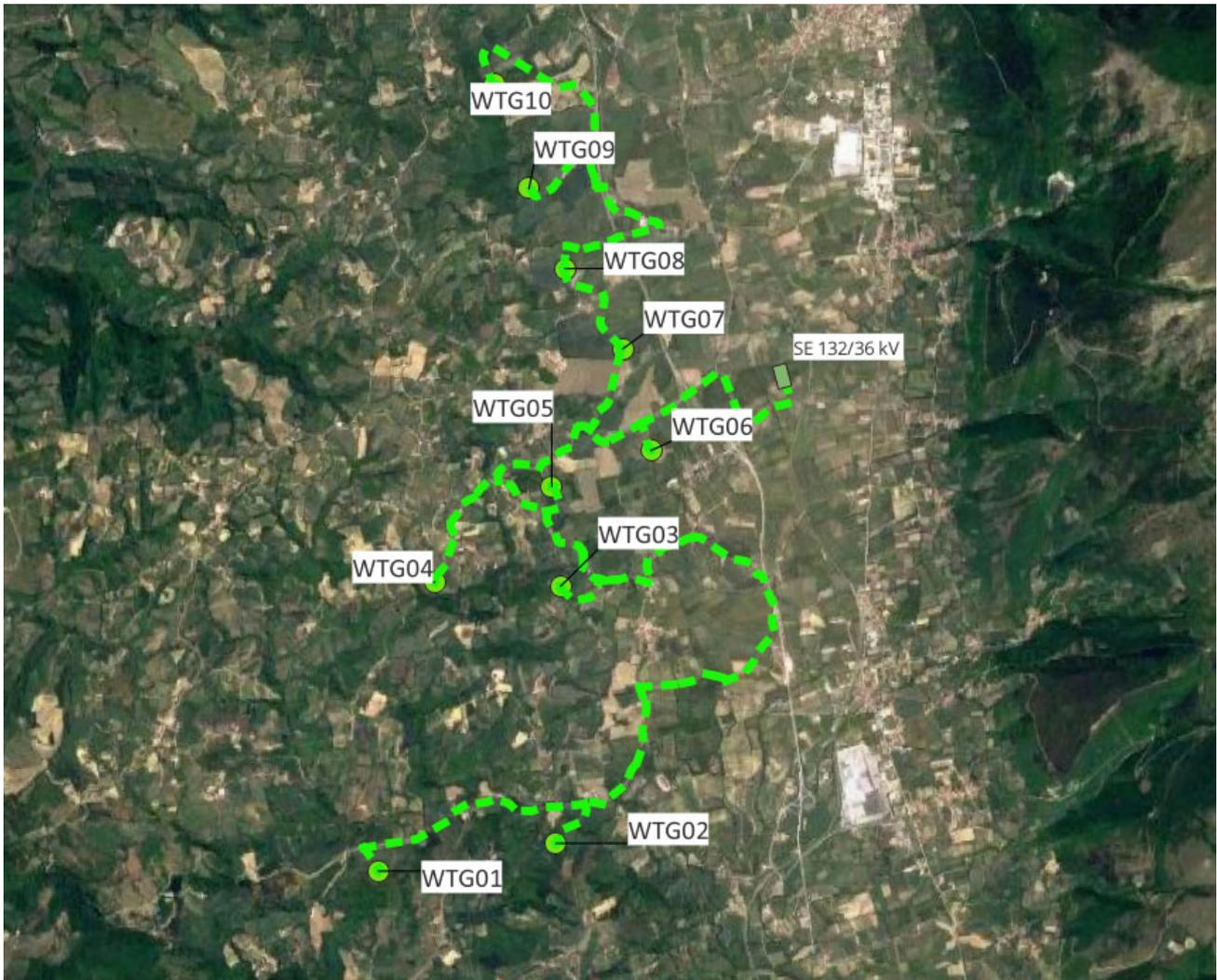
Dal punto di vista cartografico l'area di sedime degli aerogeneratori e del cavidotto ricadono sui fogli I.G.M. 123 I-SO (Gualdo Tadino) e 123 II-NO (Nocera Umbra).

Gli aerogeneratori sono ubicati a Sud Ovest dell'abitato del comune di Gualdo Tadino e tra la Strada Statale SS3 Flaminia e la Strada Regionale Subasio SR 444 ed interesserà una fascia altimetrica compresa tra circa 500 ed i 570 m s.l.m. Il cavidotto di collegamento tra gli aerogeneratori e la centrale di distribuzione Terna segue per la maggior parte del suo tracciato il bordo delle strade già esistenti e solo in minima parte attraverserà campi ad uso agricolo, tale scelta è stata effettuata in modo tale da minimizzare l'impatto con i terreni agricoli con destinazione d'uso principale di tipo seminativo.

Dove il tracciato, per motivi morfologici, si troverà ad attraversare corsi d'acqua si provvederà ad effettuare un attraversamento in TOC come già indicato e descritto nella relazione "Studio di Impatto ambientale".

Dal punto di vista vincolistico l'area di sedime del parco eolico non ricade in zone sottoposte a tutele e vincoli secondo il Piano Regolatore Generale (PRG) di Gualdo Tadino ed il PRG del Comune di Nocera Umbra, si rimanda al documento **F0589BT06A – Aree sottoposte a vincolo idrogeologico** per un maggiore dettaglio.

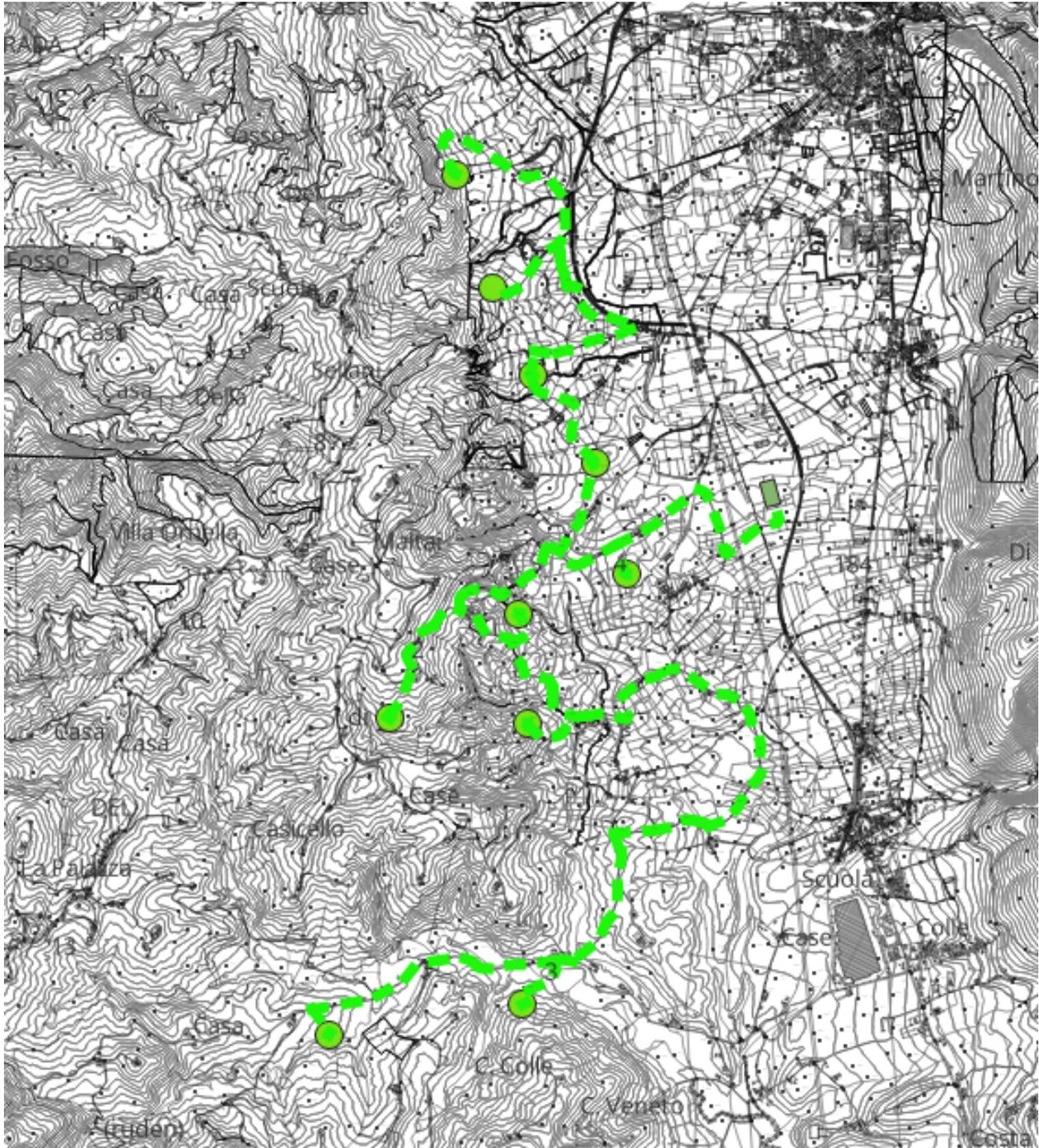
A seguire si riporta l'inquadramento degli aerogeneratori e delle opere di connessione su ortofoto (Figura 1) e CTR (Figura 2)



**Figura 1** – Ubicazione su ortofoto degli aerogeneratori (pallini in verde) e tracciato del cavidotto (linea rossa), in verde scuro l'ubicazione della stazione elettrica

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Gualdo Tadino" con potenza di immissione in rete pari a 62 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Gualdo Tadino e Nocera Umbra (PG)

Relazione geologica



**Figura 2** - Ubicazione su base CTR degli aerogeneratori (pallini in verde) e tracciato del cavidotto (linea rossa), in verde scuro l'ubicazione della stazione elettrica

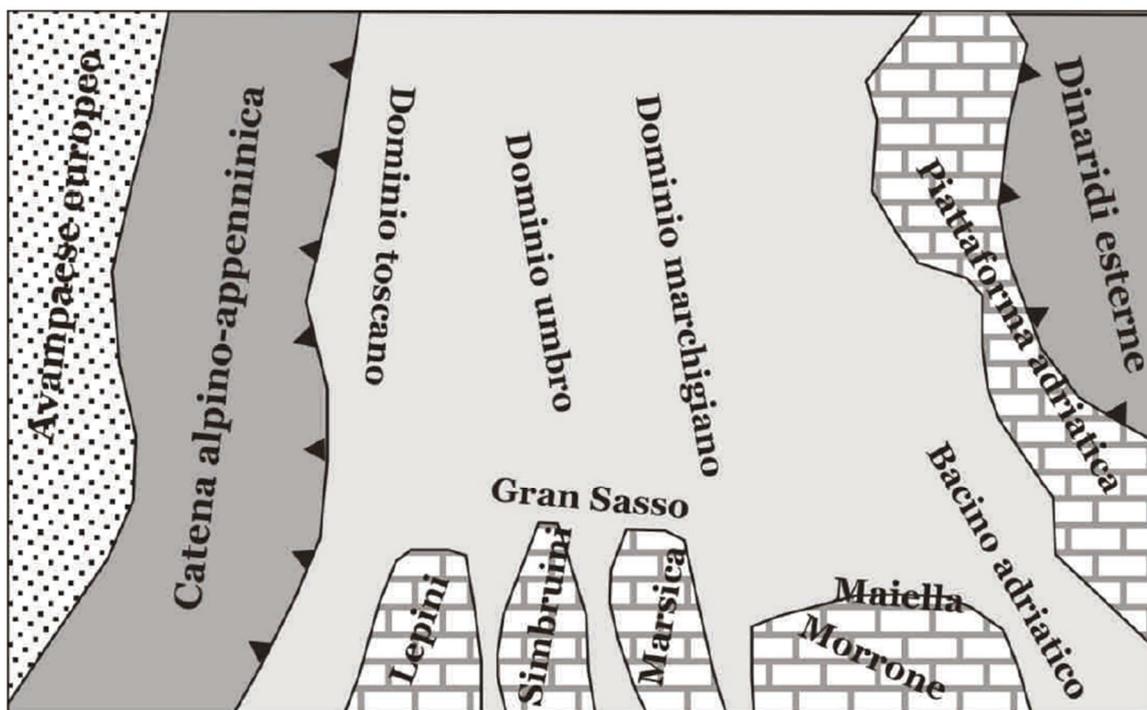
### 3 Inquadramento geologico generale

L'area oggetto di studio ricade nella sua totalità sul foglio geologico in scala 1:100.000 Foglio 123 Assisi, mentre la parte superiore dell'impianto può essere collocata all'interno del Foglio Fabriano 301 con scala 1:50.000.

La complessa storia evolutiva dell'Umbria ha determinato una estrema variabilità litologica e morfologica del territorio regionale. Le strutture della catena Appenninica la limitano verso Est, attraverso la sequenza delle anticlinali calcaree est vergenti, mentre i litotipi silico-clastici affiorano prevalentemente nella porzione più occidentale dove i rilievi, in virtù del minore dislivello, hanno una diversa evidenza dal punto di vista morfologico generando zone collinari. Nell'area sud occidentale, invece, sono presenti le rocce ignee del vulcanismo pleistocenico.

Tutta la regione, infine, da N verso S è attraversata da una delle più grandi conche intermontane plio-pleistoceniche di origine tettonica rappresentato dal Bacino Tiberino.

La formazione dell'Appennino Umbro-Marchigiano deriva dalla deformazione di differenti domini paleogeografici e deposizionali disposti sul basamento della Placca Adriatica: il Dominio toscano, il Dominio umbro-marchigiano ed il dominio laziale-abruzzese. Il dominio Toscano sovrascorre su quello Umbro-Marchigiano tramite il sovrascorrimento del Cervarola, mentre quello Umbro Marchigiano si accavalla su quello Laziale abruzzese lungo il sistema Olevano-AnTRODoco-Monti Sibillini (Figura 3 e Figura 4).



**Figura 3** – Schema paleogeografico dell'area Umbro-Marchigiana. Le catene orogenetiche sono indicate in grigio scuro, i bacini profondi con eventuali alti strutturali in grigio chiaro, le piattaforme carbonatiche di bassa profondità con il motivo a mattoni (Mod. da Patacca e Scandone, 2007)

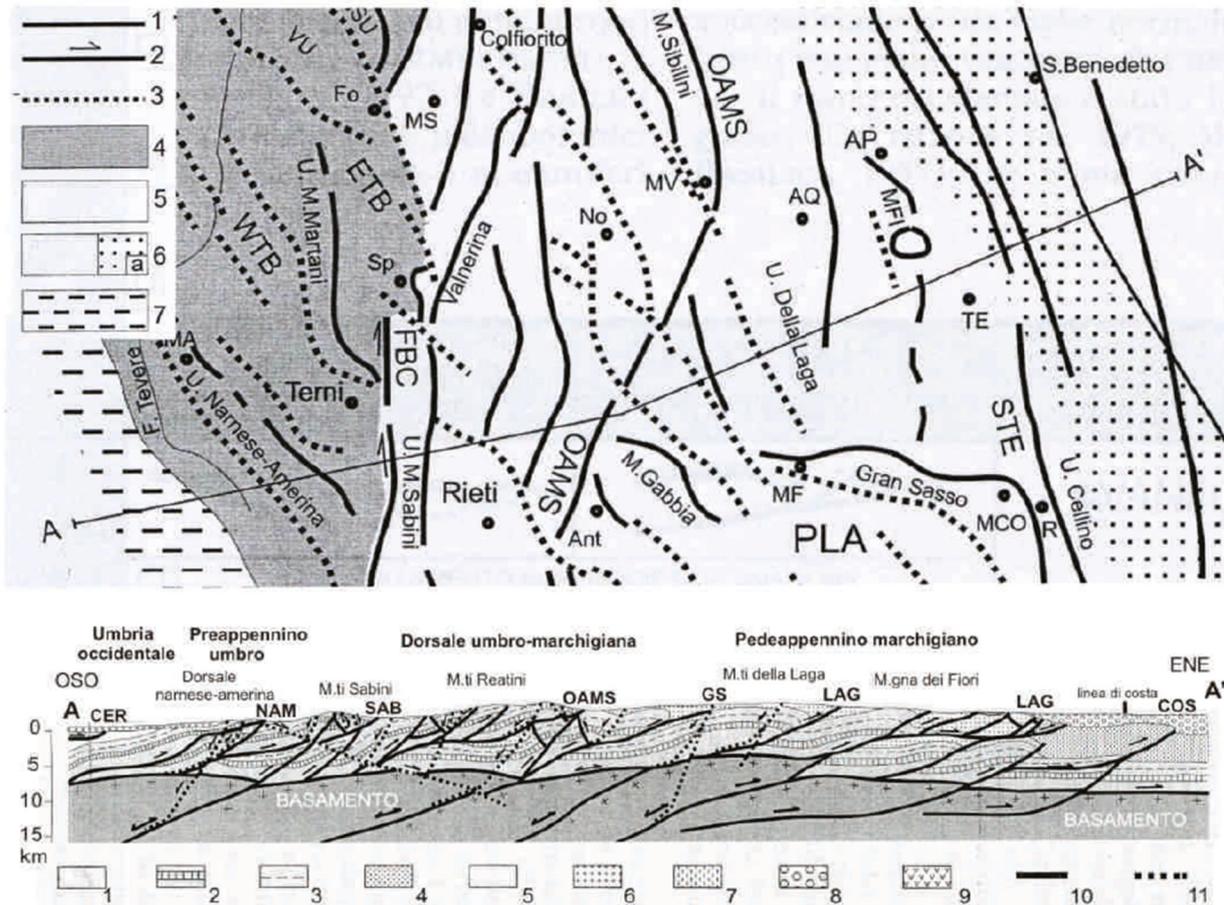


Figura 4 - Sezione geologica schematica attraverso l'Appennino Umbro-Marchigiano (mod. da Calamita et al., 1999)

**Legenda della carta:** 1) Sovrascorrimenti 2) Faglie trascorrenti o transpressive 3) Faglie normali o transtensive 4) Umbria occidentale e Preappennino umbro 5) Dorsale umbro-marchigiana-abruzzese 6) Pedeappennino marchigiano, con 6a i depositi del Bacino periadriatico (Pliocene medio-Pleistocene inf.), discordanti sulle unità della catena 7) Vulcaniti quaternarie. Sigle sulla carta: Ant=Antrodoco, AQ=Acquasanta, AP=Ascoli Piceno, ETB=Bacino tiberino orientale, FBC=Faglia Battiferro-Cottanello, MCO=M. Coppe, MF=M. San Franco, MFI=M.gna dei Fiori, MS=M. Serano, MV=M. Vettore, NO=Norcia, OAMS=Sovrascorrimento Olevano-Antrodoco-M. Sibillini, PLA=Piattaforma laziale-abruzzese, R.=Rigopiano, Sp=Spoleto, STE=Sovrascorrimento di Teramo, TE=Teramo, VU=Valle Umbra, WTB=Bacino tiberino occidentale. In basso, sezione geologica lungo la traccia AA. (da OSO ad ENE). Le sigle indicano i principali sovrascorrimenti: CER=Cervarola, COS=Struttura costiera, GS=Gran Sasso, NAM=Narnese-Amerina, OAMS=Olevano-Antrodoco-M. Sibillini, SAB=M. Sabini, LAG=Laga. Legenda della sezione: 1) Anidridi di Burano e sottostante Verrucano, nelle zone più interne (Trias medio-sup.) 2) Calcarea Massiccio e Calcarea a Rhaetavicula contorta (Trias sup. Lias inf.) 3) Successione pelagica ed emipelagica umbro-marchigiana (Lias medio-Miocene sup.) 4) Unità Falterona-Trasimeno (Eocene inf.-Miocene inf.) 5) Marnoso Arenacea (Burdigaliano-Tortoniano inf.) 6) Torbiditi silicoclastiche (Messiniano) 7) Torbiditi del Pliocene inferiore 8) Successione del Pliocene medio-Quaternario 9) Vulcaniti quaternarie 10) Sovrascorrimenti 11) Faglie normali e transtensive.

