

- biogas ●
- biometano ●
- eolico ●
- fotovoltaico ●
- efficienza energetica ●
- waste to chemical ●

# Relazione tecnica impianto elettrico di connessione alla RTN

Progetto definitivo

Impianto eolico di "Castellana Sicula"

Comuni di Castellana Sicula e Polizzi Generosa (PA)

Località "Cozzo Bagianello"



**N. REV. DESCRIZIONE**

a Emissione

**ELABORATO**

Serdea srl

**CONTROLLATO**

Asja  
Castellana Polizzi srl

**APPROVATO**

Serdea srl

IT/EOL/E-CASI/PDF/E/RT/019-a

15/11/2022

Via Ivrea, 70 - Rivoli (TO) Italia

T +39 011.9579211

F +39 011.9579241

info@asja.energy

## INDICE

	PAGINA
1. PREMESSA .....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
3. SISTEMA AT 36 kV TERNA .....	5
4. STMG .....	6
5. IMPIANTO EOLICO .....	6
5.1 Descrizione generale .....	6
5.2 Schema elettrico e linee di connessione .....	8
5.3 Aerogeneratore .....	10
5.4 Cabine di sezionamento .....	11
5.4.1 Struttura delle cabine di sezionamento .....	11
5.4.2 Allestimento cabine di sezionamento .....	13
5.5 Cabina Utente .....	14
5.5.1 Struttura della Cabina Utente .....	15
5.5.2 Apparecchiature elettriche a 36 kV .....	16
5.5.3 Apparecchiature BT .....	18
5.5.4 Misura fiscale dell'energia elettrica .....	19
5.5.5 Sistema di controllo e monitoraggio .....	19
5.5.6 RTU Terna .....	20
5.5.7 UPDM Terna .....	20
5.5.8 Trasformatore ausiliari .....	20
5.5.9 Gruppo elettrogeno .....	21
5.6 Impianto di messa a terra .....	21
6. CAVI ELETTRICI .....	23
6.1 Cavi elettrici di bassa tensione .....	23
6.2 Cavi elettrici di tensione 36 kV .....	24
6.3 Dimensionamento cavi elettrici di tensione a 36 kV .....	24
6.3.1 Temperatura del terreno .....	25
6.3.2 Numero di terne per scavo .....	26
6.3.3 Posa direttamente interrata .....	26
6.3.4 Profondità di posa .....	26
6.3.5 Resistività termica del terreno .....	27
6.3.6 Tabella cavi .....	27
7. ANALISI DEL RISCHIO DA ELETTROCUZIONE .....	27
7.1 Misure di protezione dai contatti diretti .....	28
7.2 Misure di protezione dai contatti indiretti .....	29
7.3 Protezioni contro le fulminazioni dirette .....	29

## 1. PREMESSA

La Società *Asja Castellana Polizzi s.r.l.*, con sede legale a Torino in Corso Vittorio Emanuele II n. 6, intende realizzare un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, composto da n. 7 aerogeneratori con potenza unitaria di 7,0 MW per una potenza complessiva di 49,0 MW ricadente nei territori comunali di Castellana Sicula (PA) e Polizzi Generosa (PA), denominato impianto eolico di "Castellana Sicula", in località "Cozzo Bagianello".

L'impianto eolico sarà collegato alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN), come da STMG formalizzata da TERNA S.p.A. (Codice Pratica 202201040), mediante un elettrodotto interrato a 36 kV, il cui tratto finale interessa il Comune di Villalba (CL), dove è ubicata la Cabina Utente (CU) che costituisce l'interfaccia per la consegna dell'energia immessa nella RTN presso la Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150/36 kV di Terna, denominata "Caltanissetta". Il collegamento tra la CU e la sezione a 36 kV della SE sarà realizzato mediante un breve elettrodotto interrato.

La presente relazione tecnica descrive l'impianto elettrico per la connessione alla RTN dell'impianto eolico di produzione.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La principale normativa di riferimento inerente gli impianti elettrici in progetto è riportata di seguito:

- 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";

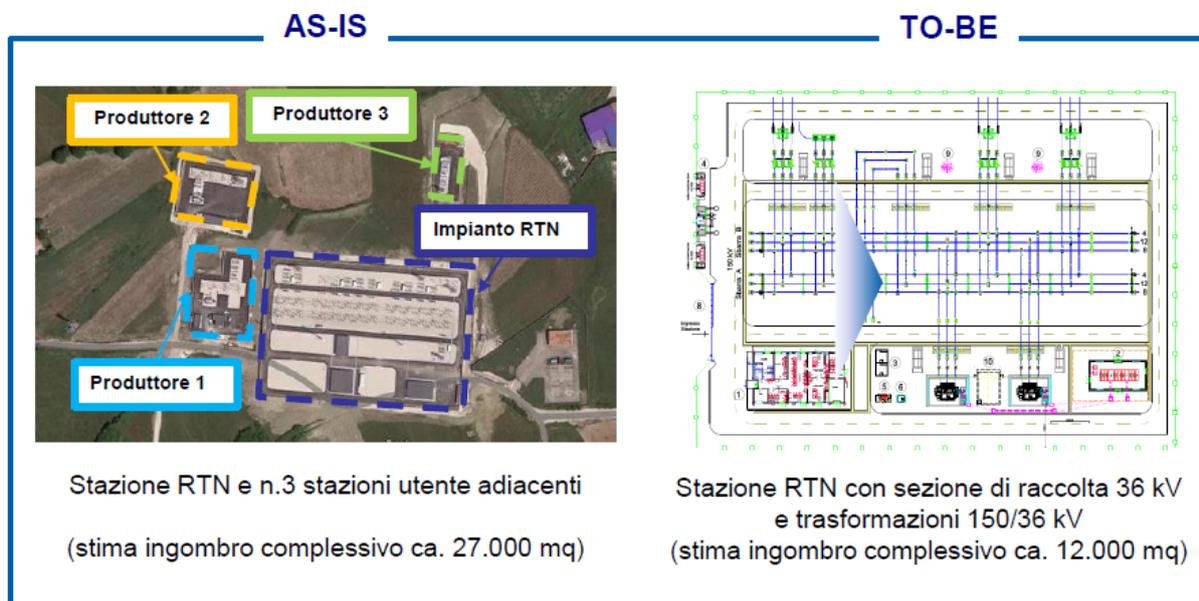
- Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387: "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità."
- Decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28: "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE"
- 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 EN 61936-1 (CEI 99-2): "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni";
- Norma CEI EN 61243-1 (CEI 11-69): "Lavori sotto tensione – Rivelatori di tensione – Parte 1: Tipo capacitivo da utilizzare per tensioni alternate superiori a 1 kV;
- 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 EN 60909-0 (CEI 11-25): Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a.;
- 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 UNI 70029: Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Criteri generali di sicurezza.

### 3. SISTEMA AT 36 kV TERNA

Terna S.p.A. è la società italiana che gestisce la rete di trasmissione nazionale (RTN) con linee elettriche in alta tensione.

A partire dal mese di agosto 2021, Terna ha avviato le consultazioni per l'introduzione di un nuovo standard di connessione alla RTN a 36 kV per gli impianti con potenza fino a 100 MW. Questo nuovo standard di connessione è stato introdotto per consentire una migliore integrazione delle fonti energetiche rinnovabili (FER) mediante soluzioni commisurate con l'effettiva taglia degli impianti di produzione.

In base ai dati Terna, sono in forte crescita le richieste di connessione alla RTN che riguardano per circa il 90% dei casi impianti di produzione con taglia inferiore a 100 MW. Con gli standard di connessione alla RTN fino ad ora adottati, nell'area delle stazioni di raccolta a 380/150 kV devono essere realizzati, come minimo, stalli a 150 kV per ogni singolo impianto di produzione, con una elevata occupazione di suolo e una bassa ottimizzazione delle infrastrutture di rete; infatti, uno stallo a 150 kV potrebbe accogliere impianti con potenza 200 MW ÷ 250 MW. Una esemplificazione della ottimizzazione della RTN prospettata dal nuovo standard di connessione a 36 kV è riportata nella immagine seguente:



*(immagine tratta da pubblicazione Terna – agosto 2021)*

La nuova soluzione di connessione prevede che l'impianto eolico venga collegato direttamente alla nuova sezione a 36 kV della Stazione Elettrica RTN 380/150/36 kV denominata "Caltanissetta", facendo in modo di avere la stessa tensione di uscita dagli aerogeneratori, senza necessità di ulteriori trasformazioni con stalli AT molto invasivi e poco sfruttati.

