



Regione Emilia-Romagna  
Provincia di Bologna  
Comune di Camugnano  
Comune di Castiglione dei Pepoli

PROGETTO DEFINITIVO

Nome progetto

"Eolico Camugnano"

Oggetto

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico da 30 MW con sistema di accumulo da 8 MW e relative opere di connessione, da ubicarsi nei Comuni di Camugnano (BO) e Castiglione dei Pepoli (BO).

Titolo

Relazione geotecnica

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.R.L.  
Via della Chimica 103  
85100 Potenza (PZ)

Progettista:



SYNERGY S.R.L.  
Via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 - Castel Maggiore (BO)

Il professionista:  
Ing. Pierpaolo Semproli  
(c/o Teleios srl - progettista opere civili)

7					
6					
5					
4					
3					
2					
1					
0	08/03/2024	EMISSIONE	Ing. F. Fiorelli	Ing. P. Semproli	Ing. L. Malservisi
Rev.	Data	Motivo Revisione	Eseguito	Verificato	Approvato

Tipologia: RELAZIONE	Formato: A4	Foglio: -
Scala: -	File: SYN036.PD.RG.002_00	Tavola: N° SYN036.PD.RG.002

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione geotecnica



**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### SOMMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
2.1	NORME E RACCOMANDAZIONI GENERALI .....	3
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	3
2.3	ARTICOLI E LIBRI GENERALI. ....	3
2.4	INTERPRETAZIONE INDAGINI IN SITO .....	4
<b>3</b>	<b>CONTESTO GEOLOGICO E GEOTECNICO .....</b>	<b>5</b>
3.1	ANALISI DEI RISCHI GEOMORFOLOGICI .....	8
<b>4</b>	<b>PARAMETRIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO.....</b>	<b>11</b>

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione geotecnica</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	-----------------------------	---

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione geotecnica inerente le diverse opere previste nell'ambito del progetto per la realizzazione di un impianto eolico da 30 MW con sistema di accumulo da 8 MW e relative opere di connessione, da ubicarsi nel Comune di Camugnano (BO) e Castiglione dei Pepoli (BO).



La relazione è redatta sulla base della relazione geologica (doc. /6/), per la caratterizzazione dei terreni.

Maggiori dettagli saranno forniti nei paragrafi seguenti. Nello specifico, gli aspetti principali oggetto della presente relazione comprendono:

- Analisi della documentazione tecnica relativa al contesto geologico e geotecnico dei siti individuati come idonei alla realizzazione del progetto in oggetto;
- Parametrizzazione sismica;
- Modellazione geotecnica del sottosuolo.

**Come verrà specificato anche in seguito, in ragione del livello di progettazione e di autorizzazione del progetto in oggetto non è consentita l'esecuzione di indagini geologiche e geognostiche in sito.**

**Si rimanda quindi alla fase esecutiva la realizzazione delle opportune indagini geologiche e geognostiche per l'accurata caratterizzazione geotecnica dei terreni e l'aggiornamento del presente documento, in particolare del modello geotecnico del sottosuolo.**

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione geotecnica</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	-----------------------------	---

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I progetti dovranno rispettare tutte le leggi e i regolamenti regionali e comunali in vigore. Di seguito è fornita una lista non esaustiva.

### 2.1 Norme e raccomandazioni generali



- /1/ D.M.Infrastrutture e trasporti del 17.01.2018: Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- /2/ Circolare Ministero Infrastrutture e trasporti del 21.01.2019 n.7: "Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle « Norme tecniche per le costruzioni» " di cui al D.M. del 17-01-2018.
- /3/ UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici".
- /4/ UNI EN 1997-1 – Eurocodice 7: "Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali". Febbraio 2005.
- /5/ UNI EN 1998-5 – Eurocode8: " Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici". Gennaio 2005.

