



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 di calcolo opere civili

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.RC.006_00	Tavola: N° SYN036.PD.RC.006

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo opere civili
WTG**



Committente:



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

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	2
1.1	DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	DATI GENERALI DI PROGETTO	7
3.1	CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DEL SITO	7
3.1.1	VENTOSITA'	7
3.1.2	NEVE	7
3.2	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	8
3.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
3.3.1	ANALISI DEI RISCHI GEOMORFOLOGICI	12
3.3.2	PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO	14
4	OPERE CIVILI AEROGENERATORI (WTG).....	15
4.1	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	15
4.1.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DELLE STRUTTURE CIVILI.....	15
4.1.1.1	Calcestruzzo	15
4.1.1.2	COPRIFERRO.....	15
4.1.1.3	Acciaio.....	15
4.1.1.4	PROVE DI ACCETTAZIONE.....	16
4.2	SCAVI E MOVIMENTO TERRA.....	16
4.3	STRADE E PIAZZOLE.....	16
4.3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO – ASSE STRADALE	16
4.3.2	ACCESSIBILITÀ STRADALE	16
4.3.3	PIAZZOLE AEROGENERATORI	17
4.3.4	RILEVATI	18
4.3.5	SCAVI.....	19
5	APPENDICE 1 – CALCOLO OPERE DI SCAVO	20

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo opere civili WTG	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	--	---

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo inerente le opere civili previste nella realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, 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).

1.1 DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO

Il progetto generale descritto nella presente relazione nasce dalla volontà della Società Proponente di realizzare un impianto eolico onshore per la produzione di energia elettrica, ubicato nel territorio comunale di Camugnano (BO) e di Castiglione dei Pepoli (BO).

L'impianto, proposto dalla società Energia Pulita 3 S.r.l., sarà costituito da 7 aerogeneratori della potenza di 4,280 MW ciascuno, per una potenza complessiva di impianto di 30,0 MW. Da tali aerogeneratori, posti lungo una fascia di circa 4,5 km e compresi in un intervallo altimetrico di XXX m e collegati tra loro a costituire due sottocampi, l'energia elettrica prodotta verrà convogliata tramite un cavidotto interrato al punto di raccolta e consegna (sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT) e successivamente alla futura stazione elettrica Terna, prevista sempre nel territorio comunale di Castiglione dei Pepoli.

Il progetto è il risultato di una serie di studi che hanno preso in considerazione numerosi fattori, quali l'anemologia, l'orografia e l'accessibilità del sito, con lo scopo di massimizzare il rendimento dei singoli aerogeneratori e dell'impianto nel suo complesso, attraverso l'utilizzo di software appositi, nel rispetto della normativa vigente.



Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto (aerogeneratore di progetto) è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza di 4,280 MW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- Rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo pari a 163 m, posto sopravvento alla torre di sostegno, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;
- Navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il trasformatore bt/mt e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- Torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio, avente altezza fino all'asse del rotore pari a massimi 118 m;
- Altezza complessiva massima fuori terra dell'aerogeneratore pari a 199,5 m;
- Diametro massimo alla base del sostegno tubolare: 3,80 m;
- Area spazzata massima: 20876 mq.

La velocità del vento di avviamento (o velocità di cut-in) è la minima velocità alla quale la macchina inizia a ruotare ed è pari a 3,0 m/sec; una volta che la velocità del vento supera il valore corrispondente alla velocità di avviamento la potenza cresce al crescere della velocità del vento. La potenza cresce fino alla velocità nominale e poi si mantiene costante fino alla velocità di fuori servizio o di cut-out (26 m/sec); per ragioni di sicurezza, a partire dalla velocità nominale, la turbina si regola automaticamente e l'aerogeneratore fornirà la potenza nominale servendosi dei suoi meccanismi di controllo.

Le opere civili previste per la realizzazione del campo eolico sono di seguito elencate:



- Viabilità interna: è costituita da una serie di strade e di piste di accesso, in parte esistenti e in parte di nuova realizzazione, che consentono di raggiungere agevolmente tutte le postazioni in cui verranno collocati gli aerogeneratori. La progettazione stradale è stata svolta tenendo conto del fatto che la movimentazione dei pezzi componenti l'aerogeneratore e delle gru necessarie per il loro montaggio richiede una geometria stradale avente le seguenti caratteristiche minime:

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo opere civili WTG	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	--	---

- Larghezza netta della pista 4,50 m
- Raggio minimo di curvatura 24,00 m
- Allargamento della pista in corrispondenza delle curve fino a 13 m totali
- Pendenza longitudinale massima 21%
- Raggio di curvatura minimo altimetrico 400,00 m



I rilevati stradali saranno realizzati utilizzando, per quanto possibile, il materiale presente in sito mediante stabilizzazione con calce per i rilevati e realizzazione di terre armate per il sostegno degli stessi. Dopo l'esecuzione della necessaria compattazione, verrà steso uno strato di geotessile, quindi verrà realizzata una fondazione in misto granulare dello spessore di 40 cm e infine uno strato superficiale di massiciata tipo a1-b d<30mm uni 10006 dello spessore di 20 cm.