## 4. STMG

A seguito di formale richiesta di connessione alla RTN dell'impianto eolico oggetto del presente progetto definitivo, Terna SpA ha formalizzato la soluzione tecnica minima generale (STMG Codice Pratica 202201040) che prevede un collegamento in antenna sulla sezione a 36 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150/36 kV della RTN denominata "Caltanissetta".

In prossimità della Stazione Elettrica (SE) di Terna è stata posizionata la Cabina Utente (CU) che costituisce l'interfaccia per la consegna dell'energia immessa nella RTN.

Attualmente è stata progettata la sezione 380/150 kV della Stazione Elettrica di Terna ed è in corso la progettazione della sezione a 36 kV della quale non si conosce ancora l'esatta disposizione. In ogni caso, la posizione della Cabina Utente (CU) consente di raggiungere con un breve elettrodotto interrato a 36 kV qualsiasi lato della Stazione Elettrica (SE) per poter entrare direttamente sulla sezione a 36 kV che sarà resa disponibile da Terna.

## 5. IMPIANTO EOLICO

### 5.1 Descrizione generale

L'impianto eolico è costituito da n. 7 aerogeneratori aventi potenza unitaria di 7,0 MW e, ai fini del progetto definitivo, è stato individuato come aerogeneratore di riferimento il modello Vestas V172, con potenza disponibile  $6,5 \div 7,2$  MW e con altezza torre 135 m, tenendo presente che le caratteristiche elettriche effettive potranno essere consolidate soltanto in fase di progetto esecutivo, dopo che l'aerogeneratore sarà stato acquistato.

Le postazioni degli aerogeneratori sono costituite da fondazioni e aree di servizio (piazzole) che sono collegate alla viabilità esistente mediante nuovi tratti di strada.

La disposizione degli aerogeneratori nel sito eolico è rappresentata nella Figura 1 su cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM) Serie 50 (scala 1:50.000); le linee rosse tratteggiate rappresentano i confini comunali e, per rendere evidenza delle distanze, si tenga presente che ogni quadrato della griglia misura 1 km x 1 km.

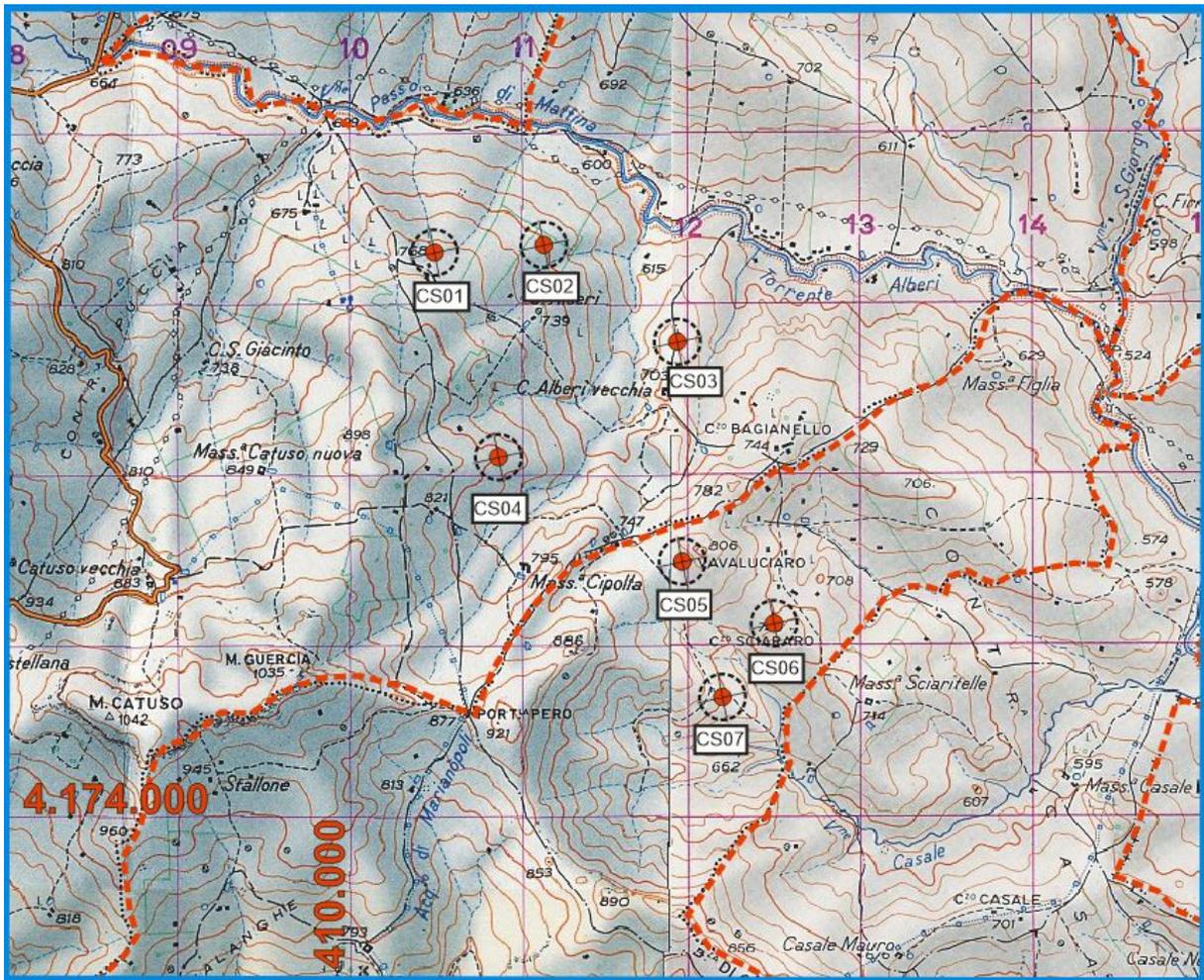


Figura 1: Posizione aerogeneratori su carta topografica Serie 50 IGMI 621 (Alia) e IGMI 622 (Gangi)

I dispositivi di manovra, di controllo, di protezione e di supervisione degli aerogeneratori sono alloggiati all'interno degli aerogeneratori, compreso il trasformatore elevatore fino alla tensione di 36 kV. Nell'impianto eolico in progetto, gli aerogeneratori sono collegati tra loro in modo da ottimizzare i percorsi anche mediante due cabine di sezionamento (CB01 e CB02) ubicate vicino agli aerogeneratori denominati CS04 e CS05. Ciascuna cabina di sezionamento è collegata con una linea elettrica che trasporta l'energia elettrica fino alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN), attraverso la Cabina Utente (CU) ubicata in prossimità della SE 380/150/36 kV della RTN, denominata "Caltanissetta". La CU è dotata di tutte le protezioni elettriche, delle misure fiscali dell'energia, dei sistemi di controllo e di monitoraggio.

Il collegamento tra la Cabina Utente e la SE RTN avverrà tramite un breve tratto di linea in cavo interrato.