### 3.1 Assetto strutturale e lineamenti tettonici

L'Appennino Umbro-Marchigiano è una tipica catena a falde e pieghe (*fold and Thrust belt*) derivati dalla deformazione dei bacini sedimentari con il coinvolgimento del basamento crostale della placca adriatica. L'insieme dei lineamenti compressivi (pieghe e sovrascorrimenti) individua una disposizione ad archi strutturali concentrici e dalla distribuzione delle unità stratigrafico- strutturali.

Da Ovest verso Est si possono distinguere 5 province strutturali principali: Umbria occidentale, Preappennino Umbro, Dorsale umbro-marchigiana, Pedeappennino marchigiano e Zona peri adriatica. Nel settore Umbro si evidenzia anche un fitto reticolo di faglie distensive generalmente successive e sovrapposte alle strutture compressive plioceniche-quadernarie. Alcuni studi hanno evidenziato che importanti faglie inverse e trascorrenti del Miocene superiore-Pliocene potrebbero essere antiche faglie normali mesozoiche riattivate per inversione tettonica (Figura 5).

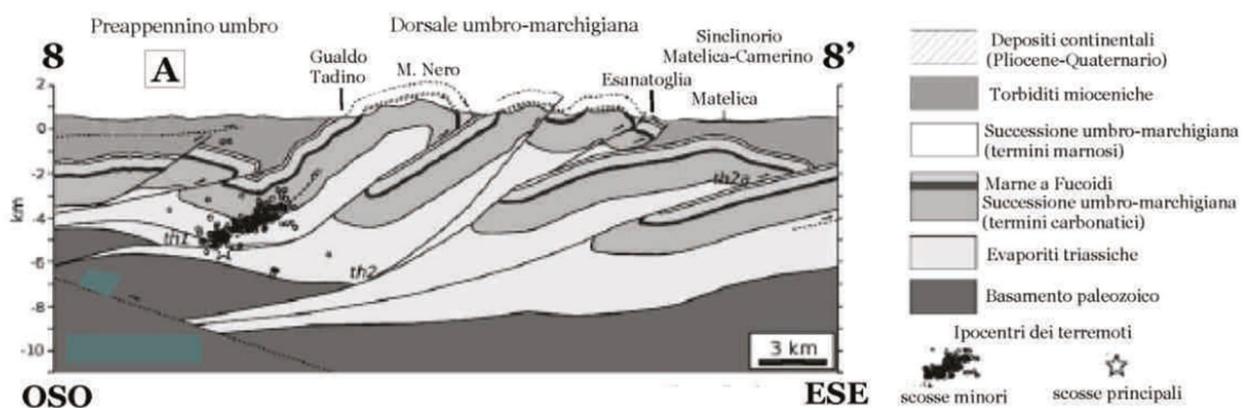


Figura 5 – Sezione geologica attraverso la dorsale umbro-marchigiana (Mirabella et alii,2008)

Il tema generale è la sovrapposizione di scaglie tettoniche derivate dalla deformazione della copertura sedimentaria meso-cenozoica attraverso superfici di accavallamento primarie (Cervarola, Narnese-amerina, Olevano Antrodoco M.ti Sibillini, Gran Sasso, Laga e struttura costiera) e secondarie.

Il fronte più interno, quello di Cervarola è coperto dalle vulcaniti quadernarie laziali, mentre i fronti più esterni sono sepolti sotto la coltre di sedimenti plio-quadernari del Bacino Periadriatico. I sovrascorrimenti sono associati a pieghe antiformi e sinformi che corrispondono in genere alla massima elevazione della catena. Dal Pliocene la tettonica estensionale e transtensiva ha generato nel settore umbro una serie di ampie fosse ampie, colmate di sedimenti fluvio-lacustri, come la Valtiberina e la Valle Umbra. I sistemi di faglie normali sono più recenti man mano che ci si sposta verso oriente, come indicato dalla serie di conche intramontane quadernarie, sismicamente molto attive, poste all'interno della Dorsale umbro-marchigiana (Gubbio, Gualdo Tadino, Colfiorito, Norcia, Cascia e Leonessa).

La zona occidentale dell'area Umbra è caratterizzata da una sovrapposizione delle unità tettoniche toscane su quelle umbre avvenuta nel Miocene superiore. La successiva tettonica estensionale consiste in sistemi di faglie normali dirette NO-SE con immersione sia a NE che a SO.

Il preappennino Umbro è caratterizzato dalla copertura delle torbiditi mioceniche (Marnoso Arenacea) la cui continuità è interrotta dalle ampie depressioni della Valtiberina e della Valle Umbra riempite di sedimenti continentali plio-quadernarie.

La dorsale Umbro-marchigiana, che rappresenta la culminazione topografica della catena e funge da spartiacque tra il Tirreno e l'Adriatico, è caratterizzata da strutture plicative connesse a superfici di sovrascorrimento. L'azione combinata del piegamento e dell'erosione ha portato allo smantellamento della copertura torbiditica e di parte della sottostante successione pelagica portando in affioramento i termini più antichi come la Maiolica e delle Marne a Fucoidi. La tettonica attiva di queste aree è testimoniata dai frequenti terremoti i quali sono connessi alle faglie normali e transtensive che tagliano le precedenti strutture compressive.

L'area Pedeappenninica marchigiana è caratterizzata da grandi anticlinali testimonianza di importati sovrascorrimenti. Ai fianchi di queste anticlinali si possiamo trovare i depositi di Avanfossa miocenici contenenti livelli guida come gli strati dei gessi messiniani.

### 3.2 Stratigrafia generale dell'area

I terreni affioranti nell'area Umbro-marchigiana possono essere raggruppati in due serie: una marina, mesozoica-terziaria, e l'altra continentale, del Pliocene superiore-Pleistocene medio e del quaternario. La formazione della serie marina affiorante è databile al Miocene ed è costituita dalla formazione Marnosa Arenacea, mentre i depositi continentali attribuibili al Pleistocene e Quaternario sono costituiti principalmente da depositi alluvionali terrazzati e da coperture detritiche.

Si riporta in modo sintetico le descrizioni di tutte le formazioni affioranti nell'area e lo schema stratigrafico della successione del dominio umbro marchigiano (Figura 6).

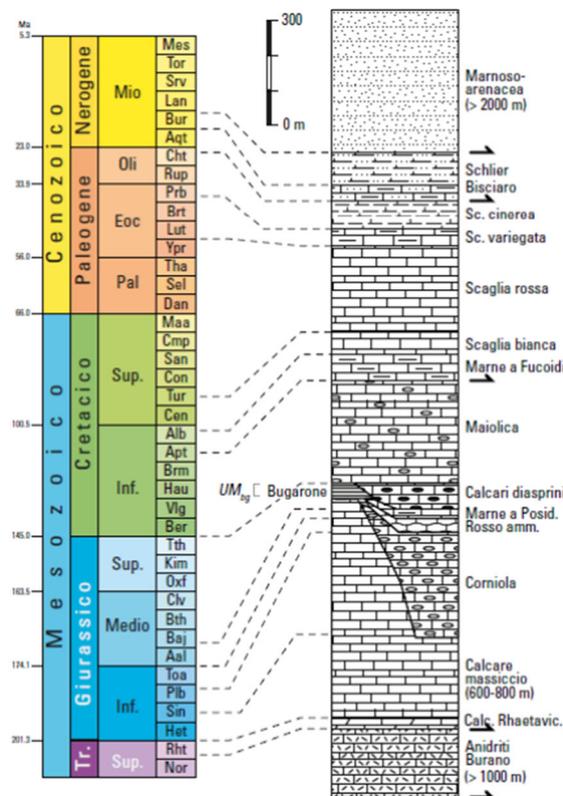


Figura 6 - Successione stratigrafica umbro-marchigiana

**Calcarea Massiccio:** costituito da calcari di colore biancastro avana in strati massicci (4-5 metri) mentre nella parte alta la stratificazione risulta essere più sottile. Questi calcari sono costituiti da micriti (mudstones e wackestones), ma a luogo si rinvengono litofacies calcarea-detritiche, prevalentemente bioclastiche a granulometria variabile, turbiditiche. L'ambiente deposizionale può essere ricondotto a quella della piattaforma carbonatica caratterizzato da bassa energia e scarsi scambi con il mare aperto. Età: Hettangiano sinemuriano inferiore.

**Corniola:** costituita da calcari micritici biancastri e beige con liste e noduli di selce bruna o nerastra e con intercalazioni argilloso-marnose grigio verdastre. I livelli argillosi piuttosto sottili compaiono sopra la base dell'unità mentre la selce è presente i rari noduli di colore chiaro. La stratificazione è piuttosto netta e gli strati hanno spessore variabile ma in genere non supera i 40-50 centimetri. Nella porzione inferiore sono presenti intercalazioni calcarea detritiche con strati spessi fino a 1,5-2 metri. Lo spessore della formazione è variabile da zona a zona da 150 metri nei dintorni di M. Le Gronde, Colle d'Orlando, Monte Cucco a pochi metri nella zona del Sasso San Lorenzo e Poggio Campanello presso Gualdo Tadino. L'ambiente deposizionale è riconducibile ad un ambiente pelagico profondo. Età: Lotharingiano Pleisbachiano.

**Calcari e Marne del Monte Serrone:** la formazione è costituita dall'alternanza di calcareniti grigiastre, di calcari e calcari marnosi grigio-verdastri, con liste e noduli di selce, marne calcaree e marne argillose grigio verdastre. Le calcareniti sono generalmente gradate ed hanno granulometria variabile, le marne presentano diversi gradi di fratturazione. Lo spessore massimo è di circa 60-70 metri. Età: Pleisbachiano superiore – Toarciano.

**Formazione del Bosso:** caratterizzata da litofacies nodulari calcarea marnosi e marnose policrome, può essere suddivisa in due membri Rosso Ammonitico quello inferiore e i Calcari e marne a Posidonia quello superiore.

**Rosso Ammonitico:** calcari marnosi e marne nodulari di colore rosso, gli strati hanno uno spessore di circa 40-70 centimetri nei calcari e 10 centimetri nelle marne, questa formazione è ricca di ammoniti.

**Marne a Posidonia:** è costituito da calcari marnosi, di marne nodulari e calcari micritici, la colorazione assume toni rosati con frequenti bande verdastre nella parte inferiore mentre in quella superiore la colorazione predominante è quella biancastra.

L'età della formazione del Bosso si estende dal Toarciano al Bathoniano

**Calcari diasprini:** i litotipi che costituiscono questa formazione sono calcari con liste e noduli di selce, calcari selciferi d'aspetto granulare. La stratificazione è netta con spessore di circa 4 – 10 centimetri dove prevalgono i sedimenti silicei la stratificazione è più irregolare anche se sono sempre sottili. Il colore prevalente è grigio verdastra, ma molto spesso si notano zone policrome. Età: Calloviano Titoniano inferiore.

**Maiolica:** costituita da calcari micritici biancastri con selce scura in liste e noduli, a luoghi vi sono intercalazioni di marne argillose nerastre, di strati dolomitici e di calcari nodulari. La stratificazione è netta e si presentano con uno spessore di circa 30-40 centimetri. All'interno della formazione si rinvengono strutture sedimentarie come slumping i cui elementi provengono sia dall'interno del bacino che da una limitrofa piattaforma carbonatica. Lo spessore della formazione è assai variabile dai 60-100 metri nelle zone di alto strutturale ai 400-500 metri dei bacini. Età: Titoniano superiore Aptiano p.p.

**Marne a Fucoidi:** questa formazione può essere suddivisa in due membri quello inferiore costituito da marne e marne argillose policrome di circa 40-50 metri con stratificazione netta e sottile, mentre il membro superiore è formato da marne calcaree e calcari marnosi con strati di circa 10-25 centimetri e raggiunge uno spessore di 60-70 metri. Età: Aptiano p.p. Cenomaniano p.p.

**Scaglia bianca:** questa formazione è costituita da calcari biancastri con selce nera in liste e talora in noduli, la stratificazione è ben definibile e lo spessore degli strati varia da 15 a 35 centimetri. Il passaggio alla formazione sovrastante Scaglia Rossa è caratterizzato dal Livello Bonarelli costituito da argilliti bituminosi nerastre. Età: Cenomaniano medio-superiore.

**Scaglia Rossa:** la formazione è costituita da calcari e calcari marnosi ben definiti con frattura concoide e scagliosa a luogo si rinvengono calcareniti di colore biancastro. Il colore di insieme varia dal rosato al rosso mattone, ma non mancano toni biancastri o grigi. Nella parte inferiore ed in quella sommitale prevale la componente calcarea, associata a selce rossa in liste e noduli mentre la porzione medio superiore è decisamente più marnosa. Talvolta la formazione contiene fenomeni di slumping intraformazionali che sono associati alle intercalazioni detritiche. Lo spessore della formazione raggiunge o i 200-250 metri. Età Turoniano Eocene medio.

**Scaglia variegata:** costituita da un'alternanza di calcari marnosi, di marne calcaree policrome lo spessore degli strati varai da 5 a 25 centimetri. Età: Eocene medio p.p. Eocene superiore.

**Scaglia cinerea:** la formazione è costituita da marne calcaree, marne, marne argillose e subordinatamente di calcari marnosi micritici. Il colore risulta essere piuttosto uniforme, grigio cenere o grigio verdastro. Lo spessore varia da 100 a circa 200 metri. Età: Eocene superiore p.p. Oligocene.

**Bisciario:** costituito da calcari scuri, calcari marnosi biancastri, marne, marne calcaree e marne argillose grigie, sono presenti noduli e liste di selce nera mentre tra le marne si rinvengono sottili livelli di colore giallo ocra dovuti all'alterazione. Caratteristica di questa formazione è la presenza di intercalazioni cineritiche che hanno uno spessore che varia da pochi centimetri fino ad un metro. Lo spessore varia dai 40 a 80 metri. Età: Aquitaniano Langhiano.

**Schlier:** costituito quasi esclusivamente da marne argillose grigie, argille marnose grigie e da sottili intercalazioni di sedimenti più calcarei di colore chiaro o biancastro. La stratificazione è in genere sottile ma frequentemente essa è obliterata da un diffuso clivaggio oppure dalla degradazione per effetto degli agenti esogeni. Lo spessore varia da 150 a 200 metri. Età: Langhiano p.p. Tortoniano.

**Marnoso Arenacea:** formazione eteropica con lo Schlier è costituita principalmente da unità torbiditiche costituite da diversi litotipi che associandosi in maniera diversa da zona a zona conferiscono all'unità in questione aspetti litologici non uniformi. La formazione è costituita quasi esclusivamente da un'associazione pelitico arenacea in strati piano paralleli medi e sottili con rapporto sabbia/argilla inferiore ad 1. In alcune zone questa formazione appare più caotica contenente fenomeni di slumping e di frane sottomarine. In base alle caratteristiche mineralogiche ed alle direzioni di apporto dei clasti è stato possibile suddividere i depositi in 5 gruppi.

- 1) Torbiditi arenacee-marnose di provenienza nord occidentale costituita da un'associazione pelitico-arenacea contenenti la sequenza di Bouma completa.

- 2) Torbiditi marnoso arenacea di provenienza occidentale associabili a depositi di conoide sottomarina costituita da componenti arenaceo-pelitica e arenacea.
- 3) Depositi caotici alloctoni costituiti da argilliti policrome caotiche con pezzame litoide costituito anche da clasti di ofioliti e di calcari detritici organogeni del Miocene inferiore.
- 4) Torbiditi calcareo terrigene costituiti principalmente da depositi miocenici e del complesso tosco emiliano tale livello è considerato come strato guida ed è noto in letteratura con il nome di Strato Contessa.
- 5) Torbiditi calcareo marnose costituiti da biomicriti con resti di molluschi che passano superiormente a marne calcaree biancastre.

**Formazione Gessoso Solfifera:** Composta da tre membri e dal basso verso l'alto sono rappresentati da Tripoli, Argille Bituminose e Evaporiti.

- 1) Tripoli: costituito da alternanza di strati sottili di marne siltose grigio giallastre, marne tripolacee e diatomiti spesso lastriformi, marne bituminose scure, spessore di circa 50 metri
- 2) Argille bituminose: costituite in prevalenza da marne scure spesso bituminose con rare e sottili intercalazioni di arenarie fini e siltiti, marne siltose fogliettate marne tripolacee laminate. Spessore 100 150 metri.
- 3) Evaporiti: costituite da alternanza di gessi laminati, arenarie gessifere, marne scure bituminose, marne diatomitiche, diatomiti, arenarie fini e siltiti in strati molto sottili.

**Argille a Colombacci:** costituita da sedimenti prevalentemente argillosi e argillosi-siltosi di colore grigio e grigio scuro in cui sono intercalati livelli calcari dovuti a deposizione chimica di colore chiaro. Questa formazione compare solo in alcune aree e come nella formazione delle Argille Bituminose sono interessati da fenomeni di dissesto particolarmente intensi. Età: Messiniano.