### 2.2 Documentazione di riferimento

- /6/ Relazione geologica a cura e firma del Dott. Geol. Rocco Carbonella. Doc. codice SYN036.PD.RG.001.
- /7/ Carta geologica in scala 1/10.000. Doc. codice SYN036.PD.DI.006.
- /8/ Carta geomorfologica in scala 1/10.000. Doc. codice SYN036.PD.DI.007.
- /9/ Carta idrogeologica con l'ubicazione dei pozzi e delle sorgenti in scala 1/10.000. Doc. codice SYN036.PD.DI.008.
- /10/ Carta geomorfologica degli scenari di rischio PAI. Doc. codice SYN036.PD.DI.009.
- /11/ Corografia dei bacini imbriferi in scala non inferiore a 1:25.000. Doc. codice SYN036.PD.DI.010.

### 2.3 Articoli e libri generali.

- /12/ Associazione geotecnica Italiana: "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica". Linee Guida. Ed. Marzo 2005.
- /13/ Bond – A. Harris "Decoding EC7" Taylor e Francis Edition, 2009.
- /14/ Fardis – Carvalho – Elnashai – Faccioli – Pinto: Designers' guide to EN 1998-1 and EN 1998-5. Thomas Telford Editor, 2005
- /15/ Tomlinson, M. J. – "Foundation design and construction" 7th edition. Prentice Hall, 2001.
- /16/ Salgado R.: The Engineering of Foundations. Mc Graw Hill, 2008.

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione geotecnica</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	-----------------------------	---

## 2.4 Interpretazione indagini in sito

- /17/Robertson P.K., Cabal K.L. – “Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering”. Gregg drilling, 4th edition July 2010.
- /18/Mayne P.W., Coop M.R., Springman S.M., Huang A., Zornberg J.G. – «Geomaterial Behaviour and testing». 17th ICSMGE 2009 – Alessandria.
- /19/Mayne P.W., Christopher B.R. – “Manual on Subsurface Investigations.” National Highway Institute Publication, No. FHWA NHI-01-031. Federal Highway Administration, Washington, DC. July 2001.
- /20/Brinkgreve R.B.J. (2005). “Selection of soil models and parameters for geotechnical engineering application.” In J.A Yamamuro & V.N Kaliakin (Eds.), Soil Constitutive Models (pp. 69-98). Reston, Virginia: ASCE.
- /21/Robertson, P. K. (2012). Interpretation of in-situ tests – some insights. Mitchell Lecture - ISC'4 Brazil, Sept., 2012
- /22/Amoroso S. – “Prediction of the shear wave velocity Vs from CPT and DMT at research sites”. Frnt. Strct. Civ. Eng.
- /23/Jamiolkowski, M., Ghionna, V., Lancellotta, R. & Pasqualini, E. (1988). "New Correlations of Penetration Tests for Design Practice". Proc. ISOPT-1, Orlando, FL, Vol. 1, 263-296.
- /24/Bruschi A. (2010) – “Prove geotecniche in situ. Guida alla stima delle proprietà geotecniche e alla loro applicazione alle fondazioni”. Dario Flaccovio Editore.
- /25/Tanzini M. (2011) – “L'indagine geotecnica. Caratterizzazione geotecnica delle terre e delle rocce attraverso prove in sito e di laboratorio”. Dario Flaccovio Editore.

### 3 CONTESTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Le informazioni geotecniche preliminari sono state desunte dal documento “Relazione geologica” (doc. /6/), redatta a cura del Dott. Geol. R. Carbonella.

In tale documento vengono individuati all'interno del comune di Camugnano n°7 siti idonei per la realizzazione dell'impianto eolico, uno per ciascun aerogeneratore WTG previsto in progetto. Per tali aree:

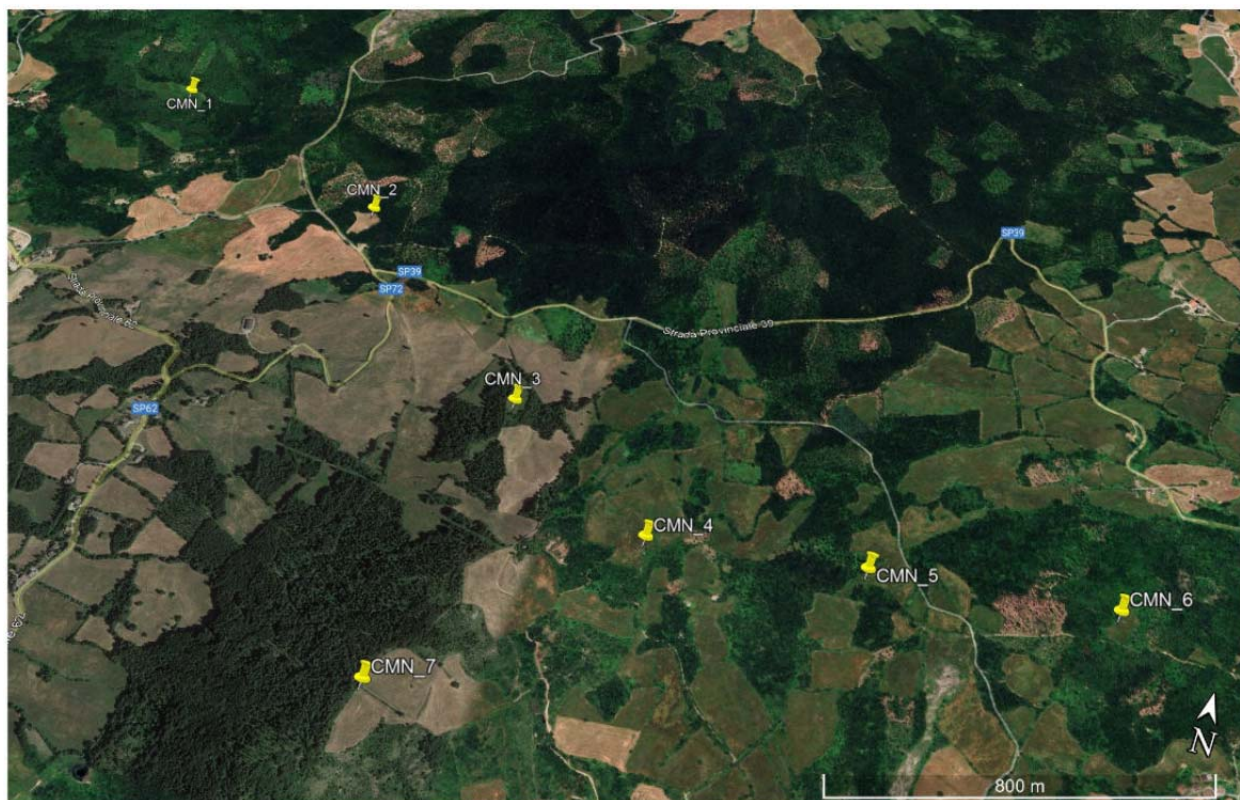
- vengono raccolte tutte le informazioni geotecniche e geologiche bibliografiche;
- sulla base dei dati di cui sopra, unitamente a conoscenze dirette del geologo incaricato, vengono descritti i modelli geologici delle diverse aree e dei principali rischi geomorfologici ad esse connesse.

**Visto il livello di progettazione e di autorizzazione del progetto in oggetto non è consentita l'esecuzione di indagini geologiche e geognostiche in sito.**

**Pertanto la relazione geologica (doc. /6/), sulla base della quale è stato redatto il presente documento, fa principalmente riferimento a studi di carattere bibliografico e cartografico.**



**In sede esecutiva la caratterizzazione sia geologica che geotecnica dovrà essere sviluppata sulla scorta dell'esecuzione di specifiche e adatte campagne di indagine geognostica.**

Le aree di interesse individuate, identificate nel proseguo con le sigle CMN\_1 ÷ CMN\_7 sono riportate nell'estratto cartografico che segue.



