

MAGGIO 2024

## **SKI W A4 S.R.L.**

**WIND FARM “CASTELLACCIO” – IMPIANTO EOLICO  
DA 46,2 MW E SISTEMA DI ACCUMULO DA 18 MW**

**LOCALITÀ CASTELLACCIO**

**COMUNE DI FIUMICINO (RM)**

ELABORATI TECNICI DI PROGETTO

### **ELABORATO R16**

## **RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO**

**Montana**

#### **Progettista**

Ing. Laura Maria Conti – Ordine Ing. Prov. Pavia n.1726

#### **Coordinamento**

Eleonora Lamanna

Matteo Lana

Lorenzo Griso

Francesca Casero

Riccardo Coronati

#### **Codice elaborato**

*2800\_5100\_CST\_PFTE\_R16\_Rev0\_IMPATTO  
ELETTROMAGNETICO*

#### **Montana S.p.A.**

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)

## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2800_5100_CST_PFTE_R16_Rev0_IMP ATTO ELETTROMAGNETICO	05/2024	Prima emissione	<i>F.Loviselli</i>	<i>E.Lamanna</i>	<i>CP</i>

**Visto**

*Il Direttore Tecnico*  
Alberto Angeloni

## Gruppo di lavoro per l'elaborato

Nome e cognome	Ruolo/Temi trattati	Ordine professionale
Laura Conti	Direttore Tecnico - Progettista	Ord. Ing. Prov. PV n. 1726
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Prov. MI n. A27174
Eleonora Lamanna	Coordinamento Generale, Progettazione, Studio Ambientale, Studi Specialistici	
Andrea Delussu	Coordinamento Progettazione Elettrica	
Luca Muscas	Coordinamento Progettazione Impianto BESS	
Michele Dessì	Ingegnere Elettrico – Progettazione elettrica	Ord. Ing. Prov. CA n. 9040 – Sez. A
Matthew Piscedda	Esperto in Discipline Elettriche	
Fabio Loviselli	Ingegnere Elettrico – Progettazione elettrica	

### Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90  
Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156  
Cap. Soc. 600.000,00 €  
[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)



## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. STATO DI PROGETTO.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 AEROGENERATORI.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO BESS.....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Funzionalità del sistema Bess.....	16
2.2.2 Caratteristiche dei containers.....	17
2.2.3 Caratteristiche dei container TAC/AUX .....	17
2.2.4 Caratteristiche dei Gruppi Elettrogeni (G.E.).....	18
2.2.5 Sistema di conversione.....	18
<b>2.3 LINEE ELETTRICHE DI IMPIANTO.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 CABINE DI PROGETTO .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5 TRASFORMATORI.....</b>	<b>21</b>
<b>3. GENERALITÀ SULLE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE.....</b>	<b>23</b>
3.1 SSE IN CONDIVISIONE 150/30 kV .....	23
3.2 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE - WIND .....	24
3.3 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE - BESS .....	25
3.4 DIMENSIONAMENTO CAVO AT .....	27
3.5 POSA DEL CAVO AT E DEL TRITUBO .....	29
3.6 CAMERE DI GIUNZIONE.....	31
<b>4. RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>33</b>
<b>5. DEFINIZIONI.....</b>	<b>35</b>
<b>6. CALCOLO DELLE DPA.....</b>	<b>39</b>
<b>6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO.....</b>	<b>39</b>
6.1.1 Formula di calcolo della DPA per cabine elettriche .....	39
6.1.2 Formule di calcolo della DPA per linee elettriche interrate a semplice terna.....	39
6.1.3 Software di calcolo Magic® (By BeShielding) .....	40
<b>6.2 CALCOLO DELLA DPA PER LA LINEA AT DI CONNESSIONE.....</b>	<b>41</b>
<b>6.3 CALCOLO DELLE DPA PER I CAVIDOTTI MT D'IMPIANTO WIND .....</b>	<b>41</b>
6.3.1 Cavidotto a 4 terne .....	41
6.3.2 Cavidotto a 3 terne .....	42
<b>6.4 CALCOLO DELLE DPA PER LE WTG.....</b>	<b>43</b>
<b>6.5 CALCOLO DELLE DPA PER I CAVIDOTTI MT D'IMPIANTO BESS.....</b>	<b>44</b>
<b>6.6 CALCOLO DELLA DPA PER LA SSE CONDIVISA.....</b>	<b>45</b>
6.6.1 Calcolo della DPA per le Cabine MT interne alla SSEU.....	46
6.6.2 Calcolo della DPA per lo stallo TR in aria interno alla SSEU .....	46
<b>6.7 CALCOLO DELLA DPA PER LA CABINA E DI SMISTAMENTO .....</b>	<b>47</b>
<b>6.8 CALCOLO DELLA DPA PER LE SMART TRANSFORMER STATION.....</b>	<b>48</b>
<b>7. CONCLUSIONI .....</b>	<b>49</b>



## 1. PREMESSA

Il progetto in esame riguarda la realizzazione di un nuovo Parco Eolico della potenza complessiva di 46,2 MW, che prevede l'installazione di n. **7 aerogeneratori da 6,6 MW**, e di un **sistema di accumulo da 18 MW** da installarsi nel territorio comunale di Fiumicino, in provincia di Roma. Le relative opere di connessione interesseranno i territori del comune di Anguillara Sabazia, Fiumicino e Roma (RM).

La Società Proponente è la SKI W A4 S.R.L., con sede legale in Via Caradosso 9, 20123 Milano (MI).

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al D.Lgs. 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" le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata prevede che l'impianto eolico venga collegato in antenna a 150 kV con una nuova stazione elettrica (SE) a 150 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 150 kV "Cesano - Crocicchie". Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto a 150 kV per il collegamento della centrale sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce l'impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo del produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce l'impianto di rete per la connessione.