Per quanto riguardano le litologie quaternarie associabili ai depositi continentali possiamo individuare le seguenti unità:

**Detriti di falda e frana alluvioni attuali:** sono presenti in tutta l'area e in alcuni casi ricoprono anche i detriti più antichi, quando visibili i due depositi sono separati da paleosuoli brunastri. Lungo i corsi d'acqua si rinvengono depositi ciottolosi a granulometria grossolana che costituiscono il letto di inondazione attuale e le golene circostanti.

**Alluvioni terrazzate con lenti di argille alla base:** si rinvengono tra i 10 e 40 metri sul livello attuale hanno uno spessore di circa 20 -30 metri e sono costituiti da ciottoli a granulometria piuttosto uniforme. Molto frequentemente si rinviene alla base lenti di argille marnose chiare con sottili intercalazioni sabbiosi.

**Depositi fluvio-lacustri:** ubicati a oltre 40 metri dagli alvei attuali, costituiti da conglomerati poligenici talora cementati a granulometria variabile, intercalazioni lenticolari di sabbie grigio giallastre e argille limose. I depositi rappresentano il colmamento di antiche depressioni spesso di origine tettonica. Questi depositi possono essere interessati dalla tettonica più recente e in alcune aree si può osservare il dislocamento di questi blocchi verso ovest e verso est.

### 3.3 Geologia dell'area di intervento

L'area di studio ricade all'interno del Bacino di Gualdo Tadino che si è originato dopo la fase di compressione e raccorciamento della serie Umbro-Marchigiana grazie all'azione distensiva di faglie dirette orientate secondo gli assi delle anticlinali.

L'orientamento delle faglie distensive rispecchiano le direttrici appenniniche assumendo una direzione principale NO-SE con immersione verso Ovest e a loro volta vengono dislocate da altre faglie normali minori, perpendicolari alla loro direttrice principale. Molte di queste faglie risultano essere attive e responsabili dei principali eventi sismici che attanagliano la regione generando forti terremoti.

Le depressioni che si sono venute a creare sono state colmate successivamente da depositi fluvio-lacustri e alluvionali.

Le formazioni coinvolte dall'area di sedime degli aerogeneratori e del cavidotto sono dal più giovane al più vecchio le seguenti:

- Alluvioni attuali e recenti
- Alluvioni terrazzate ad altezze diverse comprese tra 10 e 20 metri sugli attuali letti fluviali con lenti di argille alla base. Costituiti da ciottoli poligenici e sabbie più o meno argillose, sedimenti argillosi-sabbiosi di origine lacustre e fluvio-lacustre a volte con tracce di torba e con abbondanti noduli e concrezioni di travertino.
- Depositi fluvio-lacustri o lacustri, a oltre 40 metri sugli alvei attuali, conglomerati poligenici, sabbie grigio-giallastre, livelli argillosi-siltosi chiari.
- Formazione Marnoso Arenacea: arenarie e marne alternate tra loro, con interstrati calcarenitici e calcari marnosi con intercalazioni di calcareniti arenacee, marne siltose con rare e sottili intercalazioni arenacee



L'area di sedime del parco eolico e del cavidotto ricadono sulla carta geologica 1:100.000 Foglio 123 Assisi (Figura 7) e in parte sul foglio geologico 301 Fabriano alla scala 1:50.000 dove si possono

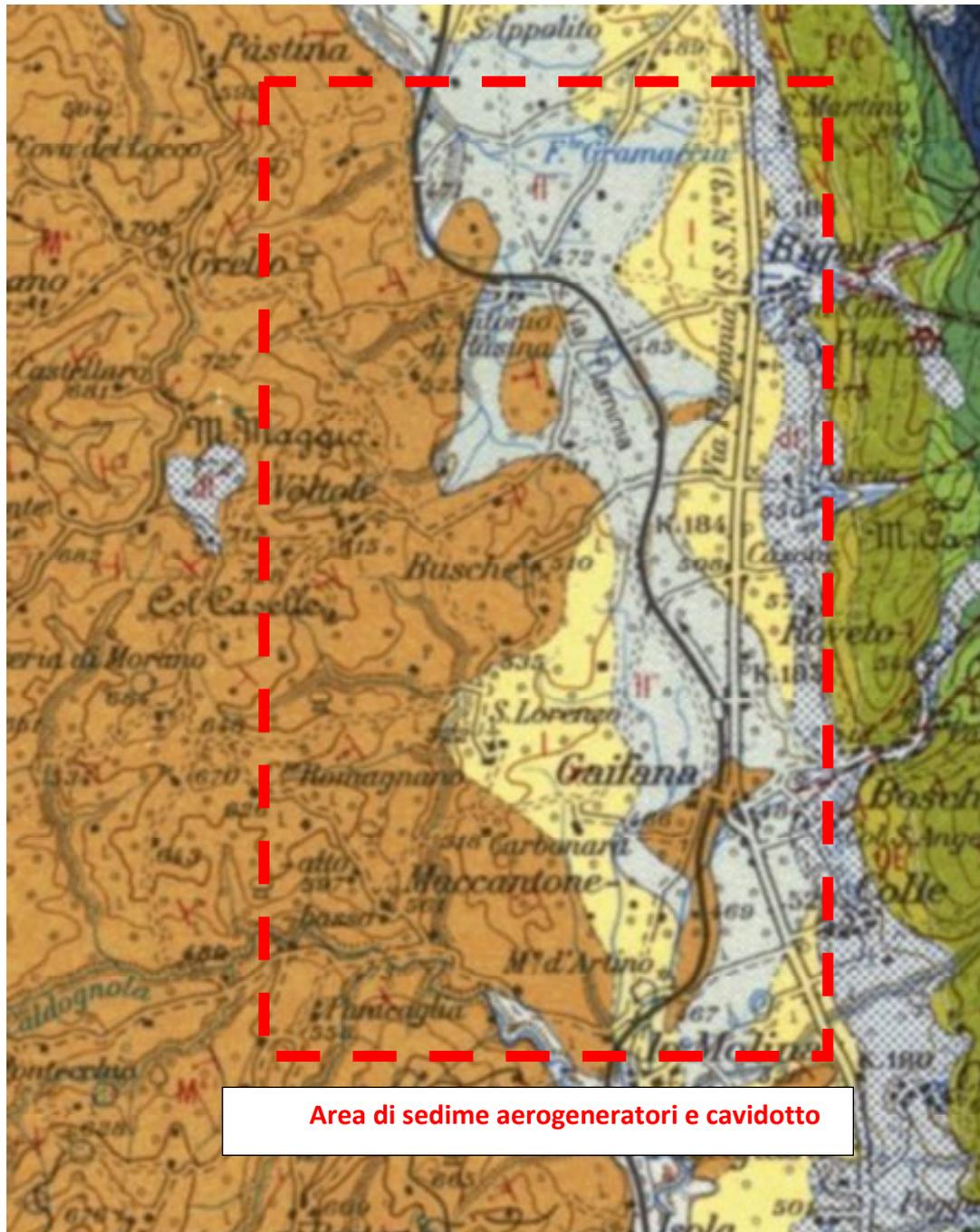


Figura 7 – Stralcio carta geologica scala 1:100.000

osservare le faglie che hanno generato il bacino di Gualdo Tadino successivamente colmato da depositi lacustri e alluvionali (Figura 8)

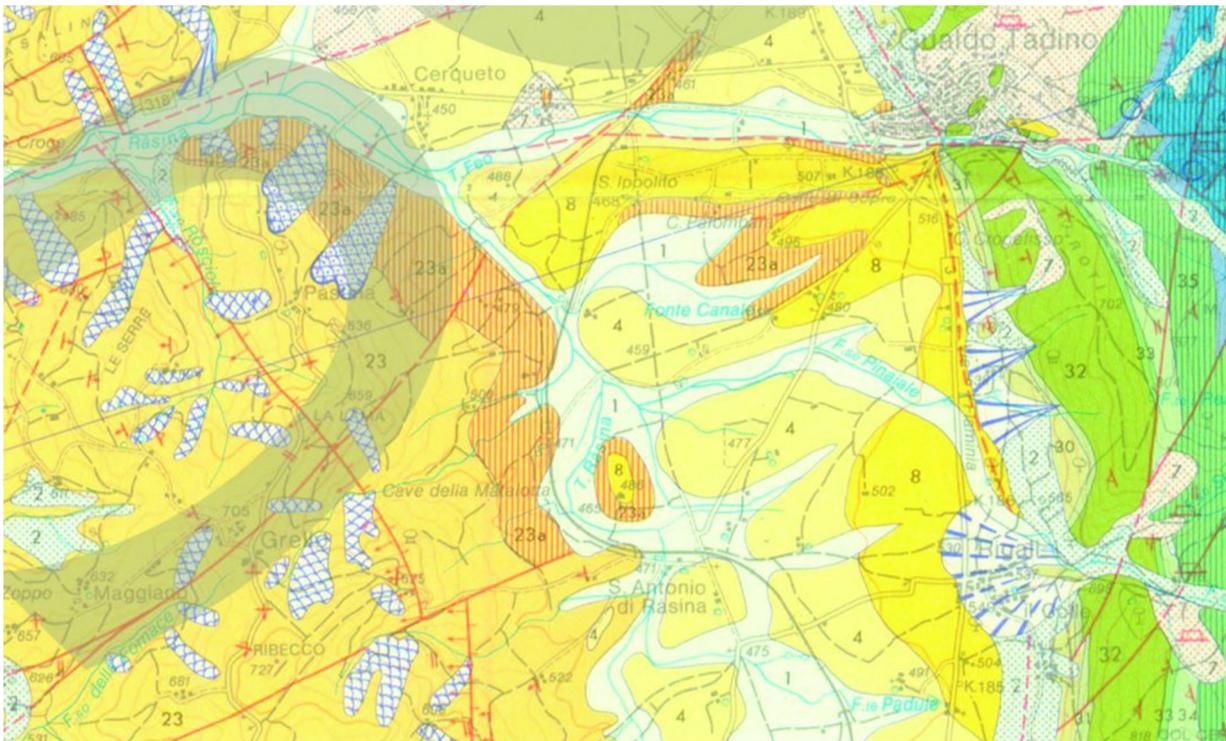


Figura 8 – Stralcio carta geologica scala 1:50.000

Come si può osservare dalla carta geologica la tettonica in associazione con la litologia ha influenzato il regime di deflusso delle acque superficiali, un buon esempio di questo fenomeno è dato dal deflusso del Torrente Feo e del Torrente Rasina i quali hanno impostato il loro alveo e modificato il loro corso seguendo l'andamento delle faglie normali.

### 3.4 Geomorfologia

Il sito oggetto dell'opera ricade sul foglio 123 tavoletta I NO (Gualdo Tadino) e sul foglio 123 tavoletta II-NO (Nocera Umbra) della carta IGM 1:25.000. In linea generale l'area risulta essere costituita da una zona montuosa ad Est dell'area di sedime dell'impianto dominata dai massicci carbonatici che formano l'ossatura dei monti appenninici, mentre spostandoci verso ovest, abbiamo una zona centrale pianeggiante rappresentata dal bacino di Gualdo Tadino, e più ad ovest, una zona collinare caratterizzata da valli e colline dalle forme dolci. I versanti collinari si raccordano con la sottostante zona pianeggiante in modo più o meno dolce (Fig xx). Le acclività dei versanti sono fortemente condizionate dalle differenze litologiche e di assetto giaciturale degli strati.



**Figura 9** – area di raccordo tra la zona montuosa ad est, la zona pianeggiante, area centrale, e le colline ubicate ad Ovest

Per quanto riguarda l'assetto idrografico superficiale esso risente notevolmente del controllo geologico-strutturale esercitato in quest'area dalla tettonica prima compressiva e poi distensiva

Il reticolo idrografico nelle zone montane ha un assetto semplice con corsi d'acqua a basso ordine e con gomiti anche a 90 gradi generalmente condizionati dagli elementi tettonici presenti.

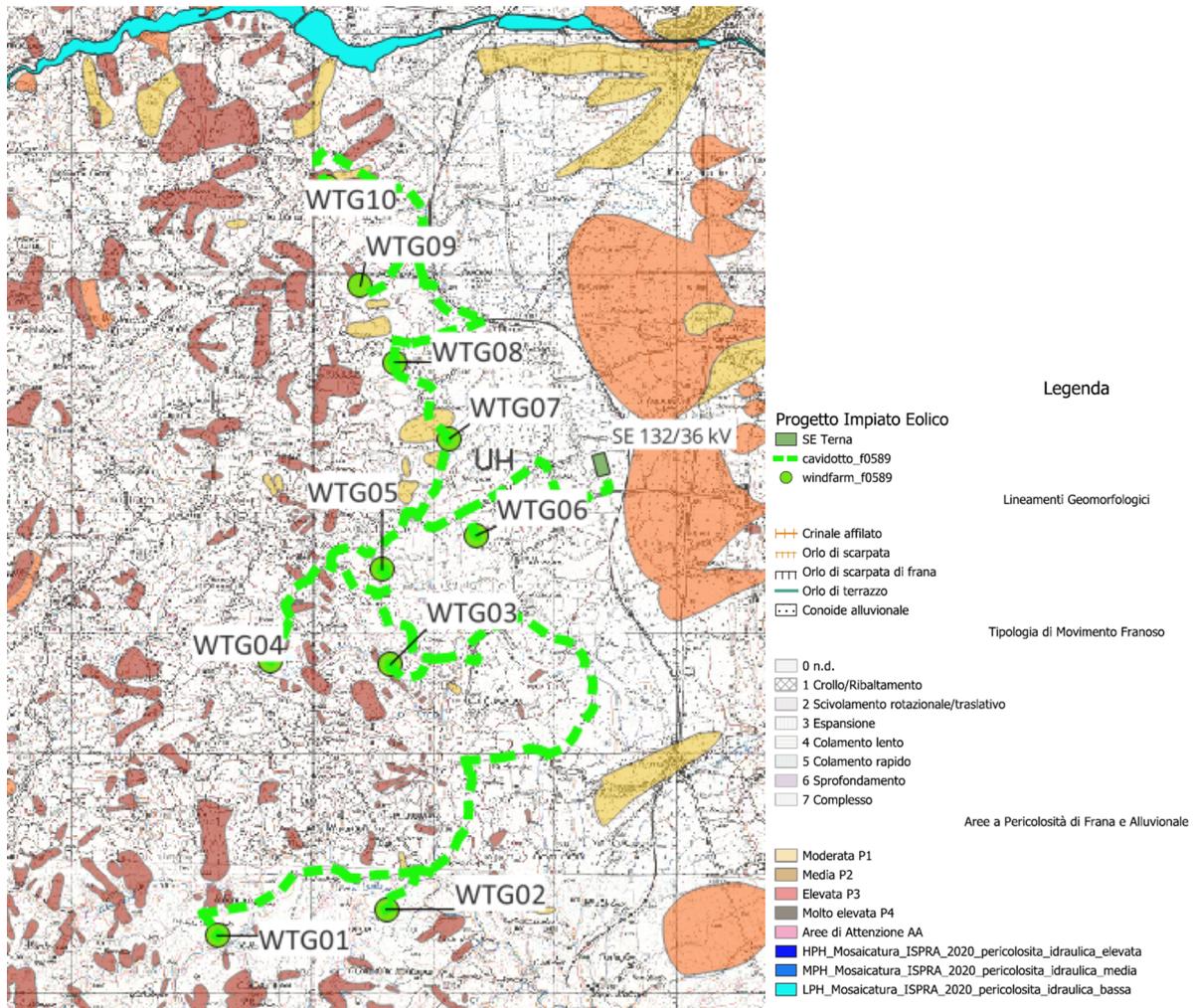
Nella zona pianeggiante dove prevalgono i depositi alluvionali e lacustri i corsi d'acqua assumono un andamento meandriforme e influenzato dalla componente tettonica.

Nell'area di sedime dell'impianto eolico affiora la formazione Marnoso Arenacea la cui composizione prevalentemente marnosa gli conferisce un basso valore di permeabilità il quale non permette una facile infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo. Questo effetto produce un ruscellamento superficiale che porta ad una accelerazione dei fenomeni erosivo ed il formarsi di solchi lunghe le linee di massima pendenza. In alcuni casi dove manca la copertura vegetale si ha la tendenza all'erosione regressiva da parte delle acque superficiali

Nelle aree dove prevale la componente più fine della formazione Marnosa Arenacea si possono innescare dei fenomeni di dissesti gravitativi di tipo colamento lento e rototraslativi. Il carattere disomogeneo della formazione favorisce spesso l'erosione differenziata.

L'analisi dei dissesti presenti nell'areale di sedime dell'impianto eolico e del suo cavidotto evidenziano le relazioni esistenti tra giacitura degli strati, litologia, presenza di coltre d'alterazione, inclinazione dei versanti collinari, presenza di acqua ed eventi meteorici intensi (Figura 10).

Nell'area sono presenti i seguenti morfotipi : crinali affilati, orli di scarpata, orli di scarpata di frana e accumuli di frana quiescenti ed attivi



**Figura 10** – stralcio della carta dei dissesti idrogeologici derivanti dalla combinazione della cartografia del PAI e quella dell'inventario dei fenomeni franosi IFFI

### 3.5 Idrogeologia

I rapporti stratigrafici e le caratteristiche strutturali del dominio umbro-marchigiano danno origine ad un assetto idrogeologico regionale caratterizzato dall'esistenza di acquiferi separati, variamente articolati e con possibili reciproche interconnessioni idrauliche locali. È noto che la successione stratigrafica umbro-marchigiana è costituita da un'alternanza di formazioni prevalentemente calcaree, che costituiscono i complessi idrogeologici potenzialmente sede di acquiferi, e di formazioni marnoso-argillose con funzione di aquiclude e aquitard. A scala regionale è stata riconosciuta una circolazione idrica, generalmente più profonda, all'interno dei complessi idrogeologici costituiti dalle formazioni del Calcarea Massiccio, della Corniola e della Maiolica ed una circolazione idrica generalmente meno profonda, all'interno del complesso della Scaglia calcarea.

Tramite l'uso dello studio Idrogeologico condotto su richiesta dalla Regione Umbria dall'Università di Roma La Sapienza è emerso che l'area investigata è stata suddivisa in 12 complessi idrogeologici in funzione delle caratteristiche dei litotipi affioranti.