- Piazzole provvisorie: sono state dimensionate per consentire il montaggio a terra del braccio della gru principale a mezzo di altre due gru di supporto. Una volta completate le fasi di montaggio degli aerogeneratori si provvederà a ripristinare le parti delle piazzole provvisorie non più necessarie ai fini dell'accesso alle zone più prossime all'aerogeneratore, che andranno a costituire le piazzole definitive. In alcuni casi il ripristino comporterà la rimozione delle opere realizzate con la reintroduzione dello stato ante-operam, in altri casi il ripristino prevederà il ricoprimento delle parti delle piazzole provvisorie non più necessarie con relativo rinverdimento. Anche per la realizzazione delle parti in rilevato delle piazzole provvisorie si privilegerà l'impiego di terreni provenienti dagli scavi stabilizzata con la calce e sostenuta, ove necessario, con la realizzazione di terre armate. La pavimentazione delle piazzole provvisorie sarà realizzata con le stesse modalità previste per le strade costituenti la viabilità.
- Piazzole definitive: saranno ricavate dalle piazzole provvisorie ripristinandone la parte non più necessaria in fase di esercizio; anche la pavimentazione delle piazzole provvisorie sarà costituita da uno strato di misto stabilizzato dello spessore minimo di 60 cm.
- Opere di attraversamento e deviazione dei corsi d'acqua minori: la realizzazione della viabilità interna e delle piazzole presenterà alcune interferenze con la rete idrografica di 2° ordine (rii) e in casi più frequenti con quelle di 3° ordine (impluvi) della zona di intervento. Si prevede pertanto di realizzare un sistema di fossi di guardia e di tombini in modo da garantire una corretta regimazione delle acque intercettate dalle nuove opere ed il loro corretto convogliamento nella rete idrografica esistente. Nei punti di intersezione delle nuove opere, i corsi d'acqua intercettati risultano caratterizzati da bacini di estensione limitata in quanto l'area d'intervento risulta situata in prossimità di una zona di crinale.
- Fondazioni degli aerogeneratori: le torri degli aerogeneratori saranno fissate ad un elemento circolare di base in acciaio, a sua volta annegato all'interno di una fondazione tronco- piramidale in conglomerato cementizio armato, progettata per resistere al peso proprio della struttura e alle sollecitazioni cinematiche provocate dai sismi e dal vento. Date le caratteristiche del terreno, la fondazione sarà del tipo su pali di grande diametro in calcestruzzo armato. La dimensione del plinto sarà circolare con diametro di 24,92m con n. 24 pali da 120cm e lunghezza 28m. L'altezza del plinto sarà variabile da 3,15m a 4,40m.
- Elettrodotti interrati: al di sotto della viabilità interna al parco correranno i cavi di media tensione che trasferiranno l'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori alla sottostazione mt/at e quindi alla rete elettrica nazionale. Lo scavo per l'alloggiamento del cavidotto, della profondità non inferiore a 1,20 m, sarà di larghezza variabile a seconda del numero di terne contenute; queste verranno collocate su uno strato di sabbia dello spessore di 10 cm, ricoperte con un ulteriore strato di sabbia di 30 cm, all'interno del quale troveranno posto anche il cavo in rame per la messa a terra, il cavo di comunicazione in fibra ottica per il sistema di controllo del parco e tegoli di protezione dei cavi o sistemi equivalenti. La restante porzione dello scavo sarà riempita con materiale arido, all'interno del quale sarà collocato il nastro segnalatore. Il percorso del cavidotto verso la sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT seguirà il tracciato di vecchie strade

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo opere civili WTG	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	--	---

interpoderali e comunali con un minimo impatto sulla viabilità ordinaria e senza interferenze con le zone boschive.

- Sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT 30/132 kv: il collegamento alla RTN verrà realizzato mediante punto di raccolta ed elevazione 30/132 kv collegato in antenna a 132 kv alla futura stazione di smistamento a 132 kv della RTN nel comune di Castiglione dei Pepoli (BO) da inserire in entra-esce sulla linee a 132 kV “Ca’ di Landino -Grizzana”. La nuova sottostazione elettrica di trasformazione verrà realizzata in un’area attualmente agricola posta all’esterno dell’abitato di Castiglione dei Pepoli e lungo il tratto della strada comunale SP325; il profilo altimetrico del terreno porta a realizzare la superficie della nuova sottostazione elettrica di trasformazione con paratie di contenimento in pali di grande diametro e tiranti sub orizzontali. La disposizione sarà comunque in andamento con la superficie esistente e mitigata con l’inserimento di essenze arboree e sistemazioni a verde. L’accesso alla futura sottostazione elettrica di trasformazione, avverrà direttamente dalla strada comunale utilizzando un percorso interno esistente che sarà opportunamente adeguato.
- Futura stazione di smistamento rtn a 132 kv: è prevista nel comune di Castiglione dei Pepoli (BO) da inserire in entra-esce sulla linea a 132 kV “Ca’ di Landino -Grizzana”. La futura stazione terna verrà realizzata in una zona limitrofa alla sottostazione elettrica di trasformazione, ma con dimensioni maggiori connesse con il posizionamento delle apparecchiature elettromeccaniche e il collegamento alla rete elettrica esistente.

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo opere civili WTG	Committente:  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.

Eurocodici

- UNI EN 1990 (serie) Eurocodice 0 – Criteri Generali di Progettazione Strutturale .
- UNI EN 1991 (serie) Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture
- UNI EN 1992 (serie) Eurocodice 2 – Progettazione delle Strutture in Calcestruzzo
- UNI EN 1993 (serie) Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio.
- UNI EN 1994 (serie) Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo.
- UNI EN 1997 (serie) Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica.
- UNI EN 1998 (serie) Eurocodice 8 –Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.
- UNI EN 1999 (serie) Eurocodice 9 – Progettazione delle strutture di alluminio.

Altri documenti

Esistono inoltre documenti (Istruzioni CNR) che non hanno valore di normativa, anche se in qualche caso i decreti ministeriali fanno espressamente riferimento ad essi:

- CNR 10022/84 Costruzioni di profilati di acciaio formati a freddo;
- CNR 10011/97 Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- CNR 10024/86 Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.
- CNR-DT 207/2008, "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".