Nel suo complesso il parco di progetto sarà composto:

- da n° 7 aerogeneratori della potenza nominale di 6,6 MW ciascuno;
- di un sistema di accumulo da 18 MW
- dalla viabilità di servizio interna realizzata in parte ex-novo e in parte adeguando strade comunali e/o agricole esistenti;
- dalle opere di collegamento alla rete elettrica;
- dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche;
- dalle reti tecnologiche per il controllo del parco.
- Sottostazione Elettrica in condivisione 150/30 kV

A tal fine il presente documento costituisce la **Relazione Impatto Elettromagnetico** del progetto.

### 1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

Le opere di progetto si estendono nella provincia di Roma secondo la seguente configurazione:

- n.7 aerogeneratori territorialmente tutti collocati nel territorio comunale di Fiumicino (Figura 1.1).;
- n.1 sistema di accumulo (BESS) collocato nel territorio comunale di Roma, in prossimità della Sottostazione Elettrica Utente (Figura 1.2);
- il cavidotto interrato di connessione MT 30 kV collocato nei territori comunali di Anguillara Sabazia, Fiumicino e Roma (Figura 1.1);
- Sottostazione AT/MT di condivisione utente(SSEU);

- il cavidotto interrato di connessione AT 150 kV collocato nel territorio comunale di Roma (Figura 1.1);
- la cabina di smistamento collocata nel territorio comunale di Anguillara Sabazia (Figura 1.1);
- la Nuova Stazione Elettrica (SE) Terna collocata nel territorio comunale di Roma (Figura 1.1).

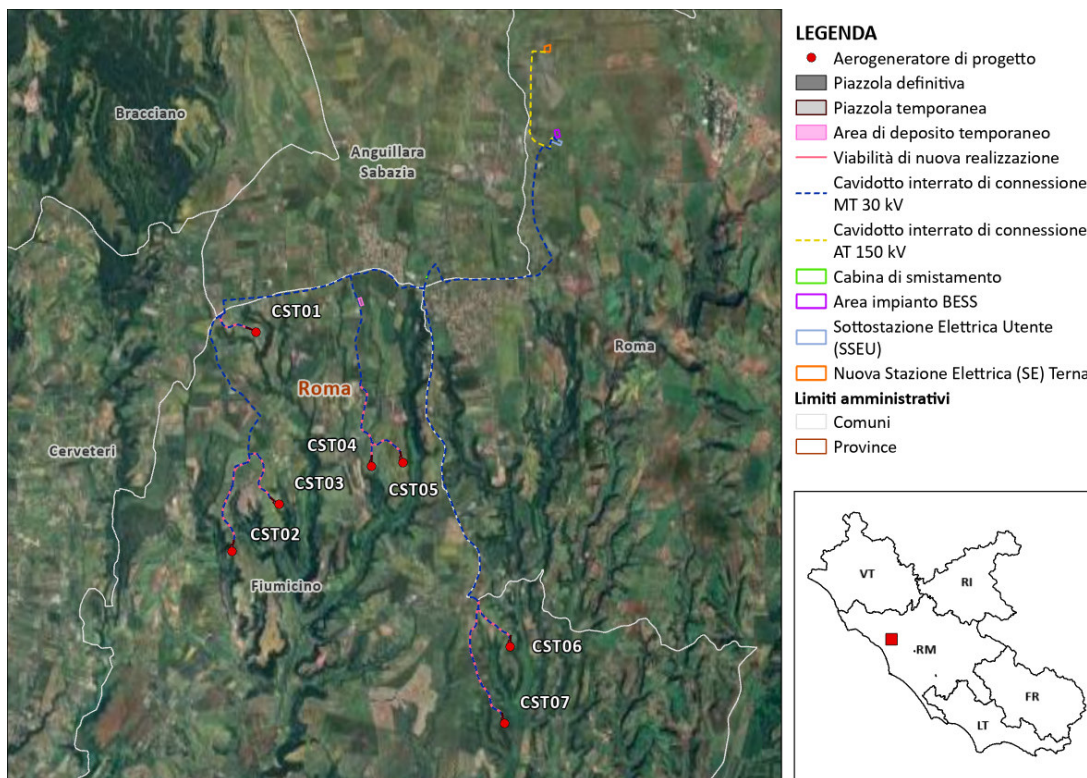


Figura 1.1: Localizzazione a scala regionale, provinciale e comunale dell'impianto proposto