*Ortofoto ubicazione aree di interesse (CMN\_1 ÷ CMN\_7)*

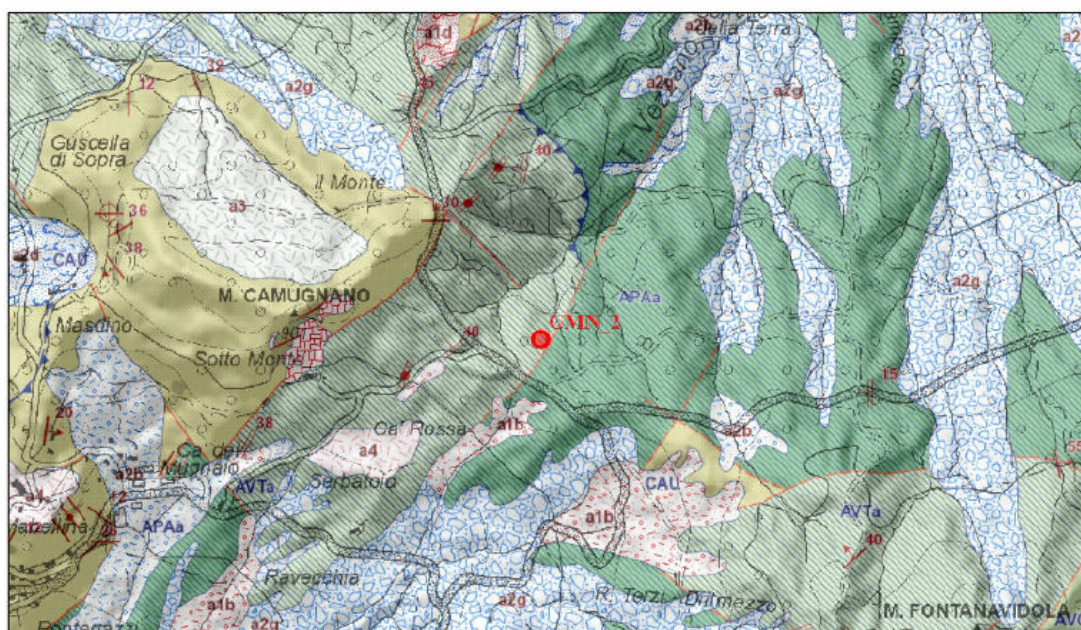


<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione geotecnica</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	-----------------------------	---

Il contesto geologico, così come ricavato da /6/, è riassunto nella tabella che segue.

Sito	Contesto geologico e unità affiorante	
	Unità	Descrizione
CMN_1	a3- Detrito di versante s.l.	Accumulo costituito da materiale a tessitura eterogenea prevalentemente fine, pelitico e/o sabbioso con inclusi lapidei. Al di sotto la formazione arenacea di Camugnano.
CMN_2	AVTa- Argille varicolori (Litofacies Argillitica)	Formazione prevalentemente costituita da argille e argilliti
CMN_3	AVTa- Argille varicolori (Litofacies Argillitica)	Formazione prevalentemente costituita da argille e argilliti
CMN_4	AVTa- CAU Formazione di Camugnano	In Corrispondenza di un limite tettonico che coinvolge le argille varicolori e la formazione di Camugnano. CAU: Formazione eterogenea costituita da due litofacies principali: alternanze arenaceo-pelitiche e da arenarie
CMN_5	AVC Unità argilloso-calcareo (Argille scagliose) Deposito frana quiescente per colamento fango	Struttura di blocchi litici in matrice argillosa, facenti riferimento all'unità delle argille Policrome
CMN_6	AVC Unità argilloso-calcareo (Argille scagliose)	Struttura di blocchi litici in matrice argillosa, facenti riferimento all'unità delle argille Policrome
CMN_7	APAA- Argille a Palombini (Litofacies Argillitica)	Formazione prevalentemente costituita da argille e argilliti

Si riportano alcuni estratti della cartografia geologica.



CMN\_2: Carta geologica: AVTa – Argille Varicolori Grizzana Morandi (Litofacies argillitica)