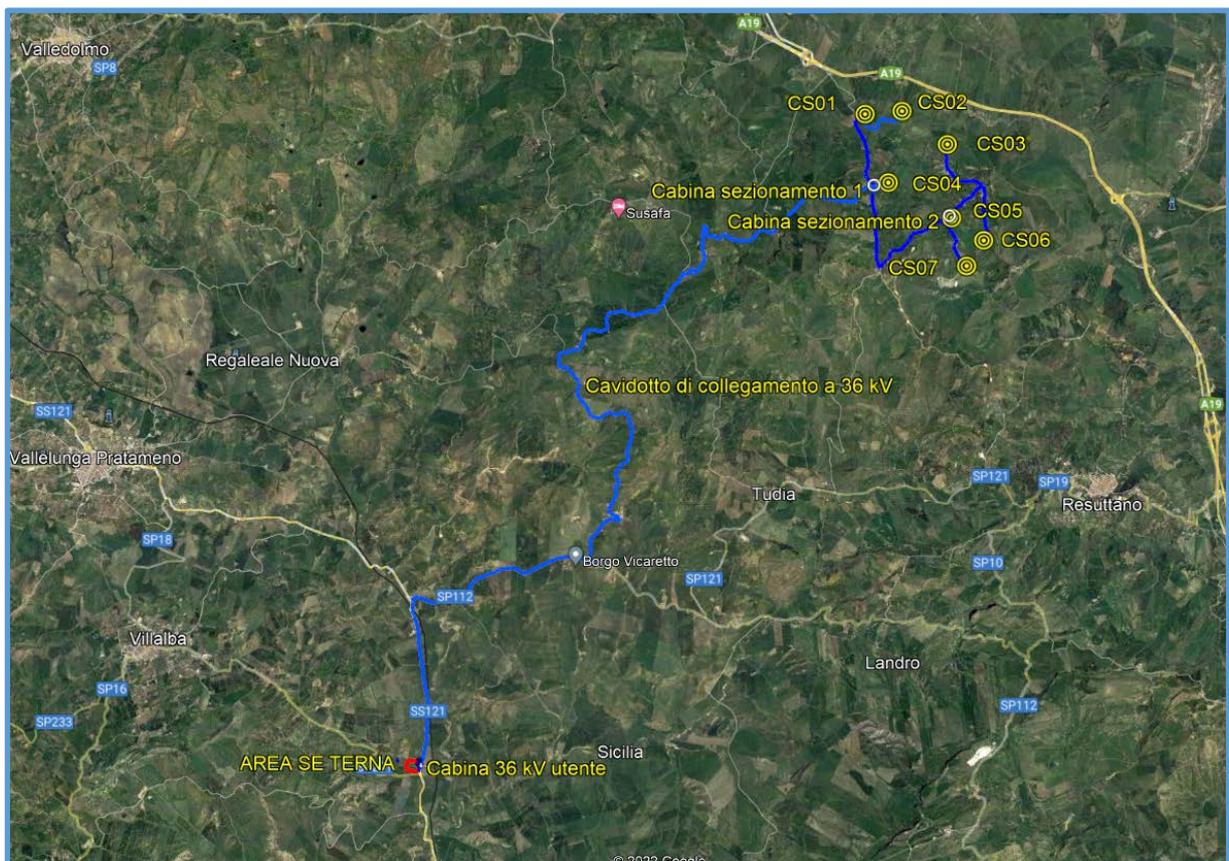


Figura 2: Foto aerea con il percorso dei cavidotti di collegamento degli aerogeneratori alla SE RTN

La foto aerea, riportata in Figura 2, rappresenta in blu i tracciati dei cavidotti di collegamento degli aerogeneratori all'interno dell'area dell'impianto eolico e da questo fino alla Cabina Utente (CU) e alla vicina Stazione Elettrica (SE) di Terna, seguendo percorsi su strade esistenti o di nuova formazione.

## 5.2 Schema elettrico e linee di connessione

I collegamenti elettrici sono riportati nella successiva Figura 3, nella quale sono schematizzate le linee di connessione degli aerogeneratori alle relative cabine di sezionamento e, da queste, alla Cabina Utente posizionata presso la SE 380/150/36 kV della RTN.

Per maggiori dettagli sui collegamenti elettrici si rimanda allo "Schema unifilare impianto eolico" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/E/SCH/020-a), allo "Schema a blocchi impianto elettrico" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/E/SCH/021-a) e allo "Schema a blocchi connessione fibra ottica" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/E/SCH/022-a).

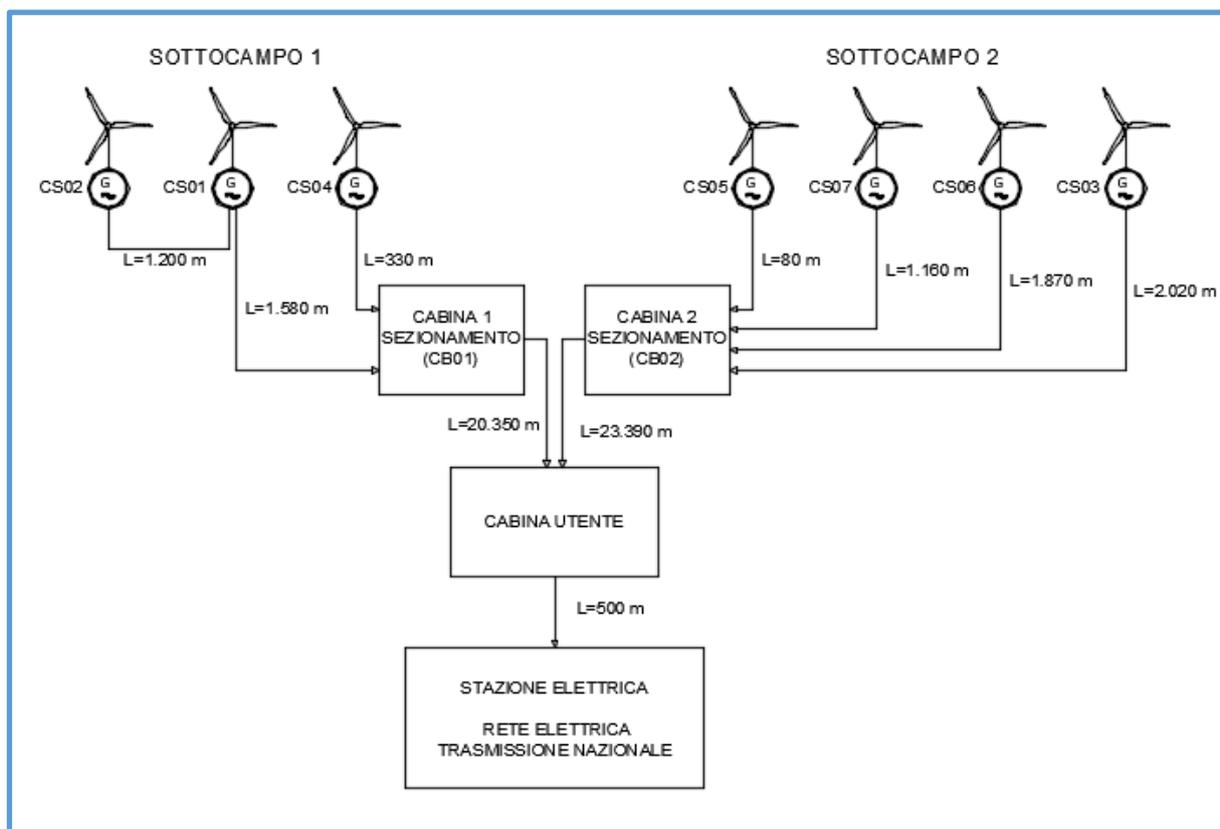


Figura 3: Schema di collegamento degli aerogeneratori alla RTN

La soluzione adottata con le due cabine di sezionamento consente di ottimizzare le lunghezze dei cavi e la selettività dei collegamenti degli aerogeneratori dell'impianto eolico.

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno all'area dell'impianto eolico che per la connessione alla Cabina Utente (CU) e alla Stazione Elettrica (SE) della RTN, saranno del tipo standard con anima in alluminio, schermo elettrico e armatura. I cavi di tutte le linee elettriche seguiranno la viabilità esistente o di nuova formazione e saranno posati direttamente interrati ad una profondità di 1,2 m dal piano di calpestio, con protezioni meccaniche e/o tubazioni ove necessario, in particolare, laddove si devono realizzare particolari attraversamenti o soluzioni puntuali di interferenze presenti lungo il percorso. Le modalità di posa saranno adottate 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.

L'individuazione delle interferenze e i tipologici di posa sono riportati nell'elaborato a "Relazione interferenze cavidotti" (doc. IT/E-CASI/PDF/C/RT/028-a).

Il dimensionamento preliminare dei cavi è riportato nel successivo cap. 6.

### 5.3 Aerogeneratore

Per quanto concerne la parte elettrica dell'aerogeneratore, oltre al sistema di generazione composto da macchina asincrona e inverter, al suo interno si trovano il quadro BT (720 V / 400 V) per i servizi ausiliari e anche i sistemi di azionamento, di regolazione, di comando, di trasmissione dati e di monitoraggio (SCADA) per il funzionamento autonomo.