Eventuali normative non elencate, se mandatorie per la progettazione del sistema possono essere referenziate.

Legislazione e normativa nazionale in ambito Civile e Strutturale

- Decreto Ministeriale Infrastrutture 17 gennaio 2018 “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”, di seguito NTC-2018;
- Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Legge 5.11.1971 N° 1086 - (norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica);
- CNR-UNI 10021- 85 - (Strutture di acciaio per apparecchi di sollevamento. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione).



Legislazione e normativa nazionale in ambito di Ambiente, Salute e Sicurezza sul lavoro

- D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i. Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro.
- Decreto del ministero dello sviluppo economico 22 gennaio 2008, n. 37 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo opere civili WTG	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	--	---

2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

- D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011: "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto legge 31 maggio 2010, n.78 convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n.122"
- DLgs 152/06 e ss.mm.ii. Testo Unico Ambientale.

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo opere civili WTG	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	--	---

3 DATI GENERALI DI PROGETTO

3.1 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DEL SITO

3.1.1 VENTOSITA'



Ai fini del calcolo delle azioni verranno assunti i dati in accordo al D.M. 17 gennaio 2018.

Zona	2
Velocità caratteristica	25 m/s
Altitudine di riferimento	< 750 m.s.l.m
Classe di rugosità di terreno	D
Categoria di esposizione	III
Coefficiente di topografia	1.0
Coefficiente dinamico	1.0
Coefficiente di attrito	0.01
Pressione cinetica di riferimento q_b	390.63 N/m ²
Coefficiente di pressione c_p	Determinato in funzione della struttura
Tempo di ritorno	50 anni
Coefficiente di esposizione C_e	Per la sua determinazione si sono considerati i seguenti parametri: $k_r = 0.20$; $z_0 = 0.10\text{m}$ e $z_{\min} = 5.0\text{ m}$

3.1.2 NEVE

L'azione è definita in accordo al DM 17 gennaio 2018.

Zona	I-Mediterranea
Carico neve al suolo q_{sk}	2.69 kN/m ² ($a_s = 600\text{m}$)
Coefficiente di esposizione	1.0
Coefficiente di forma	0.8
Coefficiente termico	1.0

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo opere civili WTG	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	--	---

3.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

La classificazione sismica attualmente in vigore nella regione Emilia Romagna è quella richiamata nell'aggiornamento della DGR n. 146 del 06 Febbraio 2023.

In tale contesto, il Comune di Camugnano risulta ricadere in zona sismica 3 (sismicità bassa), corrispondente ad un valore di azione sismica utile (c.d. 'Ag') per la progettazione strutturale (espresso in termini di accelerazione massima su roccia con una probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) compreso tra 0.05g e 0.15g.

Sulla base dell'ubicazione del lotto di intervento, della classe d'uso delle opere in progetto e della loro tipologia, della categoria di sottosuolo in oggetto e della categoria topografica del sito, devono essere calcolati i coefficienti sismici caratteristici per l'intervento in esame come indicati in tabella:

Categoria del suolo	C
Categoria topografica	T2
Classe d'uso dell'opera	IV
Vita nominale dell'opera	≥ 100 anni

3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le informazioni geotecniche preliminari sono state desunte dal documento "Relazione geologica", 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, 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, indeterminate nel proseguo con le sigle CMN_1 ÷ CMN_7 sono riportate nell'estratto cartografico che segue.

Progettazione:



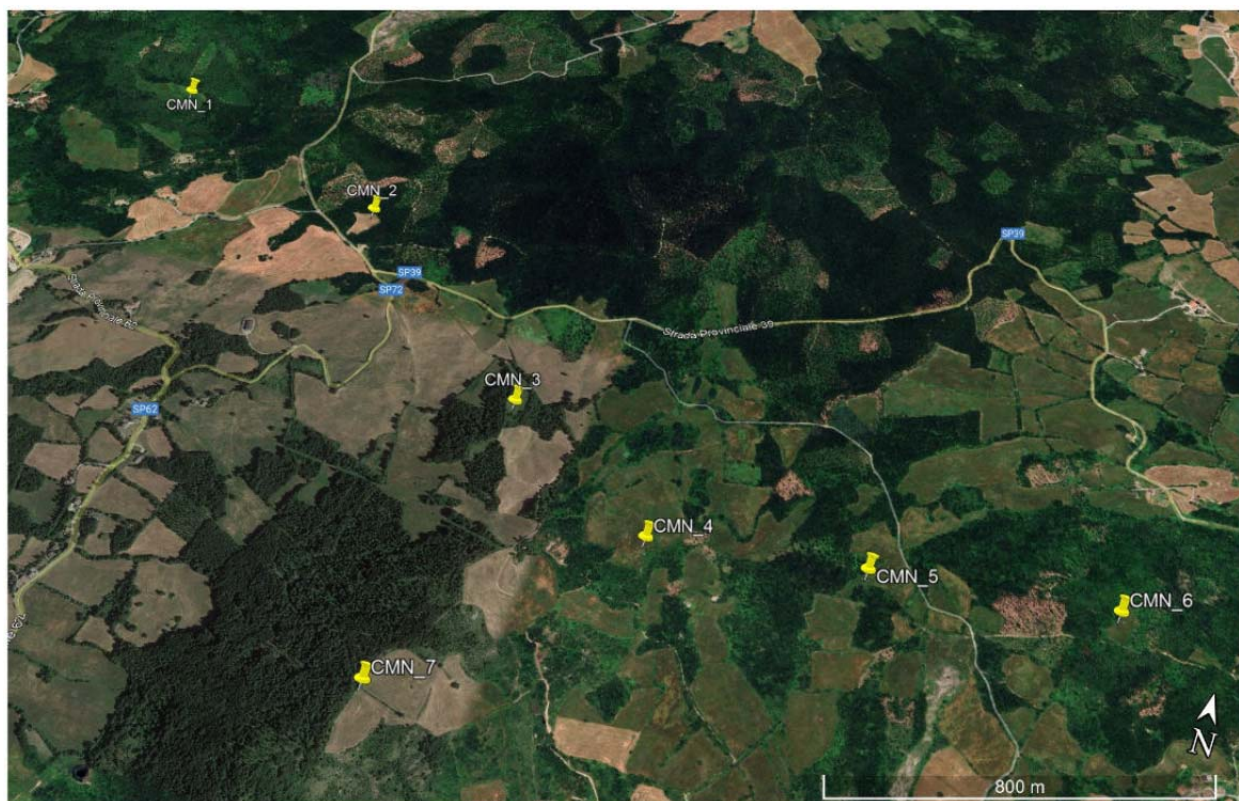
via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo opere civili WTG

