

# AUTORIZZAZIONE UNICA EX D. LGS. N. 387/2003



## PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO COLOBRARO TURSÌ

Titolo elaborato:

### RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELLE OPERE ELETTRICHE

GD	GD	WPD	EMISSIONE	24/11/21	0	0
REDATTO	CONTR.	APPROV.	DESCRIZIONE REVISIONE DOCUMENTO	DATA	REV	

#### PROPONENTE



**WPD MURGE S.R.L.**  
CORSO D'ITALIA 83  
00198 ROMA

#### CONSULENZA



**GE.CO.D'ORS.R.L.**  
VIA P. AMEDEO N. 32  
75021 COLOBRARO (MT)

#### PROGETTISTA

ING. GAETANO D'ORONZIO  
VIA GOITO 14 – COLOBRARO (MT)

Codice  
PERT037

Formato  
A4

Scala  
/

Foglio  
1 di 27

## Indice

<b>1</b>	<b>ACRONIMI E ABBREVIAZIONI</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b>	<b>5</b>
4.1	Descrizione generale	5
4.2	Planimetria generale dell'impianto	7
<b>5</b>	<b>AEROGENERATORE</b>	<b>9</b>
5.1	Descrizione generale	9
5.2	Il quadro elettrico di MT	11
<b>6</b>	<b>SISTEMA ELETTRICO NEL PARCO EOLICO E DISTRIBUZIONE MT</b>	<b>12</b>
6.1	Il sistema di distribuzione MT	12
6.2	Schema elettrico	14
6.3	Linee elettriche MT di collegamento	15
6.4	Sistema di posa cavi	17
6.5	Fibra ottica per telecomunicazione	18
6.6	Sistema di terra	18
6.7	Dimensionamento elettrico delle linee MT	19
<b>7</b>	<b>SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI UTENTE</b>	<b>20</b>
7.1	Descrizione generale	21
7.2	Caratteristiche elettriche	22
7.3	Sistemi di Misura	23
7.4	Sistema di automazione	23
7.5	Sistema di protezione	23
7.6	Servizi ausiliari	23
7.7	Rete di Terra	24
7.8	Edificio di Comando e Controllo	24
7.9	Opere civili	24
<b>8</b>	<b>ANALISI DEL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE</b>	<b>26</b>
8.1	Misure di protezione contro i contatti diretti	26
8.2	Misure di protezione contro i contatti indiretti	26
8.3	Protezioni contro le fulminazioni dirette	27

## 1 ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

<b>AT</b>	Alta Tensione
<b>bt</b>	Bassa Tensione
<b>CP</b>	Cabina Primaria
<b>PeC</b>	(Sistema) di Protezione e di Controllo
<b>QSA</b>	Quadro Servizi Ausiliari
<b>SCADA</b>	Sistema di controllo e monitoraggio
<b>SSE</b>	Sottostazione
<b>TA</b>	Trasformatore amperometrico
<b>TV</b>	Trasformatore voltmetrico
<b>TVI</b>	Trasformatore voltmetrico induttivo
<b>RTN</b>	Rete di Trasmissione Nazionale

## 2 PREMESSA

Il Gruppo Wpd nasce in Germania, a Brema, nel 1996 e da oltre 20 anni opera nel settore delle energie rinnovabili, in particolare da fonte eolica. Ad oggi il Gruppo wpd ha installato oltre 2.200 torri eoliche con una capacità totale di circa 4,4 GW.

Inoltre, Wpd è direttamente responsabile del funzionamento e della gestione di 355 parchi eolici, equivalenti a 4 GW di potenza installata.

Il Gruppo Wpd ha ottenuto il riconoscimento "A" dall'agenzia di rating Euler Hermes del gruppo Allianz, a testimonianza dell'alta affidabilità finanziaria dell'impresa.

Il Gruppo Wpd, in continuo sviluppo, è presente con le sue società controllate in 21 paesi (Europa, Asia, America del nord) ed in Italia opera con la sua controllata Wpd Italia s.r.l. dal 2006.

Nell'anno 2006 Wpd fa il suo ingresso di fatto nel mercato italiano delle energie rinnovabili iniziando la progettazione di 3 impianti solari fotovoltaici, 2 in Calabria nel Comune di Lamezia Terme (CZ) ed 1 nel Lazio nel Comune di Minturno (LT) ognuno della potenza di 1 MW che sono stati tra i primi impianti autorizzati di grande taglia ad aver goduto della tariffa incentivante del Primo Conto Energia. Gli impianti sono in esercizio dal 2008. Ag oggi WPD Italia ha autorizzato 3 parchi eolici per un totale di 72 Mwp ed ha in sviluppo una pipeline di nuovi impianti eolici per una potenza complessiva di circa 500 MWp.

Nell'abito delle suddette attività di sviluppo, Wpd ha conferito incarico alla società Gecodor s.r.l. di progettare un parco eolico in Basilicata, nel territorio dei Comuni di Colobrarò e Tursi (Provincia di Matera) con punto di connessione nel limitrofo Comune di Sant'Arcangelo (PZ) presso la Sottostazione RTN Terna da 150 kV.

La presente relazione tecnica specialistica ha per oggetto la descrizione degli impianti elettrici previsti nell'ambito delle opere in progetto

Saranno descritte quindi le opere elettriche sia per il campo eolico vero e proprio, costituito dagli aerogeneratori e della distribuzione elettrica tra gli aerogeneratori e la sottostazione elettrica di collegamento alla rete di trasmissione nazionale sia la sottostazione elettrica di utente.

## 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa:

- D.Lgs. 387/2003;
- D.Lgs. 28/2011 - Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";
- Norma CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia;
- Norma CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi;
- Norma CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;

- Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni”;
- Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.”;
- Norma CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 11-3;V1: Impianti di produzione eolica;
- Norma CEI 11-35: Guida all’esecuzione delle cabine elettriche d’utente;
- Norma CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- Norma CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12);
- Norma CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- Norma CEI 211-4/1996 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- Norma CEI 211-6/2001 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”
- DM 29/05/2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetiche.

## 4 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

### 4.1 DESCRIZIONE GENERALE

L’impianto eolico è composto da aerogeneratori indipendenti, opportunamente disposti e collegati in relazione alla disposizione dell’impianto, dotati di generatori asincroni trifasi. Ogni generatore è topograficamente, strutturalmente ed elettricamente indipendente dagli altri anche dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione. Gli aerogeneratori sono collegati fra loro e a loro volta si connettono alla sottostazione tramite un cavidotto interrato. Nella stessa sottostazione sarà ubicato il sistema di monitoraggio, comando, misura e supervisione (MCM) dell’impianto eolico che consente di valutare in remoto il funzionamento complessivo e le prestazioni dell’impianto ai fini della sua gestione. All’interno della torre saranno installati:

- l’arrivo cavo BT (690 V) dal generatore eolico al trasformatore;
- il trasformatore MT-BT (0,69/33);
- il sistema di rifasamento del trasformatore;
- la cella MT (33 kV) di arrivo linea e di protezione del trasformatore;
- il quadro di BT (690 V) di alimentazione dei servizi ausiliari;
- quadro di controllo locale.

L’impianto eolico sarà costituito da n. 21 aerogeneratori, ciascuno di potenza massima da 4,57 MW, corrispondenti ad una potenza installata massima di 95.97 MW. Per la sua realizzazione sono quindi da prevedersi le seguenti opere ed infrastrutture:

- opere civili: comprendenti l’esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, l’adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito e la realizzazione

della viabilità di servizio interna all'impianto;

- opere impiantistiche: comprendenti l'installazione degli aerogeneratori e l'esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati tra i singoli aerogeneratori, tra gli aerogeneratori e la sottostazione Elettrica di Utente (SSSEU).