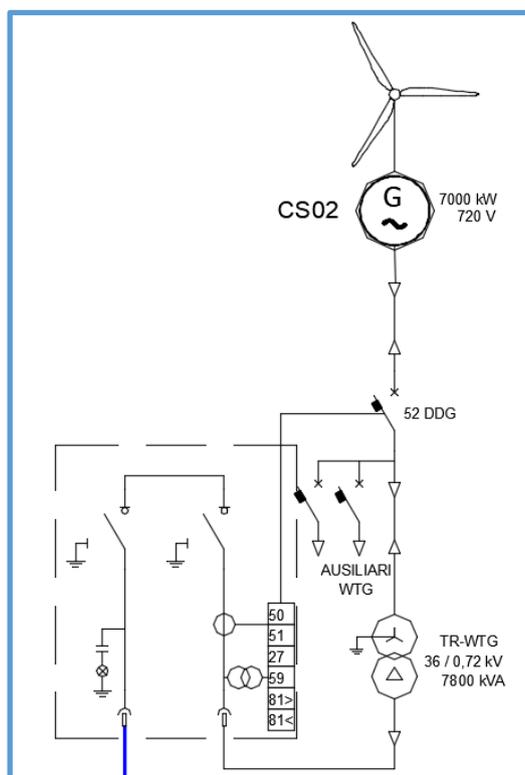


Figura 4: Schema elettrico unifilare aerogeneratore

Inoltre, come esemplificato in Figura 4, all'interno dell'aerogeneratore si trovano le seguenti principali apparecchiature necessarie per la connessione alla rete elettrica d'impianto:

- trasformatore 720 V / 36 kV;
- sistema di rifasamento;
- cella a 36 kV di arrivo e di protezione della linea del trasformatore;
- una o più celle a 36 kV per le linee di collegamento dell'impianto eolico.

## 5.4 Cabine di sezionamento

Considerata la distanza tra gli aerogeneratori e la lunghezza dei cavidotti interrati lungo la viabilità d'impianto, il progetto prevede di ottimizzare i percorsi mediante l'installazione di due cabine di sezionamento posizionate, come precedentemente precisato, rispettivamente nei pressi dell'aerogeneratore CS04 e CS05. I servizi ausiliari delle cabine di sezionamento saranno alimentati dai quadri lato BT dei vicini aerogeneratori mediante cavi in BT dedicati.

Le apparecchiature previste nelle cabine di sezionamento consentiranno, in caso di guasto, di disconnettere gli estremi delle linee elettriche e di effettuare le operazioni di ricerca guasti, agevolando gli interventi di manutenzione. L'individuazione del punto di guasto viene generalmente effettuata con idonea strumentazione (sistemi ecometrici), che consente l'individuazione del punto di guasto attraverso la trasmissione di segnali impulsivi ad una estremità libera del cavo. La precisione della localizzazione è proporzionale alla distanza del guasto dal punto di inserzione dello strumento di misura. Con gli attuali standard presenti sul mercato, la rilevazione di un guasto su una linea interrata del tipo di quelle dell'impianto è considerata sufficientemente precisa fino a distanze pari a 4 ÷ 5 km dal punto di inserzione dello strumento (ossia da una delle due estremità della tratta di cavidotto). Oltre tale distanza, infatti, la precisione della strumentazione non è tale da permettere l'individuazione del guasto con una precisione dell'ordine del metro e, pertanto, risulterà necessario aprire fronti di scavo più lunghi.

### 5.4.1 Struttura delle cabine di sezionamento

Le cabine saranno del tipo monoblocco prefabbricato in c.a.v., con struttura monolitica autoportante senza giunti d'unione tra le pareti e tra queste ed il fondo, realizzati in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa. La coibentazione termica conseguente alla presenza dell'argilla espansa riduce gli effetti derivanti dal fenomeno della parete fredda (formazione di condensa). La base d'appoggio del monoblocco (vasca) avrà una altezza di circa 60 cm (di cui 50 cm saranno interrati) e sarà realizzata in calcestruzzo senza l'aggiunta di argilla per aumentare, a parità di rapporto acqua-cemento, la resistenza e durabilità della stessa base. Il pavimento delle cabine e delle vasche di fondazione sarà dotato della forometria, stabilita in sede di progetto esecutivo, necessaria per il passaggio dei cavi provenienti dai cavidotti interrati. La vasca di fondazione, per evitare eventuali cedimenti, potrà essere rinforzata con travi in acciaio IPE 100, zincate a caldo, in corrispondenza dei punti più sollecitati dovuti a carichi concentrati.

Il monoblocco sarà protetto esternamente dagli agenti atmosferici con materiali speciali della colorazione più idonea a favorire l'inserimento nell'ambiente.

Le cabine di sezionamento saranno dotate di porte di ingresso e di aperture di ventilazione, meglio definite nel progetto esecutivo, e avranno dimensioni esterne in pianta di 2,50 m di larghezza e 5,60 m di lunghezza, come illustrato nell'elaborato grafico "cabine elettriche sezionamento" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/C/PLN/025-a). Le rispettive ubicazioni all'interno dell'area dell'impianto eolico sono rappresentate nelle immagini delle seguenti Figure 5 e 6.



Figura 5: Ubicazione cabina di sezionamento CB01



Figura 6: Ubicazione cabina di sezionamento CB02

### 5.4.2 Allestimento cabine di sezionamento

Nelle cabine di sezionamento verranno installate le apparecchiature elettromeccaniche necessarie ad effettuare il collegamento e il sezionamento delle linee elettriche provenienti dagli aerogeneratori e in uscita verso la Cabina Utente, come schematizzato nella Figura 7 che riporta uno stralcio dello schema unifilare.

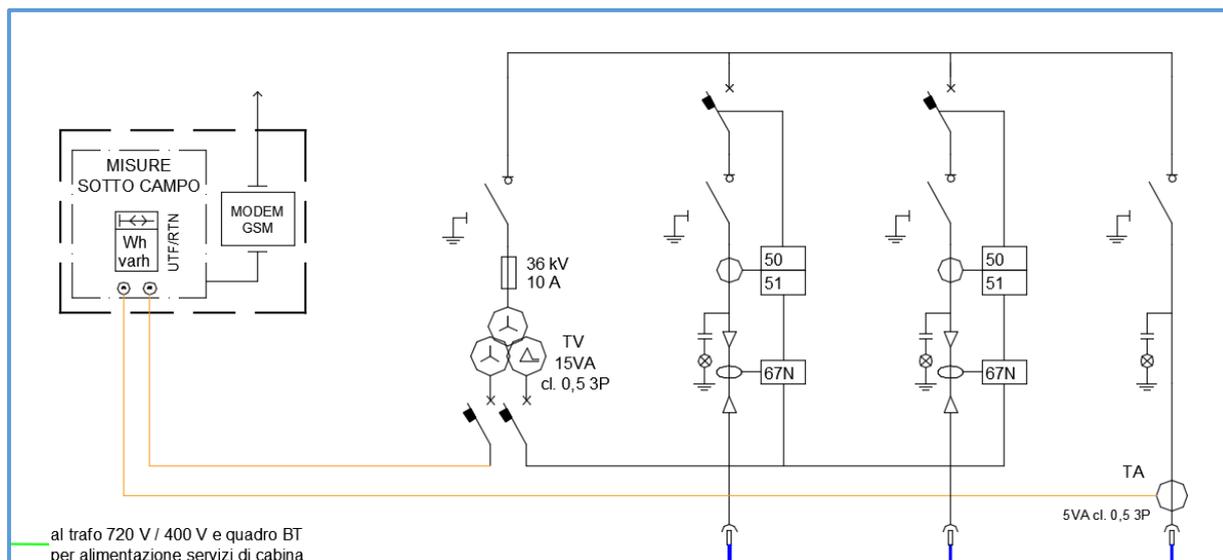


Figura 7: Schema elettrico unifilare cabina di sezionamento

Gli scomparti di giunzione delle linee elettriche avranno le seguenti principali caratteristiche tecniche che saranno meglio definite nel progetto esecutivo:

- isolamento in SF<sub>6</sub>;
- sistema rilevazione presenza tensione;
- relè rilevatore di guasto con segnalazione luminosa;
- tensione nominale 36 kV;
- corrente nominale 630 ÷ 1.250 A;
- corrente di breve durata 12,5 kA /1s (preliminare).

Il quadro elettrico delle cabine di sezionamento sarà composto dalle seguenti celle:

- n. 2 celle arrivo linee elettriche aerogeneratori, equipaggiate con interruttori automatici e sezionatori sotto carico;

- n. 1 cella misure, equipaggiata con sezionatore sotto carico e fusibili;
- n. 1 cella partenza linea, verso la cabina utente, equipaggiata con sezionatore sotto carico.

Le cabine sono dotate di scomparti per le misure della potenza prodotta, i cui contatori con i relativi dispositivi di trasmissione dati in fibra ottica potrebbero essere installati in locali separati, per consentire l'accessibilità a personale non addestrato o appartenente a diverse società.

## 5.5 Cabina Utente

Da ciascuna delle due cabine di sezionamento parte una linea elettrica alla tensione di 36 kV, posata direttamente interrata in un cavidotto che si sviluppa lungo un percorso stradale di circa 20 km, fino a raggiungere la Cabina Utente (CU) dell'impianto eolico, che costituisce l'interfaccia con la Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) ed è posizionata vicino alla Stazione Elettrica (SE) di Terna 380/150/36 kV denominata "Caltanissetta".