Committente:



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



Ortofoto ubicazione aree di interesse (CMN_1 ÷ CMN_7)

Il contesto geologico 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

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

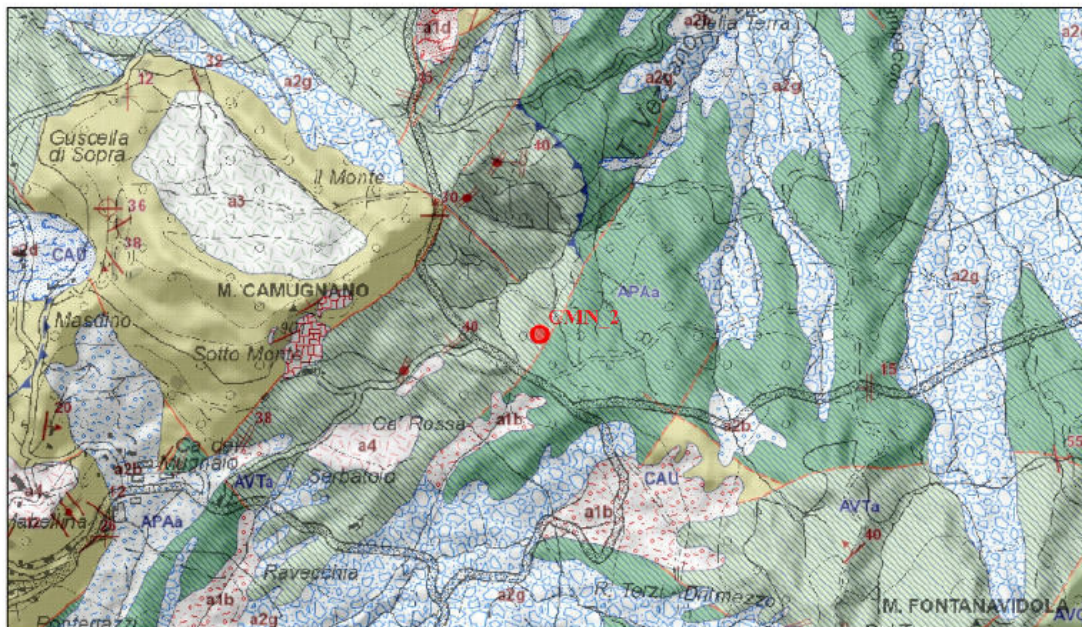
Relazione di calcolo opere civili WTG

Committente:

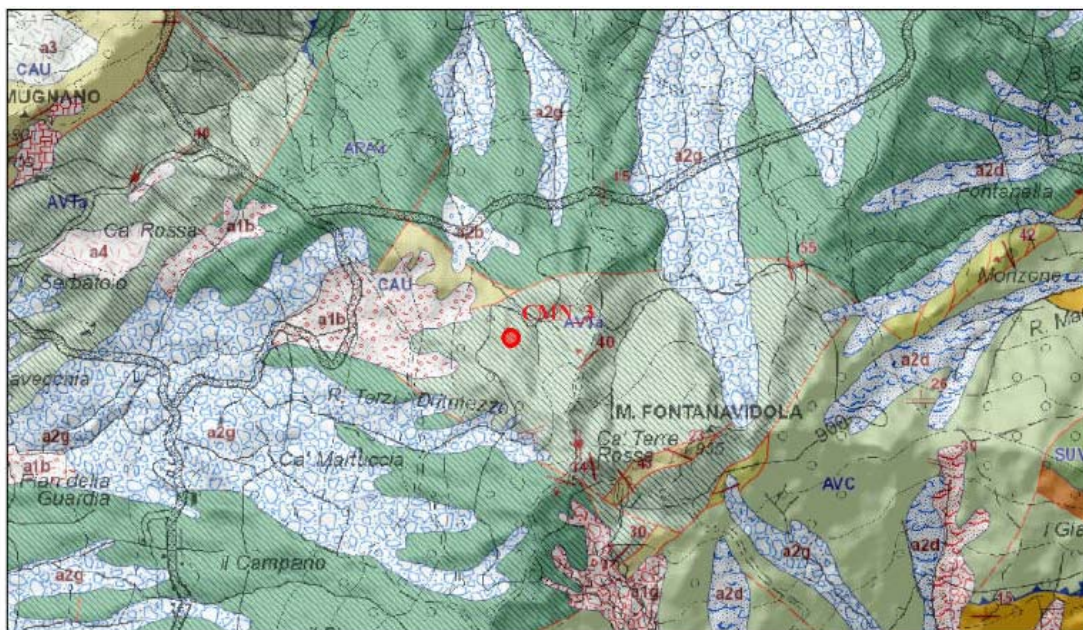


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Si riportano alcuni estratti della cartografia geologica.