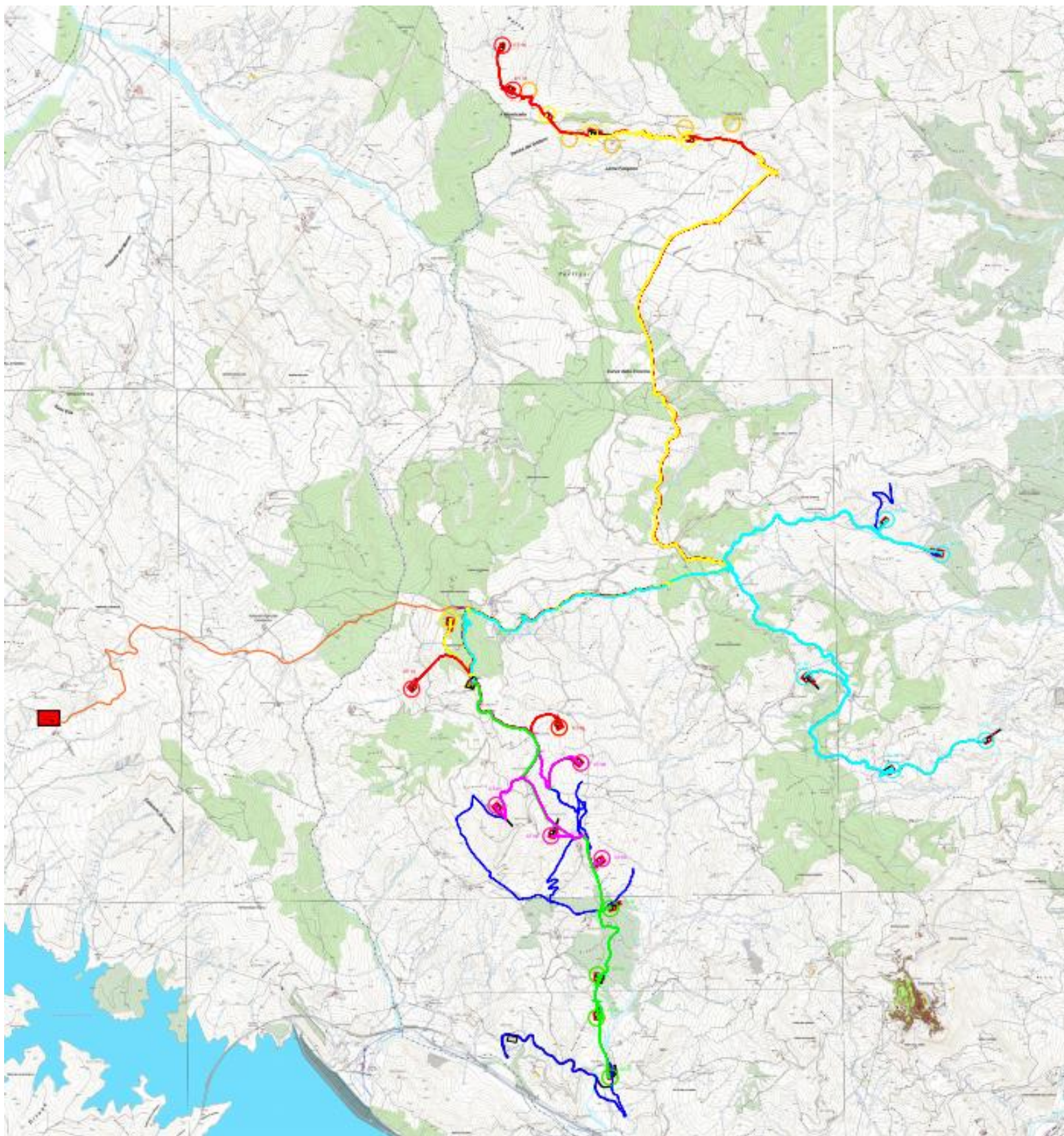
La connessione alla rete elettrica nazionale RTN comprende la già citata Stazione Elettrica Utente in cui avviene la raccolta dell'energia prodotta (in MT a 33kV), la trasformazione di tensione (33/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV). In essa saranno installati n. 2 trasformatori elevatori 33/150 kV, di potenza 40/50 NVA ciascuno. L'energia così resa alla tensione di 150 kV verrà trasferita alla Stazione elettrica di consegna alla CP "Santarcangelo" a 150 kV della Terna attraverso un cavidotto interrato esercito a 150 kV.

#### 4.2 PLANIMETRIA GENERALE DELL'IMPIANTO

Gli aerogeneratori sono stati posizionati come descritto negli elaborati grafici di progetto; essi sono ubicati nei Comuni di Colobraro e Tursi come mostrato nella sottostante mappa:



Le postazioni degli aerogeneratori sono costituite da piazzole collegate da una viabilità d'impianto. I dispositivi elettrici di trasformazione BT/MT degli aerogeneratori saranno alloggiati all'interno delle Navicelle. Pertanto, non sono previste costruzioni di cabine di macchina. Di seguito il layout dell'impianto sovrapposto alla carta regionale tecnica.





## 5 AEROGENERATORE

### 5.1 DESCRIZIONE GENERALE

L'aerogeneratore è la macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta del vento, per la produzione di energia elettrica. Sul mercato esistono diverse tipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale e verticale, con rotore mono, bi o tripala, posto sopra o sottovento. Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza massima di 4,57 MW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro di massimo 155 m, posto sopravvento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- sostegno tubolare troncoconico in acciaio, avente altezza fino all'asse del rotore al massimo pari a 122,50 m.

I tronchi di torre sono realizzati da lastre in acciaio laminate, saldate per formare una struttura tubolare troncoconica. Si tratta di aerogeneratori di tipologia già impiegata estesamente in altri parchi italiani/UE, che consentono il miglior sfruttamento della risorsa vento e che presentano garanzie specifiche dal punto di vista della sicurezza (così come si dimostrerà in vari altri documenti: piano di produzione, studio di gittata etc.);

La turbina è equipaggiata, in accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), con un sistema di segnalazione notturna per la segnalazione aerea. La segnalazione notturna consiste nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore.

Le turbine di inizio e fine tratto avranno una segnalazione diurna consistente nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m.

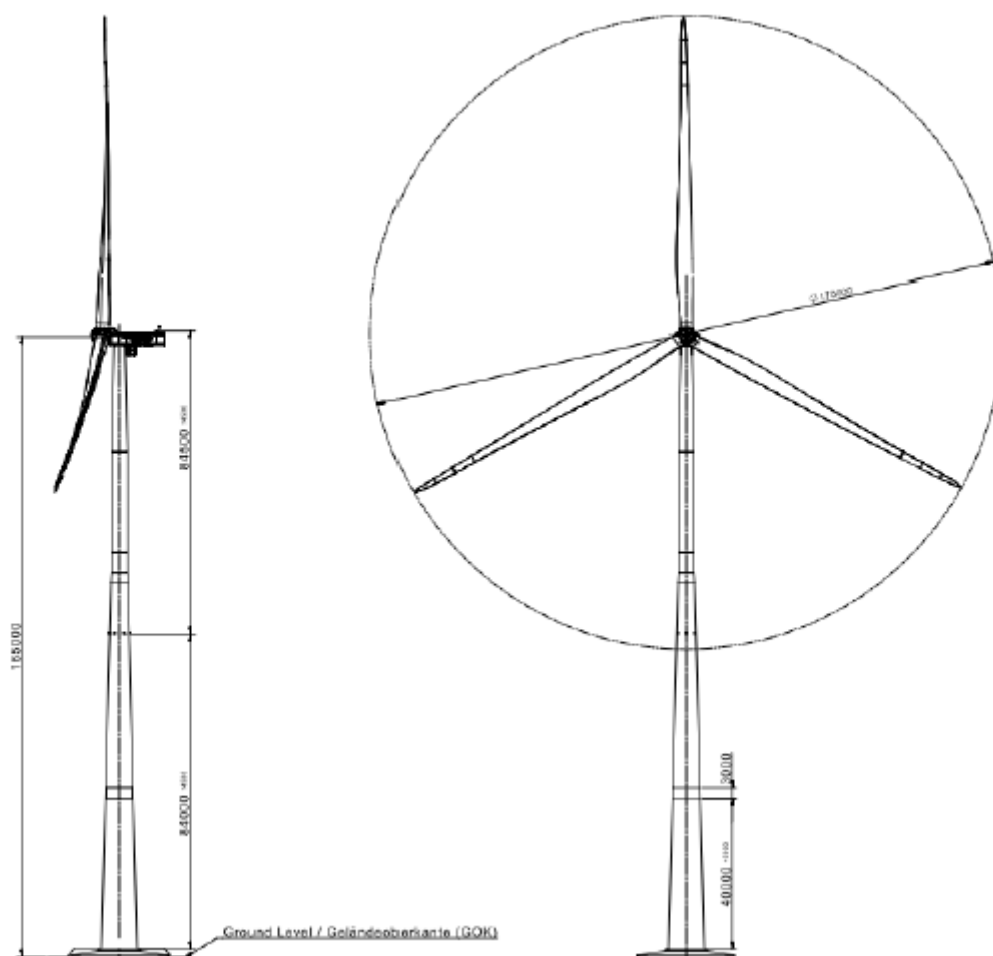
La navicella è dotata di un sistema antincendio, che consiste di rilevatori di fumo e CO, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore).

In aggiunta a ciò, il rivestimento della navicella contiene materiali autoestinguenti. L'aerogeneratore è dotato di un completo sistema antifulmine, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia alla struttura (interna ed esterna) che alle persone. Il fulmine viene "catturato" per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5 metri per tutta la lunghezza della pala. Da questi, la corrente del fulmine è incanalata attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza fino al sistema di messa a terra. La corrente di un eventuale fulmine è scaricata dal rotore e dalla navicella alla torre tramite collettori ad anelli e scaricatori di sovratensioni. La corrente del fulmine è infine scaricata a terra tramite un dispersore di terra. I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione (Classe I), secondo lo standard internazionale IEC 61024-1.

