

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



## PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO MONTORIO

Titolo elaborato:

### Relazione tecnica descrittiva delle opere elettriche

GD	GD	WPD	EMISSIONE	16/02/22	0	0
REDATTO	CONTR.	APPROV.	DESCRIZIONE REVISIONE DOCUMENTO	DATA	REV	

#### PROPONENTE



think energy

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

#### CONSULENZA



**GE.CO.D'ORS S.R.L.**  
VIA G. GARIBALDI N. 15  
74023 GROTTAGLIE (TA)

#### PROGETTISTA

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

Codice  
MT035PEMT

Formato  
A4

Scala  
/

Foglio  
1 di 29

## Sommarario

1. PREMESSA .....	3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	3
3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO.....	4
4. AEROGENERATORE DI PROGETTO.....	6
4.1 Descrizione generale dell'aerogeneratore.....	6
4.2 Quadri elettrici di media tensione degli aerogeneratori .....	10
5. SCHEMA ELETTRICO E DISTRIBUZIONE MT DEL PARCO EOLICO .....	12
5.1. Sistema di distribuzione in media tensione.....	12
5.2. Schema di collegamento elettrico .....	14
5.3. Cavi elettrici di collegamento .....	15
5.4. Tipologia posa dei cavi.....	19
5.5. Dimensionamento delle linee elettriche MT .....	21
6. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI UTENTE .....	21
6.1 Descrizione Sottostazione Elettrica Utente .....	22
6.2 Apparecchiature AT 150 kV .....	23
6.3 Sistemi di misura .....	25
6.4 Sistema di automazione .....	25
6.5 Sistema di protezione .....	25
6.6 Servizi ausiliari.....	25
6.7 Rete di terra .....	26
6.8 Edificio di comando e controllo .....	26
6.9 Opere civili .....	27
7. ANALISI DEL RISCHIO ELETTROCUZIONE.....	27

## 1. PREMESSA

Wpd ha conferito incarico alla società Ge.co.D'Or s.r.l. di progettare un parco eolico in Molise, nel territorio dei Comuni di Montorio nei Frentani, Ururi, Larino e San Martino in Pensilis (Provincia di Campobasso) con punto di connessione alla sezione 150 kV della Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN 380/150 kV nel Comune di Larino (CB).

Nella presente trattazione viene descritto l'impianto eolico di cui sopra, la distribuzione delle linee elettriche in Media Tensione e la sottostazione elettrica di trasformazione 150/33 kV.

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Nel seguito sono riportate le norme tecniche di riferimento del progetto in questione:

- ✓ Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 – “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità”.
- ✓ 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”.
- ✓ Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 – “Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE”.
- ✓ Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112 – “Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59”.
- ✓ Legge 28 giugno 1986, n. 339 – “Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne”.
- ✓ 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”.
- ✓ Norma CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia.
- ✓ Norma CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
- ✓ Norma CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.

- ✓ 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 EN 50522 (CEI 99-3) – “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.”.
- ✓ 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 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 11-3; V1: Impianti di produzione eolica.
- ✓ Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria.
- ✓ Norma CEI 11-35: Guida all’esecuzione delle cabine elettriche d’utente.
- ✓ 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 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12).
- ✓ Norma CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione.
- ✓ 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”.
- ✓ Norma CEI 211-4/1996 – “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”.

### **3. DESCRIZIONE GENERALE DELL’IMPIANTO**

L’impianto eolico presenta una potenza nominale totale pari a 142.6 MWp ed è costituito da 23 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6,2 MWp, altezza torre pari a 165 m e rotore pari a 170 m. Gli aerogeneratori sono collegati tra loro mediante un cavidotto interrato in media tensione che convoglia l’elettricità presso una sottostazione di trasformazione 150/33 kV al fine di collegarsi alla Rete di Distribuzione Nazionale (RTN) Terna attraverso un cavidotto in alta tensione.

L’impianto interessa prevalentemente i Comuni di Montorio nei Frentani, ove ricadono 10 aerogeneratori, Ururi, ove ricadono 4 aerogeneratori, San Martino in Pensilis, ove ricadono 3

aerogeneratori e il Comune di Larino, ove ricadono 6 aerogeneratori, la Stazione Elettrica Utente di trasformazione 150/33 kV (SEU) e la stazione elettrica di trasformazione Terna 380/150 kV, come illustrato nella **Figura 3.1**.

Le turbine eoliche verranno collegate attraverso un sistema di linee elettriche interrate di Media Tensione a 33 kV allocate prevalentemente in corrispondenza del sistema di viabilità interna necessaria per la costruzione e la gestione futura dell'impianto. Il sistema di viabilità verrà realizzato prevalentemente adeguando il sistema viario esistente e nuovi tratti di raccordo per consentire il transito dei mezzi eccezionali.

Ognuna delle linee elettriche in media tensione è collegata alla sottostazione di trasformazione 150/33 kV localizzata in posizione baricentrica rispetto all'area d'impianto.

Dalla sottostazione di trasformazione (SEU) l'energia prodotta e trasformata in Alta tensione a 150 kV verrà convogliata in corrispondenza della sezione 150 kV della Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150 kV (SE) nel Comune di Larino (CB) mediante collegamento in antenna, come da soluzione tecnica minima generale (STMG), attraverso una linea elettrica in AT 150 kV interrata, posizionata in corrispondenza della viabilità esistente e di nuova realizzazione.