La posizione scelta per la cabina utente, come illustrato nella Figura 8 seguente, è esterna alle aree di rispetto della Stazione Elettrica RTN, ma è limitrofa alla strada statale SS121 lungo la quale è previsto l'arrivo del cavidotto d'impianto.

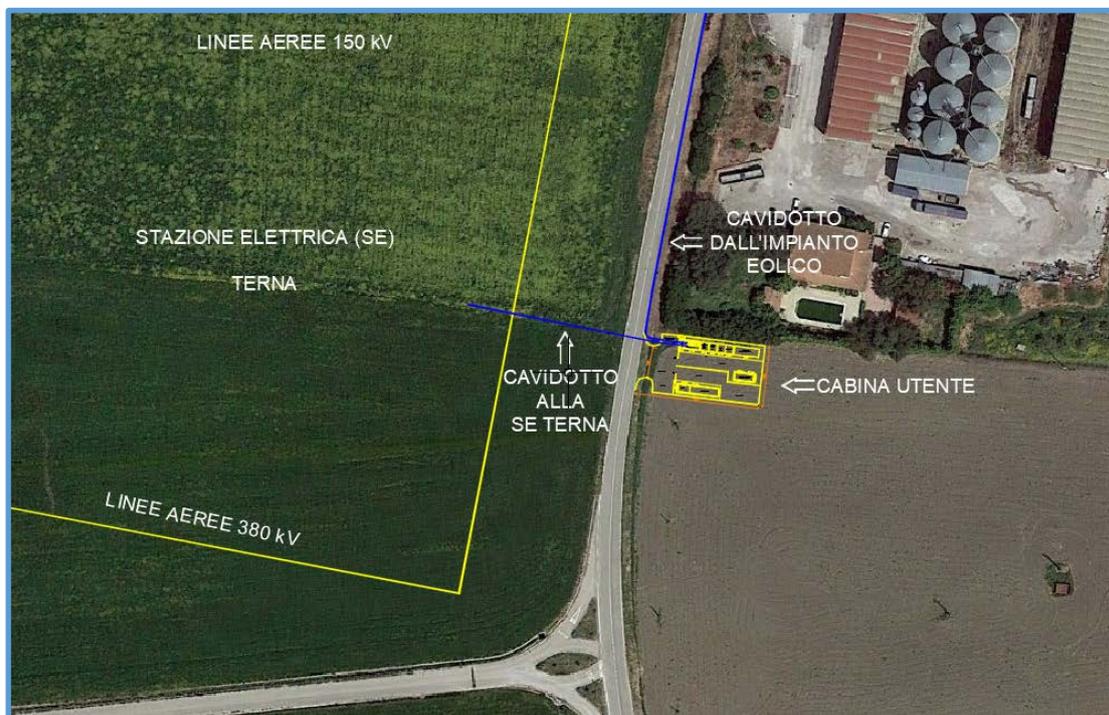


Figura 8: Foto aerea posizione cabina utente e SE di Terna (RTN)

### 5.5.1 Struttura della Cabina Utente

La Cabina Utente è composta da alcuni monoblocchi prefabbricati in c.a.v. affiancati, del tipo con struttura monolitica autoportante senza giunti d'unione tra le pareti e tra queste ed il fondo, realizzati in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa. La coibentazione termica conseguente alla presenza dell'argilla espansa riduce gli effetti derivanti dal fenomeno della parete fredda (formazione di condensa). Ogni monoblocco sarà dotato di porte di ingresso e di aperture di ventilazione, come definite nel progetto esecutivo, e avrà una base d'appoggio (vasca), con altezza di circa 60 cm (di cui 50 cm saranno interrati), realizzata in calcestruzzo senza l'aggiunta di argilla per aumentare, a parità di rapporto acqua-cemento, la resistenza e durabilità della stessa base. Il pavimento dei monoblocchi e delle relative vasche di fondazione sarà dotato della forometria, stabilita in sede di progetto esecutivo, necessaria per il passaggio dei cavi provenienti dai cavidotti interrati. Le vasche di fondazione, per evitare eventuali cedimenti, potranno essere rinforzate con travi in acciaio IPE 100, zincate a caldo, in corrispondenza dei punti più sollecitati dovuti a carichi concentrati. Le pareti esterne dei monoblocchi saranno protette dagli agenti atmosferici con materiali speciali della colorazione più idonea a favorire l'inserimento nell'ambiente.

In aggiunta ai monoblocchi prefabbricati, si prevede l'installazione di due container tipo navale, uno piccolo (lunghezza 20 piedi) e uno grande (lunghezza 40 piedi), adattati tipo magazzino con le necessarie aperture per il passaggio di apparecchiature e materiali, oltre alle porte per il normale accesso del personale, e saranno opportunamente coibentati e attrezzati con gli impianti di illuminazione e forza motrice.

I locali della Cabina Utente sono adibiti alle seguenti funzioni:

- locale contatori di misura;
- locale quadri elettrici a 36 kV con tutte le protezioni per le linee in arrivo dall'impianto eolico e in partenza verso la Stazione Elettrica di Terna;
- locale trasformatore per i servizi ausiliari in BT con il relativo quadro di distribuzione delle linee elettriche all'interno della cabina utente;
- locale gruppo elettrogeno di emergenza
- locale UPS per l'alimentazione ausiliari a 110 V cc con relativo pacco batterie e quadro elettrico di distribuzione;

- locale tecnico con sistemi di supervisione (SCADA), Unità Periferica di Difesa e Monitoraggio (UPDM), Unità Terminale Remota (RTU) interfacciato con il sistema di controllo TERNA e apparati di telecomunicazione (TLC);
- locale per eventuali sistemi di compensazione induttivi / capacitivi e altre apparecchiature di servizio;
- locale magazzino e supervisione ad uso esclusivo del costruttore degli aerogeneratori (turbinista).

I locali della cabina utente potranno essere dotati, in base alle specifiche del progetto esecutivo, di unità di condizionamento (raffrescamento e riscaldamento) a split interno e unità esterne opportunamente installate a pavimento.

Per maggiori dettagli si rimanda l'elaborato grafico "Cabina elettrica utente" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/C/PLN/026-a) nel quale sono riportate, oltre all'ubicazione, la planimetria e i prospetti con le principali dimensioni della Cabina Utente.

### 5.5.2 Apparecchiature elettriche a 36 kV

Nel locale dei quadri elettrici della Cabina Utente verranno installate le apparecchiature elettromeccaniche con le seguenti principali caratteristiche tecniche che saranno meglio definite nel progetto esecutivo:

- tipo di isolamento SF6
- tensione nominale / isolamento 36/45 kV
- frequenza nominale 50 Hz
- tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 70 kV (preliminare)
- tensione di tenuta ad impulso 170 kV (preliminare)
- corrente nominale ammissibile di breve durata (1s)  $\geq 16$  kA (preliminare)
- corrente alle sbarre 1250 A (preliminare)
- classificazione d'arco interno IAC AFLR 16 kA – 1s
- categoria di perdita di continuità di servizio LSC2A
- numero di cicli di operazioni 1000
- tensione ausiliari per comandi e segnalazioni 110 Vcc

- tensione ausiliari per illuminazione e resistenza anticondensa 230 Vca
- tensione ausiliari per motore caricamolle 110 Vcc

Si prevede che il quadro elettrico della cabina utente, con riferimento alla Figura 9 di seguito riportata, sarà composto da:

- n. 2 celle arrivo linee elettriche sottocampo eolico, equipaggiate con interruttori automatici e sezionatori sotto carico;
- n. 1 cella partenza linea elettrica verso la sezione a 36 kV della Stazione Elettrica RTN, equipaggiata con interruttore automatico;
- n. 1 cella partenza trasformatore servizi ausiliari, equipaggiata con sezionatore sotto carico e fusibili;
- n. 1 cella misure, equipaggiata con sezionatore sotto carico e fusibili;
- n. 1 cella disponibile per sistemi di compensazione, equipaggiata con interruttore automatico.

I dispositivi di protezione intelligenti (IED) costituiranno anche dei terminali di IN/OUT per i segnali di allarme/stato e i comandi cablati da e per le apparecchiature.

Gli IED renderanno disponibile la misura delle grandezze elettriche (corrente, tensione, potenza attiva e reattiva, fattore di potenza e frequenza) per il sistema SCADA di cabina; eventualmente le stesse misure eseguite dagli IED potranno essere utilizzate per la trasmissione verso Terna delle telemisure attraverso la RTU dedicata.