Generalmente, una moderna turbina eolica entra in funzione a velocità del vento di circa 3-5 m/s e raggiunge la sua potenza nominale a velocità di circa 10-14 m/s. A velocità del vento superiori, il sistema di controllo del passo inizia a funzionare in maniera da limitare la potenza della macchina e da prevenire sovraccarichi al generatore ed agli altri componenti elettromeccanici. A velocità di circa 22-25 m/s il sistema di controllo orienta le pale in maniera tale da mandare il stallo il rotore e da evitare forti sollecitazioni e danni meccanici e strutturali. L'obiettivo è quello di far funzionare il rotore con il massimo rendimento possibile con velocità del vento comprese tra quella di avviamento e quella nominale, di mantenere costante la potenza nominale all'albero di trasmissione quando la velocità del vento aumenta e di bloccare la macchina in caso di venti estremi. Il moderno sistema di controllo del passo degli aerogeneratori permette di ruotare singolarmente le pale intorno al loro asse principale; questo sistema, in combinazione con i generatori a velocità variabile, ha portato ad un significativo miglioramento del funzionamento e del rendimento

degli aerogeneratori. La frenatura è effettuata regolando l'inclinazione delle pale del rotore ad un angolo di  $91^\circ$ . Ciascuno dei tre dispositivi di regolazione dell'angolo delle pale del rotore è completamente indipendente. In caso di un guasto del sistema di alimentazione, i motori a corrente continua sono alimentati da accumulatori che ruotano con il rotore. L'impiego di motori a corrente continua permette, in caso di emergenza, la connessione in continua degli accumulatori, senza necessità di impiego di inverter. Ciò costituisce un importante fattore di sicurezza, se confrontato coi sistemi pitch, progettati in corrente alternata. La torsione di una sola pala è sufficiente per portare la turbina in un range di velocità nel quale la turbina non può subire danni. Ciò costituisce un triplice sistema ridondante di sicurezza. Nel caso in cui uno dei sistemi primari di sicurezza si guasti, si attiva un disco meccanico di frenatura che arresta il rotore congiuntamente al sistema di registrazione della pala. I sistemi frenanti sono progettati per una funzione "fail-safe"; ciò significa che, se un qualunque componente del sistema frenante non funziona correttamente o è guasto, immediatamente l'aerogeneratore si porta in condizioni di sicurezza. Gli aerogeneratori hanno una vita utile di circa 30 anni, al termine dei quali è necessario provvedere al loro smantellamento ed eventualmente alla loro sostituzione con nuovi aerogeneratori. La fase di decommissioning avverrà con modalità analoghe a quanto descritto per la fase di installazione. Le componenti elettriche (trasformatore, quadri elettrici, ecc) verranno quindi smaltite, in accordo con la direttiva europea (WEEE - Waste of Electrical and Electronic Equipment); le parti in metallo (acciaio e rame) e in plastica rinforzata (GPR) potranno invece essere riciclate.

**SG 6.0-170 165m**



## 5.2 IL QUADRO ELETTRICO DI MT

A seconda della posizione dell'aerogeneratore nella rete di distribuzione MT del parco eolico insieme all'interruttore MT di protezione del trasformatore, sulla piattaforma più bassa, sono installati altri componenti MT a formare un vero e proprio quadro MT. La configurazione del quadro MT a base torre dipende dalla posizione dell'aerogeneratore nello schema unifilare del parco eolico: avremo aerogeneratori in posizione di fine linea, oppure in posizione intermedia. Gli aerogeneratori sono collegati, infatti, fra loro in quattro gruppi (circuiti) secondo gli schemi sotto riportati. Ciascun sottocampo sarà poi collegato alla SSE di connessione.

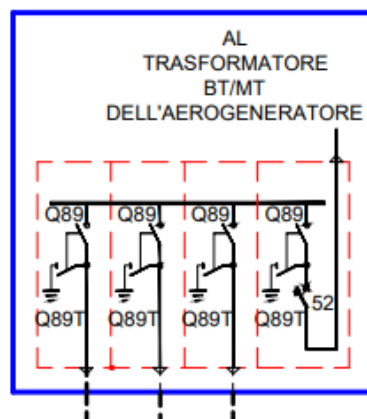
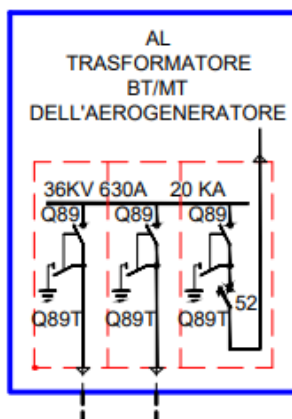
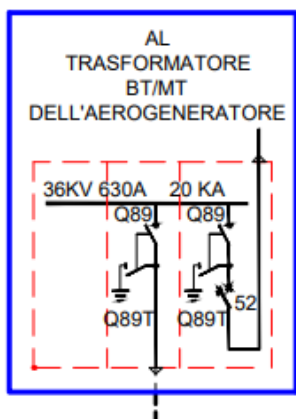
Circuito	Aerogeneratore	Tipo di quadro MT dell'aerogeneratore
A	CT01	Fine linea
	CT02	Entra-esci
	CT03	Entra-esci
	CT04	Entra-esci
B	CT05	Fine linea
	CT06	Entra-esci
	CT07	Smistamento
	CT11	Entra-esci
C	CT16	Fine linea
	CT15	Entra-esci
	CT10	Smistamento
	CT09	Fine linea
D	CT14	Fine linea
	CT13	Entra-esci
	CT12	Entra-esci
	CT11	Entra-esci
E	CT17	Fine linea
	CT18	Entra-esci
	CT19	Smistamento
	CT20	Entra-esci
	CT21	Fine linea

La configurazione elettrica del quadro MT dell'aerogeneratore per le varie tipologie è rappresentata nei seguenti schemi:

Fine linea

Entra-esci

Smistamento



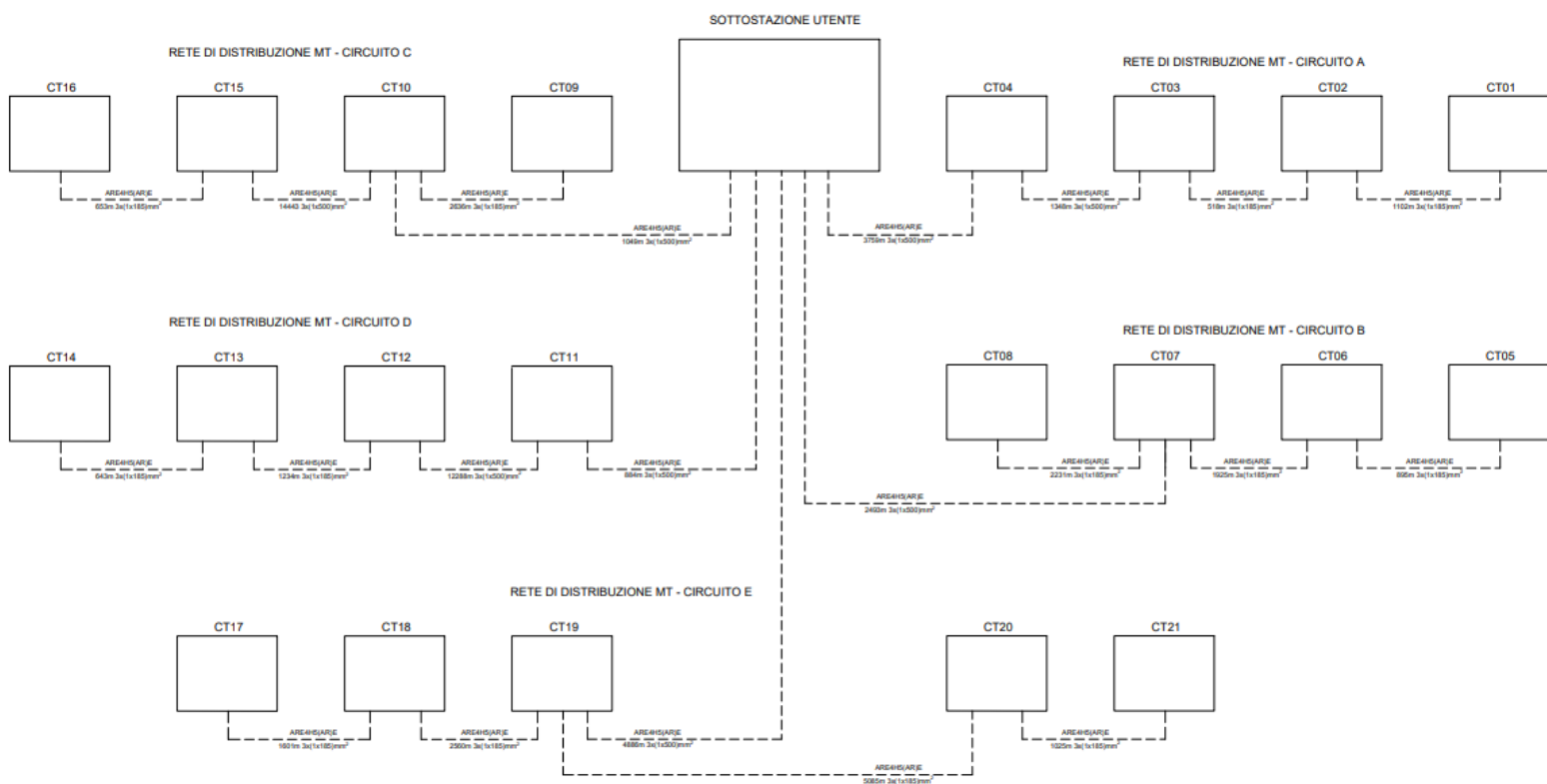
## 6 SISTEMA ELETTRICO NEL PARCO EOLICO E DISTRIBUZIONE MT

### 6.1 IL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE MT

Il parco eolico avrà una potenza complessiva di 95,97 MW, data dalla somma delle potenze elettriche di n. 21 aerogeneratori da 4,57 MW ciascuno. Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono collegati fra di loro in n. 5 gruppi (circuiti) da n. 4 oppure 5 aerogeneratori ciascuno, come riportato nella tabella sotto.

Circuito	Aerogeneratori	Potenza totale
A	CT01 – CT02 – CT03 – CT 04	18,28 MW
B	CT05 – CT06 – CT07 – CT08	18,28 MW
C	CT16 – CT15 – CT10 – CT09	18,28 MW
D	CT14 – CT13 – CT12 – CT11	18,28 MW
E	CT17 - CT18 - CT19 - CT20 - CT21	22,85 MW

Il criterio di utilizzato per la suddivisione del collegamento elettrico degli aerogeneratori riferisce al posizionamento fisico degli aerogeneratori, al rispetto di importanti parametri elettrici quali la caduta di tensione e le perdite di potenza, alla ottimizzazione della lunghezza dei conduttori elettrici.



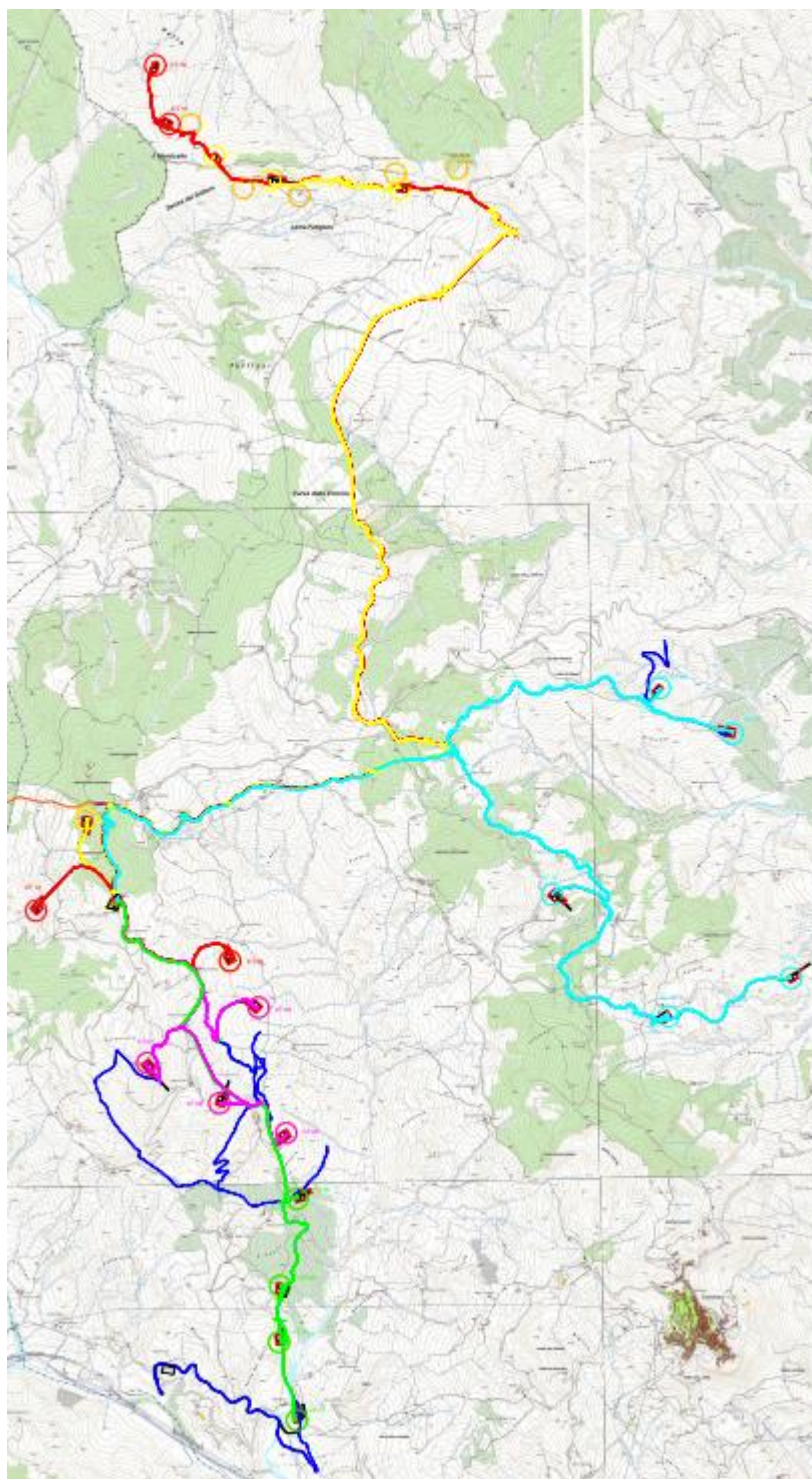
Coerentemente con la suddivisione in circuiti di cui sopra, l'intero sistema di raccolta dell'energia dagli aerogeneratori verso la SSE Utente 33/150 kV è articolato su n.5 distinte linee elettriche a 33 kV, una per ciascun circuito.

Dall'aerogeneratore capofila di ciascun circuito, diparte una linea elettrica di vettoriamento in cavo interrato MT 33 kV.

Analogamente, gli aerogeneratori di ciascun circuito sono collegati fra loro in entra-esce con una linea elettrica in cavo