### **Complesso dei depositi detritici (Pleistocene –Olocene)**

Questo complesso comprende tutti i depositi di copertura antichi e recenti indifferenziati, costituiti prevalentemente da ghiaie calcaree eterometriche più o meno cementate (conoidi detritiche, depositi morenici). Al complesso è stata attribuita un'elevata capacità di infiltrazione delle acque meteoriche che consente l'alimentazione locale di piccole falde sospese, contribuisce alla ricarica degli acquiferi carbonatici sottostanti e costituisce un ottimo collegamento idraulico fra gli acquiferi carbonatici delle dorsali montuose e quelli alluvionali.

### **Complesso dei travertini (Pleistocene –Olocene)**

E' costituito da travertini litoidi, terrosi e detritici talvolta con intercalazioni sabbioso-argillose, che affiorano generalmente lungo il fianco sud – occidentale di alcune dorsali carbonatiche (Monti Martani, Monti di Narni e Amelia e Monte Malbe). La presenza dei travertini indica locali risalite di acque con elevato contenuto in gas lungo i lineamenti tettonici distensivi plio – quaternari, che bordano i fianchi occidentali delle strutture carbonatiche. Dal punto di vista idrogeologico si riconosce a questo complesso una discreta permeabilità sia per porosità che per fratturazione.

### **Complesso dei depositi alluvionali, fluvio-lacustri e marini (Pliocene –Olocene)**

In questo complesso sono compresi:

- i depositi alluvionali, localmente terrazzati, costituiti da limi, sabbie e ghiaie che affiorano nelle valli;
- i depositi fluvio-lacustri limoso-sabbiosi delle conche intramontane;
- i depositi marini, costituiti prevalentemente da argille e argille-sabbiose, che affiorano esclusivamente nella valle del Fiume Tevere.

Dove prevale una componente ghiaiosa e sabbiosa sostenuta da un substrato poco permeabile, questo complesso è in grado di ospitare falde multistrato di importanza regionale (acquifero della Valle Umbra, acquifero della Valle del Tevere). Per la ricarica di queste falde sono fondamentali i contributi idrici sotterranei provenienti dalle dorsali carbonatiche adiacenti. I depositi poco permeabili delle conche intramontane favoriscono l'infiltrazione concentrata dove sono presenti inghiottitoi, svolgendo un ruolo importante nell'alimentazione indiretta degli acquiferi carbonatici sottostanti.

### **Complesso vulcanico (Pleistocene)**

In questo complesso sono state accorpate tutte le formazioni corrispondenti alle lave e piroclastiti riferibili alle manifestazioni eruttive dell'apparato vulsino settentrionale. Il Complesso vulcanico contiene l'acquifero regionale vulsino, il cui spessore, nel territorio umbro, varia da alcune decine di metri a qualche centinaio di metri. La ricarica dell'acquifero è assicurata dalla capacità di assorbimento delle piroclastiti (dotate di una discreta permeabilità primaria) e dall'elevata capacità di infiltrazione delle lave fratturate, che presentano una buona permeabilità secondaria. Dove le lave si presentano compatte assumono un ruolo di aquitard locale, nella circolazione idrica profonda. Per il complesso idrogeologico nel suo insieme è stata stimata un'infiltrazione efficace media di 250 mm/anno.

### **Complesso marnoso – arenaceo (Oligocene-Miocene)**

Questo complesso riunisce tutte le formazioni terrigene oligo-mioceniche che circondano le dorsali carbonatiche mesozoiche e costituiscono la copertura della maggior parte del territorio regionale. Si tratta di arenarie e marne in ritmica alternanza con intercalazioni di argille e calcareniti, il cui spessore totale è variabile da zona a zona, fino a valori superiori al migliaio di metri. Il complesso nell'insieme è privo di acquiferi significativi di interesse regionale. Dove le calcareniti sono



particolarmente fratturate e/o le arenarie maggiormente alterate si trovano acquiferi epidermici discontinui che alimentano piccole sorgenti e sostengono il flusso di base di corsi d'acqua a regime stagionale. Lo studio realizzato non ha previsto l'approfondimento delle caratteristiche idrogeologiche di questo complesso che, a scala regionale, assume il ruolo di aquiclude nei confronti degli acquiferi carbonatici.

I complessi idrogeologici che verranno descritti di seguito corrispondono alla classificazione in chiave idrogeologica delle formazioni appartenenti alla Successione umbro – marchigiana. La loro caratterizzazione idrogeologica presenta un grado di approfondimento maggiore in quanto oggetto specifico dello studio presentato. In particolare, l'applicazione dei metodi di studio dell'idrogeologia quantitativa ha consentito una valutazione dell'infiltrazione efficace per ciascun complesso calcareo individuato. Per una migliore comprensione dei rapporti fra i termini della successione umbro – marchigiana e i complessi idrogeologici di seguito descritti si può fare riferimento allo schema di figura 11.

#### **Complesso calcareo – marnoso (Eocene – Miocene)**

Appartengono a questo Complesso le formazioni marnose e calcareo – marnose di chiusura della successione umbro – marchigiana (Scaglia variegata, Scaglia cinerea e Bisciara). Gli affioramenti di questo complesso circondano con continuità le strutture carbonatiche; l'elevata componente marnosa attribuisce a questo complesso un importante ruolo di chiusura idraulica nei confronti degli acquiferi contenuti nei complessi calcarei con i quali viene a contatto. Dove la componente calcarea è più abbondante si possono trovare, all'interno di questo complesso, falde di limitata estensione e di scarsa rilevanza regionale.

#### **Complesso della scaglia calcarea (Cretacico – Eocene)**

Nel complesso sono state riunite le formazioni della Scaglia Bianca e della Scaglia Rossa, costituite da calcari micritici e calcari marnosi bianchi e rosati stratificati con spessore totale compreso fra 200 e 500 m. Gli affioramenti di questo complesso costituiscono l'area di alimentazione di acquiferi di importanza regionale limitati lateralmente dal Complesso calcareo – marnoso e sostenuti alla base dal Complesso delle Marne a Fucoidi. L'incidenza della componente marnosa e gli effetti dei processi di intensa laminazione influiscono in modo determinante sull'attitudine all'infiltrazione efficace di questo



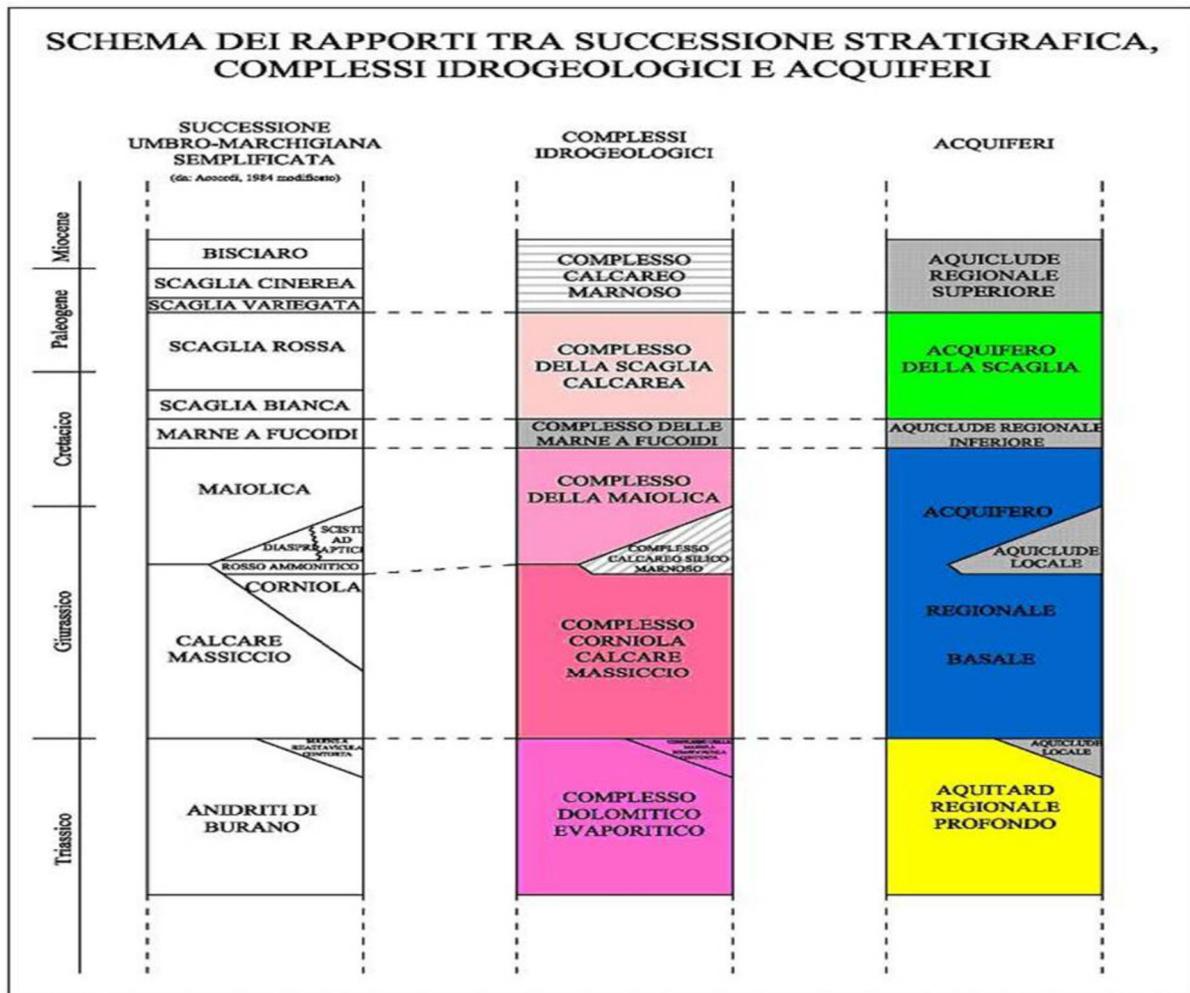


Figura 11 - Successione stratigrafica complessi idrogeologici e acquiferi (Boni et alii, 2010)

complesso. Nel territorio regionale, infatti, i valori medi di infiltrazione efficace variano localmente da 150 a 400 mm/anno.

#### Complesso delle Marne a Fucoidi (Cretacico inferiore)

Questo complesso corrisponde alla formazione delle Marne a fucoidi, costituita da calcari marnosi e marne calcaree con liste e noduli di selce, nella parte superiore, marne e marne argillose nella parte inferiore. Lo spessore del complesso varia da 50 a 100 m, e in corrispondenza di fronti tettonici compressivi si riduce notevolmente a causa di processi di laminazione.

Per le sue caratteristiche di continuità stratigrafica, questo complesso assume, a scala regionale, il ruolo di acquicluda, separando l'acquifero della scaglia calcarea da quello basale, contenuto nei complessi della maiolica e della corniola – calcarea massiccio; localmente, dove dislocato da faglie con rigetto superiore al suo spessore, il complesso consente un limitato scambio idrico fra i due acquiferi regionali.

#### Complesso della Maiolica (Giurassico – Cretacico inferiore)

Questo complesso è formato dai calcari micritici bianchi stratificati della formazione della Maiolica, che ha uno spessore variabile da alcune decine di metri (alti strutturali con successione giurassica

condensata) a 400 – 500 m (zone di bacino con successione giurassica completa). Gli affioramenti di questo complesso costituiscono l'area di alimentazione di estesi acquiferi di importanza regionale; il Complesso della maiolica, insieme a quello della corniola – calcare massiccio, infatti, è sede dell'acquifero basale regionale, chiuso lateralmente dal Complesso delle marne a fucoidi e sostenuto alla base dal Complesso dolomitico - evaporitico. Nel territorio regionale sono stati valutati valori medi di infiltrazione efficace compresi fra 350 e 600 mm/anno.

#### **Complesso calcareo-silico-marnoso (Giurassico superiore)**

Questo complesso comprende tutte le formazioni fra la Corniola e la Maiolica, note in letteratura con differenti nomi (Scisti ad Aptici, Marne del Sentino, Diaspri, Rosso Ammonitico, Formazione del Bosso, ecc.). Si tratta di una successione di calcari sottilmente stratificati, intercalati a diaspri ed argille in varia proporzione. Ha uno spessore compreso fra poche decine di metri e 200 m. In alcune situazioni di sedimentazione di alto strutturale il complesso calcareo – silico – marnoso può essere anche del tutto assente, assicurando una perfetta continuità idraulica fra il complesso della Maiolica e quello della Corniola.

A scala regionale, il complesso assume il ruolo di aquitard all'interno dell'acquifero basale. Localmente, dove si presenta poco fratturato, con il massimo spessore e con una marcata componente argillosa, costituisce un aquicludale locale che può sostenere falde sospese del Complesso della maiolica.

#### **Complesso corniola – calcare massiccio (Giurassico)**

Questo complesso corrisponde alle formazioni della Corniola (calcari micritici stratificati con intercalazioni pelitiche di spessore variabile fra 140 – 400 m), e del Calcare massiccio (calcari micritici e bioclastici in grosse bancate con spessori superiori a 700 m). Gli affioramenti di questo complesso costituiscono l'area di alimentazione di estesi acquiferi di importanza regionale. Il Complesso corniola – calcare massiccio, insieme a quello della maiolica è sede dell'acquifero basale regionale, chiuso lateralmente dal Complesso delle marne a fucoidi e sostenuto alla base dal Complesso dolomitico - evaporitico.

A questo complesso è stata attribuita anche la formazione del Bugarone (calcari nodulari e calcari marnosi di spessore variabile tra 0 e 50 m), eterotipica con le formazioni del Complesso calcareo – silico - marnoso. La litologia prevalentemente calcarea di questa formazione non consente di distinguere un ruolo idrogeologico differente da quello delle altre formazioni del complesso. Solo localmente, dove probabilmente la componente marnosa risulta più marcata, può costituire una soglia di permeabilità relativa inferiore che favorisce l'emergenza delle acque contenute nella falda del Calcare Massiccio (Sorgenti di Santo Marzio). Lo studio di queste situazioni locali non è compreso tra gli obiettivi della ricerca idrogeologica regionale qui presentata. Nel territorio regionale sono stati valutati valori medi di infiltrazione efficace compresi fra 300 e 800 mm/anno, in funzione degli apporti meteorici.

#### **Complesso dolomitico – evaporitico (Triassico)**

Questo complesso corrisponde alla formazione nota in letteratura come "Anidriti di Burano" (Martinis & Pieri, 1964) e alla formazione del Monte Cetona, comunemente nota come "Strati a *Rhaetavicula contorta*" (Ciarapica, 1994). Il complesso è costituito da anidriti e dolomie in alternanza, in affioramento a nord di Perugia, nei Monti Martani e a Monte Malbe, dove sono presenti brecce calcaree ("Calcare Cavernoso"), prodotto residuale dell'asportazione in soluzione dei solfati (Ciarapica, 1994). Lo spessore del complesso, ricavato da sondaggi profondi, è sicuramente superiore a 1000 m. Al tetto è localmente presente un'alternanza di calcari, marne e dolomie ("Strati a *Rhaetavicula contorta*") con uno spessore

massimo di 70 m. Il ruolo idrogeologico di questo complesso non è ancora sufficientemente noto; la scarsa estensione degli affioramenti e l'assenza di emergenze significative alimentate esclusivamente dagli affioramenti di questo complesso, rendono difficili valutazioni quantitative delle sue caratteristiche idrogeologiche. Si presuppone che gli orizzonti dolomitici, particolarmente fratturati, siano sede di una circolazione idrica profonda, mentre gli orizzonti evaporitici possano essere considerati aquicludi privi di circolazione idrica significativa. Nel suo insieme il complesso costituirebbe un aquitard posto alla base dell'acquifero regionale basale.

Le emergenze di acqua sotterranea alimentate dall'acquifero regionale basale e arricchite nella componente solfatico – magnesiacca, potrebbero essere interpretate come punti di recapito di una circolazione idrica profonda, diffusa a livello regionale, che coinvolgerebbe il substrato dolomitico – evaporitico e di cui attualmente non sono note le dinamiche principali. Si presuppone che l'affioramento degli orizzonti dolomitici e calcarei di questo complesso contribuisca alla ricarica dell'acquifero regionale basale.

L'area oggetto di studio ricade principalmente sulla formazione Marnoso Arenacea la quale presenta una permeabilità bassa legata principalmente all'alternanza di marne e arenarie con intercalazioni di livelli di argilla. Nel complesso questa formazione è priva di acquiferi significativi, tranne nelle zone particolarmente fratturate dove si possono trovare degli acquiferi discontinui che alimentano delle piccole sorgenti che alimentano i corsi d'acqua a carattere stagionale.

Le aree che cadono sui depositi colluviali ed alluvionali che sono composte principalmente da ghiaie e sabbie e con scarsa presenza di matrice limosa, presentano una permeabilità elevata che facilita la rapida infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo.

## 4 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, noto anche come PAI, è stato redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere ai sensi della legge 183/89 e del D.L. 180/98 ed interessa il 95% del territorio Umbro.

Il PAI si pone come obiettivo la ricerca di un assetto che minimizzi il danno connesso ai rischi idrogeologici e costituisce un quadro di conoscenze e di regole atte a dare sicurezza alle popolazioni, agli insediamenti, alle infrastrutture ed in generale agli investimenti nei territori che insistono sul bacino del Fiume Tevere.

Il PAI individua i meccanismi di azione, l'intensità e la localizzazione dei processi idrogeologici estremi, la loro interazione con il territorio e quindi in definitiva la caratterizzazione di quest'ultimo in termini di pericolosità e di rischio.

Il PAI si articola in assetto geomorfologico e in assetto idraulico.

- L'assetto geomorfologico tratta le fenomenologie che si sviluppano prevalentemente nei territori collinari e montani.
- L'assetto idraulico riguarda principalmente le aree dove si sviluppano i principali processi di esondazione dei corsi d'acqua.

La previsione del rischio si basa pertanto sulla perimetrazione delle aree soggette a squilibri idrogeologici, sulla valutazione dei livelli di pericolosità legati alla definizione della frequenza ed intensità degli eventi, sull'individuazione degli elementi esposti e del danno atteso ed infine sulla stima del rischio specifico totale.

Di seguito sono riportate le definizioni delle varie classi di rischio valide sia per le frane sia per le alluvioni:

- **R4 rischio molto elevato** per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio - economiche.
- **R3 rischio elevato** per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio - economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.
- **R2 rischio medio** per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
- **R1 rischio moderato** per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.