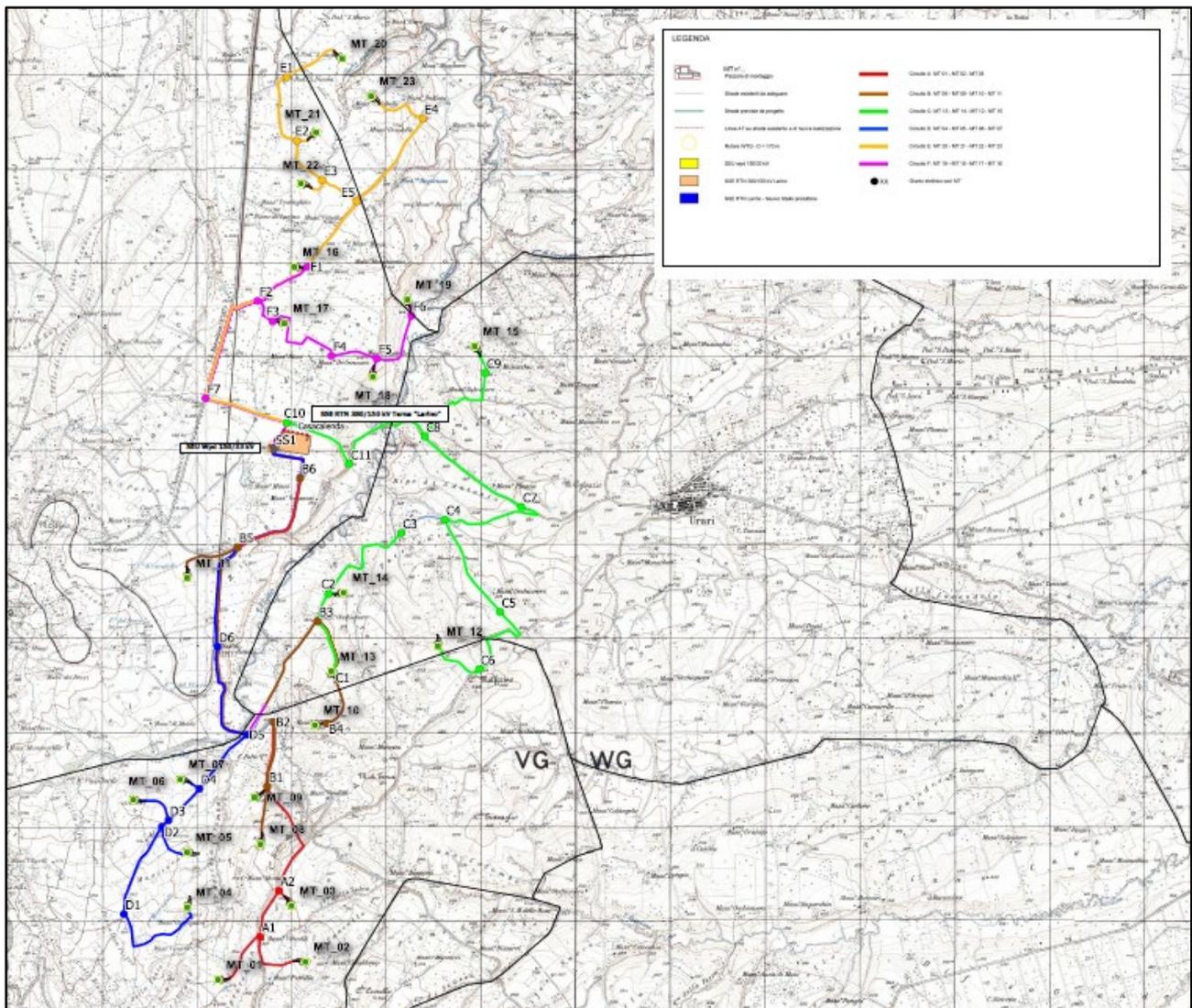


Figura 3.1: Planimetria generale d'impianto su IGM

## 4. AEROGENERATORE DI PROGETTO

### 4.1 Descrizione generale dell'aerogeneratore

L'aerogeneratore è una macchina rotante che trasforma l'energia cinetica del vento in energia elettrica ed è essenzialmente costituito da una torre (suddivisa in più parti), dalla navicella, dal Drive Train, dall'Hub e tre pale che costituiscono il rotore.

Per il presente progetto una delle possibili macchine che verrà installata è il modello Siemens Gamesa SG 170 di potenza nominale pari a 6.2 MWp, altezza torre all'hub pari a 165 m e diametro del rotore 170 m (Figura 4.1.1).

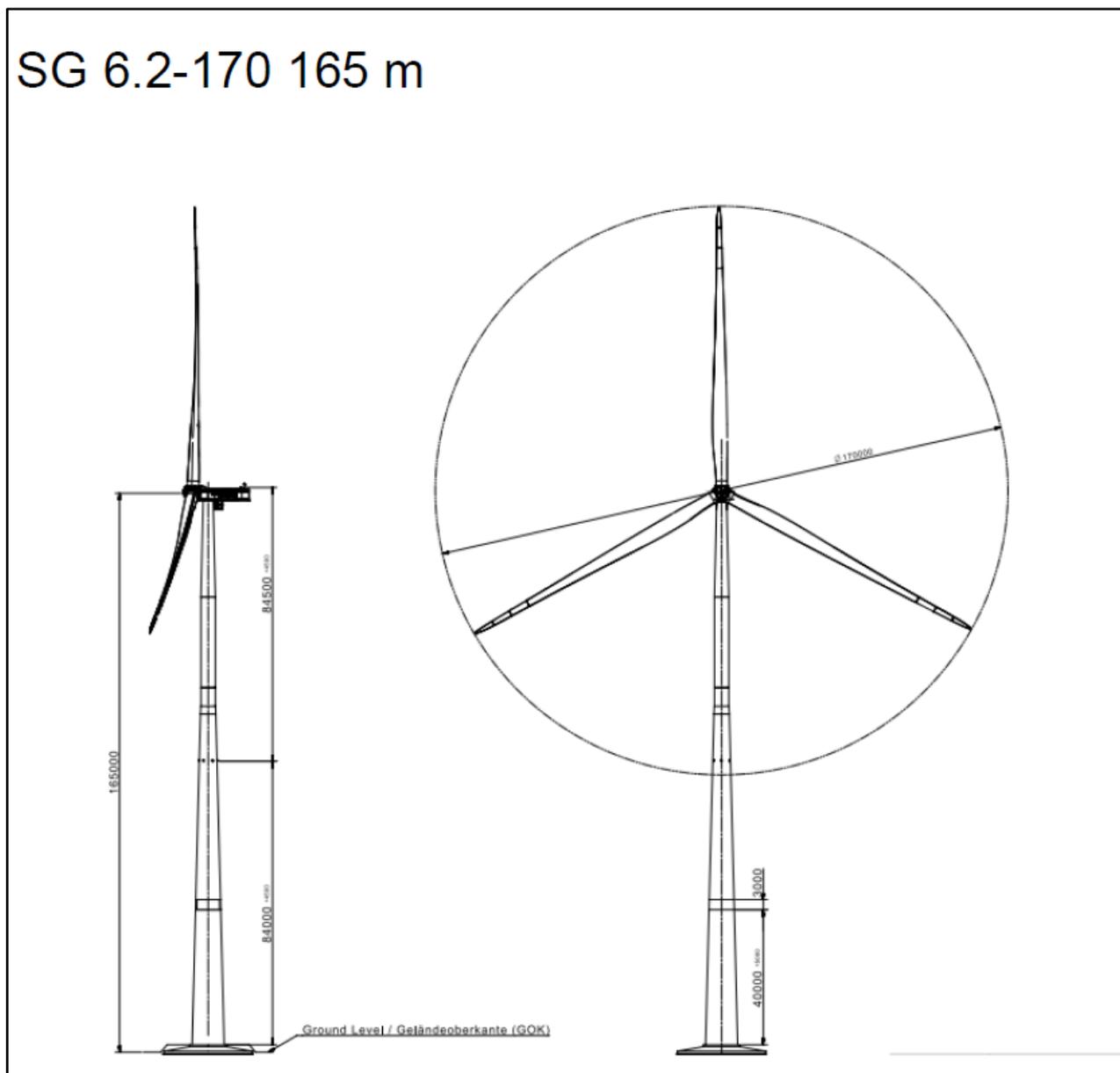


Figura 4.1.1: Profilo aerogeneratore SG170 da 6,2 MW

Ogni macchina è dotata di un sistema che esegue il controllo della potenza ruotando le pale intorno al loro asse principale ed il controllo dell'orientamento della navicella, detto controllo dell'imbardata, che permette l'allineamento della macchina rispetto alla direzione del vento.

Il rotore viene realizzato in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro di diametro pari a 170 metri, posto sopravvento al sostegno, con mozzo rigido in acciaio ed è caratterizzato da un funzionamento a passo variabile. Altre caratteristiche salienti sono riassunte nella **Tabella 4.1.1**.

Technical Specifications	
<b>Rotor</b>	
Type .....	3-bladed, horizontal axis
Position .....	Upwind
Diameter .....	170 m
Swept area .....	22,698 m <sup>2</sup>
Power regulation .....	Pitch & torque regulation with variable speed
Rotor tilt .....	6 degrees
<b>Blade</b>	
Type .....	Self-supporting
Blade length .....	83.5 m
Max chord .....	4.5 m
Aerodynamic profile .....	Siemens Gamesa proprietary airfoils
Material .....	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)
Surface gloss .....	Semi-gloss, < 30 / ISO2813
Surface color .....	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
<b>Aerodynamic Brake</b>	
Type .....	Full span pitching
Activation .....	Active, hydraulic
<b>Load-Supporting Parts</b>	
Hub .....	Nodular cast iron
Main shaft .....	Nodular cast iron
Nacelle bed frame .....	Nodular cast iron
<b>Mechanical Brake</b>	
Type .....	Hydraulic disc brake
Position .....	Gearbox rear end
<b>Nacelle Cover</b>	
Type .....	Totally enclosed
Surface gloss .....	Semi-gloss, <30 / ISO2813
Color .....	Light Grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
<b>Generator</b>	
Type .....	Asynchronous, DFIG
<b>Grid Terminals (LV)</b>	
Baseline nominal power ..	6.0 MW / 6.2 MW
Voltage .....	690 V
Frequency .....	50 Hz or 60 Hz
<b>Yaw System</b>	
Type .....	Active
Yaw bearing .....	Externally geared
Yaw drive .....	Electric gear motors
Yaw brake .....	Active friction brake
<b>Controller</b>	
Type .....	Siemens Integrated Control System (SICS)
SCADA system .....	SGRE SCADA
<b>Tower</b>	
Type .....	Tubular steel / Hybrid
Hub height .....	100 m to 165 m and site-specific
Corrosion protection .....	Painted
Surface gloss .....	Semi-gloss, <30 / ISO-2813
Color .....	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
<b>Operational Data</b>	
Cut-in wind speed .....	3 m/s
Rated wind speed .....	11.0 m/s (steady wind without turbulence, as defined by IEC61400-1)
Cut-out wind speed .....	25 m/s
Restart wind speed .....	22 m/s
<b>Weight</b>	
Modular approach .....	Different modules depending on restriction

**Tabella 4.1.1:** Specifiche tecniche aerogeneratore

Le caratteristiche dell'aerogeneratore su descritto sono quelle ritenute idonee in base a quanto disponibile oggi sul mercato, in futuro potrà essere possibile cambiare il modello dell'aerogeneratore senza modificare in maniera sostanziale l'impatto ambientale e i limiti di sicurezza previsti.

In accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), ognuna delle macchine è dotata di un sistema di segnalazione notturna per la segnalazione aerea, che prevede l'utilizzo di una luce rossa sull'estradosso della navicella.

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, è prevista per gli aerogeneratori di inizio e fine tratto. Inoltre, ognuna delle turbine è dotata di un sistema antifulmine completo, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia alla struttura (interna ed esterna) che alle persone, grazie ad un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5 metri per tutta la lunghezza della pala.

In questa maniera la corrente del fulmine è scaricata a terra attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza.

I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione (Classe I), secondo lo standard internazionale IEC 61024-1.

Ogni aerogeneratore è dotato altresì di un sistema antincendio, grazie al quale rilevatori di Ossido di Carbonio e fumo, rilevato l'eventuale incendio, 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).

Oltre a tale sistema le navicelle sono rivestite con materiali autoestinguenti.

Le moderne turbine eoliche sono dotate di un sistema di controllo del passo di rotazione delle pale intorno al loro asse principale.

A velocità del vento dell'ordine di  $3 \div 5$  m/s la turbina si attiva, a  $10 \div 14$  m/s raggiunge la sua potenza nominale, a velocità del vento superiori il sistema di controllo assicura la limitazione della potenza della macchina e previene sovraccarichi al generatore ed agli altri componenti elettromeccanici.

A velocità del vento ancora maggiori e dell'ordine di  $22 \div 25$  m/s il sistema di controllo manda in stallo il rotore, al fine di evitare danni strutturali e meccanici.

In definitiva, tale sistema di controllo assicura il funzionamento del rotore con massimo rendimento, con velocità del vento comprese tra quelle che attivano la macchina e quella nominale, arrivando a bloccare la stessa nel caso di velocità del vento estreme.

La vita utile di una turbina è di circa 30 anni, passati i quali avverrà il relativo smantellamento ed eventuale sostituzione, ovvero si renderà necessario smaltire le varie componenti elettriche e riciclare le parti in metallo (rame e acciaio) e plastica rinforzata.

Tali operazioni avverranno in accordo con la direttiva europea Waste of Electrical and Electronic Equipment.

Il progetto prevede un sistema di terra relativo a ciascun aerogeneratore, costituito da anelli dispersori concentrici, collegati tra loro radialmente e collegati all'armatura del plinto di fondazione in vari punti.

In aggiunta al sistema di cui sopra, si prevede di adoperare un conduttore di terra di collegamento tra gli aerogeneratori consistente in una corda di rame nudo da 50 mm<sup>2</sup> e a stretto contatto con il terreno.

Al fine di evitare, in presenza di eventuali guasti, il trasferimento di potenziale agli elementi sensibili circostanti, come tubazioni metalliche, sottoservizi, in corrispondenza di attraversamenti lungo il tracciato del cavidotto, si prevede di adoperare un cavo Giallo-Verde avente diametro di 95 mm<sup>2</sup> del tipo FG16(O)R.

Il cavo di cui sopra è opportunamente giuntato al conduttore di rame nudo, è inserito da 5 m prima e fino a 5 m dopo il punto di interferenza e assicura una resistenza analoga a quella della corda di rame nudo di 50 mm<sup>2</sup>.

#### 4.2 Quadri elettrici di media tensione degli aerogeneratori

Ad ognuno degli aerogeneratori corrisponde un Quadro Elettrico Media Tensione, costituito da componenti in Media Tensione sulla piattaforma più bassa e Interruttori MT di protezione del trasformatore.

A seconda della posizione di ogni turbina nello schema unifilare, successivamente riportato, si ha una particolare configurazione del Quadro MT.

In particolare, sono riportate nella figura seguente le tre configurazioni elettriche dei Quadri elettrici in Media Tensione considerate nello schema unifilare:

- Fine Linea

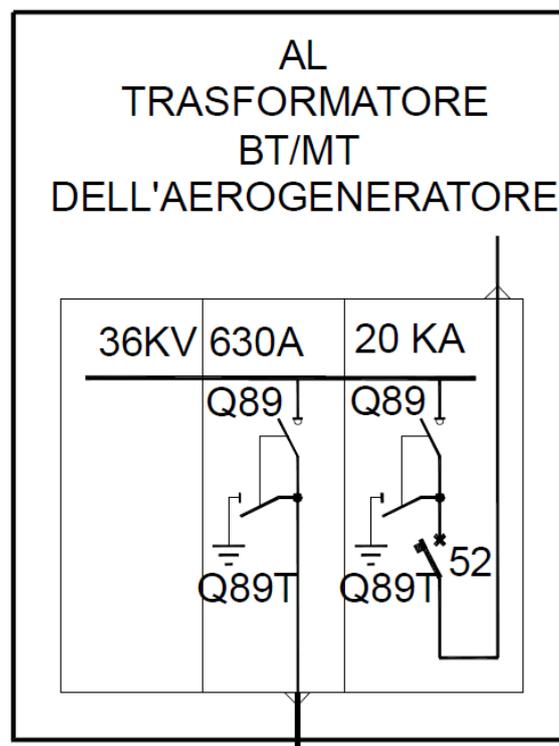


Figura 4.2.1: Fine linea

- Entra – Esci

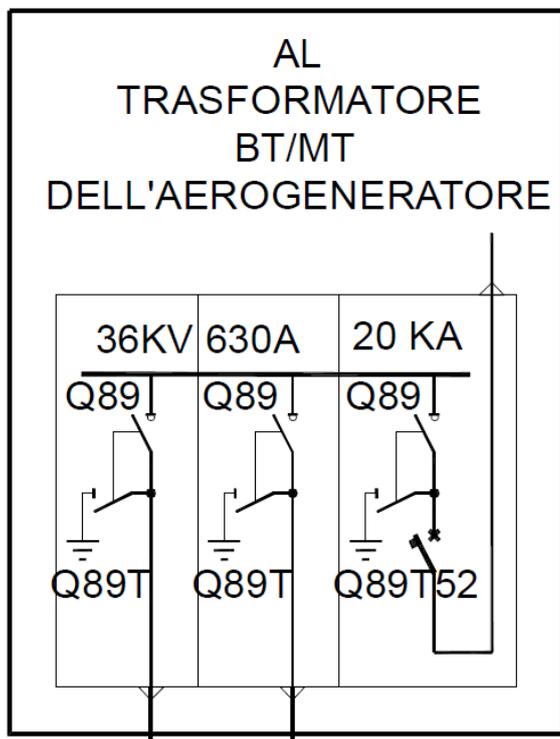


Figura 4.2.2: Entra – Esci

- Smistamento

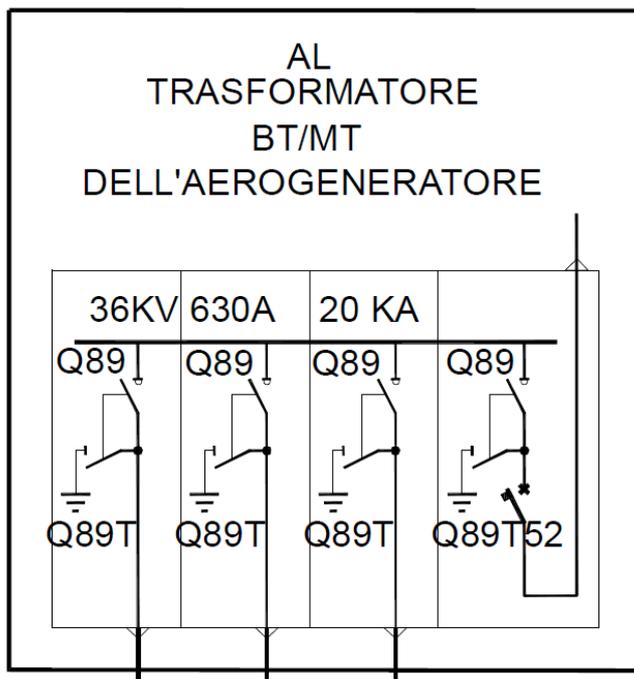


Figura 4.2.3: Smistamento

Gli aerogeneratori sono suddivisi in 6 sottocampi o circuiti, ognuno collegato alla Sottostazione Elettrica Utente e costituiti da 3 o 4 macchine, collegate tra loro secondo lo schema riportato in tabella.