CMN_2: Carta geologica: AVTa – Argille Varicolori Grizzana Morandi (Litofacies argillitica)



CMN_3: Carta geologica: AVTa – Argille Varicolori Grizzana Morandi (Litofacies argillitica)

Progettazione:



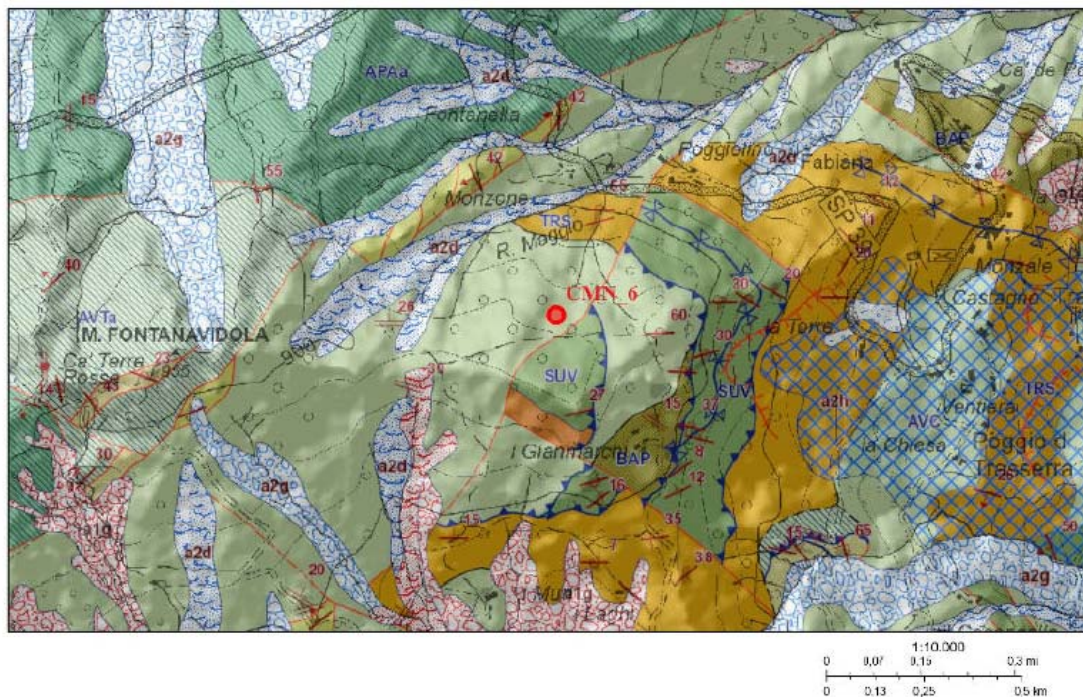
via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo opere civili WTG

Committente:



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



CMN_6: Unità argilloso-calcareia (c.d. "Argille Scagliose")

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo opere civili WTG

Committente:

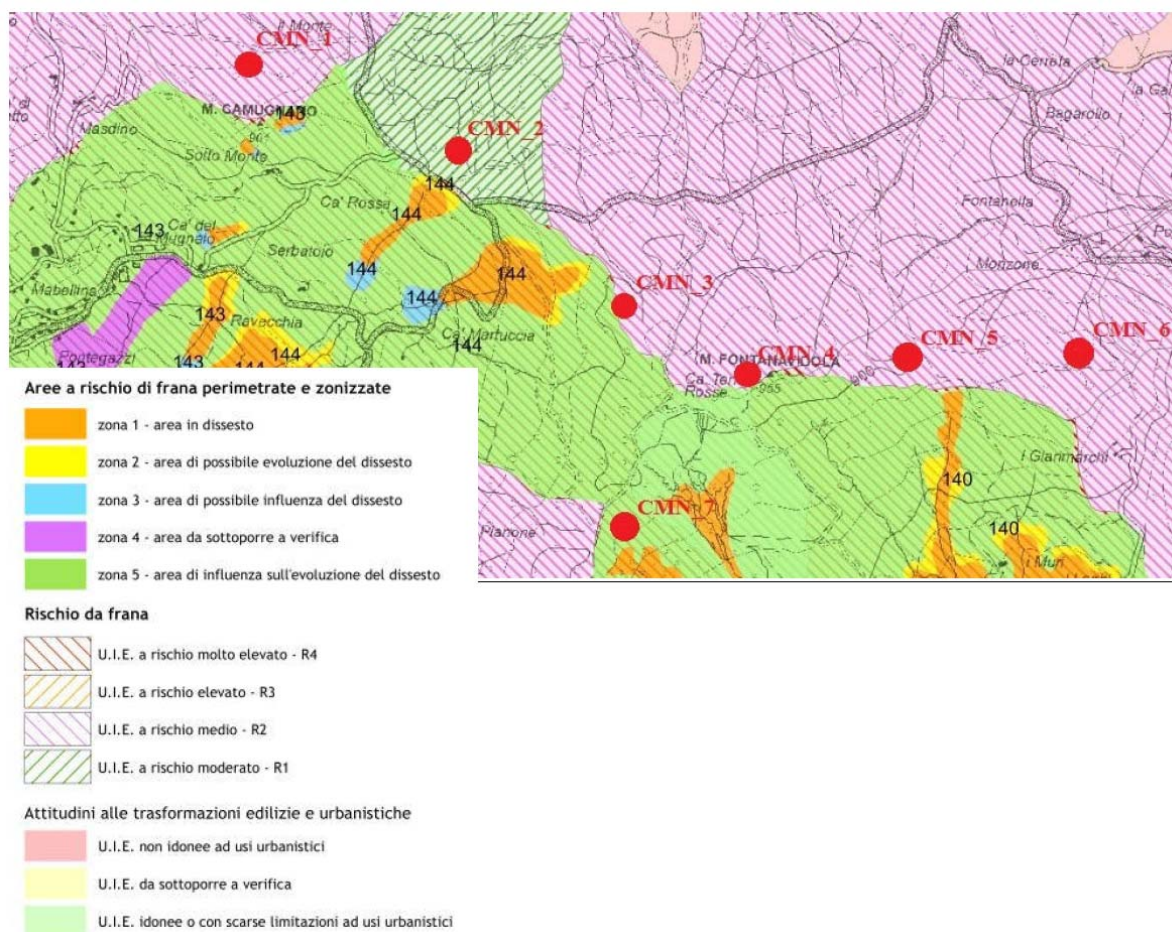


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

3.3.1 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)

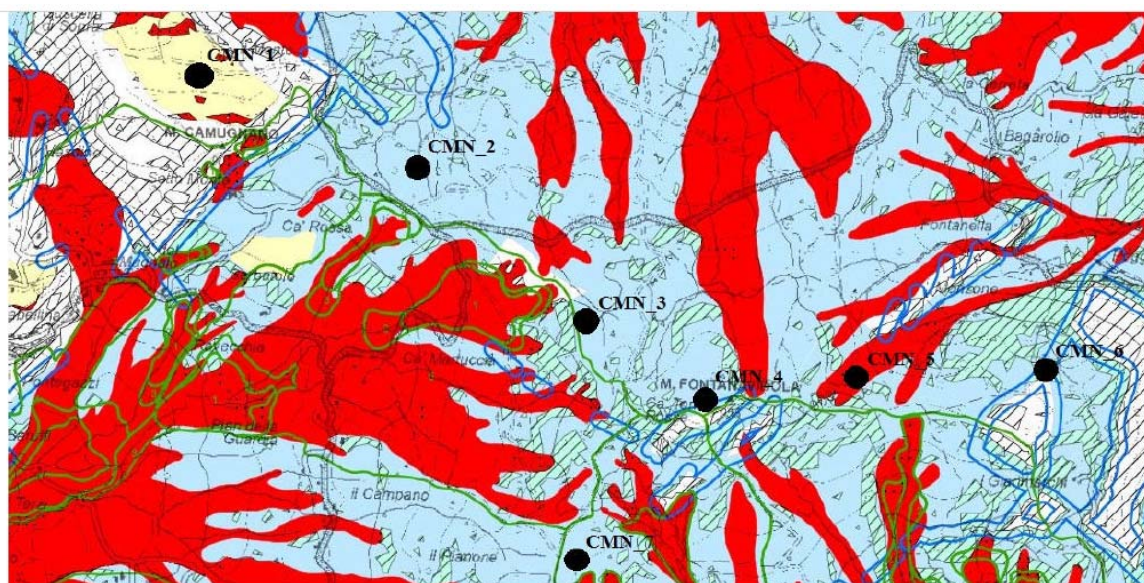
Relazione di calcolo opere civili WTG

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°

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo opere civili WTG	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	--	---

3.3.2 PARAMETRI GEOTECNICI 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 ≥ 100 anni § 2.4.1 NTC 2018

Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti Classe d'uso IV § 2.4.2 NTC 2018

Coefficiente d'uso $C_u = 2.0$ § 2.4.3 NTC 2018

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

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo opere civili WTG

Committente:



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

4 OPERE CIVILI AEROGENERATORI (WTG)

4.1 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

Qualsiasi struttura, metallica o in calcestruzzo, dovrà essere dimensionata secondo le normative vigenti e tenendo in considerazione le caratteristiche del luogo di installazione.

Ai fini delle verifiche secondo Norme Tecniche (DM 17.01.2018 e ss.mm.ii.), si considerino i seguenti parametri. Il Committente ha comunque l'obbligo di tenere in giusta considerazione ogni dato, informazione e documento di cui sia in possesso o venga in possesso che giustifichi delle assunzioni maggiormente cautelative ai fini della salvaguardia e del funzionamento dell'impianto.

4.1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DELLE STRUTTURE CIVILI

4.1.1.1 CALCESTRUZZO

Per le opere in c.a. è previsto l'uso dei seguenti calcestruzzi:

	Classe di resistenza C fck/Rck (MPa)	Classe di esposizione ambientale	Classe di consistenza
Tutte le opere in CA.	C 32/40	XC2-XC4	S4

A tale classe di esposizione corrispondono le seguenti proprietà:

- rapporto massimo a/c pari a 0.45 ;
- contenuto minimo di cemento pari a 340 kg/m³.

4.1.1.2 COPRIFERRO

Si considerano i seguenti valori di copriferro:

- Calcestruzzo gettato contro il terreno e permanentemente a contatto con esso 75mm
- Calcestruzzo a contatto con il terreno o con acqua 50 mm
- Calcestruzzo non a contatto con il terreno o con acqua 40 mm.

4.1.1.3 ACCIAIO

Acciaio per calcestruzzo armato

Tipo di acciaio: B450C



Peso specifico: $\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$

Modulo di elasticità: $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione di snervamento di progetto ($\gamma_s = 1,15$): $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$

Massima tensione di esercizio: $\sigma_s = 0,8 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo opere civili WTG	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	--	---

4.1.1.4 PROVE DI ACCETTAZIONE

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova saranno corrispondenti alle seguenti norme nonché alle Norme Tecniche applicabili.