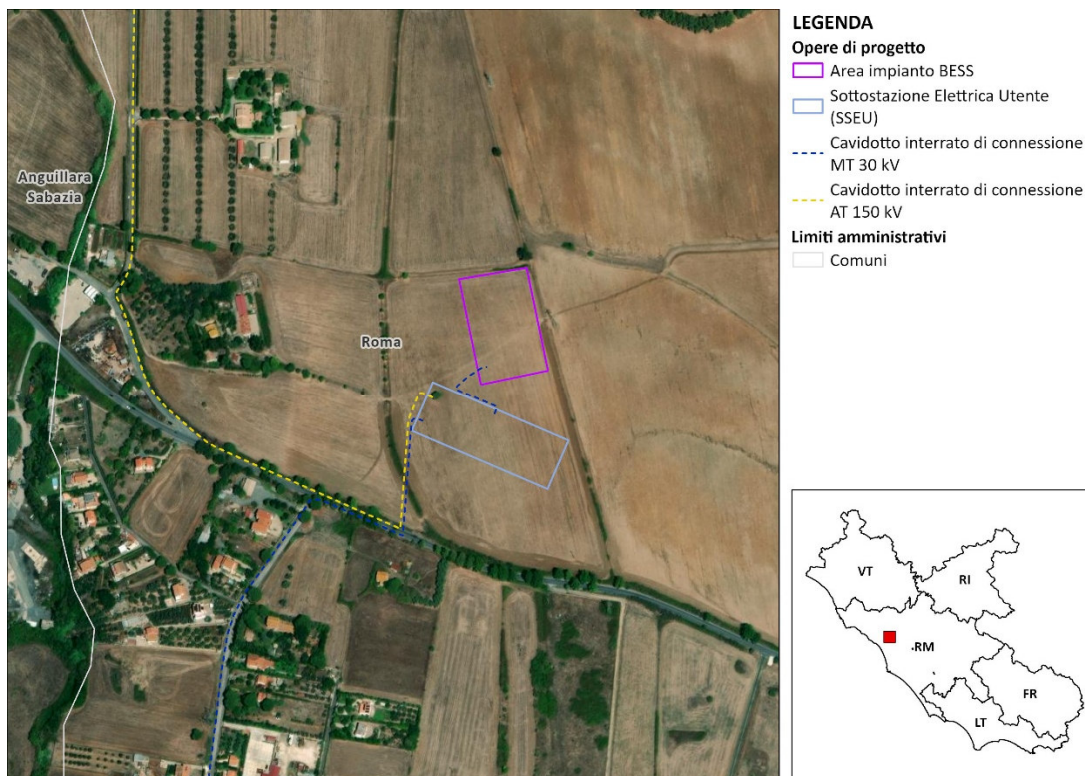


Figura 1.2: Inquadramento dell'Area di impianto BESS e Sottostazione Elettrica Utente (SSEU)

Le coordinate degli aerogeneratori previsti sono riportate in Tabella 1-1.

Tabella 1-1: Coordinate aerogeneratori - WGS 1984 (Gradi decimali)

AEROGENERATORI	WGS 84 – GRADI DECIMALI	
	Longitudine E	Latitudine N
CST01	12,210347	42,011799
CST02	12,204052	41,980573
CST03	12,213526	41,986984
CST04	12,231685	41,991958
CST05	12,237686	41,992375
CST06	12,257021	41,965368
CST07	12,255384	41,954316

L'accesso al sito avverrà mediante strade esistenti a carattere nazionale e regionale partendo dal porto di Livorno (LI) fino ad arrivare all'area di progetto. Successivamente, le principali strade provinciali e comunali del territorio, in aggiunta alle piste appositamente create, permetteranno di collegare le singole piazzole di ciascuna torre con la viabilità pubblica esistente (Figura 1.3 e Figura 1.4).

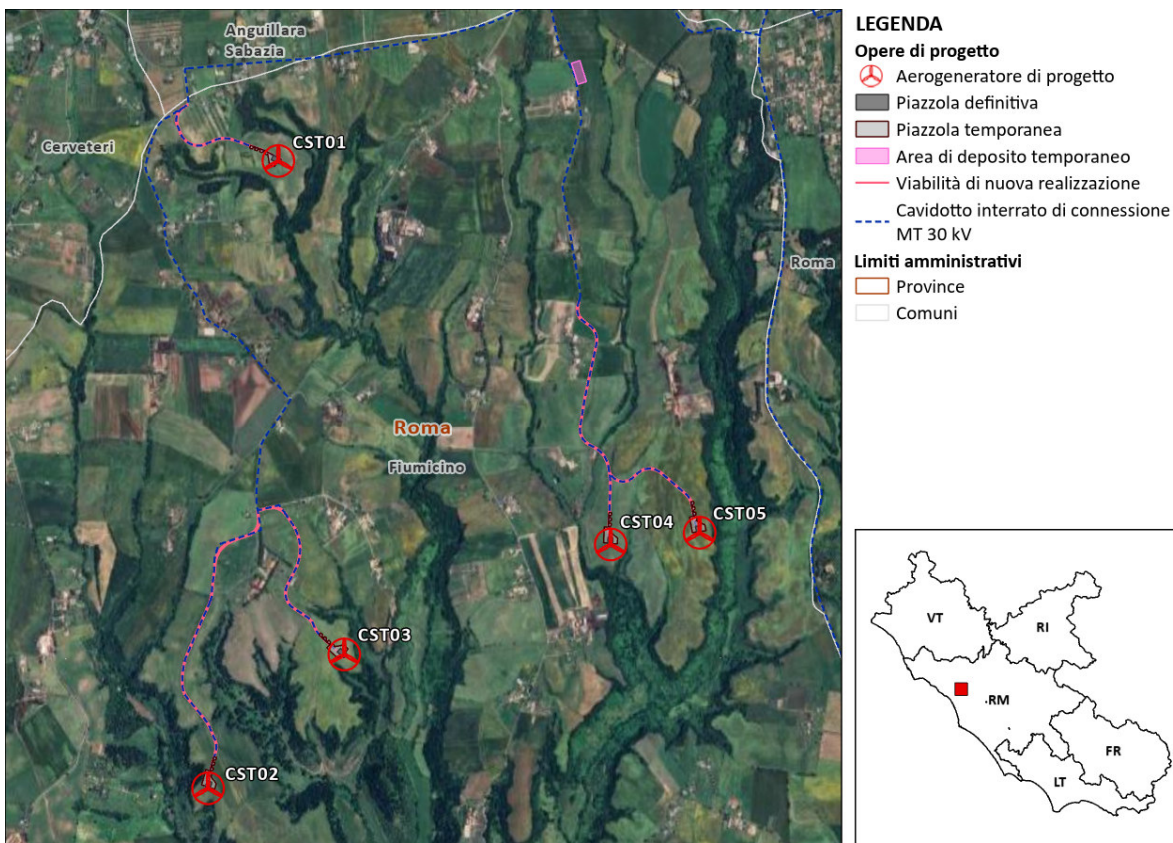


Figura 1.3: Inquadramento della viabilità di progetto nella parte nord del layout