Lo SCADA sarà interfacciato con un dispositivo per l'analisi e la registrazione della qualità della tensione, secondo la norma CEI EN 50160, per registrare tutti i dati dei singoli relè di protezione e ricostruire gli interventi per la ricerca guasti.

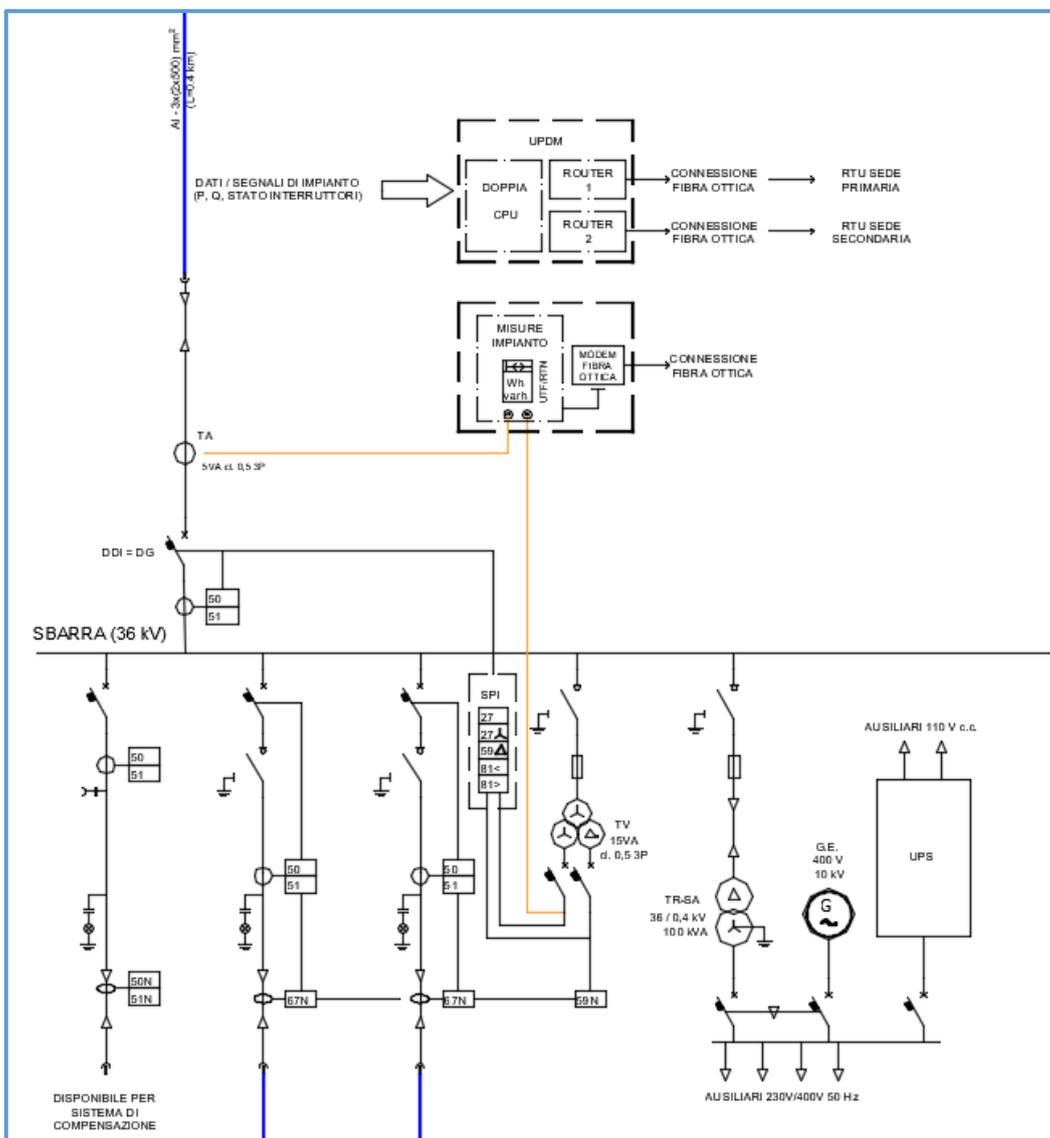


Figura 9: Schema elettrico cabina utente

### 5.5.3 Apparecchiature BT

I servizi ausiliari in corrente alternata della cabina utente saranno alimentati da un trasformatore trifase 36 kV / 400 V, in grado di alimentare tutte le utenze, e da un gruppo elettrogeno di emergenza, in grado di alimentare solo le utenze essenziali in caso di mancanza della rete elettrica, quali i sistemi di controllo della cabina utente (SCADA, UPDM, RTU, modem TLC, ecc.)

L'alimentazione dei servizi ausiliari in corrente continua sarà fornita da un sistema di alimentazione composto da raddrizzatore e gruppo batteria (UPS). In caso di mancanza

dell'alimentazione primaria da rete, la capacità della batteria assicurerà il corretto funzionamento dei circuiti alimentati in corrente continua per il tempo necessario affinché il personale di manutenzione possa intervenire. Il sistema di alimentazione in c.c. sarà a tensione 110 V con il campo di variazione compreso tra +10% / -15%, le batterie saranno di tipo ermetico e dimensionate, in base ai dati di assorbimento delle apparecchiature da alimentare, per una durata minima di 4 ore.

Un quadro in BT posizionato nello stesso locale del trasformatore provvederà alle alimentazioni dei servizi ausiliari a 230/400 V 50 Hz, nonché agli impianti luce e FM della Cabina Utente e alla gestione della commutazione sull'alimentazione del gruppo elettrogeno in caso di mancanza rete.

La distribuzione delle alimentazioni ai servizi ausiliari 110 V cc sarà gestita da un quadro in BT posizionato nello stesso locale dell'UPS.

I quadri elettrici in BT saranno dotati di interruttori magnetotermici e magnetotermici/differenziali a protezione delle linee servizi ausiliari e alimentazione dei servizi generale/impianti tecnologici. Inoltre, saranno previsti gruppi di misura fiscali per la quantificazione del consumo dei carichi ausiliari e generali.

#### **5.5.4 Misura fiscale dell'energia elettrica**

I contatori di energia saranno posizionati in un apposito locale della cabina utente e saranno conformi alle prescrizioni degli allegati N° 43 e N°45 del Codice di Rete di TERNA.

Qualunque accesso ai circuiti di misura fiscale sarà sigillato in accordo alle normative vigenti e alle richieste dell'Agenzia delle Entrate e i misuratori di energia, i nuclei di misura dei TA e TV dedicati alla misura fiscale dell'energia saranno forniti completi di certificati di taratura/calibrazione emessi da un organismo riconosciuto.

I contatori di energia saranno dotati di due porte di comunicazione, una per la connessione al modem di trasmissione remota e l'altra per il download dei dati locali.

#### **5.5.5 Sistema di controllo e monitoraggio**

Il monitoraggio e il controllo dei componenti della cabina utente saranno gestiti attraverso lo SCADA completo di apparati quali PC, tastiera, monitor, mouse, stampante, PLC/RTU/CPU, Switch, convertitori, software e qualsiasi funzione HMI necessaria.

Attraverso lo SCADA potrà essere gestito anche il funzionamento degli aerogeneratori dell'impianto eolico.

### 5.5.6 RTU Terna

La trasmissione dei segnali e delle misure (telesegnali TS e telemisure TM) previsti dal Codice di rete avverrà attraverso l'unità terminale remota (RTU), da interfacciare con il sistema di controllo Terna, installato nel locale contenente gli apparati del sistema SCADA.

La RTU sarà conforme ai requisiti di Terna, con ridondanza di CPU, alimentatori e schede principali, prestazioni in termini di frequenza di trasmissione dei dati e protocolli di comunicazione. La RTU sarà completa di porte per il collegamento della stessa RTU alle prese dei routers delle due linee di comunicazione, tipo CDN e Frame Relay oppure tramite collegamento in tecnologia Ethernet – Layer 2 su architettura di rete MPLS o SDH.

### 5.5.7 UPDM Terna

Nel locale tecnico della cabina utente sarà installata l'Unità Periferica di Difesa e Monitoraggio (UPDM) interfacciata con il sistema di controllo remoto di Terna per la disconnessione remota dell'impianto di produzione.

L'UPDM sarà conforme ai requisiti di Terna, con ridondanza di CPU, alimentatore e schede principali, prestazioni in termini di frequenza di trasmissione dei dati e protocolli di comunicazione.