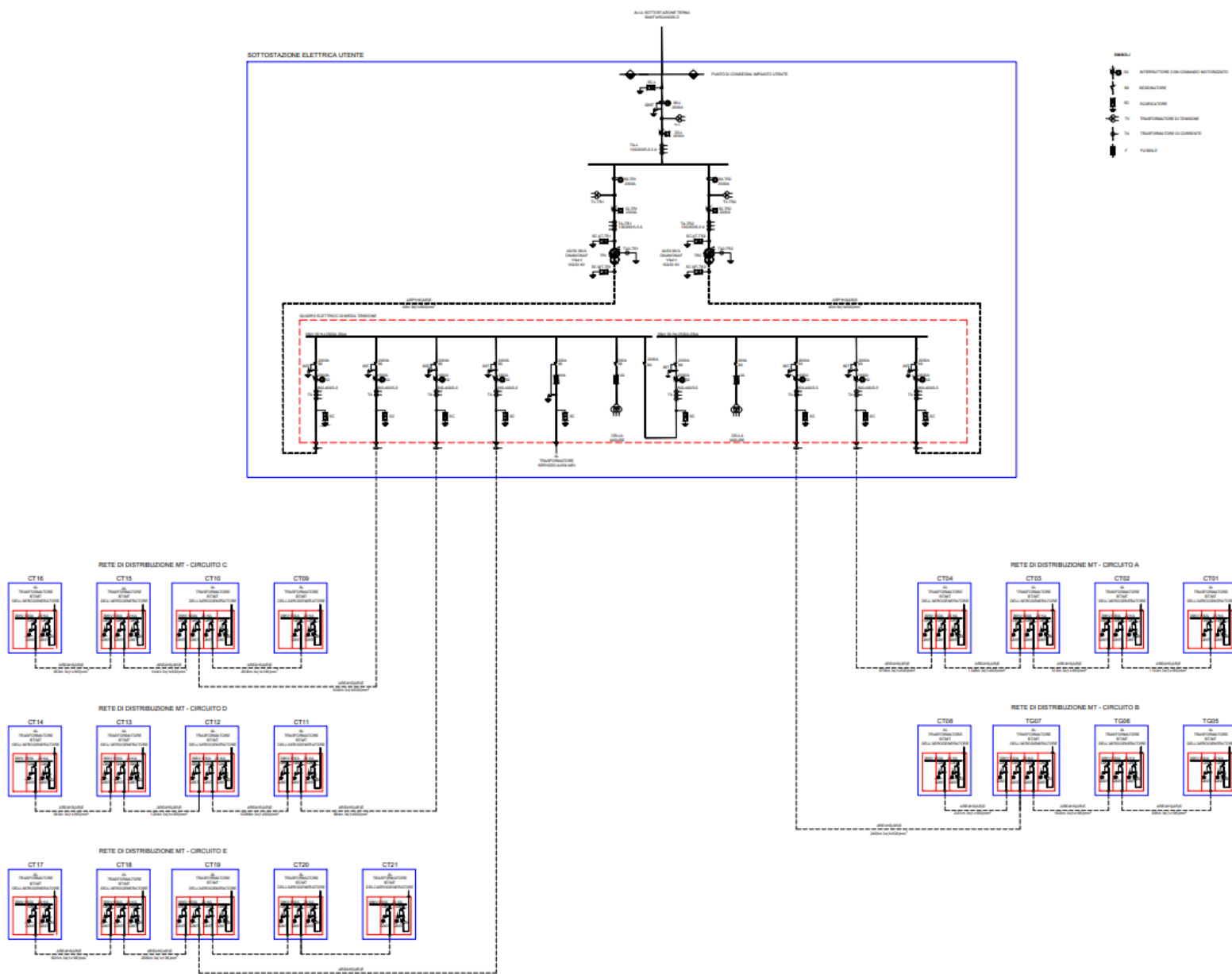
interrato MT 33 kV, di sezione crescente dal primo all'ultimo aerogeneratore. Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sotto campi che per la connessione alla SSE, saranno del tipo standard in alluminio con schermatura elettrico e protezione meccanica integrata.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa. Per il dettaglio dei tipologici di posa, si rimanda all'elaborato "Distribuzione MT – sezioni tipiche delle trincee cavidotto". A seguire lo schema planimetrico di collegamento degli aerogeneratori.



## 6.2 SCHEMA ELETTRICO

L'immagine di seguito riportata mostra lo schema elettrico del parco eolico, con evidenza dei sottocampi e delle linee di collegamento. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati elencati in allegato.



### 6.3 LINEE ELETTRICHE MT DI COLLEGAMENTO

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sottocampi che per la connessione alla SSE, saranno del tipo schermato, con conduttore in alluminio, con formazione a trifoglio elicordato per le sezioni minori, o a trifoglio semplice per le sezioni maggiori.

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, con protezioni meccaniche ove necessario, ad una profondità di 1 m dal piano di calpestio.

Nella tabella che segue è riportato il risultato del dimensionamento preliminare delle linee elettriche di collegamento, che sarà oggetto di approfondimento in fase esecutiva.

Da	A	Lunghezza tratta [m]	Tipo di cavo [mm <sup>2</sup> ]
<b>CIRCUITO A</b>			
CT01	CT02	1102	AL 1x185
CT02	CT03	518	AL 1x185
CT03	CT04	1348	AL 1x500
CT04	SS	3759	AL 1x500
<b>CIRCUITO B</b>			
CT05	CT06	895	AL 1x185
CT06	CT07	1925	AL 1x185
CT07	CT08	2231	AL 1x185
CT07	SS2	2493	AL 1x500
<b>CIRCUITO C</b>			
CT16	CT15	653	AL 1x185
CT15	CT10	14443	AL 1x500
CT10	CT09	2636	AL 1x185
CT10	SS2	1049	AL 1x500
<b>CIRCUITO D</b>			
CT14	CT13	643	AL 1x185
CT13	CT12	1234	AL 1x185
CT12	CT11	12288	AL 1x500
CT11	SS2	884	AL 1x500
<b>CIRCUITO E</b>			
CT17	CT18	1601	AL 1x185
CT18	CT19	2560	AL 1x185
CT19	CT20	5085	AL 1x185
CT20	CT21	1025	AL 1x185
CT19	SS2	4886	AL 1x500

La tabella che segue riporta la suddivisione dei circuiti elettrici per ogni tratta di cavidotto

TRATTA			Circuito A		Circuito B		Circuito C		Circuito D		Circuito E	
DA	A	Lunghezza	N. cavi	Formazione cavo	N. cavi	Formazione cavo	N. cavi	Formazione cavo	N. cavi	Tipo cavo	N. cavi	Formazione cavo
CT16	C1	622					1	3x(1x185)				
CT15	C1	31					2	3x(1x185) + 3x(1x500)				
C1	D1	543					1	3x(1x500)				
CT14	D1	31							1	3x(1x185)		
D1	D2	576					1	3x(1x500)	1	3x(1x185)		
CT13	D2	36							2	3x(1x185)		
D2	D3	1173					1	3x(1x500)	1	3x(1x185)		
CT12	D3	26							2	3x(1x185) + 3x(1x500)		
D3	D30	847							1	3x(1x500)		
D30	D31	1132					1	3x(1x500)	1	3x(1x500)		
D31	D32	1591					1	3x(1x500)	1	3x(1x500)		
D32	D33	862					1	3x(1x500)	1	3x(1x500)		
D33	D34	1882					1	3x(1x500)	1	3x(1x500)		
D34	D341	944							1	3x(1x500)		
D341	D35	806					1	3x(1x500)	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)
D35	D36	1306					1	3x(1x500)	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)
D36	D4	1244					1	3x(1x500)	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)
D4	D5	882					1	3x(1x500)	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)
D5	D6	306					3	3x(1x185) + 2x 3x(1x500)	2	3x(1x500)		
CT11	D6	461							2	3x(1x500)		
CT10	D6	625					3	3x(1x500)				
SS1	D5	46					2	3x(1x185) + 3x(1x500)	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)
CT01	A1	903	1	3x(1x185)								
A1	A2	187	1	3x(1x185)								
CT02	A1	199	2	3x(1x185)								
A2	A3	1076	1	3x(1x185)								
CT03	A2	133	2	3x(1x185) + 3x(1x500)								
CT04	A3	140	2	3x(1x500)								
A3	B1	513	1	3x(1x500)								
CT05	B1	158			1	3x(1x185)						
B1	B2	380	1	3x(1x500)								
B2	B21	115	1	3x(1x500)								
CT06	B21	241			2	3x(1x185)						
B21	B3	901	1	3x(1x500)								
CT07	B3	783			3	2x 3x(1x185) + 3x(1x500)						
B3	B4	355	1	3x(1x500)								
A5	B4	459	1	3x(1x185)								
B4	B5	198	1	3x(1x500)								
CT08	A5	633			1	3x(1x185)						
CT09	B5	573					1	3x(1x500)				
SS1	B5	1085	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)				
SS1	SS2	71	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)
CT21	E3	816									1	3x(1x185)
CT20	E3	209									2	3x(1x185)
D341	E3	2142									1	3x(1x185)
D341	E2	2203									2	3x(1x185) + 3x(1x500)
CT19	E2	530									3	2x 3x(1x185) + 3x(1x500)
E2	E1	1867									1	3x(1x185)
CT18	E1	163									2	3x(1x185)
CT17	E1	1438									1	3x(1x185)