Per la valutazione del **rischio di inondazione** da parte dei fiumi, gli studi dell'Autorità di Bacino (AdB) hanno valutato il rischio in funzione delle portate al colmo con tempi di ritorno (Tr) pari a 50 anni (fascia A) Tr = 50-200 anni (fascia B) e Tr 200-500 anni (fascia C).

Per tali fasce di pericolosità, in funzione dei beni esposti, è stata valutata la vulnerabilità degli elementi a rischio e conseguentemente il rischio. Le classi di rischio, secondo quanto stabilito dalla 180/98, sono così distinte: R1, R2, R3 e R4 rispettivamente rischio moderato, rischio medio, rischio elevato e rischio molto elevato.

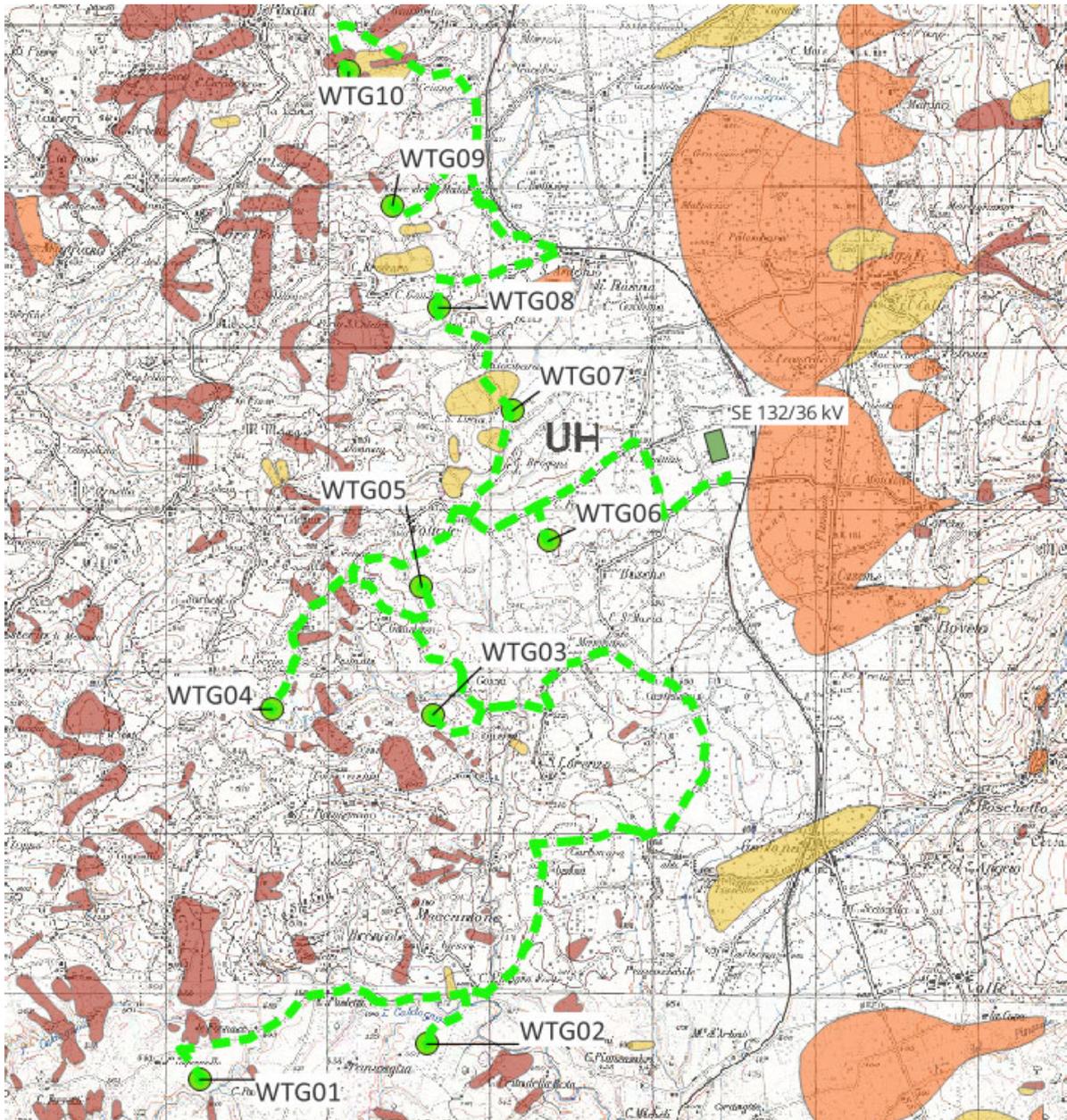


Figura 12 – Stralcio della cartografia PAI, dati messi a disposizione dall' Autorità di Bacino del Fiume Tevere

Dall'unione dei dati messi a disposizione dal Piano Stralcio per Assetto Idrogeologico (PAI) e dall'inventario dei fenomeni franosi (IFFI) si è generata una cartografia di pericolosità dovuto al dissesto idrogeologico dell'area oggetto di studio ove sorgerà l'impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori della potenza di 6,2 Mw ciascuno ed la relativa opera di connessione elettrica con la stazione elettrica di smistamento Terna (Figura 12).

Dall'analisi della cartografia generata e dalla sovrapposizione delle diverse cartografie PAI e IFFI si mette in luce che l'area di sedime degli aerogeneratori e del relativo cavidotto non risulta interessato da fenomeni di dissesto idrogeologico. Solo in alcuni casi il cavidotto interseca alcune aree assoggettate a dissesto idrogeologico.

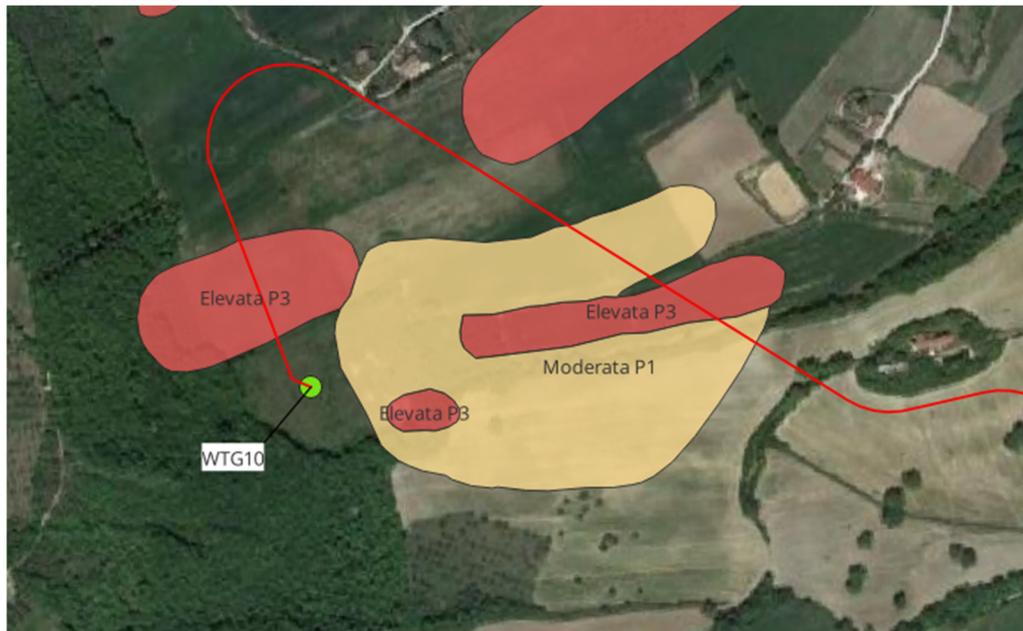


Figura 13 – Stralcio cartografia PAI

Nel caso dell'aerogeneratore WTG 10 possiamo osservare che il cavidotto interseca aree a pericolosità idrogeologica Moderata P1 ed Elevata P3 secondo la mappatura PAI (Figura 13) in questo

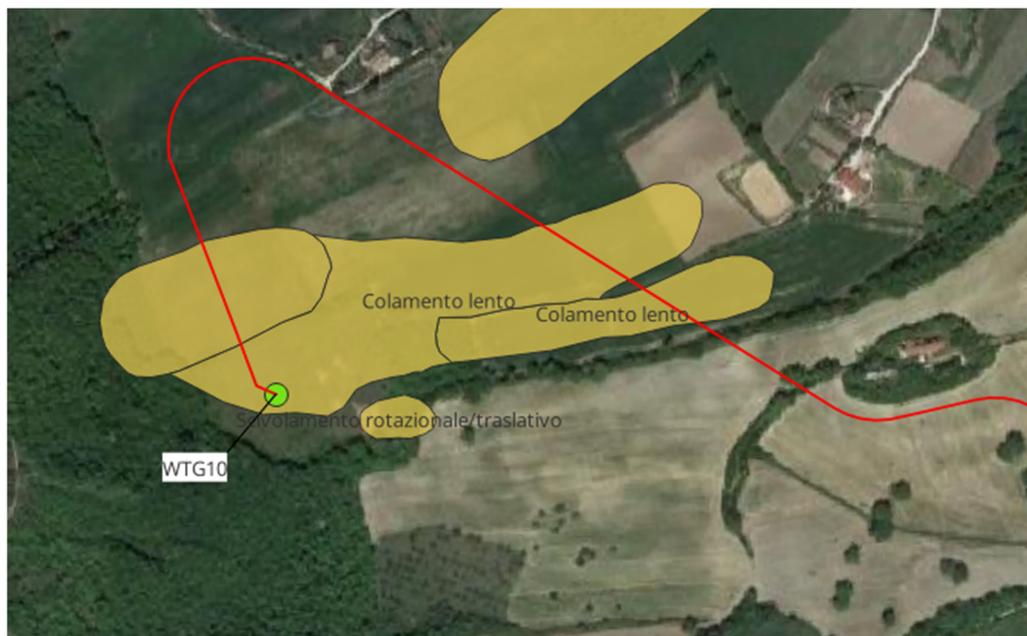


Figura 14 – Sovrapposizione della cartografia PAI e quella dell'IFFI

caso si può notare che l'area di sedime dell'aerogeneratore risulterebbe all'esterno dell'area mappata.

Sovrapponendo il livello cartografico prodotto dall'IFFI possiamo notare che c'è un'estensione areale sia in senso longitudinale che trasversale dell'area in dissesto che coinvolge sia il cavidotto che l'aerogeneratore (Figura 14). La tipologia di movimento del corpo in frana è stata classificata come "Colamento lento" in linea con le caratteristiche litologiche affioranti (Marnoso Arenacea). In questo caso nonostante le giaciture risultano essere a reggi poggio, con immersione di circa 40 gradi, la prevalenza della componente argillosa fa sì che i movimenti che si generano sono dei colamenti e scivolamenti rototraslativi. Dall'immagine estrapolate da Google Earth in 3D si riesce ad individuare le aree interessate ed evidenziare le aree sopracitate (Figura 15)



Figura 15 – Vista da satellite della futura area di sedime dell'aerogeneratore WTG10

Nell'area di sedime dell'aerogeneratore WTG 07 il cavidotto attraversa una zona di dissesto cartografato come zona a pericolosità Moderata P1. L'area in questione ricade nella parte terminale del versante che si raccorda dolcemente con la zona sottostante pianeggiante. Gli eventuali movimenti



Figura 16 – Ubicazione dell'aerogeneratore WTG07

dovrebbero essere di tipo lento e superficiale anche perché si tratta di una vecchia zona di accumulo di movimenti precedenti (Figura 16).

Oltre alla mappa con ubicazione dell'area a pericolosità idrogeologica PAI si riporta anche uno screenshot dell'area in questione (Figura 17)



Figura 17 - Ubicazione dell'aerogeneratore WTG07 su ortofoto

Altra zona di interesse è quella del passaggio del cavidotto sulla Strada Statale Provinciale 270 in prossimità di C. Genne. In questo caso la cartografia dell'IFFI evidenzia e cartografa un fenomeno di

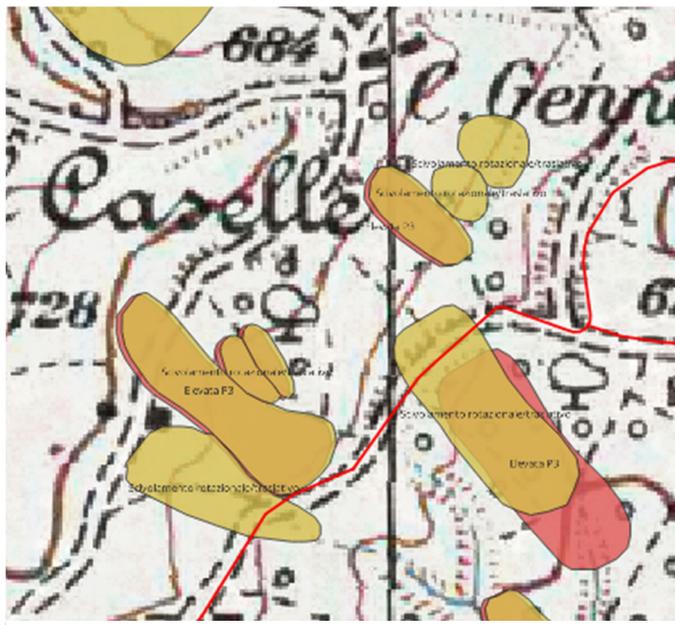
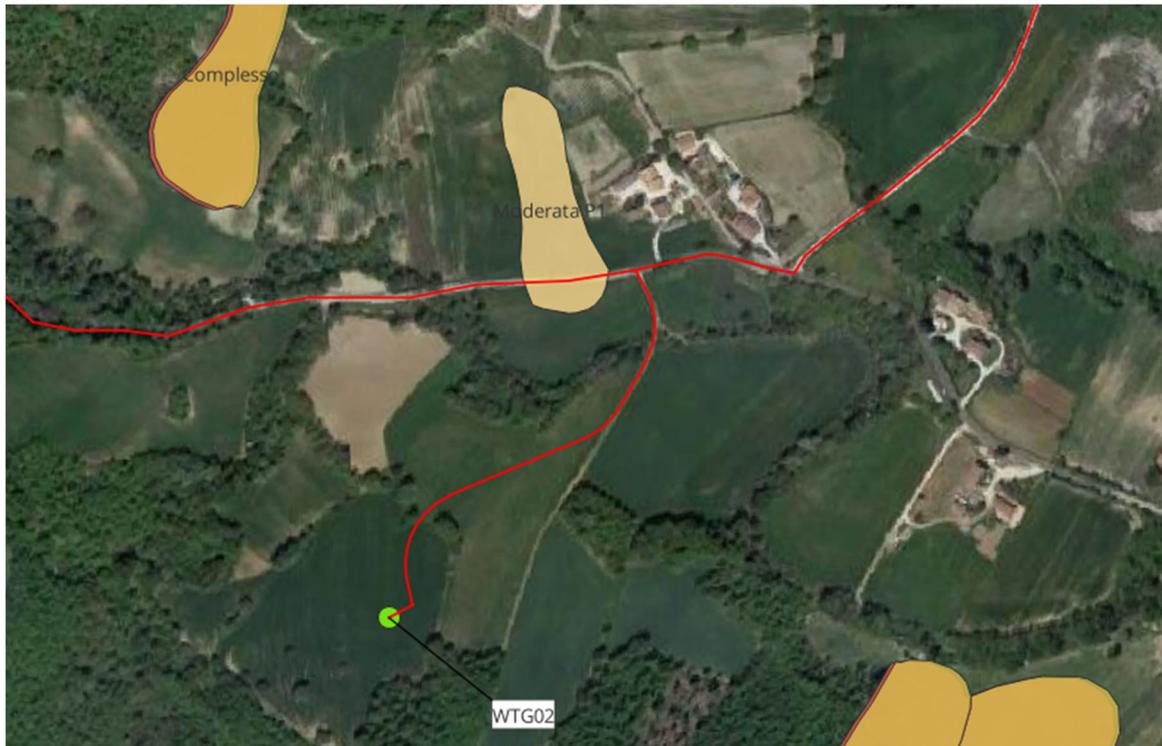


Figura 18 – Passaggio del cavidotto su area a dissesto con pericolosità P3

dissesto con movimento Rotazionale/traslattivo (figura 18)

Altro elemento di interferenza sul cavidotto si ha presso l'aerogeneratore WTG02 che attraversa un'area cartografata con un livello di pericolosità Moderata P1 (Figura 19)

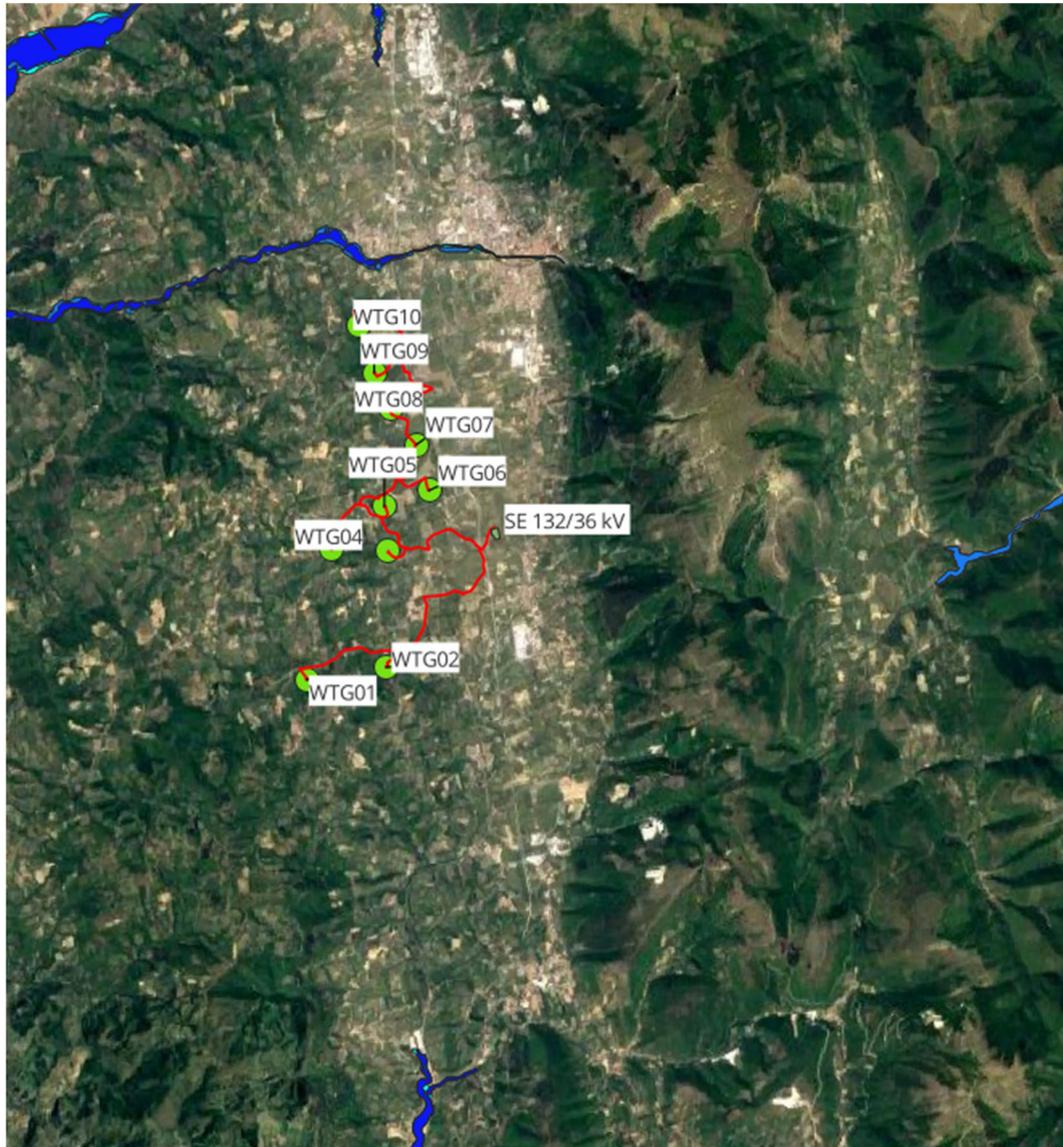


**Figura 19** – Individuazione del luogo di interferenza del cavidotto

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica intesa come la capacità di inondazione del territorio con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, si fa ricorso all'uso del Piano stralcio delle fasce fluviali messi a disposizione dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere.