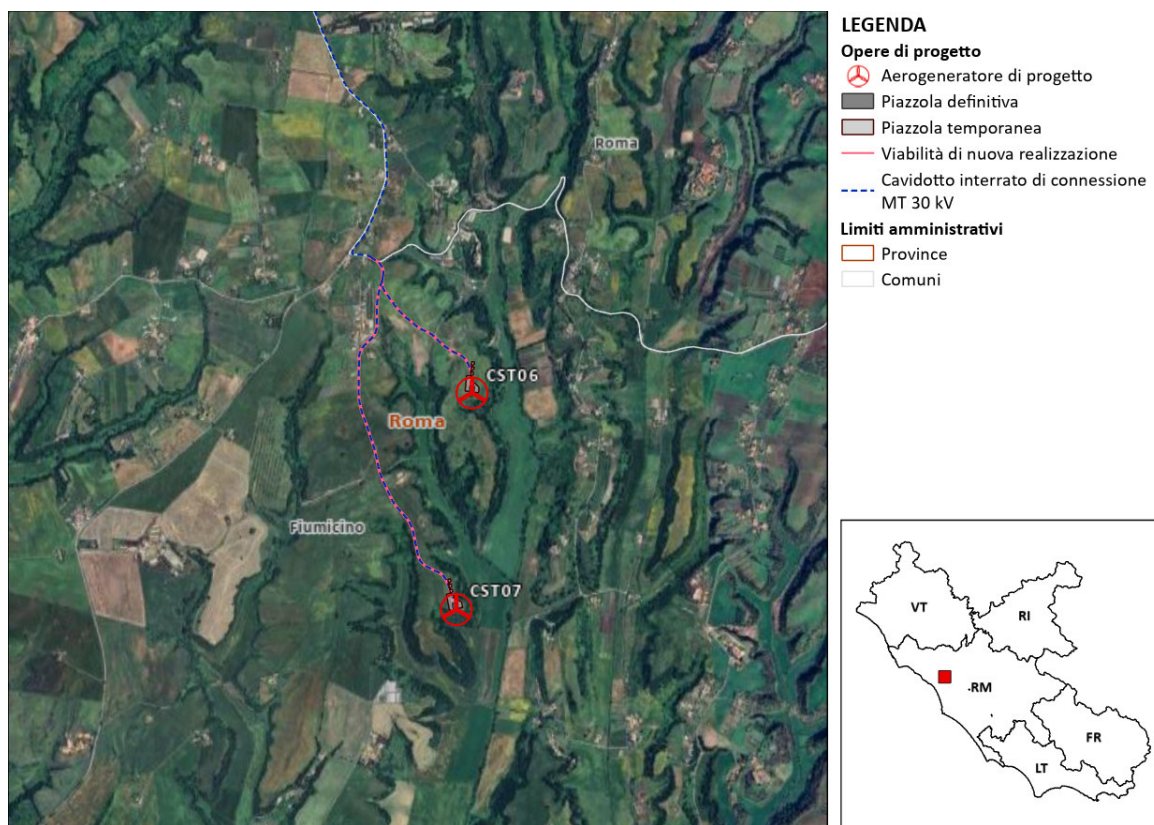


Figura 1.4: Inquadramento della viabilità di progetto nella parte sud del layout







## 2. STATO DI PROGETTO

I principali componenti dell'impianto risultano essere:

- N° 7 aerogeneratori;
- N° 6 Isole BESS costituenti un impianto di accumulo elettrochimico;
- le linee elettriche MT (30 kV) in cavo interrato, che collegano gli aerogeneratori tra loro e con la cabina di smistamento e quest'ultima con la Cabina Generale MT (Interna alla SSEU-WIND);
- le linee elettriche MT (30 kV) in cavo interrato, che collegano le singole Isole BESS tra loro e con la Cabina Generale MT (Interna alla SSEU - BESS);
- Sottostazione Elettrica Utente WIND (di seguito SSEU-WIND) in prossimità della stazione Terna di riferimento;
- Sottostazione Elettrica Utente BESS (di seguito SSEU-BESS) in prossimità della stazione Terna di riferimento;
- Sottostazione Elettrica Utente Condivisa (di seguito SSEU-Cond.) in prossimità della stazione Terna di riferimento;
- Cavidotto AT 150 kV per connessione dell'impianto di utenza alla RTN;
- cabina di smistamento, che costituisce l'interfaccia tra la Cabina Generale MT (Interna alla SSEU) e le singole WTG; questa sarà posizionata in corrispondenza della diramazione dei cluster di impianto.

Ogni aerogeneratore produrrà energia elettrica alla tensione di 690 V ca. (tensione di uscita del convertitore statico).

All'interno di ciascuna torre è installato un trasformatore 0,69/30 kV che provvederà all'innalzamento della tensione a 30 kV. L'energia sarà quindi convogliata mediante linea elettrica interrata MT verso la Sottostazione Elettrica Utente per poi essere immessa in rete attraverso il punto di inserimento in stazione Terna.

Nel suo complesso, l'opera in oggetto si inserisce nel contesto nazionale ed internazionale come uno dei mezzi per contribuire a ridurre le emissioni atmosferiche nocive come previsto dal Protocollo di Kyoto del 1997 che anche l'Italia, come tutti i paesi della Comunità Europea, ha ratificato.

Il sito scelto, in tale contesto, viene a ricadere in aree naturalmente predisposte a tale utilizzo e quindi ottimali per un razionale sviluppo nel settore rinnovabile.

Lo sviluppo di tali fonti di approvvigionamento energetico, quindi, oltre a contribuire all'incremento dello stesso approvvigionamento ed alla diversificazione delle fonti, favorisce l'occupazione e il coinvolgimento delle realtà locali riducendo l'impatto sull'ambiente legato al tradizionale ciclo di produzione energetica.

Le turbine utilizzano un sistema di potenza basato su di un generatore a magneti permanenti del convertitore. Con queste caratteristiche la turbina eolica è in grado di lavorare anche a velocità variabile mantenendo una potenza in prossimità di quella nominale anche in caso di vento forte. Alle basse velocità del vento, il sistema consente di lavorare massimizzando la potenza erogata alla velocità ottimale del rotore e l'opportuno angolo di inclinazione delle pale.