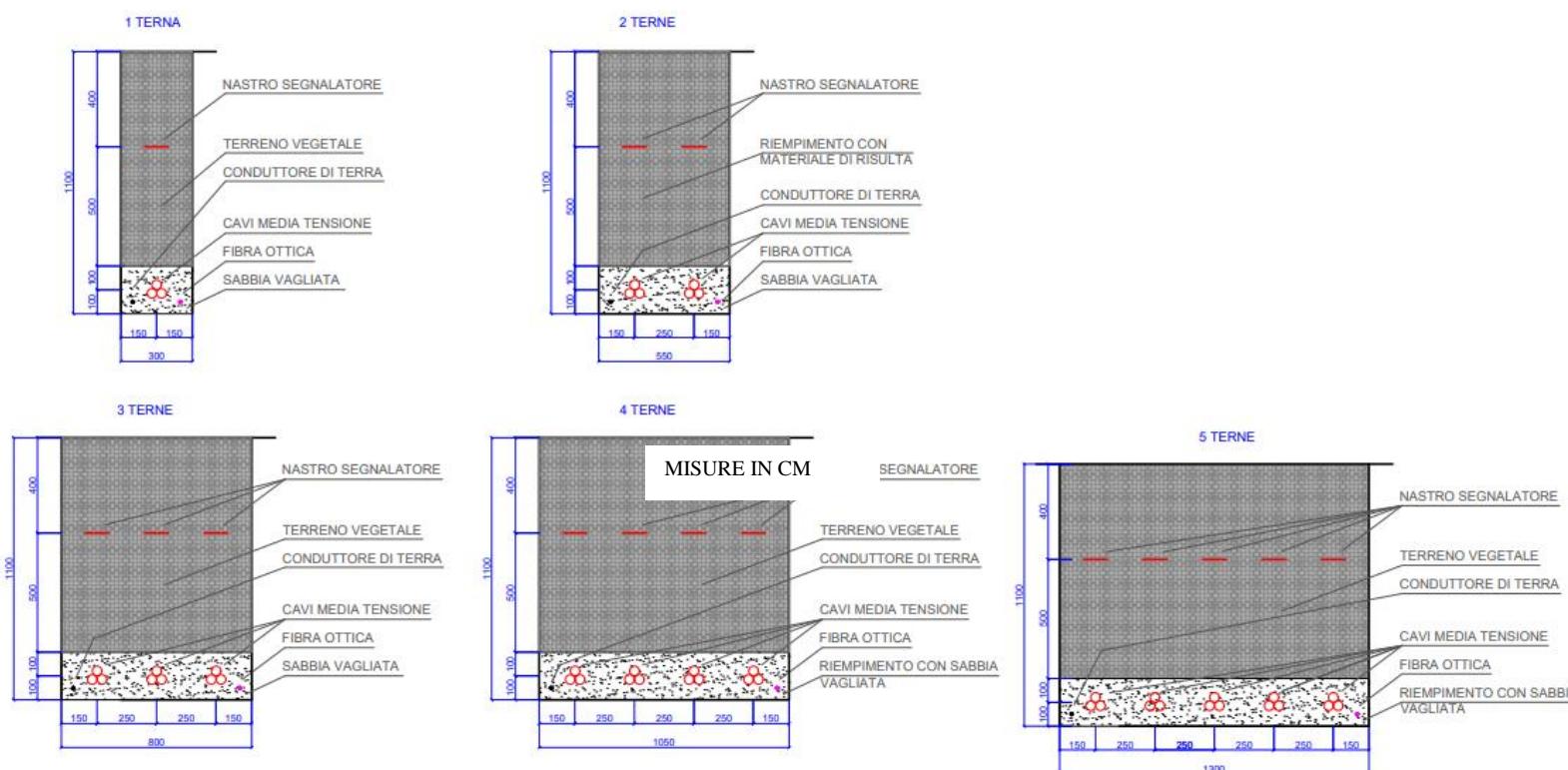


#### 6.4 SISTEMA DI POSA CAVI

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 1 m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Per il dettaglio dei tipologici di posa, si rimanda all'elaborato "Distribuzione MT – sezioni tipiche delle trincee cavidotto"



La trincea all'interno della quale saranno collocati i cavi avrà profondità non inferiore a 1,10 m e larghezza compresa tra 0,30 m per una terna e 1,3 m in relazione al numero di terne in esso disposte.

Numero di terne	Larghezza del cavidotto [cm]
1	30
2	55
3	80
4	105
5	130

Le modalità di esecuzione dei cavidotti su strade di parco è come segue:

FASE 1 (apertura delle piste laddove necessario):

- apertura delle piste e stesura della fondazione stradale per uno spessore di cm 40;

FASE 2 (posa cavidotti);

- Scavo a sezione obbligata fino alla profondità relativa di -1,10 m dalla quota di progetto stradale finale;
- collocazione della corda di rame sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
- collocazione delle terne di cavo MT, nel numero previsto come da schemi di collegamento;
- collocazione della fibra ottica;
- rinterro con materiale granulare classifica A1 secondo la UNI CNR 10001 e s.m.i.
- rinterro con materiale proveniente dagli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
- collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
- rinterro con materiale proveniente dagli scavi del pacchetto stradale precedentemente steso (in genere 40 cm);

FASE 3 (finitura del pacchetto stradale):

- Stesura dello strato di finitura stradale pari a 20 cm fino al piano stradale di progetto finale con materiale proveniente da cava o da riutilizzo del materiale estratto in situ (vedi piano di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo).

## 6.5 FIBRA OTTICA PER TELECOMUNICAZIONE

Per permettere il monitoraggio e controllo dei singoli aerogeneratori, il progetto prevede la realizzazione di un sistema di telecontrollo, il quale sovrintenderà al funzionamento del parco eolico. Per la realizzazione del sistema si farà uso di un collegamento in fibra ottica, in configurazione entra-esce da ciascun aerogeneratore. Lo schema di collegamento del sistema di monitoraggio segue la stessa logica dello schema di collegamento elettrico riportato nel capitolo precedente. In particolare, si farà uso di un cavo in fibra ottica mono-modale da 12 fibre 9/125/250, idoneo alla posa interrata, di caratteristiche prestazionali tali da garantire una attenuazione del segnale minima, così da permettere la migliore qualità nella trasmissione delle informazioni. Le fibre devono essere corredate di tutti gli accessori necessari alla loro giunzione ed attestazione.

## 6.6 SISTEMA DI TERRA

Il sistema di terra del parco eolico è costituito da una maglia di terra formata dai sistemi di dispersori dei singoli aerogeneratori e dal conduttore di corda nuda che li collega. La maglia complessiva che si viene così a creare consente di ottenere un valore di resistenza di terra tale da garantire un sufficiente margine di sicurezza, adeguato alla normativa vigente. Il sistema di terra di ciascun aerogeneratore consisterà in più anelli dispersori concentrici, collegati radialmente fra loro, e collegati in più punti anche all'armatura del plinto di fondazione.

Il conduttore di terra di collegamento tra i vari aerogeneratori consiste invece in una corda di rame nudo da 50 mm<sup>2</sup>, posta in intimo contatto con il terreno. Particolare attenzione va posta agli attraversamenti lungo il tracciato del cavidotto. Per evitare infatti che in caso di guasto si possa verificare il trasferimento di potenziali dannosi agli elementi sensibili circostanti, quali altri sotto-servizi, acquedotti, tubazioni metalliche, ecc. ecc., verrà utilizzato in corrispondenza di tutti gli attraversamenti, da 5 m prima e fino a 5 m dopo il punto di interferenza, un cavo Giallo/Verde di diametro 95mm<sup>2</sup> del tipo FG16(O)R, opportunamente giuntato al conduttore di rame nudo, tale da garantire una resistenza pari a quella della corda di rame nudo di 50 mm<sup>2</sup>.

## **6.7 DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE MT**

Il dimensionamento dei cavi è stato eseguito tenendo conto delle seguenti disposizioni, tratte dalla norma CEI 11-17

- Caduta di tensione lungo la linea minore del **3%**;
- Perdite di potenza minori del **5%**.

Una volta determinata la sezione dei singoli cavi in funzione delle specifiche appena riportate, si procederà ad effettuare la verifica termica, attraverso il calcolo delle correnti di corto circuito previste e la verifica della tenuta termica dei cavi.