Dall'analisi della cartografia PAI le aree di sedime degli aerogeneratori e delle opere di collegamento con la stazione di distribuzione non risultano essere affetti da interferenze con le aree a pericolosità idraulica (Figura 20).

Per quanto riguarda il passaggio del cavidotto che collega gli aerogeneratori WTG07, WTG08, WTG10, WTG01 e WTG02 essi non intersecano aree soggette a pericolosità idrogeologica, ma attraversa



**Figura 20** – ubicazione del sito di progetto e mappatura delle aree soggette a pericolosità idraulica

un fosso che permette il deflusso delle acque stagionali (Figura 21). In tal caso il passaggio del cavidotto avverrà con il sistema TOC che verrà descritto nei paragrafi successivi.

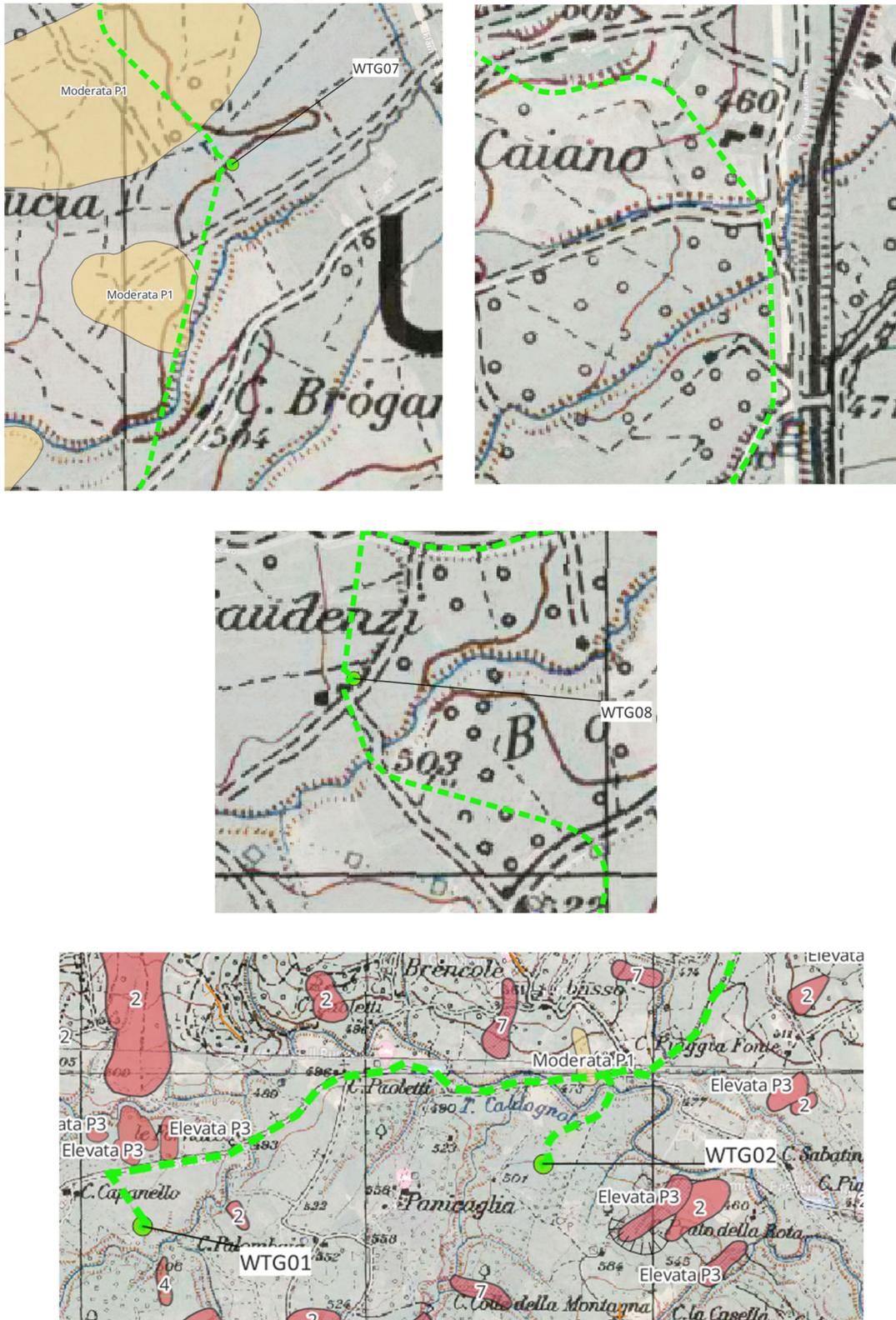


Figura 21 – Punti di attraversamento in TOC del cavidotto

## 4.1 Valutazione del rischio frane e alluvioni

Dall'esame degli elaborati cartografici dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Centrale – Bacino del Fiume Tevere e dalle osservazioni effettuate in campagna si evince che non ci sono particolari aree soggette a criticità idrogeologica.

Uno dei pochi punti dove rivolgere particolare attenzione si trova in prossimità dell'area di sedime dell'aerogeneratore WTG 10 che risulterebbe essere coinvolto da dissesto idrogeologico (Figura 13 e 14) l'area interessata risulta essere catalogata come frane a pericolosità elevata e moderata in stato di attività quiescente.

Nella fase successiva del progetto definitivo, si effettuerà in questa area uno studio più approfondito per meglio definire le caratteristiche geotecniche e le eventuali opere di stabilizzazione del terreno.

L'area di sedime del cavidotto, per la stragrande maggioranza del suo percorso, non attraversa aree caratterizzate da rischio idrogeologico, tranne in qualche raro caso come evidenziato nel capitolo precedente. In tal caso non si ritiene che gli scavi per la messa in opera del cavidotto possano interferire con la stabilità delle aree definite pericolose in quanto la profondità dell'opera difficilmente raggiungerà la profondità superiore a 2 metri, inoltre la velocità di esecuzione degli scavi e del suo rinterro avverrà in tempi brevi tali da non indurre in perturbazioni della stabilità del versante. Le litologie coinvolte sono costituite principalmente da arenarie, flysch arenacei, terreni sabbiosi e limosi (litologie riconducibili alla formazione Marnoso Arenacea), lo stato di questi dissesti vanno da quiescenti ad attivi.

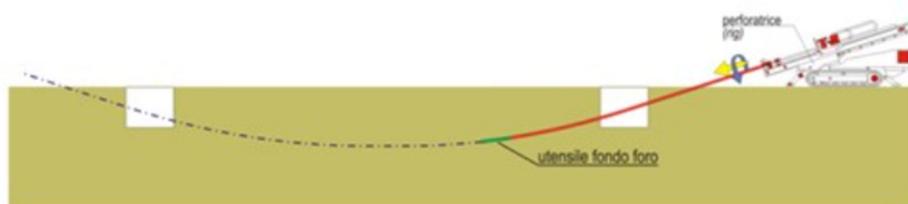
Durante la realizzazione del tracciato del cavidotto, a causa delle condizioni morfologiche dell'areale, si potranno incontrare problematiche legate all'attraversamento dei corsi d'acqua, in tal caso si utilizzeranno tecniche di scavo alternative come quelle orizzontali definite come TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata, TOC).

### 4.1.1 Trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.)

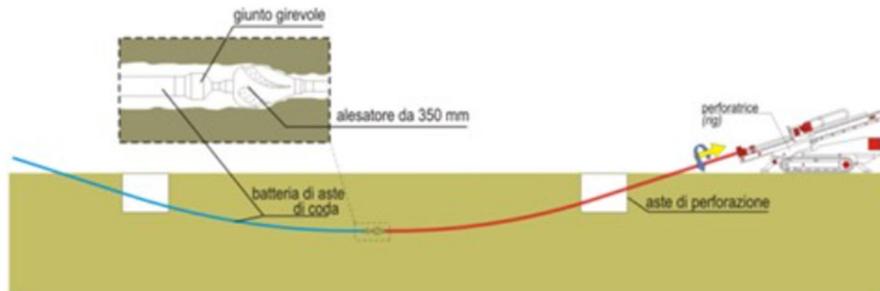
La trivellazione orizzontale controllata chiamata anche trivellazione direzionata controllata è una tecnologia che permette l'installazione di cavi e condotte nel sottosuolo senza dover ricorrere ai tradizionali sistemi di scavo a cielo aperto. La posa si realizza grazie ad una perforazione guidata nel 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:

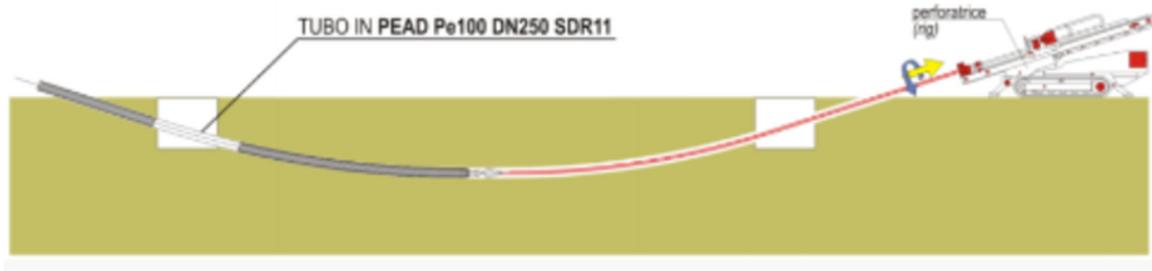
1. Esecuzione della perforazione pilota guidata per creare il percorso del cavo da posare



- 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.



- Tiro del prodotto in posizione.



Questo sistema presenta molti vantaggi come svolgere lavori di attraversamento di strade senza bloccare la circolazione, si possono collocare condotte anche per tratte estese, maggiore di 1 KM e con diametro molto ampio, ingombro di cantiere ridotto, si possono effettuare perforazioni anche in centri storici con superfici pregiate senza arrecare danno, riduzione impatto ambientale.

La perforazione viene solitamente favorita dall'uso di fanghi bentonitici, non sono necessari scavi a cielo aperto lungo l'asse di trivellazione e al termine delle operazioni l'area di lavoro viene ripristinata allo status quo ante.

## 4.2 Caratteristiche geotecniche preliminari

Vengono riportati i principali caratteri geotecnici dei terreni in affioramento dedotti dalla bibliografia e da lavori effettuati nelle località limitrofe. **Questi parametri devono essere impiegati con cautela in quanto non dedotti da prove dirette in luogo.** Pertanto le suddette indicazioni devono ritenersi valide nei limiti che questa prima fase cognitiva pone, ovvero acquisizione di dati preliminari.

Si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione, la verifica puntuale delle caratteristiche litotecniche dei terreni di sedime tramite una campagna di indagini geognostiche dirette ed indirette che potrà confermare o meno quello che si riporta di seguito.

- **Depositi Alluvionali:** ciottoli a granulometria uniforme con intercalazioni di lenti di sabbia. Alla base presenza di argille marnose chiare, massicce e con sottili intercalazioni sabbiose e ciottolose.

$\gamma_{nk}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat k}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\Phi'_k$ (gradi)	$C'_k$ (t/m <sup>2</sup> )
2.1	2.05	30	0

- **Depositi fluvio-lacustri o lacustri:** costituiti da ciottolami poligenici talora cementati a granulometria variabile con frequenti intercalazioni lenticolari di sabbie, argille e argille limose.

Valori generali dove prevale maggiormente la componente argillosa, argillosa sabbiosa

$\gamma_{nk}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat k}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\Phi'_k$ (gradi)	$C'_k$ (t/m <sup>2</sup> )
2.05	2.05	26	1.3

- **Formazione Marnoso Arenacea:** arenarie e marne alternate tra loro, con interstrati calcarenitici e calcari marnosi con intercalazioni di calcareniti arenacee, marne siltose con rare e sottili intercalazioni arenacee

Valori generali dove compare la componente marnosa

$\gamma_{nk}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\Phi$ (gradi)	$C$ (t/m <sup>2</sup> )
2,2	26	5

Valori generali dove compare la componente arenacea

$\gamma_{nk}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\Phi$ (gradi)	$C$ (t/m <sup>2</sup> )
2,2	30	> 5

## 5 Pericolosità sismica

Il comune di Gualdo Tadino e Nocera Umbra, ai sensi della D.G.R: del 18 Settembre 2012, n. 1111 "Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria, ricade in **Zona Sismica 2** con accelerazione massima al suolo, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , pari a  $ag=0.25g$ .

In riferimento alla D.G.R. 1111/2012 per l'area di sedime del parco fotovoltaico abbiamo un valore di riferimento di  $ag=0.2291$  nell'area più settentrionale e  $0.2345$  nella zona meridionale ricadente nel territorio di Nocera Umbra (Figura 22).

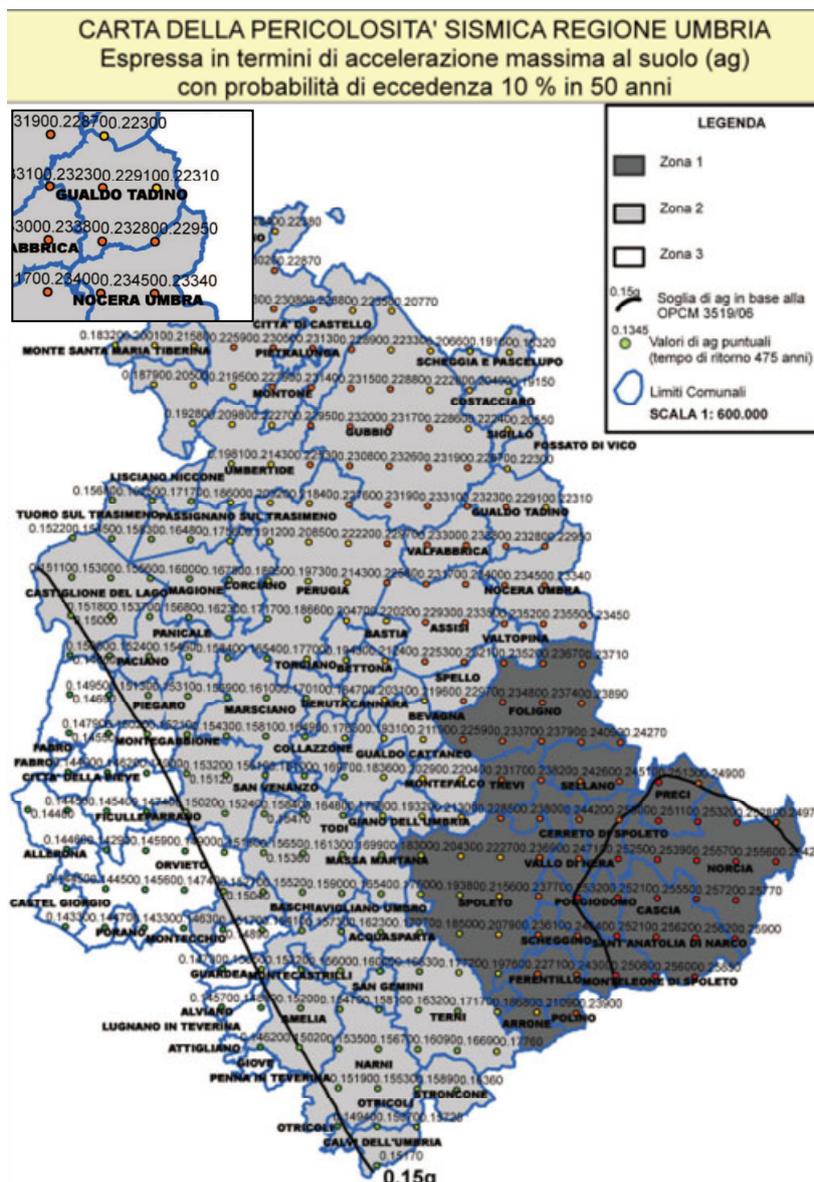
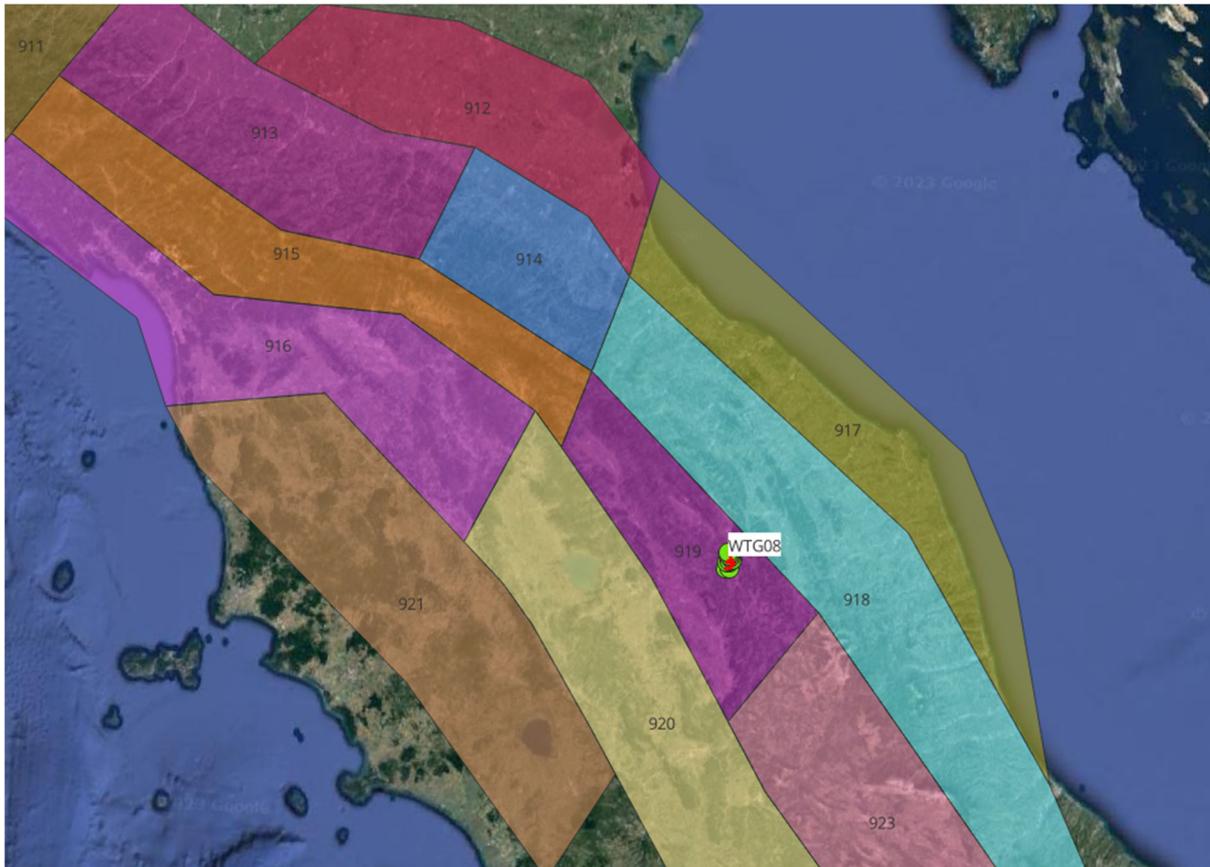