CIRCUITO	AEROGENERATORE	TIPOLOGIA QUADRO MT AEROGENERATORE
CIRCUITO A	MT 01	Fine Linea
	MT 02	Entra – Esci
	MT 03	Entra - Esci
CIRCUITO B	MT 08	Fine Linea
	MT 09	Entra – Esci
	MT 10	Entra - Esci
	MT 11	Entra - Esci
CIRCUITO C	MT 13	Fine Linea
	MT 14	Entra – Esci
	MT 12	Entra - Esci
	MT 15	Entra - Esci
CIRCUITO D	MT 04	Fine Linea
	MT 05	Entra – Esci
	MT 06	Entra - Esci
	MT 07	Entra - Esci
CIRCUITO E	MT 20	Fine Linea
	MT 21	Entra - Esci
	MT 22	Smistamento
	MT 23	Fine Linea
CIRCUITO F	MT 19	Fine Linea
	MT 18	Entra – Esci
	MT 17	Entra - Esci
	MT 16	Entra - Esci

**Tabella 4.2.1:** Suddivisione in sottocampi degli aerogeneratori e tipologia di Quadro MT

## 5. SCHEMA ELETTRICO E DISTRIBUZIONE MT DEL PARCO EOLICO

### 5.1. Sistema di distribuzione in media tensione

L'impianto Parco Eolico Montorio è caratterizzato da una potenza complessiva di 142,6 MWp, ottenuta dai 23 aerogeneratori di potenza di 6,2 MWp ciascuno.

Nella **Tabella 5.1.1** è riportata la distribuzione delle linee elettriche MT e la potenza totale associata ad ognuno dei circuiti individuati.

Sottocampo o Circuito	Aerogeneratori	Potenza totale [MW]
CIRCUITO A	MT 01 - MT 02 - MT 03	18,6
CIRCUITO B	MT 08 - MT09 - MT 10 - MT11	24,8
CIRCUITO C	MT 13 - MT 14 - MT 12 - MT 15	24,8
CIRCUITO D	MT 04 – MT 05 – MT 06 - MT 07	24,8
CIRCUITO E	MT 20 - MT 21 - MT 22 - MT 23	24,8
CIRCUITO F	MT 19 - MT 18 - MT 17 - MT 16	24,8

**Tabella 5.1.1:** Distribuzione linee MT

I vari circuiti elettrici (sottocampi) sono definiti secondo un criterio che valuta i valori di cadute di tensione e delle perdite di potenze e che ottimizza le sezioni e le lunghezze dei cavi utilizzati.

Lo schema a blocchi di riferimento, nel quale sono indicate le sezioni del cavo di ogni tratto di linea e nel quale gli aerogeneratori di ogni linea sono collegati tra loro secondo lo schema in entra – esci, in smistamento e in fine linea, è riportato nella **Figura 5.1.1**.

L'aerogeneratore capofila (fine linea) è collegato tramite cavo interrato MT a 33 kV al resto del circuito, i restanti sono collegati in Entra – Esci o smistamento (MT 22) tra loro tramite cavo interrato MT a 33 kV e ognuno dei 6 circuiti è collegato alla Sottostazione Elettrica Utente 150/33 kV.

Le sezioni dei cavi sono di area crescente dall'aerogeneratore più lontano dalla stazione utente a quello più vicino alla medesima.

I cavi utilizzati sia per i collegamenti interni ai singoli circuiti che per il collegamento di ogni circuito alla suddetta Stazione sono del tipo standard in alluminio con schermatura elettrica e protezione meccanica integrata.

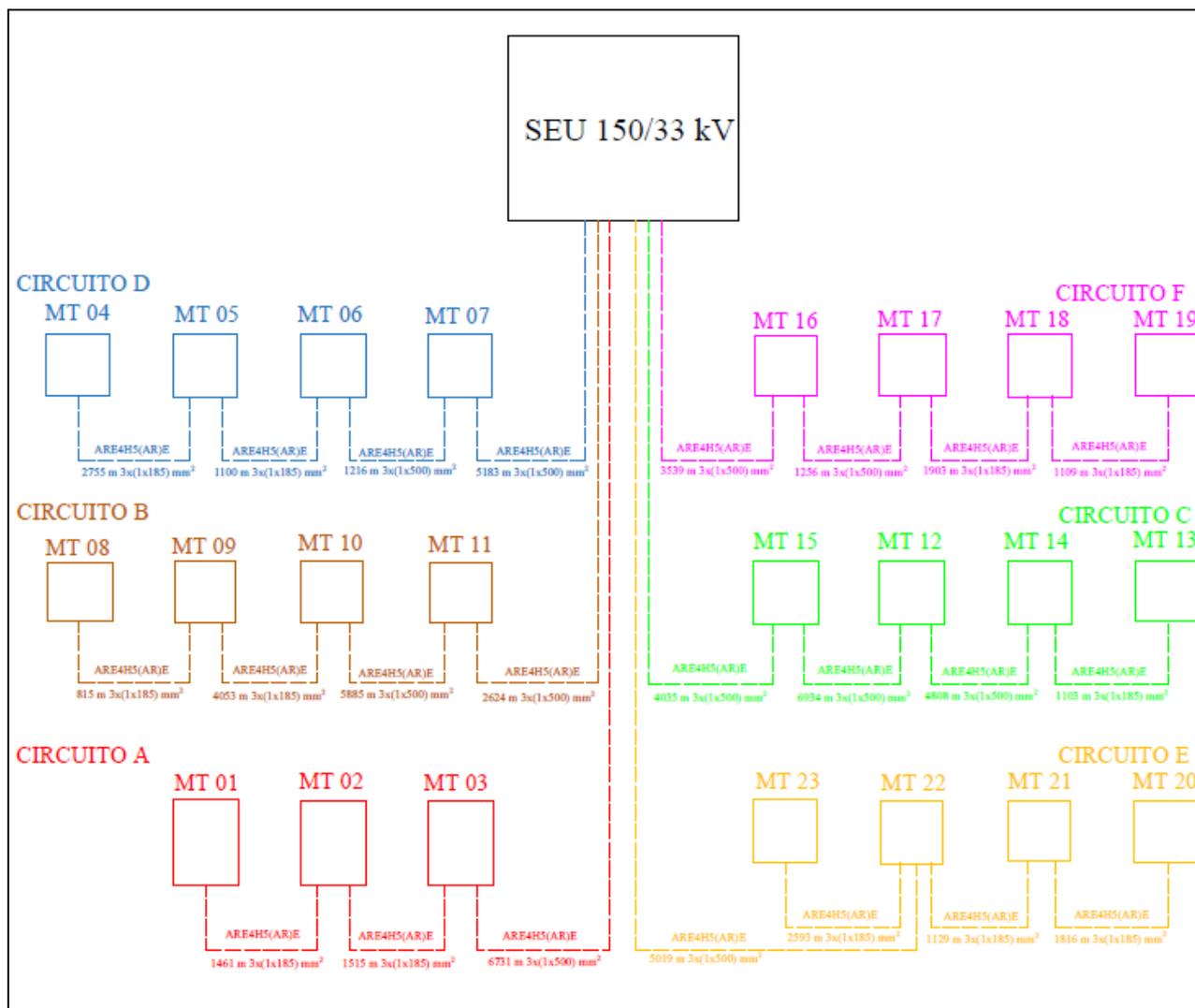


Figura 5.1.1: Schema a blocchi del Parco Eolico Montorio

### 5.2. Schema di collegamento elettrico

Nella figura seguente viene riportato lo schema elettrico del Parco Eolico Montorio, nel quale si esplicita la suddivisione elettrica dei vari circuiti, le linee di collegamento e la Sottostazione Elettrica Utente.

Maggiori dettagli sono riportati nell'elaborato "MT'043PESE Sottostazione elettrica utente - schema unifilare".