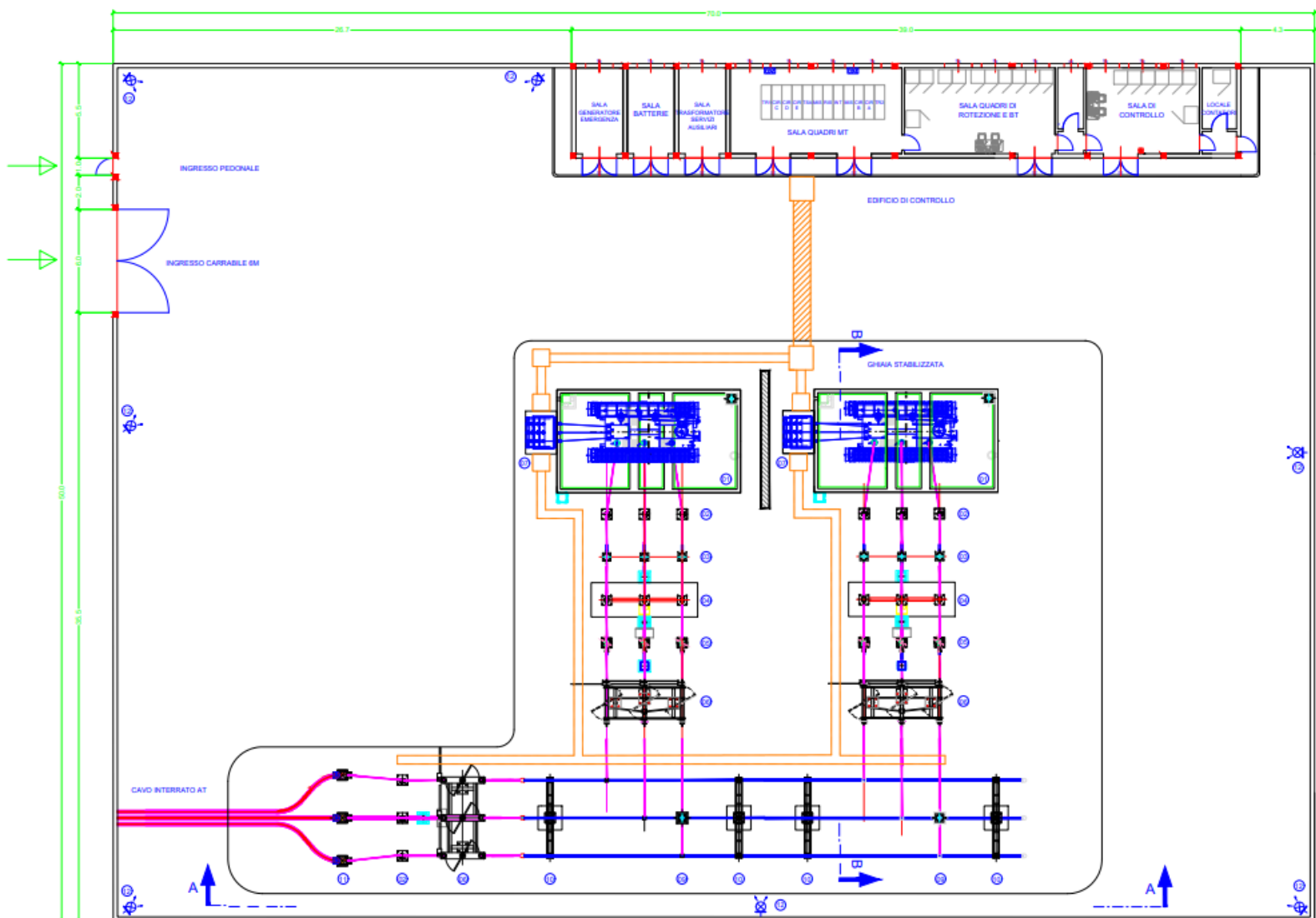
Per il calcolo dettagliato si rimanda al documento dedicato "Calcolo preliminare degli impianti elettrici".

## 7 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI UTENTE

Il parco eolico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso una nuova Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU) 150/33 kV, da ubicarsi nel Comune di Colobraro all'interno dell'area del parco eolico.

La connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale RTN, è effettuato attraverso un sistema di cavi AT interrati, che partiranno dallo stallo AT presente nella nuova SSEU sino a giungere il nuovo stallo AT da prevedere nella CP "Stantarcangelo" della Terna.

Di seguito uno stralcio della planimetria della sottostazione elettrica di utente che copre una superficie di circa 3500m<sup>2</sup>.



## 7.1 DESCRIZIONE GENERALE

Presso la SSEU verrà realizzato un nuovo impianto AT di utente, così composto:

- n. 2 trasformatori AT/MT 150/33 kV della potenza di 40/50 MVA ONAN/ONAF
- n. 3 interruttori tripolari 170 kV 2000A 40 kA
- n. 1 sistema di distribuzione in sbarre
- n. 6 TV capacitivi
- n. 3 TV induttivi
- n. 9 TA
- n. 9 Scaricatori 170kV
- n. 3 sezionatori tripolari
- Planimetria apparecchiature elettromeccaniche

L'impianto sarà completato dalla sezione MT e BT, la quale sarà composta dai seguenti macchinari e sistemi:

- Quadri MT generali 33kV completi di:
  - Scomparti di sezionamento linee di campo
  - Scomparti misure
  - Scomparti protezione generale
  - Scomparti trasformatore ausiliario
  - Scomparti protezione di riserva
- Trasformatori MT/BT servizi ausiliari 33/0,4 kV 150 kVA
- Sistema di alimentazione di emergenza e ausiliari
- Quadri misuratori fiscali
- Sistema di monitoraggio e controllo
- Sistema di protezione AT, MT, bt

Verrà altresì realizzato un edificio presso la sottostazione, di dimensioni in pianta di circa 39 x 5,5 m<sup>2</sup>, nel quale verranno ubicati i quadri MT, i trasformatori MT/BT, nonché i quadri ausiliari e di protezione oltre al locale misure e servizi.

La recinzione perimetrale sarà realizzata con moduli in cls prefabbricati di altezza pari a 2,5 m circa. L'area sarà inoltre dotata sia di ingresso carrabile e sia pedonale.

## 7.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Nel seguito del paragrafo si elencano le caratteristiche delle principali apparecchiature AT costituenti la sezione 150 kV della SSE in progetto. Tutte le apparecchiature saranno rispondenti alle Norme tecniche CEI già citate.

Le caratteristiche elettriche della sezione AT sono le seguenti:

Tensione di esercizio AT	150 kV
Tensione massima di sistema	170 kV
Frequenza	50 Hz
Tensione di tenuta alla frequenza industriale fase-fase e fase terra sulla distanza di isolamento	325 kV 375 kV
Tensione di tenuta ad impulso (1.2-50us) fase-fase e fase terra sulla distanza di isolamento	750 kV 860 kV
Corrente nominale sulle sbarre	2000 A
Corrente nominale di stallo	1250 A
Corrente di corto circuito	31,3 kA

### 7.2.1 Trasformatori di potenza:

- Rapporto di trasformazione AT/MT: 150 +/-10x1,25% / 33 kV;
- Potenza di targa: 40/50 MVA;
- Tipo di raffreddamento: ONAN/ONAF;
- Gruppo vettoriale: YNd11 (stella/triangolo con neutro esterno lato 150 kV previsto per collegamento a terra);
- Tensione di cortocircuito:  $V_{cc}=13\%$ ;
- Tipo di commutatore: sotto carico;
- Tipo di regolazione della tensione: sull'avvolgimento 150 kV;
- Tipo di isolamento degli avvolgimenti AT e MT: uniforme;
- Tensione massima avvolgimento AT: 170 kV;
- Tensione massima avvolgimento MT: 36 kV;

### 7.2.2 Interruttore

- Tensione nominale: 170 kV;
- Corrente nominale: 2000 A
- Max tensione di prova:
  - tensione nominale di tenuta a frequenza di esercizio: 325 kV;
  - tensione nominale di tenuta ad impulso atmosf.: 750 kV;
- Corrente nominale di breve durata: 40 kA;
- Corrente nominale di picco 100 kA.

### 7.2.3 Caratteristiche sezionatore di terra

- Comando tripolare a motore;
- Tensione ausiliari 110 Vcc;

#### **7.2.4 Trasformatori di tensione capacitivi**

- Rapporto di trasformazione nominale  $150.000:\sqrt{3} / 100:\sqrt{3}$  V

#### **7.2.5 Trasformatori di tensione induttivi**

- Tensione nominale primaria  $150.000:\sqrt{3}$  V;
- Tensione nominale secondaria  $100:\sqrt{3}$  V

#### **7.2.6 Sistema di sbarre**

- Corrente nominale 2000 A

### **7.3 SISTEMI DI MISURA**

Per la contabilizzazione dell'energia prodotta dal parco eolico in progetto è prevista l'installazione di un complesso di misura UTF, che verrà posto sullo stallo a 150 kV e sarà collegato con i dispositivi di lettura ubicati all'interno dell'edificio, nel locale misure.

Il sistema sarà inoltre completato da un gruppo per la misura dei consumi dei sistemi ausiliari.

In accordo alle procedure della Terna, e come ulteriormente stabilito nel Regolamento di Esercizio, sarà inoltre predisposto il sistema di trasmissione remoto delle misure verso la Terna.

### **7.4 SISTEMA DI AUTOMAZIONE**

LA SSE sarà dotata del sistema SCADA per il monitoraggio e il controllo remoto delle apparecchiature di sezionamento, manovra e di misura.

### **7.5 SISTEMA DI PROTEZIONE**

La SSE sarà dotata di tutti i sistemi di protezione per garantire la sicurezza e la operatività degli operatori, della sottostazione stessa, dell'impianto eolico, della stazione di connessione e della CP della Terna.

### **7.6 SERVIZI AUSILIARI**

I servizi ausiliari necessari presso la SSE saranno alimentati tramite trasformatori MT/bt 30/0,4 kV, in derivazione dai quadri generali MT.

Al fine di garantire la massima continuità di servizio e il riarmo delle apparecchiature, è prevista l'installazione di un generatore ausiliario.

Da tali trasformatori/generatori verrà alimentato il quadro QSA, al quale saranno collegate tutte le utenze in c.a. in bassa tensione, quali:

- Ausiliari sezione MT;
- Ausiliari sezione AT;
- Illuminazione aree esterne;
- Circuiti prese e circuiti illuminazione edificio SSE;
- Motori e pompe;
- Raddrizzatore BT;
- Sistema di monitoraggio;
- Altre utenze minori.