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione geotecnica

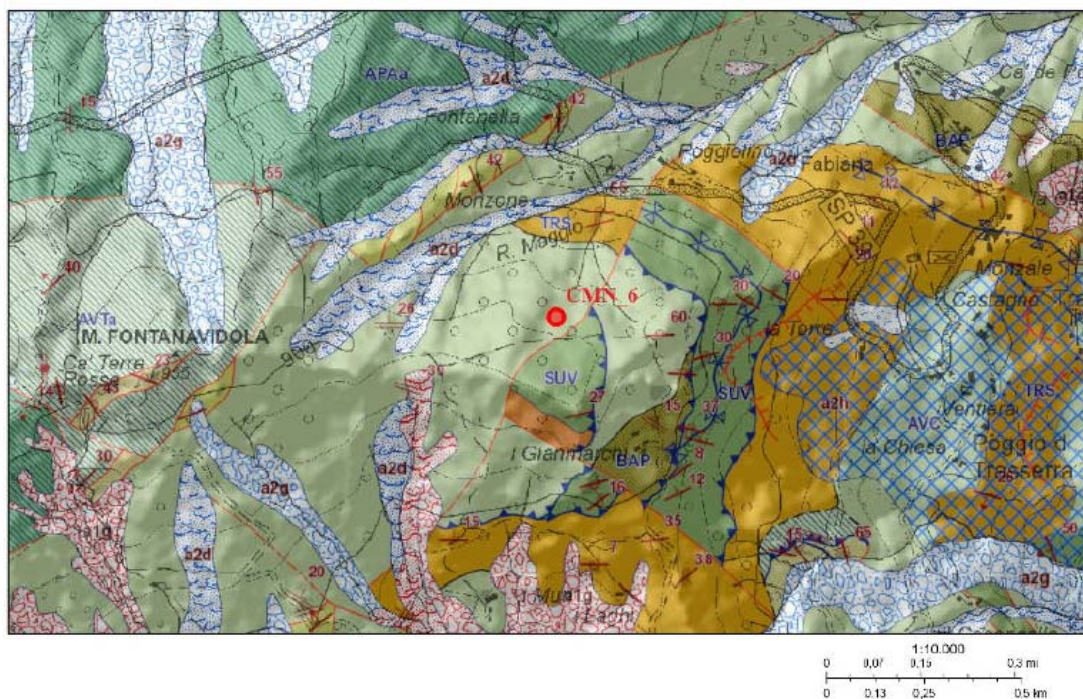
Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)



CMN\_3: Carta geologica: AVTa – Argille Varicolori Grizzana Morandi (Litofacies argillitica)



CMN\_6: Unità argilloso-calcareo (c.d. "Argille Scagliose")