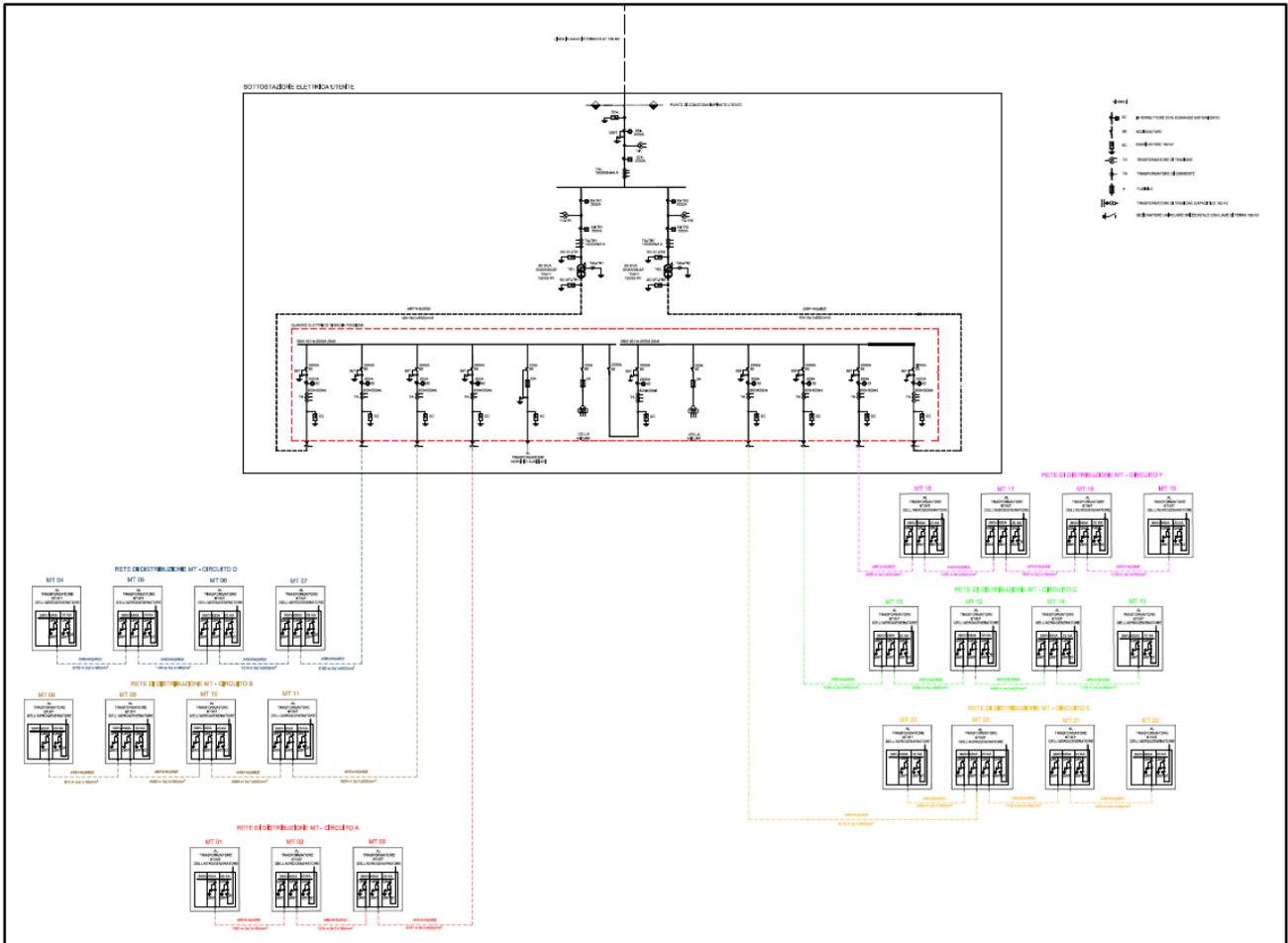


Figura 5.2.1: Schema elettrico dell'impianto

### 5.3. Cavi elettrici di collegamento

Il cavo impiegato per il collegamento di tutte le tratte di ognuno dei sottocampi è il tipo ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT, a norma IEC 60502-2, del primario costruttore Prysmian.

Per ogni tratto di collegamento si prevede una posa direttamente interrata di cavo, essendo il cavo in questione idoneo alla stessa e meccanicamente protetto.

Inoltre, nel caso di eventuali interferenze e particolari attraversamenti, in accordo con la Norma CEI 11 – 17, tale modalità di posa sarà modificata, anche in base ai regolamenti riguardanti le opere interferite, in modo da garantire un'adeguata protezione del cavo rispetto alle condizioni di posa normali.

I cavi sono collocati in trincee ad una profondità di posa di 1 m dal piano campagna.

Le lunghezze e sezioni dei cavi per ogni linea MT di collegamento che costituisce una tratta del circuito sono indicate nella **Tabella 5.3.1**.

CIRCUITO	Linea MT	Lunghezza della tratta [m]	Sezione del cavo [mm <sup>2</sup> ]	Tipologia di cavo	Modello di cavo
CIRCUITO A	MT 01 - MT 02	1461	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 02 - MT 03	1515	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 03 - SEU 150/33 kV	6731	500	AL 3x(1x500)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
CIRCUITO B	MT 08 - MT 09	815	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 09 - MT 10	4053	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 10 - MT 11	5885	500	AL 3x(1x500)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 11 - SEU 150/33 kV	2624	500	AL 3x(1x500)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
CIRCUITO C	MT 13 - MT 14	1103	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 14 - MT 12	4808	500	AL 3x(1x500)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 12 - MT 15	6934	500	AL 3x(1x500)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 15 - SEU 150/33 kV	4035	500	AL 3x(1x500)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
CIRCUITO D	MT 04 - MT 05	2755	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT

CIRCUITO	Linea MT	Lunghezza della tratta [m]	Sezione del cavo [mm <sup>2</sup> ]	Tipologia di cavo	Modello di cavo
	MT 05 - MT 06	1100	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 06 - MT 07	1216	500	AL 3x(1x500)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 07 - SEU 150/33 kV	5183	500	AL 3x(1x500)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
CIRCUITO E	MT 20 - MT 21	1816	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 21 - MT 22	1129	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 23 - MT 22	2593	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 22 - SEU 150/33 kV	5019	500	AL 3x(1x500)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
CIRCUITO F	MT 19 - MT 18	1109	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 18 - MT 17	1903	185	AL 3x(1x185)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 17 - MT 16	1256	500	AL 3x(1x500)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT
	MT 16 - SEU 150/33 kV	3539	500	AL 3x(1x500)	ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT

**Tabella 5.3.1:** Lunghezze e sezioni linee MT

Nella **Tabella 5.3.2** è riportato il numero dei cavi e l'appartenenza al relativo circuito per le varie tratte delle trincee cavidotto.