L'UPDM sarà un sistema autonomo, completo di tutti i dispositivi necessari da interfacciare con l'apparecchiatura per il comando dell'interruttore automatico asservita al teledistacco.

Il quadro UPDM sarà inoltre interfacciato con i due switch/router, necessari per la connessione dell'UPDM a due linee CDN oppure tramite tecnologia MPLS, per la connessione con Terna.

### 5.5.8 Trasformatore ausiliari

Il trasformatore dei servizi ausiliari sarà del tipo inglobato in resina, dimensionato per alimentare tutti gli utenti dei servizi ausiliari e generali della Cabina Utente.

Le caratteristiche principali devono essere:

- potenza nominale 100 kVA
- tipo di raffreddamento AN
- rapporto di trasformazione 36/0,4 kV

- impedenza di corto circuito 4 %
- commutatore a vuoto sull'avvolgimento AT  $\pm 2 \times 2,5$  %
- gruppo vettoriale Dyn11
- classe ambientale e climatica E1 – C1
- classe di comportamento al fuoco F1

Il trasformatore sarà completo di involucro di protezione.

### 5.5.9 Gruppo elettrogeno

Il generatore elettrico di emergenza, installato in un locale dedicato della cabina utente, è dimensionato per alimentare tutti i carichi ritenuti privilegiati della cabina utente del quadro elettrico BT di distribuzione a 230/400 V 50 Hz dei servizi ausiliari e illuminazione, con scambio automatico in caso di interruzione dell'alimentazione principale e gestione delle anomalie di funzionamento del gruppo elettrogeno inviando le segnalazioni al Sistema SCADA.

Il gruppo elettrogeno è dotato di serbatoio interno del carburante con capienza inferiore a 120 litri, escludendo la necessità di sistemi di estinzione fissi, secondo le prescrizioni dei vigili del fuoco.

Le caratteristiche principali del gruppo elettrogeno saranno:

- potenza (Prime Power) PRP 10 kVA (preliminare)
- potenza (Limited Time running Power) LTP 11 kVA (preliminare)
- alimentazione motore primo gasolio
- raffreddamento motore primo acqua
- capacità serbatoio integrato < 120 l
- frequenza 50 Hz
- tensione 400 / 230 V+N

## 5.6 Impianto di messa a terra

La rete di messa a terra sarà realizzata in accordo alla normativa vigente CEI EN 61936-1 e CEI EN 50522 sulla base del progetto esecutivo che dovrà considerare:

- il dimensionamento del dispersore e dei conduttori di terra;

- le caratteristiche geometriche del dispersore, in modo da garantire il rispetto delle tensioni di contatto e di passo secondo la curva di sicurezza di cui alla norma stessa.

Il dispersore sarà costituito da una maglia in corda di rame interrata, opportunamente dimensionata e configurata, sulla base della corrente di guasto a terra dell'impianto, delle caratteristiche elettriche del terreno e della disposizione delle apparecchiature. I dati potranno essere disponibili solo in fase esecutiva sulla base delle caratteristiche delle apparecchiature acquistate, con particolare riferimento alle specifiche che saranno fornite dal costruttore degli aerogeneratori.

Dopo la realizzazione, saranno eseguite le opportune verifiche e misure previste dalle norme.

La sezione della corda nuda in rame del dispersore sarà determinata con la seguente formula:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

dove:

A = sezione minima del conduttore di terra, in mm<sup>2</sup>

I = corrente del conduttore espressa in A

t = durata della corrente di guasto espressa in s

K = 226 [ A s<sup>1/2</sup> mm<sup>-2</sup>] (rame)

β = 234,5 [°C]

Θ<sub>i</sub> = temperatura iniziale in °C (assunta pari a 20°C)

Θ<sub>f</sub> = temperatura finale in °C (assunta pari a 300°C, per rame nudo)

Il dimensionamento termico del dispersore deve anche considerare i valori standard delle correnti di corto circuito e i tempi di eliminazione previsti per la rete 36 kV di Terna (regole in corso di emissione).

La geometria del dispersore al fine di garantire il rispetto dei limiti di tensione di contatto e di passo sarà definita in fase di progetto esecutivo, quando saranno noti i valori di resistività del terreno, da determinare con apposita campagna di misure.

In via preliminare, sulla base degli standard normalmente adottati e di precedenti esperienze, può essere ipotizzato un dispersore orizzontale a maglia, con lato di maglia di 5 m.

In caso di terreno non omogeneo con strati superiori ad elevata resistività si potrà procedere all'installazione di dispersori verticali (picchetti) di lunghezza sufficiente a penetrare negli strati di terreno a resistività più bassa, in modo da ridurre la resistenza di terra dell'intero dispersore.

I ferri di armatura dei cementi armati delle fondazioni, come pure gli elementi strutturali metallici saranno collegati alla maglia di terra della stazione.

In ogni caso, qualora risultasse la presenza di zone periferiche con tensioni di contatto superiori ai limiti, si procederà all'adozione di uno o più dei cosiddetti provvedimenti "M" della Norma CEI EN 50522.

Le cabine elettriche saranno dotate di impianto di messa a terra, consistente in una corda di rame perimetrale della sezione di 35 mm<sup>2</sup> collegata ai quattro angoli a dispersori verticali realizzati con picchetti in acciaio zincato della lunghezza di 1,50 m. L'impianto sarà dimensionato in fase di progetto esecutivo in conformità alle prescrizioni delle norme CEI EN 61936-1 e CEI EN 50522, nonché alle normative vigenti in materia.

## 6. CAVI ELETTRICI

### 6.1 Cavi elettrici di bassa tensione

I cavi elettrici di bassa tensione dell'impianto eolico dovranno essere schermati, con isolamento 0,6 / 1 kV e sezione  $\geq 1,5$  mm<sup>2</sup> per i circuiti luce e  $\geq 2,5$  mm<sup>2</sup> per i circuiti di potenza.

La sezione dei cavi di collegamento BT, dagli aerogeneratori CS04 e CS05 alle rispettive cabine di sezionamento, è di 16 mm<sup>2</sup> in base ad un calcolo preliminare considerati i carichi stimati per i relativi impianti in BT.

Il calcolo delle sezioni effettive dei cavi sarà eseguito in fase di progetto esecutivo.

Le caratteristiche tecniche, i materiali e i metodi di prova relativi a tutti i cavi BT per i circuiti di potenza e di controllo, cavi unipolari per cablaggi interni dei quadri e per impianti luce e FM saranno rispondenti alle Norme CEI e tabelle CEI UNEL di riferimento.

I cavi elettrici utilizzati nei collegamenti dei sistemi di protezione, comando e controllo, dei servizi ausiliari e generali e i cavi impiegati nei collegamenti interni ai quadri elettrici installati, saranno del tipo FG16(O)M16 0,6/1kV non propaganti l'incendio, in accordo al Regolamento Europeo per i Prodotti da Costruzione CPR UE 305/2011 e conformi alla Norma CEI 20-22.

I cavi elettrici utilizzati all'interno dei quadri per lo sviluppo dei circuiti, per il sistema di luce e FM delle cabine per la distribuzione dell'energia in c.a. e c.c. saranno, in funzione della tipologia di posa, FS17 450/750 V quelli in singola guaina, e FG16(O)R16 0,6/1kV, quelli in doppia guaina.

## 6.2 Cavi elettrici di tensione 36 kV

I cavi per le linee elettriche a 36 kV che collegano l'impianto eolico alla Cabina Utente (CU) e alla Stazione Elettrica (SE) della RTN sono ancora in fase di sviluppo da parte dei costruttori, per rispondere al nuovo standard di connessione introdotto da Terna.

Ai fini del dimensionamento preliminare delle linee dell'impianto si è considerato un cavo unipolare di costruzione simile a quelli utilizzati in media tensione, con conduttori in alluminio, strato di mescola estrusa, isolante costituito da mescola in elastomero termoplastico HPTE e schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico è presente una guaina protettiva in polietilene. Normalmente, fino alla sezione di 300 mm<sup>2</sup>, i tre cavi unipolari possono essere forniti avvolti ad elica visibile.

Le caratteristiche tecniche, i materiali e i metodi di prova relativi a tutti i cavi a 36 kV saranno definiti in sede di progetto esecutivo.

## 6.3 Dimensionamento cavi elettrici di tensione a 36 kV

Il calcolo preliminare della sezione dei cavi di distribuzione dell'impianto alla tensione di 36 kV è stato eseguito tenendo conto di trasportare la massima potenza di produzione e, quindi, la massima corrente di linea in rapporto alla portata del cavo stesso nelle sue condizioni di posa.