### 2.1 AEROGENERATORI

In questa fase progettuale l'aerogeneratore utilizzato per le diverse verifiche è riferibile ad un modello generico con una potenza nominale di 6,6 MW ad asse orizzontale. Le principali caratteristiche dimensionali sono le seguenti:

- Altezza hub al mozzo = 135 m

- diametro rotore = 175 m
- altezza massima = 220 m

In fase esecutiva, in funzione anche della probabile evoluzione dei macchinari, verrà effettuata la scelta della marca e del modello dell'aerogeneratore mantenendo inalterate le caratteristiche geometriche massime.

La turbina eolica attraverso le pale e il rotore converte l'energia cinetica dal vento in energia meccanica, attraverso il generatore invece converte l'energia meccanica in energia elettrica.

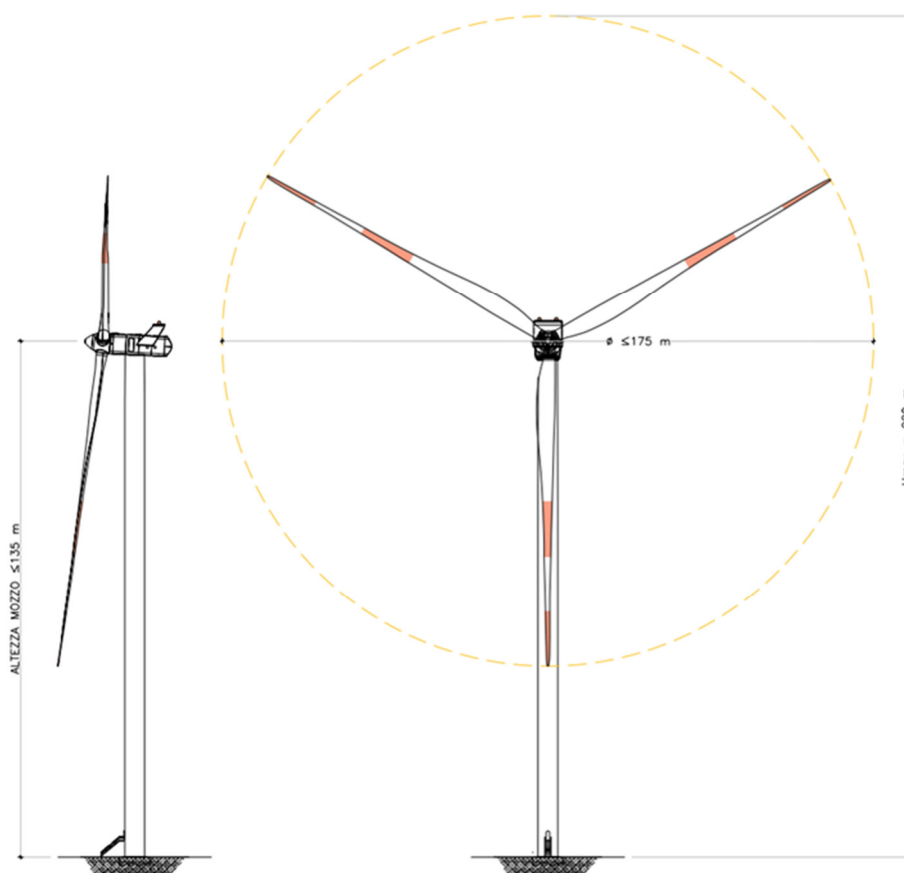
L'energia elettrica in uscita dal generatore è in bassa tensione (690 V) e viene trasformata in alta tensione a 30 kV attraverso un trasformatore elevatore. Tale trasformazione risulta necessaria per limitare le perdite all'interno dell'impianto e consentire l'immissione della maggiore potenza possibile sul punto di connessione.

Il sistema di conversione ed il trasformatore possono essere inseriti direttamente nella navicella oppure essere posizionati alla base della torre.

L'installazione del trasformatore nella navicella consente il bilanciamento del peso del rotore, mentre il posizionamento alla base permette di ridurre le dimensioni ed il peso della navicella.

Ciascun aerogeneratore è sostenuto da una torre tubolare di forma tronco-conica in acciaio zincato ad alta resistenza, formata da tronchi o sezioni.

Di seguito si riporta uno schema grafico dell'aerogeneratore e della navicella.



Altezza massima=220m; altezza hub<=135m; diametro rotore<=175m;