Dal quadro QSA verrà derivata l'alimentazione dei circuiti di protezione e comando, alimentati a 110 Vcc mediante un banco di batterie, alimentate dal raddrizzatore.

## 7.7 RETE DI TERRA

Presso la sottostazione verrà realizzato un sistema di terra dimensionato secondo le norme CEI EN 50522 (CEI 99-3) e CEI EN 61936-1 (CEI 99-2), nonché alle prescrizioni Terna, considerando la corrente di guasto che sarà comunicata dalla Terna e un tempo di eliminazione del guasto a terra pari a 0,5 s. L'impianto di terra consisterà in una maglia di terra in corda di rame nudo della sezione di 63 mm<sup>2</sup>, interrato alla profondità di circa 60 cm dal piano di calpestio, che seguirà l'intero perimetro della SSE, con maglie interne di lato massimo pari a [] m. Il sistema di terra sarà integrato dalla presenza di dispersori verticali lungo il perimetro della SSE, in prossimità dei trasformatori AT/MT. Il sistema di terra verrà collegato con l'impianto di terra presso l'edificio SSE, nonché, in funzione delle specifiche indicazioni da parte del gestore. In tal modo l'impianto di terra costituirà un sistema di terra globale, con i benefici che ne derivano in termini di capacità di dispersione e incremento del livello di sicurezza. Il collegamento fra la rete di terra e le apparecchiature di AT sarà effettuato in corda di rame nudo da 125 mm<sup>2</sup>. Le connessioni fra i conduttori in rame avverranno mediante morsetti a compressione in rame, mentre il collegamento fra i conduttori e i sostegni metallici delle apparecchiature avverrà mediante capicorda e bulloni di fissaggio. Al fine di garantire il rispetto delle tensioni limite entro i valori individuati dalla norma, in sede di progettazione esecutiva verranno individuate le aree da integrare con sistemi di dispersione ausiliaria, o sulle quali adottare provvedimenti particolari. A seguito della realizzazione dell'opera, i valori di tensione saranno comunque oggetto di verifica strumentale. Al fine di garantire la compatibilità elettromagnetica dei sistemi, in corrispondenza delle apparecchiature AT verrà realizzato un infittimento della maglia del dispersore, così pure verranno installati conduttori di terra supplementari per il collegamento delle apparecchiature.

## 7.8 EDIFICIO DI COMANDO E CONTROLLO

Presso la sottostazione verrà realizzato un edificio destinato a locali tecnici e uffici, avente un ingombro in pianta di 39 x 5,4 m, presso il quale verranno ubicati i quadri MT, i trasformatori MT/BT, nonché i quadri ausiliari.

L'edificio è articolato in più locali interni, adibiti a:

- Locale quadri MT;
- Locale gruppo elettrogeno;
- Locale quadri BT;
- Locale quadri di controllo;
- Locali per servizi ausiliari

L'edificio sarà completo di tutti gli impianti elettrici civili interni (illuminazione e prese).

L'assetto dell'edificio potrà essere ottimizzato in fase esecutivo del progetto.

## 7.9 OPERE CIVILI

Di seguito le principali opere civili previste in progetto:

- Scotico superficiale
- Scavo di sbancamento e successivo consolidamento per garantire la necessaria qualità del sottofondo;
- Eventuali opere strutturali necessarie alla preparazione dell'area (palificate e/o gabbionate);
- Realizzazione della rete di terra;
- Realizzazione della rete idraulica di smaltimento acque bianche;
- Realizzazione fondazioni in c.a. per apparecchiature AT;
- Sistemazione delle aree sottostanti le apparecchiature AT con area inghiaiaata;
- Realizzazione di sottofondo stradale per lo spessore complessivo di 0,50 cm;
- Finitura aree con conglomerato bituminoso, con strato binder (7 cm) e strato usura (3 cm);
- Realizzazione dell'impianto di illuminazione esterna, con l'installazione di corpi illuminanti LED su pali



tronco conici a stelo dritto lungo il perimetro;

- Realizzazione muro perimetrale, del tipo chiuso con pannelli prefabbricati in calcestruzzo e paletti in cls, infissi su fondazione in c.a., per una altezza complessiva fuori terra pari a 2,50 m;
- Realizzazione di un ingresso pedonale (larghezza 0,9 m) e di un carrabile (larghezza 6 m), lungo il muro perimetrale;
- Realizzazione accesso da pubblica viabilità sino al cancello di ingresso presso la SSE.

## 8 ANALISI DEL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE

Per elettrocuzione si intende la condizione di contatto tra corpo umano ed elementi in tensione con attraversamento del corpo da parte della corrente. Condizione necessaria perché avvenga un infortunio per elettrocuzione è quella in cui si crei una differenza di potenziale tra due punti della superficie corporea. Tale situazione potrebbe verificarsi nel caso di un contatto del corpo non isolato elettricamente da terra con un conduttore in tensione.

La gravità delle conseguenze dell'elettrocuzione dipende dall'intensità della corrente che attraversa l'organismo, dalla durata di tale evento, dagli organi coinvolti nel percorso e dalle condizioni del soggetto.

Per ciascuna delle sorgenti di cui ai capitoli precedenti, nonché per tutte le componenti in tensione del parco, è stato valutato il rischio di elettrocuzione nel caso si venga a contatto con parti in tensione. In particolare, sono stati presi in esame i seguenti rischi:

- Contatti elettrici diretti;
- Contatti elettrici indiretti;
- Fulminazione diretta.

### 8.1 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Gli impianti verranno costruiti in maniera tale da evitare qualunque contatto non intenzionale con le parti attive del sistema o il raggiungimento di zone pericolose nelle immediate vicinanze delle parti attive.

Per quanto riguarda le parti di impianto relative agli aerogeneratori e alla stazione di trasformazione, la norma CEI 11-1 le classifica come aree elettriche chiuse, per cui verranno applicate le misure di protezione previste al punto 7.1.3.2 della norma, ossia involucri, barriere, ostacoli e distanziamento, con le misure prescritte dalla norma.

Per quanto riguarda invece gli elettrodotti interrati, la norma li classifica come esterni ad aree elettriche chiuse, per cui verranno applicate le misure di protezione previste al punto 7.1.3.1 della norma, ossia involucri e distanziamento; si farà nello specifico uso di cavi con guaina e schermo di isolamento e si farà ricorso alla metodologia di posa tipo M indicata dalla norma CEI 11-17.

La protezione contro i contatti diretti è assicurata inoltre dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);
- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi idoneo allo scopo.

In ogni caso verranno rispettate le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza" e della Norma CEI 11-1 parte 7 "Misure di Sicurezza).

### 8.2 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Per garantire la protezione dai contatti indiretti, l'intero impianto eolico nel suo complesso è dotato di un impianto di terra, dimensionato per garantire il rispetto dei parametri indicati dalla normativa.

Per ciascun aerogeneratore verrà realizzato un proprio impianto di terra, a mezzo di anelli concentrici in alluminio interrati e connessi con le fondazioni dell'aerogeneratore, collegati alle sbarre di terra, presso le quali vengono connesse tutte le parti metalliche presenti all'interno dell'aerogeneratore.

Per quanto riguarda l'elettrodotto interrato, verrà posato nel fondo dello scavo una treccia di rame della sezione di 90 mm<sup>2</sup>, tale da connettere tra loro tutte le maglie di terra intorno agli aerogeneratori, formando un unico impianto di terra.

A tale treccia verranno collegati tutti gli schermi dei cavi presso i giunti. Infine, presso la sottostazione di trasformazione, verrà realizzato un impianto di terra al quale verranno connesse tutte le parti metalliche non in tensione,

così pure il centro stella del trasformatore. Per maggiori informazioni circa gli impianti di terra si rimanda alle relative relazioni tecniche. Verranno inoltre installati dispositivi di protezione tali da garantire l'intervento automatico in caso di guasto. La protezione contro i contatti indiretti è quindi assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ivi compresi i centri stella dei trasformatori MT/BT installati presso gli aerogeneratori, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II;
- i dispositivi di protezione intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,4 secondi, oppure entro 55 secondi con la tensione sulle masse in quel periodo non superiore a 50 V. In ogni caso verranno rispettate le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza" e della Norma CEI 11-1 parte 7 "Misure di Sicurezza).

### **8.3 PROTEZIONI CONTRO LE FULMINAZIONI DIRETTE**

Gli aerogeneratori implementano già al loro interno un sistema di protezione contro le fulminazioni, costituito da un sistema di captazione, realizzato con un anello di alluminio disposto sulle pale, da una linea di drenaggio e da una rete di terra realizzata intorno alla fondazione dell'aerogeneratore.