TRATTA			CIRCUITO A		CIRCUITO B		CIRCUITO C		CIRCUITO D		CIRCUITO E		CIRCUITO F	
DA	A	LUNGHEZZA	N. CAVI	FORMAZIONE CAVO	N. CAVI	FORMAZIONE CAVO								
MT 01	A1	705	1	3x(1x185)										
MT 02	A1	756	2	2x3x(1x185)										
A1	A2	543	1	3x(1x185)										
MT 03	A2	216	2	3x(1x185) + 3x(1x500)										
A2	B1	1304	1	3x(1x500)										
MT 08	B1	628			1	3x(1x185)								
MT 09	B1	187			2	3x(1x185)								
B1	B2	700	1	3x(1x500)	1	3x(1x185)								
D5	B3	1436			2	3x(1x185) + 3x(1x500)								
B3	C1	615			1	3x(1x185)	1	3x(1x185)						
MT 13	C1	24					1	3x(1x185)						
C1	B4	649			1	3x(1x185)								
MT 10	B4	131			2	3x(1x185) + 3x(1x500)								
B3	C2	319					1	3x(1x185)						
MT 14	C2	169					2	3x(1x185) + 3x(1x500)						
C2	C3	1219					1	3x(1x500)						
C3	C4	523					1	3x(1x500)						
C4	C5	1169					2	3x(1x500)						
C5	C6	1115					2	3x(1x500)						
MT 12	C6	613					2	3x(1x500)						
C4	C7	1241					1	3x(1x500)						
C7	C8	1278					1	3x(1x500)						
C8	C9	1185					2	3x(1x500)						
MT 15	C9	333					2	3x(1x500)						
C8	C11	1150					1	3x(1x500)						
C11	C10	841					1	3x(1x500)						
MT 04	D1	1225							1	3x(1x185)				
D1	D2	1040							1	3x(1x185)				
MT 05	D2	490							2	3x(1x185)				
D2	D3	99							1	3x(1x185)				
MT 06	D3	511							2	3x(1x185) + 3x(1x500)				
D3	D4	470							1	3x(1x500)				
MT 07	D4	235							2	3x(1x500)				
D4	D5	772							1	3x(1x500)				
B2	D5	335	1	3x(1x500)	1	3x(1x185)								
D5	D6	1161	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)			1	3x(1x500)				
D6	B5	1142	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)			1	3x(1x500)				
MT 11	B5	751			2	3x(1x500)								
B5	B6	1131	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)			1	3x(1x500)				
B6	SS1	554	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)			1	3x(1x500)				
SS1	SS2	188	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)								
MT 20	E1	724									1	3x(1x185)		
E1	E2	844									1	3x(1x185)		
MT 21	E2	248									2	3x(1x185)		
E2	E3	558									1	3x(1x185)		
MT 22	E3	323									3	2x3(1x185) + 3x(1x500)		
E3	E5	438									2	3x(1x500) + 3x(1x185)		
MT 23	E4	692									1	3x(1x185)		
E4	E5	1140									1	3x(1x185)		
E5	F1	871									1	3x(1x500)		
MT 19	F6	182											1	3x(1x185)
F6	F5	719											1	3x(1x185)
MT 18	F5	208											2	3x(1x185)
F5	F4	499											1	3x(1x185)
F4	F3	1063											1	3x(1x185)
MT 17	F3	133											2	3x(1x185) + 3x(1x500)
F3	F2	307											1	3x(1x500)
MT 16	F1	152											2	3x(1x500)
F1	F2	664									1	3x(1x500)	1	3x(1x500)
F2	F7	1306									1	3x(1x500)	1	3x(1x500)
F7	C10	891									1	3x(1x500)	1	3x(1x500)
C10	SS1	338					1	3x(1x500)			1	3x(1x500)	1	3x(1x500)

Tabella 5.3.2: Suddivisione dei circuiti per ogni tratta di cavidotto

### 5.4. Tipologia posa dei cavi

Come anticipato in precedenza, si prevede una posa dei cavi direttamente interrata ad una profondità di 1 m dal piano campagna, senza ulteriori protezioni meccaniche.

In accordo con la Norma CEI 11 – 17, tale modalità di posa sarà modificata, anche in base ai regolamenti riguardanti le opere interferite, in modo da garantire un'adeguata protezione del cavo rispetto alle condizioni di posa normali.

La figura seguente, nella quale le misure sono espresse in cm, mostra la modalità di posa, maggiori dettagli sono apprezzabili nell'elaborato "MT034PEMT Distribuzione MT - sezioni tipiche delle trincee cavidotto".

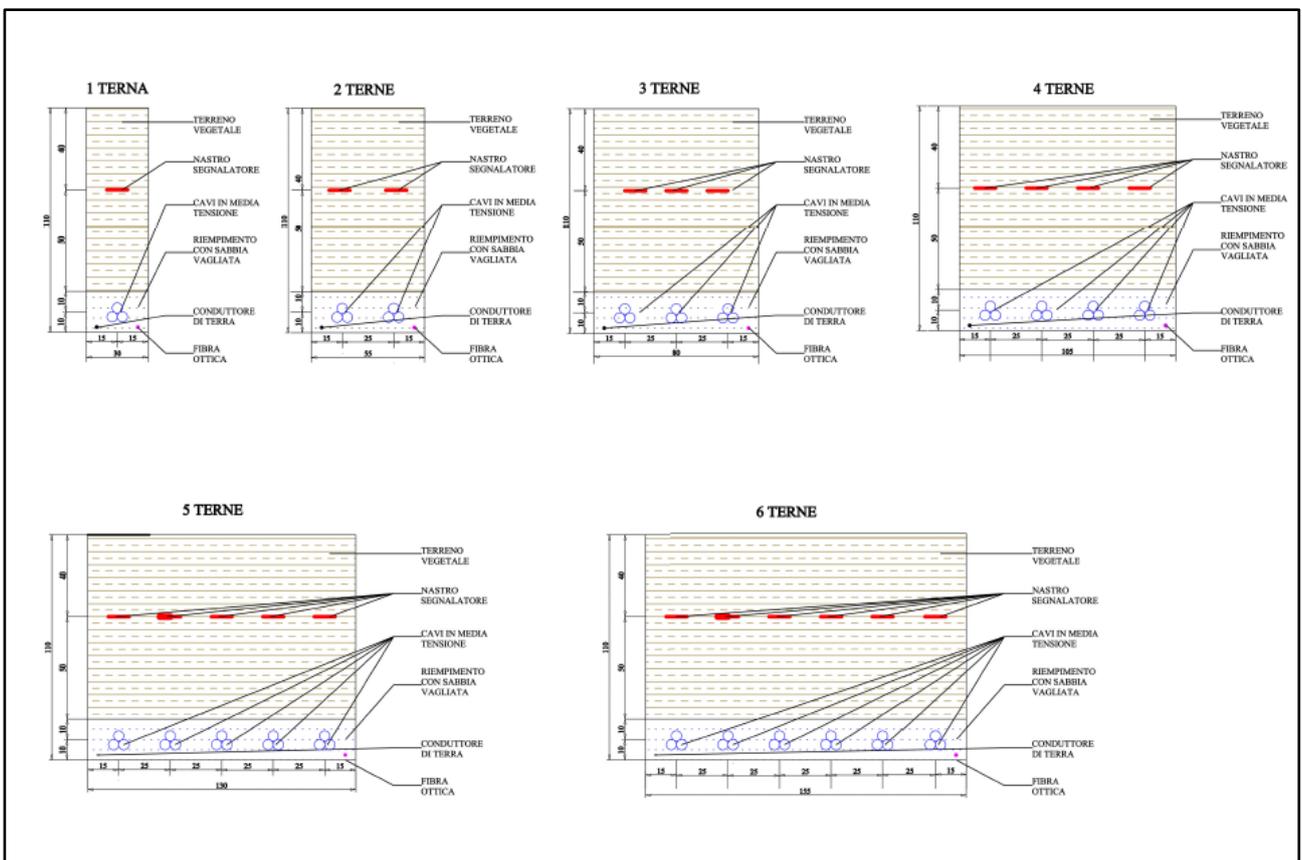


Figura 5.4.1: Sezioni tipiche delle trincee cavidotto

I cavi sono collocati in trincee ad una profondità di posa di 1 m dal piano campagna e l'interasse sul piano orizzontale di due terne di cavo adiacenti ed in parallelo è pari a 25 cm; la larghezza del cavidotto interrato varia in base al numero di tali terne secondo la seguente tabella:

Numero terne cavi	Larghezza cavidotto [mm]
1	300

Numero terne cavi	Larghezza cavidotto [mm]
2	550
3	800
4	1050
5	1300
6	1550

**Tabella 5.4.1:** Larghezza cavidotto in base al numero di terne presenti in parallelo sullo stesso piano

Come si evince dalla **Figura 5.4.1**, oltre alle terne di cavi presenti in trincea, è previsto un collegamento in **fibra ottica**, da adoperare per controllare e monitorare gli aerogeneratori.

Per realizzare il sistema di telecontrollo dell'intero impianto, come previsto dal progetto, si adopera un cavo in fibra ottica mono-modale da 12 fibre 9/125/250, corredato degli accessori necessari per la relativa giunzione e attestazione, essendo lo stesso adatto alla condizione di posa interrata e tale da assicurare un'attenuazione accettabile di segnale.

Le modalità di collegamento seguono lo schema di collegamento elettrico degli aerogeneratori.

In definitiva, si realizza una maglia di terra complessiva in grado di ottenere una resistenza di terra con un più che sufficiente margine di sicurezza, in accordo con la Normativa vigente.