Figura 2.1 - Struttura aerogeneratore

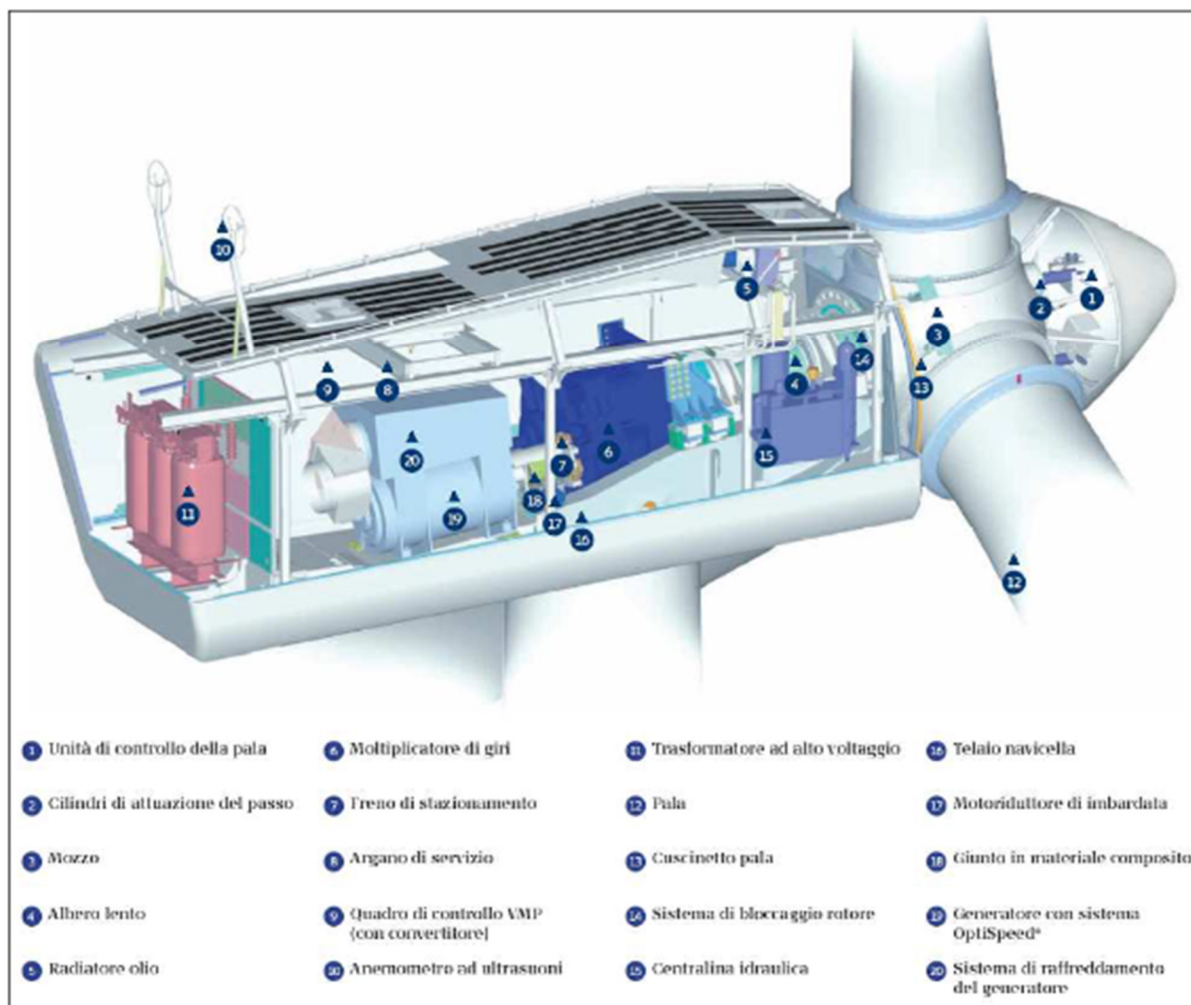


Figura 2.2 - Struttura navicella

All'interno della navicella sono alloggiati l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico ed i dispositivi ausiliari. All'estremità dell'albero lento, corrispondente all'estremo anteriore della navicella, è fissato il rotore costituito da un mozzo sul quale sono montate le pale, costituite in fibra di vetro rinforzata. La navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l'asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento (movimento di imbardata); inoltre è dotata di un sistema di controllo del passo che, in corrispondenza di alta velocità del vento, mantiene la produzione di energia al suo valore nominale indipendentemente dalla temperatura e dalla densità dell'aria; in corrispondenza invece di bassa velocità del vento, il sistema a passo variabile e quello di controllo ottimizzano la produzione di energia scegliendo la combinazione ottimale tra velocità del rotore e angolo di orientamento delle pale in modo da avere massimo rendimento. Il funzionamento dell'aerogeneratore è continuamente monitorato e controllato da un'unità a microprocessore.

Da un punto di vista elettrico schematicamente l'aerogeneratore è composto da:

- generatore elettrico;
- interruttore di macchina;
- trasformatore di potenza MT/BT;
- cavo di potenza;
- quadro elettrico di protezione;
- servizi ausiliari;
- rete di terra.



Il generatore produce corrente elettrica in bassa tensione (BT) che viene innalzata a 30 kV da un trasformatore posto internamente alla navicella.

Infine, gli aerogeneratori saranno equipaggiati con un sistema di segnalazione notturna con luce rossa intermittente posizionato sulla sommità posteriore della navicella dell'aerogeneratore, mentre la segnalazione diurna verrà garantita da una verniciatura della parte estrema delle pale con tre bande di colore rosso ciascuna di 12 m. L'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) potrà fornire eventuali prescrizioni concernenti la colorazione delle strutture o la segnaletica luminosa, diverse o in aggiunta rispetto a quelle precedentemente descritte.

## **2.2 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO BESS**

Il sistema BESS (Battery Energy Storage System) è un impianto di accumulo elettrochimico di energia, costituito da sottosistemi, apparecchiature e dispositivi necessari all'immagazzinamento dell'energia elettrica ed alla conversione bidirezionale della stessa al livello di tensione della rete.

La tecnologia di accumulatori elettrochimici (batterie) è composta da celle agli ioni di litio. Di seguito è riportata la lista dei componenti principali del sistema BESS:

- Celle agli ioni di litio assemblati in moduli e armadi (Assemblato Batterie)
- Sistema bidirezionale di conversione DC/AC (PCS)
- Trasformatori di potenza 30 kV/BT
- Quadro Elettrico di sezionamento
- Sistema di gestione e controllo locale di assemblato batterie (BMS)
- Sistema locale di gestione e controllo integrato di impianto (SCI) - assicura il corretto funzionamento di ogni unità azionata da PCS
- Sistema Centrale di Supervisione (SCCI)
- Servizi Ausiliari
- Sistemi di protezione elettriche
- Cavi di potenza e di segnale
- Container equipaggiati di sistema di condizionamento ambientale, sistema antincendio e rilevamento fumi

Il sistema BESS è in grado di fornire diversi servizi di regolazione di frequenza e bilanciamento alla rete elettrica nazionale. Eventualmente potrà effettuare altri servizi ancillari di rete, solo su richiesta del TSO nel punto di connessione.

La modularità del sistema di accumulo in termini energetici varia in base al fornitore del sistema scelto, ma in linea generale prevede l'incremento (o decremento) della quota di armadi rack batteria e container ISO40 installati; la modularità del sistema in termini di potenza immettabile in rete prevede l'incremento (o decremento) delle unità di conversione e trasformazione PCS.

La configurazione del sistema BESS, in termini di numero di PCS e di numero di moduli batteria e containers dipenderà dal fornitore dello stesso e sua densità di potenza, oltre che dalla capacità di accumulo prevista.