La corrente effettiva del cavo ( $I_z$ ) viene calcolata moltiplicando la portata nominale dichiarata dal costruttore ( $I_o$ ) per i coefficienti correttivi di seguito elencati:

$k_1$  = Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C

$k_2$  = Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano

$k_3$  = Fattore di correzione per profondità di interrimento diversa da 0,8 m

$k_4$  = Fattore di correzione per resistività termica diversa da 1,5 k\*m/W

La sezione del cavo deve anche necessariamente soddisfare il limite termico secondo la relazione:

$$I^2 \cdot t \leq k \cdot S^2$$

dove

- I: corrente di corto circuito presunta,
- t: tempo (1 secondo),
- k: dipende dalle caratteristiche del cavo
- S: sezione del cavo nel punto di guasto verificato.

Considerando che, a causa della variabilità del vento, l'impianto eolico in progetto raggiunge la condizione di massima corrente circa nel 10% dell'intero tempo di produzione, il dimensionamento è stato fatto derogando parzialmente alle condizioni della norma CEI 11-17 riguardo alla caduta di tensione lungo la linea ( $\leq 3\%$ ) e le perdite di potenza ( $\leq 5\%$ ).

In sede di progetto esecutivo, una volta note le effettive caratteristiche del cavo oggi non ancora in produzione, delle apparecchiature elettriche acquistate e della rete elettrica, si procederà ad effettuare la verifica termica, attraverso il calcolo delle correnti di corto circuito e la verifica della tenuta termica dei cavi.

Per il calcolo delle cadute di tensione sui singoli cavi, si è tenuto conto dei parametri longitudinali dei cavi, della potenza attiva transitante e di quella reattiva, attraverso la formula:

$$\Delta V = 100 \frac{(P \cdot R_l + Q \cdot X_l)}{V^2}$$

- P: potenza transitante;
- Q: potenza reattiva, calcolata considerando un fattore di potenza pari a 0,95;
- R<sub>l</sub>: resistenza di fase del cavo, pari alla resistenza unitaria per la lunghezza del cavo;
- X<sub>l</sub>: reattanza longitudinale di fase del cavo, pari alla reattanza unitaria per la lunghezza del cavo;
- V: tensione di esercizio del cavo (36 kV).

Per quanto riguarda le perdite di potenza per effetto Joule, si è fatto uso della formula:

$$P = 3 \cdot R_l \cdot I^2$$

- R<sub>l</sub>: resistenza longitudinale del cavo;
- I: corrente transitante.

### 6.3.1 Temperatura del terreno

Al fine di un corretto dimensionamento, occorre tenere conto della temperatura del terreno effettiva, diversa da quella di riferimento (20°) fornita dal costruttore.

Si farà pertanto uso del fattore correttivo per i cavi con isolamento in EPR, considerato che alle temperature ambiente di 15°C - 20°C - 25°C - 30°C corrispondono i coefficienti 1,04 - 1 - 0,96 - 0,93.

Avendo stimato una temperatura massima del terreno pari a 25°C, alla profondità di posa dei cavi (1,2 m), il fattore correttivo utilizzato sarà  $K_1 = 0,96$ .

### 6.3.2 Numero di terne per scavo

Dallo schema di collegamento dell'impianto eolico in progetto, si è ricavato il numero di cavi di AT presenti nella stessa trincea.

A scopo cautelativo, per ciascuna tratta di collegamento, si è preso quale valore di riferimento quello pari al numero massimo di cavi presenti in parallelo lungo tutta la tratta, ottenendo così un margine di sovradimensionamento rispetto alle effettive condizioni di esercizio.

I coefficienti  $k_2$  adottati nelle situazioni di 1 o 2 circuiti, considerata una distanza di 0,25m fra i circuiti, sono rispettivamente 1,00 o 0,90,

### 6.3.3 Posa direttamente interrata

Considerata la tipologia di posa direttamente interrata, non occorre applicare alcun fattore correttivo alla portata.

Si considerano, infatti, trascurabili i brevi tratti di posa in tubazione interrata relativi a particolari attraversamenti, in corrispondenza di interferenze con impluvi o altri impianti, in quanto le variazioni medie dei coefficienti risultano di modesta entità.

A maggior salvaguardia, in corrispondenza di tali attraversamenti, la distanza fra le tubazioni interrate verrà aumentata, così da potersi considerare validi gli stessi coefficienti come previsto dalla norma CEI 11-17 allegato B tab. III.

### 6.3.4 Profondità di posa

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità superiore a 1,20 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 quello garantito nelle normali condizioni di posa.

Si farà pertanto uso del fattore correttivo per i cavi con isolamento in EPR, considerato che alle profondità posa 0,8 m - 1,0 m - 1,2 m corrispondono i coefficienti 1,00 - 0,98 - 0,96.

Considerato che la posa del cavo è prevista alla profondità di 1,20 m in coefficiente di correzione risulta  $K_3 = 0,97$ .

### 6.3.5 Resistività termica del terreno

Essendo quasi impossibile stabilire, in questa fase di progetto definitivo, l'effettiva qualità del terreno lungo i tracciati dei cavidotti, per tutte le linee elettriche si è considerata la posa in terreno asciutto, corrispondente alla condizione più gravosa, con una resistività termica del terreno pari a 1,5 K·m/W.

Pertanto, non si applica alcun fattore correttivo e si utilizzerà  $K_4 = 1$ .

### 6.3.6 Tabella cavi

Il dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato AT, risultante dai calcoli eseguiti con nelle condizioni sopra precisate, è schematizzato nella tabella di seguito riportata.

TRATTA	LUNGHEZZA [m]	N. WTG COLLEGATI	P WTG [kW]	$I_z$ [A]	SEZIONE CAVO [mm <sup>2</sup> ]
CS02-CS01	1.200	1	7.200	122	70
CS01-CB01	1.580	2	14.400	243	150
CS04-CB01	330	1	7.200	122	70
CB01-CU	20.350	3	21.600	365	500
CS03-CB02	2.020	1	7.200	122	95
CS06-CB02	1.870	1	7.200	122	95
CS07-CB02	1.160	1	7.200	122	70
CS05-CB02	80	1	7.200	122	70
CB02-CU	23.390	4	28.800	487	630

## 7. ANALISI DEL RISCHIO DA 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.

In fase di progetto esecutivo, per tutte le componenti in tensione dell'impianto eolico, dovrà essere valutato il rischio di elettrocuzione e le protezioni da adottare.

In particolare, sono stati presi in esame i seguenti rischi:

- contatti elettrici diretti;
- contatti elettrici indiretti;
- fulminazione diretta.

## 7.1 Misure di protezione dai 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 EN 61936-1 le classifica come aree elettriche chiuse, per cui verranno applicate le misure di protezione previste al punto 8.2.2.2 della norma, ossia involucri, barriere, ostacoli e distanziamento.

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 8.2.2.1 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 nelle norme di riferimento e nel progetto esecutivo.

## 7.2 Misure di protezione dai contatti indiretti

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

Presso ciascun aerogeneratore verrà realizzato un proprio impianto di terra, a mezzo corda di rame interrata e connessa ai dispersori verticali perimetrici e alle fondazioni dell'aerogeneratore, il tutto collegato alle sbarre di terra che raccolgono i collegamenti di tutti gli apparati elettrici e le parti metalliche dell'aerogeneratore.

Per quanto riguarda l'elettrodotto interrato all'interno dell'impianto eolico, verrà posato nel fondo dello scavo una treccia di rame, 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, salvo diverse prescrizioni contenute nel progetto esecutivo.

Infine, presso la Cabina Utente, verrà realizzato un impianto di terra al quale verranno collegati tutti gli apparati elettrici e tutte le parti metalliche non in tensione.

La definizione completa degli impianti di messa a terra sarà fatta in sede di progetto esecutivo.

Oltre all'impianto di messa a terra saranno installati dispositivi di protezione tali da garantire l'intervento automatico in caso di guasto, mediante apertura degli interruttori, nel rispetto delle prescrizioni riportate norme di riferimento.

## 7.3 Protezioni contro le fulminazioni dirette

Gli aerogeneratori sono già dotati al loro interno di 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.

Per quanto riguarda la Cabina Utente, in fase di progetto esecutivo sarà determinata l'eventuale necessità di provvedere alla realizzazione di un sistema di protezione dalle scariche atmosferiche.