Per quanto riguarda l'esecuzione dei cavidotti, sono previste 3 fasi:

- Fase 1 di apertura delle piste quando necessario;
- Fase 2 in cui avviene la posa cavidotto;
- Fase 3 in cui si realizza la finitura stradale.

In particolare, durante la Fase 1 si realizza l'apertura delle piste e stesura della fondazione stradale per uno spessore di 40 cm.

Durante la Fase 2 si realizza lo scavo a 1,10 m di profondità dalla quota di progetto stradale finale, si colloca una corda di rame sul fondo e la si riempie con terreno vagliato proveniente dagli scavi.

Successivamente sono inserite le terne di cavo previste dallo schema di progetto, i cavi in fibra ottica con reinterro di materiale granulare classifica A1 secondo la UNI CNR 10001 e s.m.i. e, per uno spessore di 25 cm, materiale proveniente dagli scavi compattato.

Il passo successivo consiste nell'inserimento del nastro segnalatore dei cavi sottostanti, nel reinterro, solitamente per 40 cm, di materiale proveniente dagli scavi del pacchetto stradale prima steso.

Infine, nella Fase 3, avviene la stesura dello strato di finitura stradale per 20 cm fino al piano stradale di progetto.

Solitamente per l'ultimo strato si adopera materiale proveniente da cava e/o si riutilizza materiale precedentemente estratto.

### 5.5. Dimensionamento delle linee elettriche MT

La sezione dei cavi elettrici in media tensione è calcolata, in accordo con la norma CEI 11 – 17, in modo che risultino soddisfatte le seguenti condizioni:

1.  $I_b \leq I_z$
2.  $\Delta V \leq 4\%$
3.  $\Delta P \leq 5\%$

dove:

- $I_b$  rappresenta la corrente di impiego, ovvero l'intensità di corrente massima all'interno del cavo elettrico.
- $I_z$  rappresenta la portata effettiva del cavo e dipende dalla portata nominale del cavo stesso e dalle relative condizioni di posa.
- $\Delta V$  rappresenta la massima caduta di tensione in ogni circuito ed è valutata a partire dalla cabina d'impianto fino all'aerogeneratore più lontano.
- $\Delta P$  rappresenta la perdita di potenza per ognuno dei circuiti.

Per dettagli relativi al dimensionamento elettrico delle linee MT si rimanda all'elaborato di progetto "MT028PERT Calcolo preliminare degli impianti elettrici".

## 6. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI UTENTE

Il progetto prevede che l'impianto eolico, di potenza nominale totale pari a 142.6 MWp e costituito da 23 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6.2 MWp, collegati tra loro mediante un cavidotto interrato in media tensione, convogli l'elettricità presso una sottostazione di trasformazione AT/MT da ubicarsi nel Comune di Larino.

All'interno della Stazione Elettrica Utente è raccolta l'energia prodotta a 33 kV (Media Tensione) e trasformata a 150 kV (Alta Tensione).

Successivamente l'energia a 150 kV è trasferita, mediante cavidotto interrato a 150 kV, alla sezione 150 kV della Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN 380/150 kV nel Comune di Larino (CB).

La Stazione Elettrica Utente occupa una superficie di circa 3500 m<sup>2</sup>.

Di seguito è riportata la planimetria della Sottostazione Elettrica di Utente; per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato di progetto "MT038PESE Sottostazione elettrica utente-planimetria elettromeccanica".

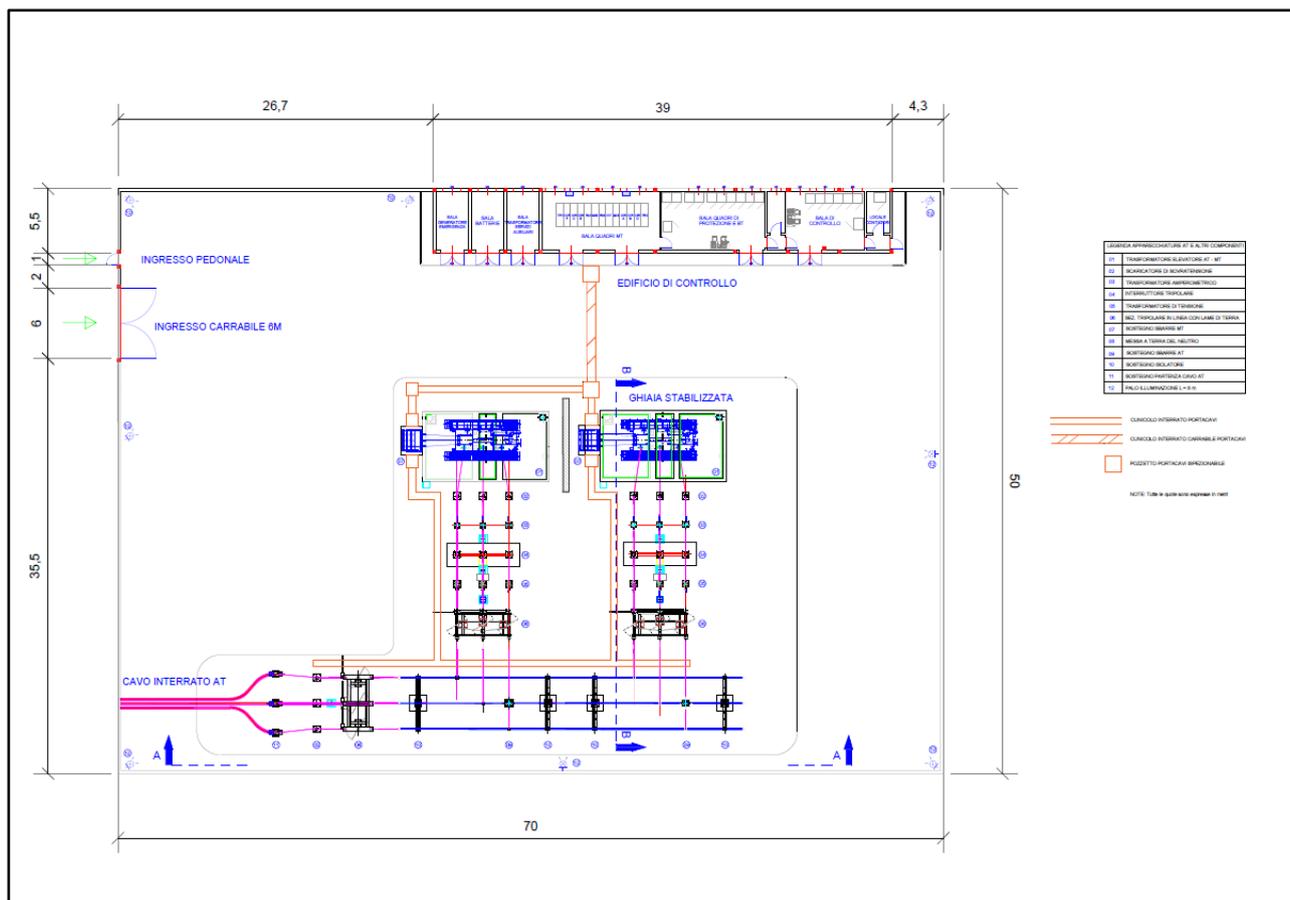


Figura 6.1: Planimetria elettromeccanica della Stazione Utente

### 6.1 Descrizione Sottostazione Elettrica Utente

Il progetto prevede che la Sottostazione Elettrica Utente sia costituita da un nuovo impianto utente:

- 2 Trasformatori da 150/33 kV di potenza 80 MVA ONAN/ONAF;
- Interruttori tripolari 170 kV 2000 A 40 kA;
- Sistema di distribuzione in sbarre;
- TV capacitivi;
- TV induttivi;
- TA;
- Scaricatori 170kV;
- Sezionatori tripolari;
- Planimetria apparecchiature elettromeccaniche.

La sezione MT e BT è costituita da:

- Sistema di alimentazione di emergenza e ausiliari;
- Trasformatori servizi ausiliari 33/0,4 kV 150 kVA MT/BT;
- Quadri MT a 33 kV;

- Sistema di protezione AT, MT, BT;
- Sistema di monitoraggio e controllo;
- Quadri misuratori fiscali.

In particolare, i quadri MT a 33 kV comprendono:

- Scomparti di sezionamento linee di campo;
- Scomparti trasformatore ausiliario;
- Scomparti di misura;
- Scomparti di protezione generale;
- Scomparti di protezione riserva.