**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione geotecnica

**Committente:**

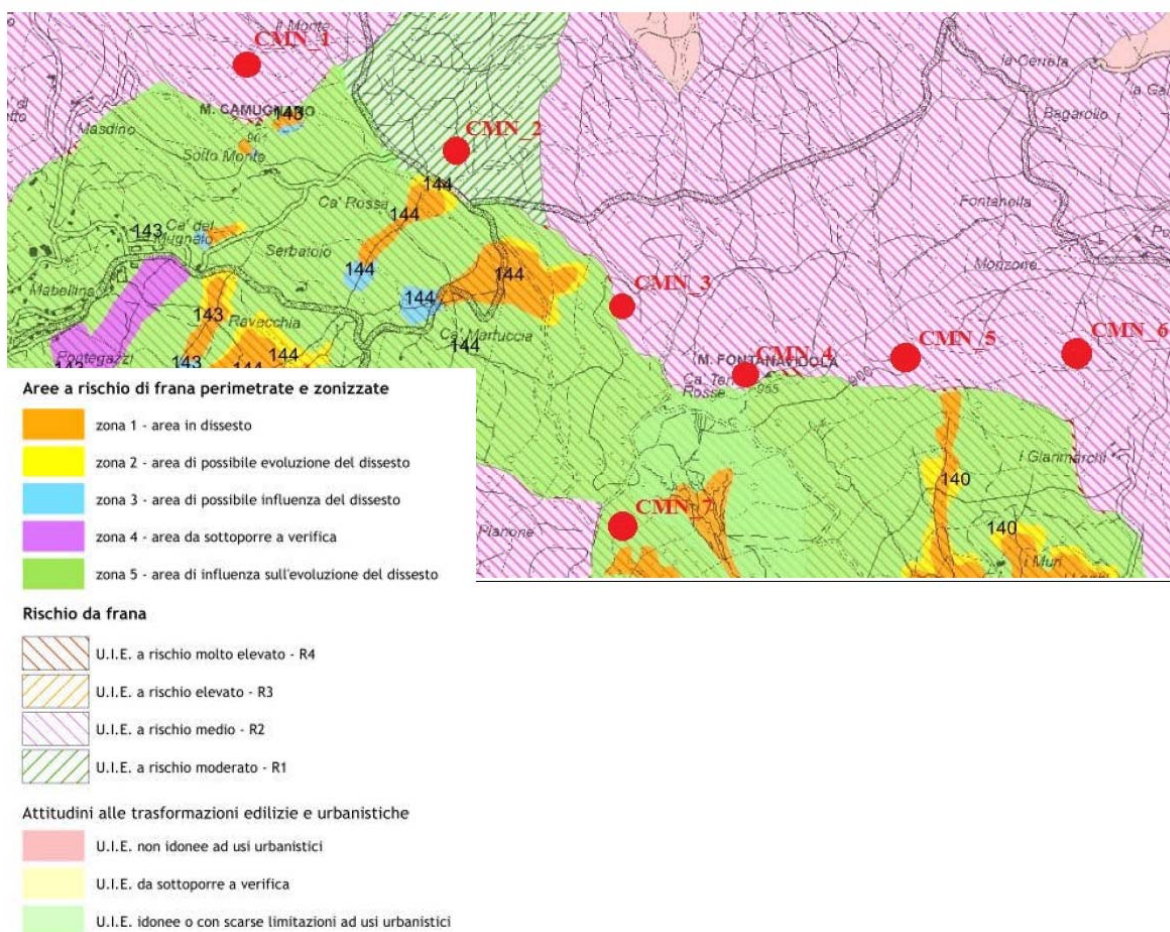


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 3.1 Analisi dei rischi geomorfologici

In accordo con gli estratti cartografici riportati in stralcio, si evidenziano di seguito per tutti i siti in esame i rischi idraulici, rischi da frana e assetti dei versanti.

Sito	Rischio di frana
CMN_1	Rischio medio R2
CMN_2	Rischio moderato R1
CMN_3	Rischio medio R2
CMN_4	Rischio medio R2
CMN_5	Rischio medio R2
CMN_6	Rischio medio R2
CMN_7	Area di influenza sull'evoluzione del dissesto



**Progettazione:**

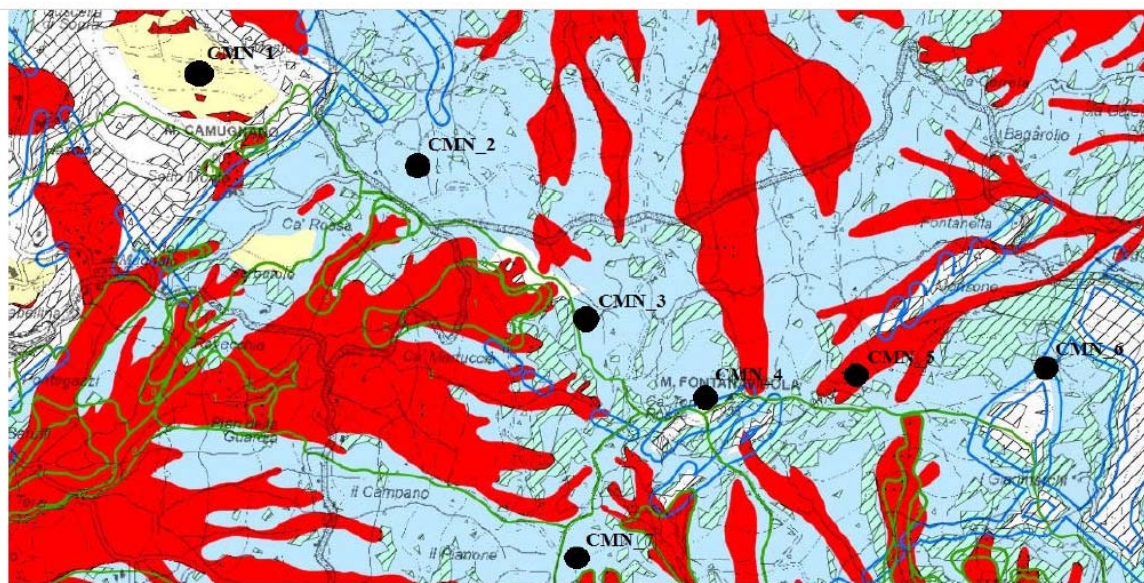
via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione geotecnica****Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

Dall'analisi della cartografia relativa alla suscettibilità agli effetti locali, si riscontra quanto segue.