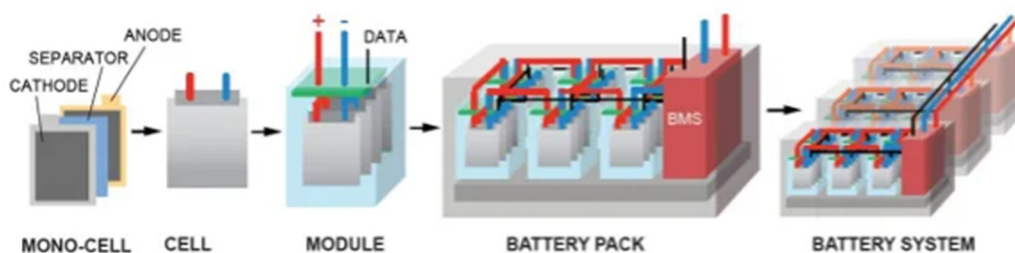


Figura 2.3: sistemi di batterie

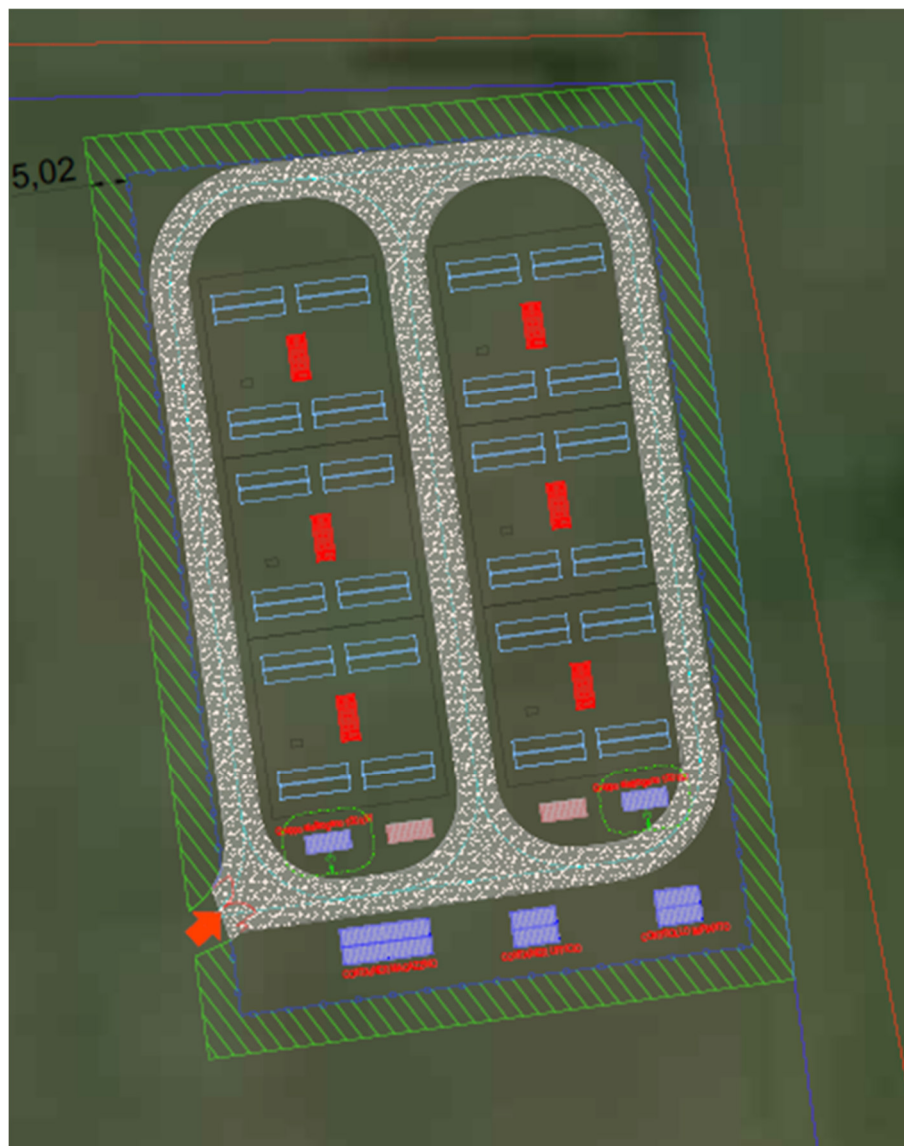
Lo scopo del sistema BESS è quello di partecipare alle aste per i servizi alla rete elettrica fornendo i servizi di regolazione di frequenza, di bilanciamento, etc. come previsto dal Codice di Rete, Allegato A.79 - Impianti con sistemi di accumulo elettrochimico.

Il sistema di conversione, anche detto PCS (Power Conversion System) è basato su inverter elettronici bidirezionali che consentono la carica e la scarica delle batterie convertendo la corrente continua in alternata e scambiando energia attiva e reattiva con la rete elettrica. Fanno parte del sistema di conversione anche i quadri elettrici MT e BT e i trasformatori che consentono l'elevazione della tensione dal livello BT dell'inverter al livello MT (30 kV). La tensione denominata "BT" sarà determinata in base alla proposta del fornitore del sistema BESS.

La Media tensione verrà elevata al livello AT di 150 kV richiesti per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale mediante apposito trasformatore AT/MT collocato all'interno della SSEU-BESS dell'impianto.

Il sistema di conversione sarà dotato degli apparati di supervisione con funzioni di protezione, controllo e monitoraggio, dedicato alla gestione locale dello stesso e degli assemblati batterie da esso azionati.

Si riporta di seguito il layout dell'impianto previsto in progetto con indicazione dei principali componenti.