Acciaio strutturale	UNI EN ISO 377, UNI 552, UNI EN 10002-1, UNI EN 10045 -1
Acciaio di armatura	UNI EN ISO 15630-1
Calcestruzzo	EN 206-1, EN 12350, EN 12390

4.2 SCAVI E MOVIMENTO TERRA

Le attività di movimento terra sono di seguito elencate:

AREA PIAZZOLA AEROGENERATORE

- Opere di sbancamento e livellamento del terreno per la creazione delle piazzole di posizionamento e montaggio della gru, piazzole per lo stoccaggio dei conci della turbina, delle pale e della navicella.
- Scavo per realizzare il piano di posa della fondazione dell'aerogeneratore (WTG).
- Realizzazione di cavidotti interrati.

Le terre di risulta saranno gestite massimizzandone il riutilizzo in sito o conferiti ad impianti autorizzati per il trattamento.

4.3 STRADE E PIAZZOLE

4.3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO – ASSE STRADALE

La viabilità in oggetto non rientra nel campo di applicabilità del D.M. 5 novembre 2001 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”.

In base a quanto illustrato nei paragrafi successivi della presente relazione il progetto è da ritenersi adeguato al contesto dell'intervento, di montagna su terreni morfologicamente difficili, nonché alle necessità di adeguamento delle infrastrutture, nuove ed esistenti, alle esigenze richieste dai mezzi per il trasporto eccezionale in oggetto.

4.3.2 ACCESSIBILITÀ STRADALE

L'accesso all'area del parco di progetto è costituito dalla SS 64 Porrettana che si sviluppa a Ovest del parco eolico.

Dalla SS 64 Porrettana si diparte la SP 62, che si collega alla SP 72. Da quest'ultima e dalla SP 39 si dirama la viabilità interna che raggruppa l'area del parco eolico.

La viabilità interna e di accesso sarà costituita da n.7 tracciati di lunghezza complessiva pari a circa 3'916 m, comprendenti sia la viabilità esistente da adeguare (strade interpoderali/comunali) che quella da realizzare ex novo.

L'andamento altimetrico sarà il più possibile fedele alla naturale morfologia del terreno al fine di minimizzarne l'impatto visivo, nonché i movimenti terra.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo opere civili WTG

Committente:



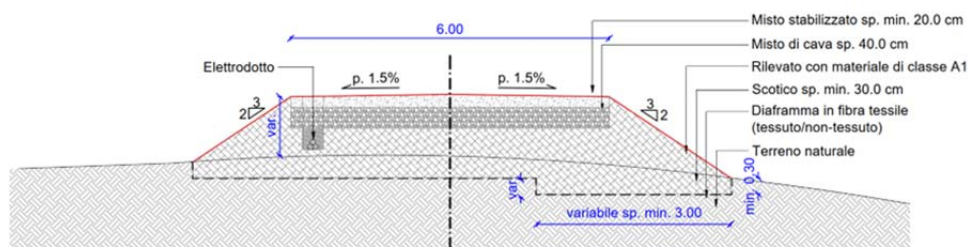
ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

In particolare, agli aerogeneratori WTG01, WTG04, WTG05 e WTG07 si accederà in parte sfruttando la presenza di strade interpoderali, mentre per la WTG06 si accederà sfruttando in parte la presenza di una strada comunale.

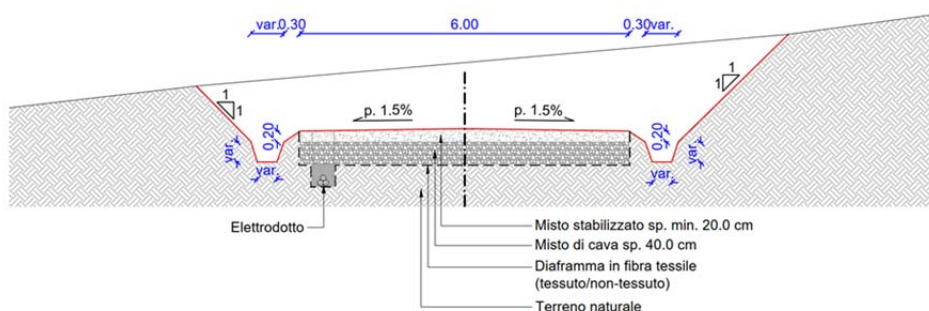
Dal punto di vista altimetrico la pendenza longitudinale massima dei tracciati sarà sempre inferiore al 10%, pertanto la viabilità sarà realizzata in misto granulare stabilizzato con legante naturale, allo scopo di preservare la naturalità del paesaggio. Le pendenze trasversali saranno minori o uguali al 2%.

Opportuni canali di scolo saranno realizzati ai margini della carreggiata nelle sezioni in trincea.

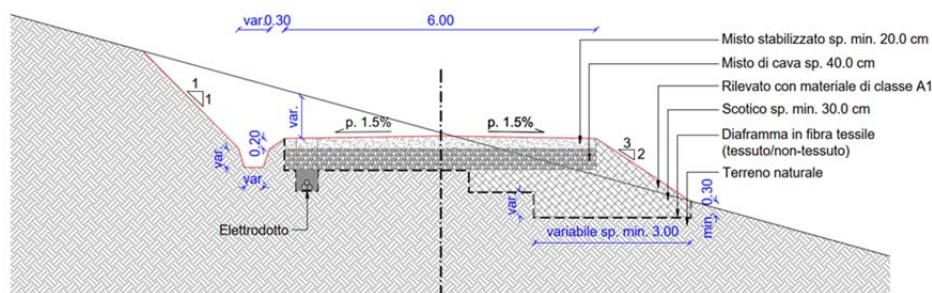
Di seguito i tipologici delle sezioni stradali in caso di rilevato, trincea e mezzacosta.