Figura 22 - Classificazione sismica della zona di progetto e valori di accelerazione massima al suolo  $ag$

L'analisi della Cartografia relativa alla Zonazione Sismogenetica ZS9 (2004) evidenzia che il territorio comunale ricade interamente nella Zona 919 (Figura 23). La zona 919 è una delle tre zone dell'arco appenninico settentrionale e centrale che contengono le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo, tale area è caratterizzata da un alto numero di terremoti con magnitudo superiore o uguale 5 ed espressioni superficiali degli elementi tettonici responsabili degli eventi sismici.



**Figura 23** – Carta delle suddivisioni sismogenetiche dell'Appennino centrale, derivante dal progetto GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti)

In particolare, nella zona 919 (Appennino Umbro) sono previste magnitudo (MW, Magnitudo momento sismico) massime attese pari a 6.37. Tali valori sono stati tratti dal rapporto redatto dal Gruppo di Lavoro MPS (Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 38 pp) Figura 24.

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Gualdo Tadino" con potenza di immissione in rete pari a 62 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Gualdo Tadino e Nocera Umbra (PG)

Relazione geologica

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Savoia	901		5.79	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+2(d)	6.14
Vallese	902		6.10	6.14	6.14		6.14		6.14
Grigioni-Valtellina	903		5.79	5.68	5.22	+3(b)	5.91	+4(d)	6.14
Trieste -Monte Nevoso	904		5.71	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Friuli -Veneto Orientale	905	6.4	6.66	6.60	6.60		6.60		6.60
Garda-Veronese	906	6.2	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Bergamasco	907	5.9	5.67	5.68	5.68	G	5.91	+2(d)	6.14
Piemonte	908		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Alpi Occidentali	909		5.54	5.45	5.45	+1(a)	5.68	+3(d)	6.14
Nizza-Sanremo	910	6.3	6.29	6.37	6.37		6.37		6.37
Tortona-Bobbio	911		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Appennino Emiliano-Romagn.	913		5.85	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Forlivese	914		5.97	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Garfagnana-Mugello	915	6.4	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Versilia-Chianti	916		5.52	5.45	5.45	+1(c)	5.68	+3(d)	6.14
Rimini-Ancona	917	6.1	5.94	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918		6.23	6.14	6.14	+1(a)	6.37	+1(a)	6.37
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37
Val di Chiana-Ciocciaria	920		5.57	5.68	5.45	+1(b)	5.68	+3(d)	6.14
Etruria	921		5.91	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Colli Albani	922		5.53	5.45	5.45		5.45		5.45
Appennino Abruzzese	923	6.7	6.99	7.06	7.06		7.06		7.06
Molise-Gargano	924	6.7	6.73	6.83	6.83		6.83		6.83
Ofanto	925		6.72	6.83	6.83		6.83		6.83
Basento	926	5.8	5.84	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Sannio-Irpinia -Basilicata	927	6.8	6.96	7.06	7.06		7.06		7.06
Ischia-Vesuvio	928		5.78	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+1(a)	5.91
Calabria Tirrenica	929	7.0	7.24	7.29	7.29		7.29		7.29
Calabria Ionica	930	6.0	6.60	6.60	6.60		6.60		6.60
Canale d'Otranto	931		6.90	6.83	6.83		6.83		6.83
Eolie-Patti	932	6.1	6.06	6.14	6.14		6.14		6.14
Sicilia settentrionale	933		5.89	5.91	5.91	+1(c)	6.14	+1(c)	6.14
Belice	934		6.12	6.14	6.14		6.14		6.14
Iblei	935		7.41	7.29	7.29		7.29		7.29
Etna	936		5.30	5.22	5.22	+1(a)	5.45	+1(a)	5.45

Tabella 6. Valori di Mwmax da DISS2 e CPTI2 (col.3, 4, 5); valori di Mwmax dopo l'applicazione degli intervalli di completezza CO-04.2 (col.6); azioni e valore finale di Mwmax1 (col.7, 8); azioni e valori finali di Mwmax2 (col.9, 10). Le azioni indicano l'aumento (in numero di classi) rispetto ai valori della colonna 6 determinato da:

- a = aumento di 1 classe per convenzione (i) (arrotondamento alla classe superiore);
- b = aumento per convenzione (ii) (adozione dell'evento massimo osservato anche se al di fuori del periodo di completezza);
- c = aumento per motivazioni particolari descritte nel testo;
- d = aumento fino alla classe 6.14 per ragioni di maggiore cautela (vedi testo);
- G = aumento per adeguamento al dato geologico di DISS2.

Figura 24 – Tabella riportante i valori di Mwmax

## 5.1 Disgregazione sismica

Il modello di pericolosità sismica MPS04-S1 messa a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) mediante delle mappe interattive di pericolosità sismica consente di visualizzare e interrogare valutazioni probabilistiche della pericolosità sismica di lungo termine del territorio nazionale. Queste valutazioni sono rappresentate attraverso mappe e grafici.

Le mappe riportano due parametri dello scuotimento: PGA (Peak Ground Acceleration, picco di accelerazione orizzontale del suolo, definita anche come  $a(g)$  dall'OPCM 3519/2006) e SA (accelerazione in funzione del periodo di vibrazione, definito  $Se(T)$  in NTC08); l'unità di misura è "g" (accelerazione di gravità), corrispondente a  $9.8m/sec^2$ . Per i soli valori di PGA è inoltre disponibile la relativa disaggregazione.

In particolare, le stime in PGA sono calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per ogni stima è disponibile il valore del 50° percentile ed i valori del 16° e dell'84° percentile che indicano l'incertezza delle stime.

Inserendo le coordinate del sito di interesse e selezionando il nodo della griglia che si ritiene "confrontabile" è possibile richiedere il dettaglio in forma grafica e tabellare del parametro dello scuotimento visualizzato. Dalla mappa in PGA si otterrà, per ogni nodo, la corrispondente curva di pericolosità sismica (andamento di PGA per le diverse probabilità annuali di superamento).

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella seguente tabella delle NTC. 2018.

**Tab. 3.2.I** – Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Di seguito i dati e le mappe estratte dal sito dell'INGV (<https://esse1-gis.mi.ingv.it/>) per quanto riguarda la pericolosità sismica dell'area riferita allo stato limite ultimo SLV

Nella carta della pericolosità sismica di base ad ogni nodo è assegnato un valore dell'accelerazione massima attesa; nell'area in esame essa è compresa nell'intervallo 0.225 – 0.250 g (Figura 25)

**Modello di pericolosità sismica MPS04-S1**

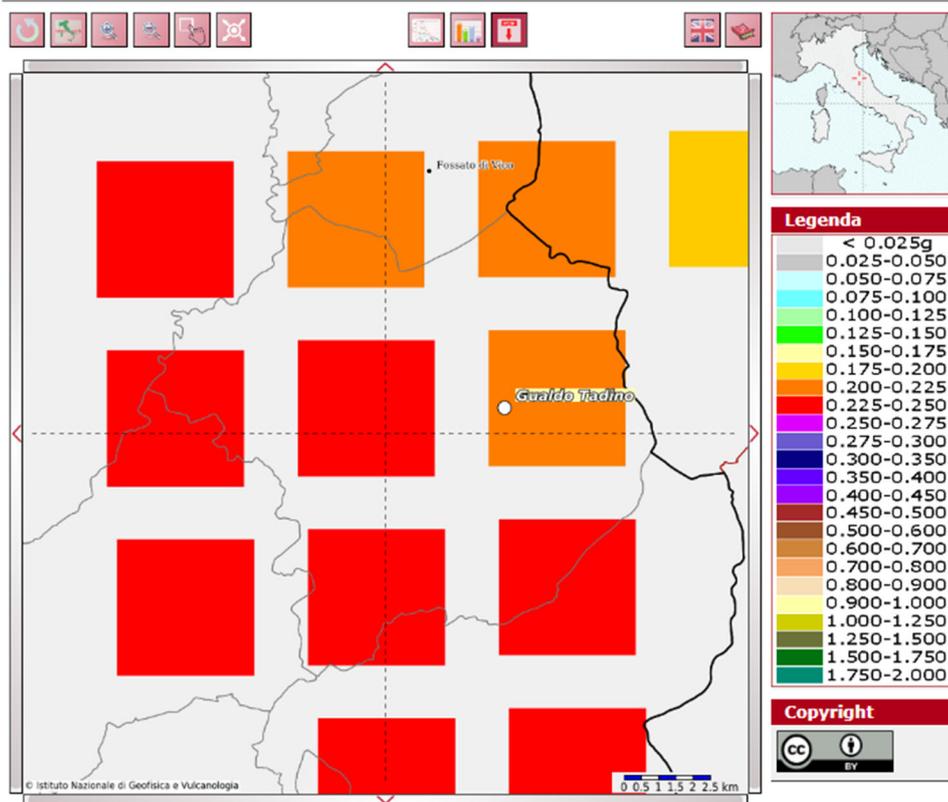


Figura 25 – Carta della pericolosità di base

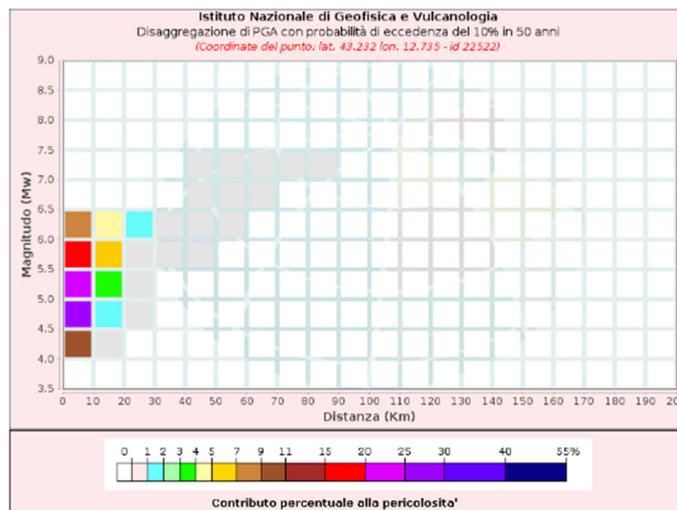


Figura 26 – Tabella di disagregazione del valore di ag con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

I valori di Magnitudo massimi e medi attesi per l'area di studio sono stati determinati con la procedura della disagregazione di cui si riportano le tabelle riepilogative (Figura 26)

Analizzando i valori del grafico di disaggregazione del valore di ag al nodo più prossimo dell'area in esame si evince come la pericolosità del sito sia in gran parte determinata da eventi sismici di Magnitudo M compresi tra 4 e 6.5 per una distanza dal nodo inferiore a 10 KM.

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.232 lon. 12.735 - id 22522)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	10.2000	25.7000	22.0000	15.7000	8.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.1940	1.7500	3.9300	5.3100	4.3500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0007	0.1580	0.8830	1.2400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0573	0.2640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0367	0.0359	0.0459	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0181	0.0391	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0029	0.0196	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0055	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.26	6.63	1.05

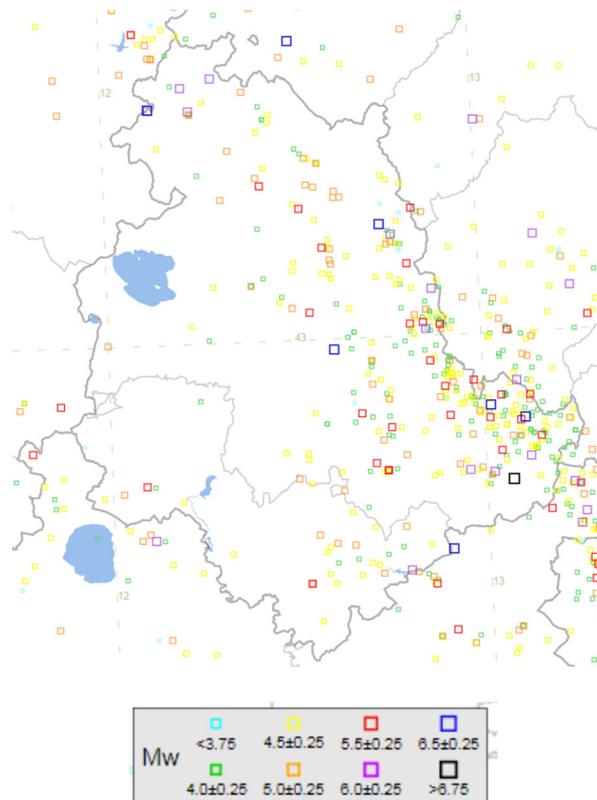
L'analisi di disaggregazione ha inoltre permesso di definire i valori della coppia di magnitudo-distanza media che contribuisce maggiormente alla pericolosità dell'area oggetto di studio che è risultata essere **M= 5.26 per una distanza D= 6.63 Km**

## 5.2 Sismicità storica

Di seguito si riporta un estratto del CPTI15 (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) che fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$  d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014), da cui si evince la distribuzione dei principali terremoti in territorio umbro, con l'esclusione dei più recenti tra cui quelli che hanno coinvolto dall'agosto 2016 il territorio al confine con Lazio e Marche (Figura 27)

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Gualdo Tadino" con potenza di immissione in rete pari a 62 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Gualdo Tadino e Nocera Umbra (PG)

**Relazione geologica**



**Figura 27** – CPTI15 Catalogo parametrico dei terremoti Italiani, 2015

Il catalogo è stato costruito con la serie storica dei terremoti italiani, di cui si riporta l'estratto tabellato per la sola Gualdo Tadino, costituito di ben 75 eventi, di cui i principali sono riportati nel successivo diagramma.