Presso la Sottostazione Elettrica Utente è prevista la realizzazione di un edificio, all'interno del quale siano ubicati quadri MT, i trasformatori MT/BT, i quadri ausiliari e di protezione oltre al locale misure e servizi.

L'edificio di cui sopra ha dimensioni in pianta di circa 39 x 5,5 mm<sup>2</sup> e la relativa recinzione perimetrale è realizzata con moduli in calcestruzzo prefabbricati di altezza pari a 2,5 m circa.

L'intera area è dotata di ingresso pedonale e carrabile.

## 6.2 Apparecchiature AT 150 kV

La sezione AT 150 kV è caratterizzata da un punto di vista elettrico dai seguenti parametri:

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

Di seguito sono riportate le principali caratteristiche delle apparecchiature AT della sezione 150 kV.

### Trasformatori di potenza.

- Rapporto di trasformazione AT/MT:  $150 \pm 10 \times 1,25\% / 33 \text{ kV}$ ;
- Potenza di targa: 80 MVA;
- Tipo di raffreddamento: ONAN/ONAF;
- Gruppo vettoriale: YNd<sub>11</sub> (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.

**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 atmosferico: 750 kV;
- Corrente nominale di breve durata: 40 kA;
- Corrente nominale di picco 100 kA.

**Sezionatore di terra.**

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

**Trasformatori di tensione capacitivi.**

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

**Trasformatori di tensione induttivi.**

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

**Sistema di sbarre.**

- Corrente nominale 2000 A.

### **6.3 Sistemi di misura**

Il progetto prevede l'installazione di un sistema di misura UTF sullo stallo a 150 kV e collegato con i dispositivi di lettura all'interno del locale misure, al fine di contabilizzare l'energia prodotta dal Parco Eolico.

Tale sistema è corredato di un gruppo per la misura dei consumi dei sistemi ausiliari.

In accordo alle procedure di Terna e a quanto stabilito nel Regolamento di Esercizio, è altresì predisposto un sistema di trasmissione remoto delle misure verso Terna.

### **6.4 Sistema di automazione**

Le apparecchiature di sezionamento, manovra e di misura sono monitorate e controllate da remoto da un sistema SCADA.

### **6.5 Sistema di protezione**

Al fine di assicurare la sicurezza del Parco Eolico, della Sottostazione, degli operatori, della Stazione di connessione nonché della Cabina Primaria Terna, sono previsti tutti i sistemi di protezione.

### **6.6 Servizi ausiliari**

L'alimentazione dei servizi ausiliari avviene mediante i trasformatori MT/bt 33/0,4 kV, in derivazione dai quadri generali MT.

Inoltre, un generatore ausiliario assicura la massima continuità di servizio e il riarmo delle apparecchiature.

I trasformatori e il generatore ausiliario alimentano il Quadro dei Servizi Ausiliari, a cui sono collegate le utenze in corrente alternata 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.

Inoltre, dal Quadro dei Servizi Ausiliari verrà derivata l'alimentazione dei circuiti di protezione e comando, alimentati a 110 V<sub>cc</sub> mediante un banco di batterie, alimentate dal raddrizzatore.

### 6.7 Rete di terra

Il sistema di terra, previsto presso la Sottostazione, è dimensionato tenendo in conto le norme CEI EN 50522 (CEI 99-3) e CEI EN 61936-1 (CEI 99-2), le prescrizioni Terna, il tempo di eliminazione del guasto di 0,5 s e la corrente di guasto che sarà comunicata da Terna.

L'impianto di terra è costituito da una maglia di terra in corda di rame nudo di sezione pari a 63 mm<sup>2</sup>, interrato a 60 cm dal piano campagna e avente lato interno massimo da valutare in sede di progettazione esecutiva.

Presso i trasformatori AT/MT, come si può apprezzare dall'elaborato di progetto "MT042PESE Sottostazione elettrica utente-rete di terra", l'impianto di terra è costituito da ulteriori dispersori verticali. Inoltre, il sistema di terra è collegato all'impianto di terra presso l'edificio della Sottostazione, sulla base delle specifiche indicazioni del gestore.

La rete di terra è collegata alle apparecchiature in Alta Tensione tramite cavo di rame nudo da 125 mm<sup>2</sup>. Il collegamento tra i conduttori in rame è realizzato tramite morsetti in rame a compressione, le connessioni tra i conduttori e i sostegni metallici delle apparecchiature sono realizzate tramite capicorda e bulloni di fissaggio.

In definitiva si realizza un sistema di terra completo in grado di assicurare un sufficiente livello di sicurezza per quanto riguarda la capacità di dispersione.

Come anticipato, in sede di progettazione esecutiva, sarà eventualmente possibile individuare aree in cui inserire sistemi di dispersione ausiliaria, al fine di garantire il rispetto delle tensioni limite sulla base delle norme citate, installare conduttori di terra suppletivi per il collegamento delle apparecchiature e infittire la maglia di terra in corrispondenza delle apparecchiature in Alta Tensione.

### 6.8 Edificio di comando e controllo

Il progetto prevede la realizzazione di un edificio di dimensioni in pianta di 39 x 5,5 m in grado di contenere locali tecnici e uffici, quali:

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

L'edificio di comando e controllo è completo di illuminazioni e prese e potrà subire miglioramenti nel suo assetto in fase di progettazione esecutiva.

## 6.9 Opere civili

Le principali opere civili previste riguardano:

- 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 inghiaziata;
- 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 calcestruzzo, 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.

## 7. ANALISI DEL RISCHIO ELETTROCUZIONE

---

L'elettrocuzione si verifica con il passaggio di corrente nel corpo umano dovuto al contatto diretto tra corpo – elemento in tensione.

L'entità del danno provocato dall'elettrocuzione dipende dalla durata del fenomeno, dall'intensità della corrente che attraversa l'organismo, dalle condizioni dell'organismo coinvolto e dagli organi interessati dal passaggio di corrente.

In questa trattazione si valuta il rischio di elettrocuzione nelle seguenti situazioni:

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

Per quanto riguarda i **contatti elettrici diretti**, la norma CEI 11-1 classifica le parti di impianto quali aerogeneratori e Stazione Elettrica Utente come aree elettriche chiuse e gli elettrodotti interrati come esterni ad aree elettriche chiuse.

Pertanto, nel caso di aerogeneratori e stazione di trasformazione, le misure di protezione riguardano involucri, barriere, ostacoli e distanziamento, sulla base delle misure di cui al punto 7.1.3.2 della norma stessa.

Nel caso degli elettrodotti interrati, in base al punto 7.1.3.1 della norma citata, si adottano misure di protezione contro i contatti elettrici diretti quali distanziamento e involucri (nello specifico si adoperano cavi con guaina e schermo di isolamento e si farà ricorso alla metodologia di posa tipo M indicata dalla norma CEI 11-17).

Inoltre, si adoperano ulteriori accorgimenti relativamente ad eventuali contatti diretti:

- 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.

La Norma CEI 64-8 Parte 4 “Prescrizioni per la sicurezza” e la Norma CEI 11-1 parte 7 “Misure di Sicurezza vengono comunque rispettate.

Per quanto riguarda i **contatti elettrici indiretti**, presso ogni aerogeneratore è realizzato un impianto di terra, costituito da anelli concentrici in alluminio interrati e connessi con le fondazioni dell'aerogeneratore.

Essi sono collegati alle sbarre di terra, presso le quali vengono connesse tutte le parti metalliche presenti all'interno dell'aerogeneratore.

Gli accorgimenti relativi ad eventuali contatti indiretti, in presenza dell'elettrodotto interrato, riguarda la posa, sul fondo dello scavo, di 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.

Gli schermi dei cavi in corrispondenza dei giunti sono collegati a tale treccia.

Per quanto riguarda la sottostazione, la protezione da contatti indiretti è assicurata dall'impianto di terra, connesso a tutte le parti metalliche non in tensione e al centro stella del trasformatore.

In particolare, si prendono i 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.

Per quanto riguarda la protezione contro le **fulminazioni dirette**, gli aerogeneratori sono dotati di un sistema di protezione, costituito da un anello di alluminio disposto sulle pale, una rete di terra intorno alla relativa fondazione e una linea di drenaggio.