Sezione stradale tipo in rilevato



Sezione stradale tipo in trincea



Sezione stradale tipo a mezzacosta

Per rendere più agevole il passaggio dei mezzi di trasporto, le strade avranno una larghezza della carreggiata maggiore a 4,50 m e raggi di curvatura sempre superiori ai 65 m.

4.3.3 PIAZZOLE AEROGENERATORI

Per quanto riguarda le piazzole degli aerogeneratori vengono distinte due fasi:

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo opere civili WTG

Committente:

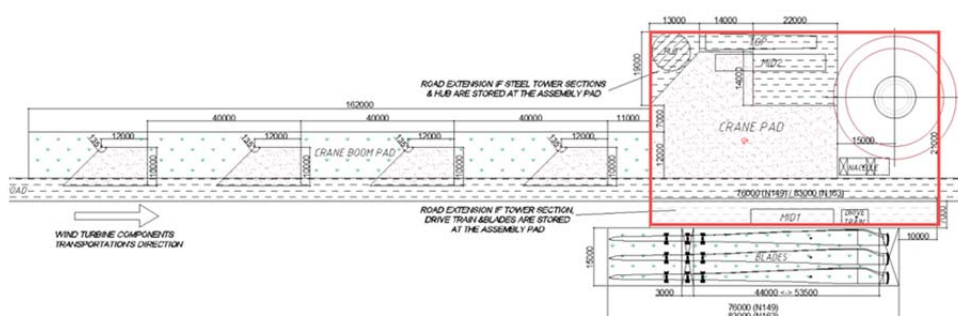


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

- Piazzole provvisorie per il montaggio degli aerogeneratori;
- Piazzole di esercizio.

Particolare attenzione va posta alle piazzole provvisorie che hanno come requisito fondamentale la planarità delle aree di lavoro delle gru.

Nella figura successiva viene riportato il tipologico di piazzola provvisoria, adottato per la realizzazione del parco eolico in oggetto. Nel riquadro rosso l'area necessaria in esercizio.



Piazzola tipo provvisoria e di esercizio dell'aerogeneratore

Ad assemblaggio ultimato saranno dismesse le piazzole a servizio della gru mobile (*Crane Boom Pad*) e l'area per il deposito provvisorio delle pale eoliche (*Blades*).

Le scarpate in rilevato saranno riprofilate con pendenza 3:2, mentre quelle in trincea avranno pendenza 1:1 per altezze inferiori a 6 m e 3:2 con ribanche di 50 cm ogni 6 m per altezze complessive maggiori.

La pavimentazione delle piazzole a servizio delle gru deve essere realizzata con specifiche tecniche adeguate in modo da garantire una portanza di almeno 250 KN/mq.

La planarità delle aree degli aerogeneratori comporta in alcuni casi significativi movimenti terra, con la realizzazione di scavi o rilevati che possono raggiungere altezze importanti.

Nei paragrafi successivi alcuni aspetti tecnici da tenere in conto nelle fasi costruttive.

4.3.4 RILEVATI

Dopo essersi assicurati di avere un idoneo piano di appoggio al rilevato stesso, si può procedere alla costruzione del rilevato stradale.



Durante la fase dello "scotico", verrà asportato, per una profondità di circa 30 cm minimo, il terreno vegetale più superficiale che sarà in parte recuperato per fungere da copertura delle scarpate del rilevato stesso e per favorire l'inerbimento.

Qualora il terreno sottostante allo scotico non dovesse avere caratteristiche idonee per fungere da piano di appoggio, si procede ad una operazione di bonifica a gradoni, consistente in un approfondimento dello scavo fino a raggiungere strati di terreno che presentano le condizioni ideali per garantire la stabilità del rilevato.

Il piano d'appoggio viene a questo punto costipato, successivamente si posiziona uno strato di materiale con opportune caratteristiche di filtraggio e resistenza ed infine si riempie lo scavo con materiale arido (pietrame pulito e asciutto) di pezzatura idonea o terreno derivante da sbancamenti, eventualmente stabilizzato con leganti di tipo idraulico.

Questi accorgimenti fanno sì che non ci siano fenomeni di risalita capillare dell'acqua, quasi sempre presente nel sottosuolo, la separazione tra le parti fini del terreno e il sovrastante materiale arido e una corretta distribuzione dei carichi provenienti dal rilevato.

Il rilevato viene formato, con l'ausilio di apposite macchine operatrici differenziate a seconda del materiale da trattare, attraverso la stesa, il costipamento e la configurazione di successivi strati di materiale avente ben determinate caratteristiche e proveniente da cave o dagli scavi effettuati nel cantiere sino al raggiungimento della quota prevista in progetto.

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo opere civili WTG	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	--	---



4.3.5 **SCAVI**

Per realizzare lo scavo del terreno sino alla quota prevista dal progetto bisogna avere l'accortezza di modellare le pareti che lo delimitano secondo le prescrizioni imposte dalla normativa e realizzate in progetto.

E' necessario modellare il fondo per poter realizzare, anche qui, previa stesura di geotessile non tessuto, il pacchetto di sovrastruttura in grado di garantire la non risalita dell'acqua e di fungere da contenimento della sede stradale stessa.

Lo scavo viene realizzato con l'ausilio di idonei mezzi meccanici: macchine escavatrici, escavatrici-trasportatrici.

Si rimanda alla documentazione dedicata per maggiori dettagli.

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

5 APPENDICE 1 – CALCOLO OPERE DI SCAVO