Sito	Substrato	Spessore coltre	Incl. sup. topografica
CMN_1	Corpi detritici a granulometria mista	H > 3m	i < 15°
CMN_2	Substrato non rigido affiorante. Substrato pelito poco consolidato e alterato	H < 3 m	i < 15°
CMN_3	Substrato non rigido affiorante. Substrato pelito poco consolidato e alterato	H < 3 m	i < 15°
CMN_4	Substrato non rigido affiorante. Substrato pelito poco consolidato e alterato	H < 3 m	i < 15°
CMN_5	Zona di attenzione per instabilità versante	H > 3m	i < 15°
CMN_6	Substrato non rigido affiorante. Substrato pelito poco consolidato e alterato	H < 3 m	i < 15°
CMN_7	Substrato non rigido affiorante. Substrato pelito poco consolidato e alterato	H < 3 m	i < 15°

**RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO (Art. 28)****Aree suscettibili di effetti locali**

- S - Substrato rigido affiorante/subaffiorante**  
Substrato lapideo o ben cementato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3m).  
Inclinazione del pendio i<15°
- SP - Substrato rigido affiorante/subaffiorante 15° < i < 50°**  
Substrato lapideo o ben cementato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3m).  
Inclinazione del pendio 15° < i < 50°
- N - Substrato non rigido affiorante/subaffiorante**  
Substrato prevalentemente pelitico o poco consolidato o alterato o fratturato, affiorante o sub-affiorante  
(spessore delle coperture H<3m). Inclinazione del pendio i<15°
- NP - Substrato non rigido affiorante/subaffiorante 15° < i < 50°**  
Substrato prevalentemente pelitico o poco consolidato o alterato o fratturato, affiorante o sub-affiorante  
(spessore delle coperture H<3m). Inclinazione del pendio 15° < i < 50°
- AV - Detriti s.l. i < 15°**  
Corpi detritici di varia origine (alluvionale, eluvio-colluviale, coltri di alterazione, ecc.), generalmente a  
granulometria mista. spessore della coltre H<3m. Inclinazione della superficie topografica i<15°
- B - Depositi di margine appenninico-padano**  
Depositi prevalentemente grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose) di conide alluvionale, di  
spessore H<3m, sepolti (profondità >3m da p.c.) e depositi di interconide
- C - Sedimenti prevalentemente fini di pianura**  
Depositi coesivi prevalenti (limi, limi argillosi, argille)
- P50 - Substrato affiorante/subaffiorante i > 50°**  
Substrato affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3 m). Inclinazione del pendio i>50°
- F - Zone di attenzione per instabilità di versante i > 15°**  
Corpi di frana (attiva, quiescente e stabilizzata). Spessore della coltre H<3m. Inclinazione della superficie  
topografica i>15°

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione geotecnica</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	-----------------------------	---

#### 4 PARAMETRIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

**La tipologia strutturale in progetto è classificata in categoria 3, con vita nominale pari a 100 anni, e classe d'uso IV.**

I parametri che definiscono la pericolosità sismica di base del sito di intervento, in accordo con la zonizzazione sismogenetica riportata nelle Norme NTC2018, sono i seguenti:

	Tr	ag	F0	T*c
SLO	120	0.109	2.455	0.279
SLD	201	0.133	2.452	0.282
SLV	1898	0.273	2.463	0.316
SLC	2475	0.294	2.522	0.320

Si è considerato:

- |   |                               |             |
|---|-------------------------------|-------------|
| ➤ Opere con livelli prestazioni elevate                       | Vita nominale $\geq 100$ anni | § 2.4.1 /1/ |
| ➤ Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti | Classe d'uso IV               | § 2.4.2 /1/ |
| ➤ Coefficiente d'uso  | Cu = 2.0                      | § 2.4.3 /1/ |

Si è inoltre considerata una superficie topografica (T2) ed un sottosuolo di categoria C.