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Gualdo Tadino" con potenza di immissione in rete pari a 62 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Gualdo Tadino e Nocera Umbra (PG)

**Relazione geologica**

## Gualdo Tadino

PlaceID IT\_48967  
 Coordinate (lat, lon) 43.230, 12.785  
 Comune (ISTAT 2015) Gualdo Tadino  
 Provincia Perugia  
 Regione Umbria  
 Numero di eventi riportati 75

Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1328 12 01	Valnerina	13	10	6.49
7	1612 10 14	Appennino umbro-marchigiano	7	7	5.11
7	1741 04 24 09 20	Fabianese	135	9	6.17
6-7	1747 01 26	Appennino umbro-marchigiano	2	5-6	4.4
9	1747 04 17	Appennino umbro-marchigiano	63	9	6.05
9	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	66	10	6.38
4-5	1752 07 13 21 40	Appennino umbro-marchigiano	11	5	4.61
F	1832 01 13 13	Valle Umbra	101	10	6.43
NF	1897 09 12 00 55	Valle Umbra	12	5	4.19
4	1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	132	7	5.09
NF	1898 08 25 16 37 46.00	Valnerina	67	7	5.03
NF	1898 11 27 01	San Ginesio	35	5-6	4.39
NF	1899 04 21 00 57 55.00	Narni	45	4	3.96
NF	1902 10 23 08 51	Reatino	77	6	4.74
3	1904 06 20 01 24	Assisi	24	5	4.1
3	1904 09 02 11 21	Maceratese	59	5-6	4.63
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.1
NF	1905 12 09 21 41	Valle Umbra	42	5	4.24
NF	1906 02 05 16 34	Valnerina	55	5	4.41
NF	1910 12 26 16 30	Monti della Laga	50	5-6	4.56
5	1914 07 31 21 05	Gualdo Tadino	4	5	4.47
3	1915 03 26 23 37	Perugino	40	6	4.55
3	1917 03 21 00 30	Monti Sibillini	21	5	4.44
3	1917 04 26 09 35 59.00	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
NF	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6.38
4	1921 04 05 17 40	Appennino umbro-marchigiano	10	5	4.23
3-4	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	47	6	4.73
3-4	1929 01 22 10 06 50.00	Marche Centrali	20	5-6	4.4
NF	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
3	1936 12 09 07 34	Caldarola	31	6-7	4.76
5-6	1960 02 24 01 51	Appennino umbro-marchigiano	25	5	4.32
5	1961 03 23 01 01	Bacino di Gubbio	21	7	4.96
3	1973 12 30 06 30 35.00	Valle del Chiascio	16	7-8	5.11
4-5	1974 01 05 07 33 28.00	Valle del Chiascio	15	7-8	5.28
NF	1976 05 06 20 00 13.17	Friuli	770	9-10	6.45
5	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1980 02 28 21 04 40.00	Valnerina	146	6	4.97
NF	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1982 10 17 06 45 36.00	Perugino	32	6	4.65



Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Gualdo Tadino" con potenza di immissione in rete pari a 62 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Gualdo Tadino e Nocera Umbra (PG)

Relazione geologica

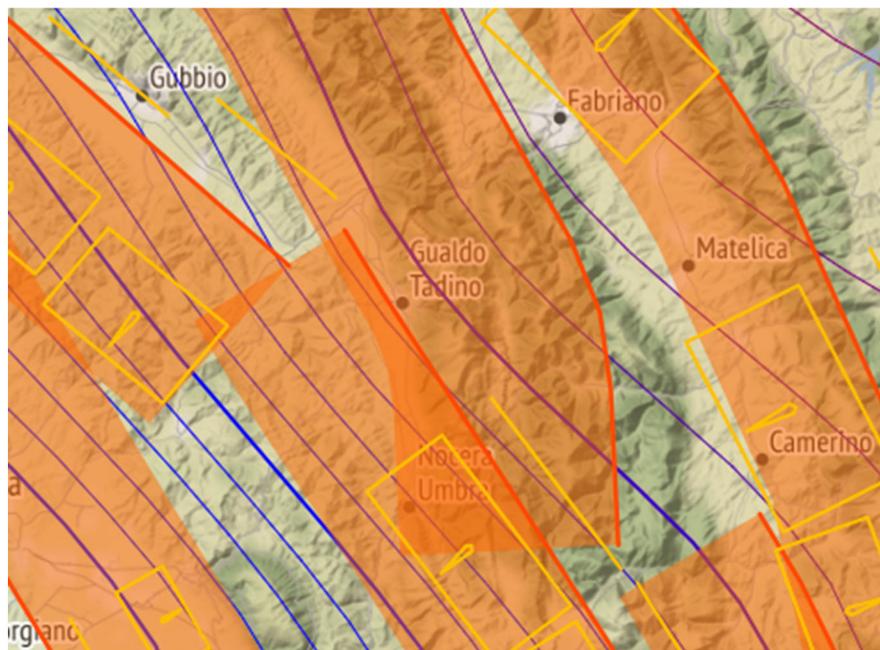
4-5	1982 10 18 02 45 10.00	Perugino	12	5-6	4.31
4-5	1982 10 18 15 29 24.00	Perugino	15	6-7	4.56
5-6	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
4	1989 12 22 06 48 13.91	Valle Umbra	114	5	4.44
4-5	1993 06 04 21 36 50.60	Valle del Topino	90	5-6	4.39
5-6	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	326	6	4.72
4-5	1997 09 07 23 28 05.79	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19
3	1997 09 09 16 54 47.50	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6	3.78
NF	1997 09 10 06 46 50.78	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
5-6	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
6-7	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
6	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
6	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
3-4	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
4	1997 10 23 08 58 43.96	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86
2-3	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	180		4.87
4-5	1998 02 07 00 59 44.54	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41
3-4	1998 03 21 16 45 09.21	Appennino umbro-marchigiano	141		5
6-7	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
6-7	1998 04 03 07 26 36.97	Appennino umbro-marchigiano	14		5.1
6-7	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
4-5	1998 06 01 13 57 10.41	Appennino umbro-marchigiano	23		4.02
5-6	1998 06 02 23 11 23.00	Appennino umbro-marchigiano	83		4.25
3-4	1998 08 11 05 22 59.64	Appennino umbro-marchigiano	24		3.26
4-5	2000 06 22 12 16 35.58	Bacino di Gubbio	107	5	4.47
4-5	2000 08 11 04 33 48.84	Appennino umbro-marchigiano	21	4-5	3.58
4	2000 09 02 05 17 02.41	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.4
4-5	2001 04 16 08 51 53.56	Appennino umbro-marchigiano	31	4-5	3.57
3	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63
3	2005 04 12 00 31 51.61	Maceratese	131	4	3.74
NF	2005 12 15 13 28 39.59	Valnerina	350	5	4.14
NF	2006 04 10 19 03 36.67	Maceratese	211	5	4.06
3-4	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4.21
F	2016 08 24 01 36 32.00	Monti della Laga	221	10	6.18
F	2017 01 18 10 14 09.90	Aquilano	280		5.7

## 5.3 Faglie sismogenetiche capaci

Per l'individuazione di eventuali faglie sismogenetiche capaci è stato consultato il progetto DISS 3.3.0 che censisce le principali faglie sismogenetiche presenti nell'area dell'Italia centrale .

Nella zona dove sorgerà l'area di sedime dell'impianto eolico si segnala la seguente faglia:

ITCS028 Colfiorito-Cittareale che presenta una direzione media di 140° ed una immersione verso SW con un cinematismo di tipo Normale



### PARAMETRIC INFORMATION

Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	2.5	LD Based on various geological, geodetic and seismological data.
Max depth [km]	14.0	LD Based on various geological, geodetic and seismological data.
Strike [deg] min... max	130...150	LD Based on various geological, geodetic and seismological data.
Dip [deg] min... max	35...55	LD Based on various geological, geodetic and seismological data.
Rake [deg] min... max	260...280	LD Based on various geological, geodetic and seismological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 1.0000	EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	7.1	ER Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Il progetto ITHACA (Italy Hazard from Capable Fault, consultabile sul sito ISPRA) censisce le strutture tettoniche attive in Italia evidenzia l'emergenza del lineamento tettonico che ha provocato il

ribassamento del fianco occidentale dell'anticlinale eugibina con la formazione della conca intramontana. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci definite come faglie che possono creare deformazioni in superficie.

## 5.4 Studi di microzonazione sismica (aspetti conoscitivi)

L'Art. 110 del Regolamento Regionale 18 febbraio 2015, n.2, "Norme regolamentari attuative della legge regionale 21 gennaio 2015, n. 1 (Testo unico Governo del territorio e materie correlate)" prevede quanto segue per il PRG - parte operativa:

*"1. Sono elaborati della parte operativa del PRG, limitatamente ai contenuti previsti all'articolo 22 del TU: [...] b) la relazione geologica, idrogeologica ed idraulica in prospettiva sismica e gli eventuali elementi di microzonazione sismica, di cui alla D.G.R. 377/2010, di pertinenza delle parti di territorio inerenti alla parte operativa e l'indicazione del rinvio di tali elementi alla fase attuativa, relativa alle condizioni e previsioni territoriali, con almeno le cartografie tematiche [...]"*

La vigente D.G.R. 377/2010 "Criteri per l'esecuzione degli studi di Microzonazione Sismica" stabilisce al punto 5 che per la Parte Operativa tali Studi, *nelle aree soggette a trasformazione urbanistica o nelle aree da urbanizzare, debbano contenere un'indagine di Livello 2 di approfondimento (almeno per gli aspetti conoscitivi) nelle aree suscettibili di amplificazione e nelle aree suscettibili di instabilità di versante, di liquefazioni, di addensamenti e cedimenti differenziali, di deformazioni del suolo per faglie attive e capaci note da letteratura o a seguito di specifici studi settoriali.*

Per una maggiore comprensione si riporta quanto espresso al punto 1.6.3.2.1 *Approfondimenti conoscitivi*: "Operazione preliminare per la predisposizione del livello 2 è costituita dall'analisi della *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica* (livello 1) al fine di individuare le aree con i maggiori livelli di incertezza e programmare eventuali nuove indagini. Tale analisi dovrà prendere in considerazione le caratteristiche morfologiche, litostratigrafiche e geotecniche delle diverse zone e integrarle con i dati geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, e geotecnici, già raccolti e valutati.

La *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*, è stata realizzata acquisendo la cartografia regionale secondo quanto espresso al Punto 3 della D.G.R. che delibera "di ritenere le carte di pericolosità sismica locale in scala 1:10.000, prodotte ed aggiornate dai competenti Servizi regionali (approvate con gli atti di cui all'allegato A), equivalenti al livello 1 di approfondimento".

In riferimento alla normativa vigente in materia di costruzioni in zona sismica (D.M. 14.01.08) la categoria di sottosuolo nel luogo specifico, dovrà essere determinata, in fase di progettazione esecutiva delle opere, attraverso apposite prove geofisiche finalizzate alla determinazione del valore delle  $V_{s30}$ . Anche per gli aspetti geotecnici dovranno essere valutati i parametri fisico meccanici attraverso specifiche indagini geognostiche. La normativa in materia di costruzioni in zona sismica classifica infatti i terreni di fondazione in 5 categorie (A, B, C, D ed E) che sono individuate dai valori: della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri del sottosuolo ( $V_{s30}$ ), dalla resistenza penetrometrica ( $NSPT_{30}$ ) e dalla coesione non drenata ( $C_{u30}$ )

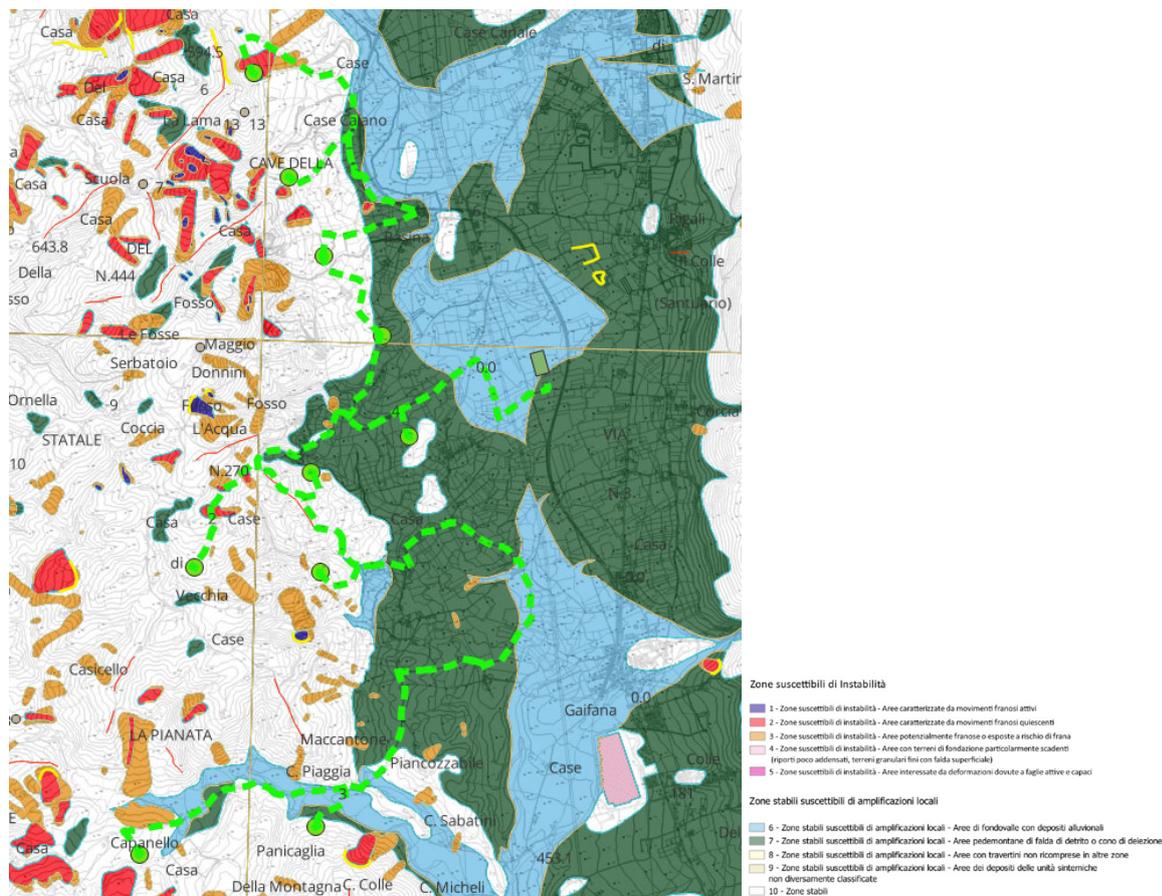


Figura 28 - Stralcio dalla cartografia di microzonazione sismica

La valutazione della suscettibilità dei terreni in fase sismica è definita anche a livello locale ed in scala di maggior dettaglio. Tali studi sono stati formalizzati attraverso la rappresentazione cartografica di microzonazione sismica di 1° Livello. Di fondamentale importanza è anche la definizione della stratigrafia tipo, dello spessore e della coltre clastica sul basamento roccioso (bedrock sismico) e delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica). Tale studio più approfondito come richiesto dalla D.G.R. 377/08 si attua in casi di studi di M.S. di livello 2 e 3 (da effettuare in caso di varianti al piano operativo e piani attuativi e nel caso di opere di importanza strategica)

L'area oggetto di studio ricade nelle zone classificate 2, 6, 7 e 10. I piani fondali degli aerogeneratori WTG01, WTG02, WTG03, WTG04, WTG05, WTG08 E WTG09 ricadono nella zona 10 considerata Stabile senza fenomeni di amplificazione locale. L'aerogeneratore WTG06 e WTG07 ricade nella **zonazione sismica 7** che è indicata come **zona stabile suscettibile di amplificazione locale** caratterizzata come area pedemontana di falda di detrito. L'aerogeneratore 10 ricade in **zona 2** ed è caratterizzato come **Zona suscettibile ad instabilità** caratterizzata da movimenti franosi quiescenti. Per quanto riguarda il cavidotto, il tracciato ricade principalmente nelle zone sismiche 7, 6, 10 definite come Zone Stabili suscettibili ad amplificazioni locali.

L'area di sedime della stazione di smistamento ricade in zonazione sismica 6 caratterizzata da depositi alluvionali risultando ricadere nella zonazione così definita: Zona stabile suscettibile di amplificazione locale.

Nelle zone sopra indicate che in fase sismica si possono verificare amplificazioni del moto sismico legato, in primo luogo, alla diversa impedenza sismica tra substrato e copertura e secondariamente alla conformazione geometrica dei vari depositi con fenomeno di focalizzazione delle onde sismiche.

Le indagini che verranno effettuate durante la fase esecutiva del progetto permetteranno di caratterizzare con maggior dettaglio la situazione geologica, stratigrafica, litotecnica e le categorie di sottosuolo, così come richiesto dalla normativa vigente NTC2018.



## 6 Conclusioni

Il presente studio geologico di tipo preliminare è stato redatto per la realizzazione dell'impianto di produzione di energia elettrica derivante da fonti rinnovabili di origine eolica sito nei comuni di Gualdo Tadino e Nocera Umbra e illustra i risultati interpretativi ottenuti attraverso l'analisi geologica, geotecnica morfologica e idrogeologica degli areali interessati dal suddetto progetto che consta di 10 aerogeneratori di potenza unitaria di 6.2 MW per una potenza complessiva di 62 MW.

Per la verifica della fattibilità geologica del progetto, il presente studio preliminare inquadra sotto il profilo geologico tutto l'areale di sedime del parco e il relativo collegamento con la relativa stazione elettrica di smistamento.

Le informazioni ottenute con l'ausilio di un primo rilevamento di campagna speditivo, lo studio delle cartografie reperite sul sito della Regione Umbria e la raccolta dei dati bibliografici, ha permesso, in una prima analisi, di escludere la presenza di particolari elementi di criticità idrogeologica.

L'unico punto che presenta un certo grado di criticità è l'area di sedime dell'aerogeneratore WTG 10 il quale ricade in un'area classificata a pericolosità elevata P3 secondo il PAI e dall'osservazioni di campagna e a possibili suscettibilità di instabilità in caso di eventi sismici Zona 2.

Per ovviare a questa criticità, verranno intensificate le indagini geognostiche al fine di poter effettuare la scelta costruttiva migliore delle opere fondali ed eventuali interventi atte a stabilizzare l'area. Inoltre particolare attenzione deve essere posta alla regimentazione delle acque superficiali onde evitare l'infiltrazione negli strati più superficiali che possono innescare successivamente fenomeni di instabilità.

Per quanto riguarda le aree di sedime degli altri aerogeneratori essi ricadono in zone stabili privi di dissesto rilevabili a livello di campagna.

Si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione la verifica puntuale delle caratteristiche litologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche di ogni opera. In merito saranno eseguite indagini geognostiche dirette, indirette ed analisi e prove geotecniche di laboratorio.

Per quanto riguarda la realizzazione dello scavo per l'interramento del cavidotto esso sarà ridotto al minimo in quanto l'opera di progetto prevede una profondità di posa di circa 1,20 metri. Data la limitatezza dei volumi dei terreni coinvolti, unitamente all'indubbia velocità di esecuzione degli scavi e del loro rinterro difficilmente andranno a modificare i fattori di sicurezza preesistenti delle aree attraversate. Il materiale di scavo sarà riutilizzato successivamente per il rinterro previa compattazione in modo tale da ripristinare i luoghi nelle stesse condizioni ambientali ante opera.

Ove vi sarà la necessità di attraversamento dei corsi d'acqua si provvederà all'utilizzo della tecnologia TOC per limitare al massimo l'impatto ambientale.

Per quanto riguarda la progettazione dei piani fondali degli aerogeneratori, come scelta del tipo di fondazione e loro profondità di sedime, verranno dimensionati una volta acquisiti tutti i dati geotecnici delle aree di fondazione dei singoli aerogeneratori. Si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione definitiva/esecutiva. L'ubicazione degli aerogeneratori e della stazione di smistamento elettrico non ricadono in aree esposte a pericolosità e rischio frana né tantomeno a fenomeni di alluvionamento.



In conclusione, dalle risultanze ottenute riportate nella presente relazione, sulla base degli elementi a disposizione derivanti dai dati fisici e meccanici ottenuti dai rilievi geologici-geomorfologici di superficie, dalla raccolta dei dati bibliografici e considerando altresì le discrete qualità portanti del terreno, si evince che l'area in esame, da un punto di vista geologico-tecnico è idonea come terreno di fondazione e, pertanto, si formula parere positivo per la realizzazione del parco eolico in progetto.

Il Geologo

Dott. Giuseppe Palmitesta