#### 5 ANALISI LIQUEFAZIONE

In condizioni sismiche, il termine *liquefazione* indica una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o all'accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive, causano una riduzione della tensione media efficace e, quindi, una riduzione della resistenza a taglio ed una variazione dello stato deformativo. La riduzione della resistenza può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzata.

Nel caso in esame tale rischio è poco significativo in ragione della natura coesiva e semi-litoide delle formazioni principalmente riscontrate in sito, ovvero le litofacies argillitiche e le altre ad essa assimilabili.

La verifica viene quindi omessa e rimandata ad una fase di progettazione esecutiva, anche per la mancanza di specifiche indagini geognostiche sulle quali basare valutazioni quantitative in tal senso.



<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione geotecnica</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	-----------------------------	---

## 6 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

La costruzione del modello geotecnico è finalizzata ad ottenere i parametri che saranno impiegati nel progetto delle opere geotecniche coinvolte nel progetto in oggetto.

Un modello geotecnico del terreno è un insieme di parametri geotecnici e di leggi costitutive che rendono possibile descrivere in modo matematico la risposta del terreno.

È quindi chiaro come, a secondo del problema geotecnico che si sta affrontando, dei criteri di calcolo scelti e delle ipotesi alla base degli stessi, sia necessario elaborare uno specifico modello geotecnico che sia congruente con le necessità dello specifico calcolo che si sta conducendo.

È concettualmente sbagliato, quindi, parlare di “modello geotecnico” ma piuttosto è giusto parlare, per lo stesso strato di terreno, di “modelli geotecnici”.

Quello di seguito riportato è generale. Negli elaborati di calcolo delle opere geotecniche previste in progetto possono essere riportati, derivati da questo, altri set di parametri specifici per le diverse valutazioni.

**Visto il livello di progettazione e di autorizzazione del progetto in oggetto non è consentita l'esecuzione di indagini geologiche e geognostiche in sito.**

**Ragion per cui il modello geotecnico è stato determinato impiegando quanto desumibile dalla relazione geologica allegata (doc./6/), che fa principalmente riferimento a studi di carattere bibliografico e cartografico, ed impiegando parametri ragionevoli e usuali per terreni quali quelli delle formazioni in oggetto frutto anche di esperienze dirette in precedenti lavori su litologie simili.**

**Si rimanda alla fase esecutiva la realizzazione delle opportune indagini geologiche e geognostiche per l'accurata caratterizzazione geotecnica dei terreni e l'aggiornamento del modello geotecnico.**

Dai dati bibliografici emerge, nei siti in esame, la presenza di depositi e formazioni di natura prevalentemente argillosa, con eventuale presenza in percentuale variabili di arenacee e litoidi, caratterizzati da un severo grado di alterazione superficiale decrescente con la profondità.

Ovvero, allo stato di conoscenza attuale e viste le informazioni geologiche (bibliografiche) disponibili, si ravvisa un generale stato di uniformità geologica sull'area dell'impianto.

**Si farà pertanto riferimento ad un modello geotecnico costante per tutto il progetto. Quindi per i diversi siti di installazione degli aerogeneratori e di realizzazione delle stazioni (sottostazione elettrica utente ed impianto di accumulo BESS).**

**La specializzazione dello stesso, ovvero la definizione di più modelli geotecnici sito-specifici, è rimandata alla fase esecutiva insieme alla realizzazione delle opportune indagini geotecniche.**

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione geotecnica

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### ➤ **Modello geotecnico generale**

Descrizione	Profondità (m)		Peso volume $\gamma$ kN/mc	Coesione non drenata cu °	Modulo edometrico M MPa
	da	a			
<i>Coltre</i>	0	5	19	50	20
<i>Formazione argillitica molto alterata</i>	5	10	19	110	60
<i>Formazione argillitica alterata</i>	10	15	19	150	100
<i>Formazione argillitica compatta</i>	15	oltre	19	>200	120