LEGENDA

	AREA DI PROPRIETA'		CONTAINER MAGAZZINO
	RECINZIONE		CONTAINER UFFICIO/CONTROLLO IMPIANTO
	FASCIA DI MITIGAZIONE		ASSEMBLATO BATTERIE
	PERCORSO ANTINCENDIO		TRASFORMATORE ISOLA BESS
	ACCESSO AREA IMPIANTO		SISTEMA DI CONTROLLO
	GRUPPO ELETTROGENO 150 kW		TRASFORMATORE AUX

Figura 2.4: Layout di progetto

Le batterie di accumulo e i sistemi ausiliari di conversione dell'energia e controllo, saranno installati all'aperto, in area protetta e videosorvegliata in modo tale da non essere esposte ad urti o manomissioni.

L'impianto è progettato in modo tale che l'eventuale incendio di una macchina elettrica non sia causa di propagazione ad altre macchine elettriche o ad altre costruzioni collocate in prossimità, nel rispetto delle distanze di sicurezza.

Saranno chiaramente segnalati i percorsi e le aree operative riservate ai mezzi di soccorso anche sotto o in prossimità di parti elettriche attive, in modo che possano essere rispettate le condizioni di sicurezza previste in presenza di rischi elettrici.

La configurazione del sistema BESS, in termini di numero di PCS e di numero di moduli batteria, containers dipenderà dal fornitore dello stesso. Indicativamente l'impianto sarà costituito da unità aventi una potenza unitaria di circa 3,00 MW. Le singole unità combinate tra loro attraverso una distribuzione interna di impianto a 30 kV costituiranno l'intero impianto BESS. Sono previsti circa 48 assemblati batterie di stoccaggio complessivi.

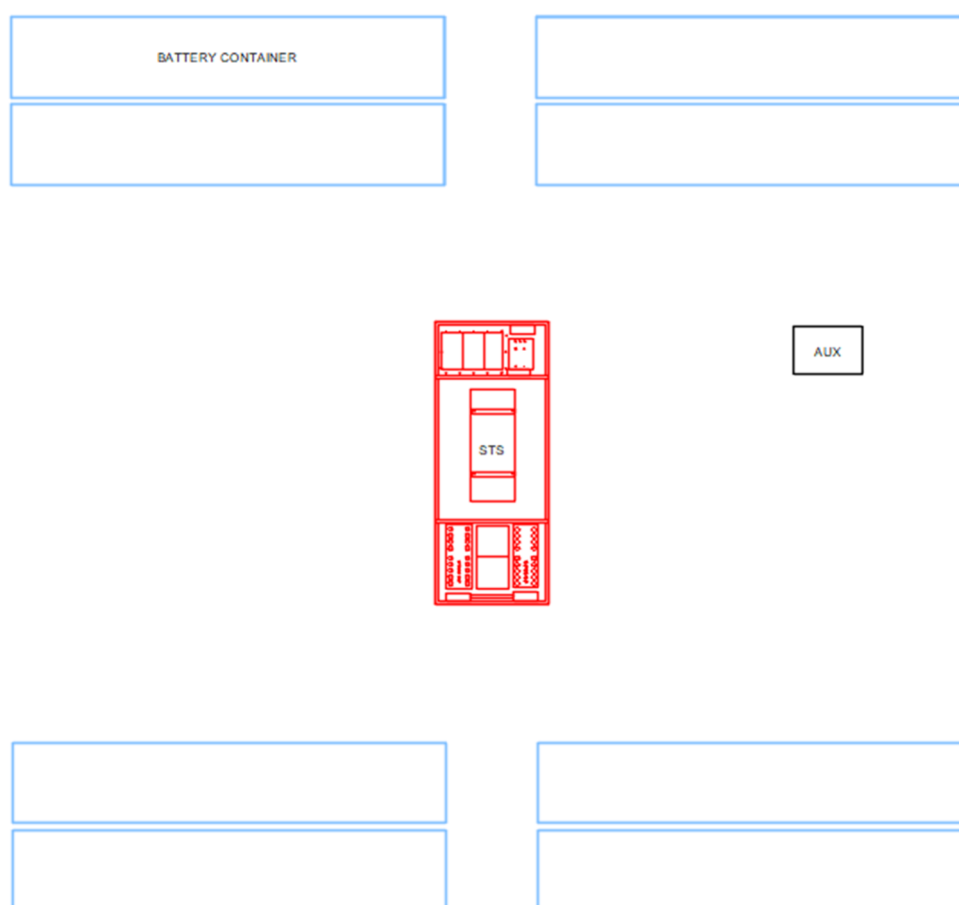


Figura 2.5: Layout tipico di una unità di accumulo da 3,00 MW

L'impianto BESS con potenza di 18 MW è così costituito da:

- N. 48 Cabinati BESS delle dimensioni 9,3 x 1,7 m, posati su fondazioni a vasca, affiancati a coppie sul lato lungo.
- N. 6 Trasformatori MT/BT interi all'STS (Storage Transforming Station);
- N. 6 STS comprensive di quadri elettrici MT e BT, trasformatori e inverter posati su basamenti/fondazioni in CLS;
- N.2 Container AUX per alimentazione ausiliari delle Battery Unit;



- N.2 Container Gruppo Elettrogeno (G.E) per alimentazione di backup degli ausiliari delle Battery Unit;
- Linee interrate MT 30 kV;
- Linee interrate BT di potenza e controllo;
- Altre dotazioni ausiliarie;

Per il layout del sistema di accumulo si rimanda all'elaborato specifico Ns.

Rif.: 2800\_5100\_CST\_PFTE\_T13\_Rev0\_LAYOUT IMPIANTO BESS.

### 2.2.1 Funzionalità del sistema Bess

Il sistema BESS fornirà diversi servizi di regolazione di frequenza e bilanciamento alla rete elettrica nazionale, eventualmente effettuerà altri servizi ancillari di rete, solo su richiesta del TSO nel punto di connessione.

Il sistema BESS, oggetto del seguente documento, sarà in configurazione Stand Alone, quindi non asservito ad unità produttive in funzione.

I sistemi di storage elettrochimico, sono in grado, se opportunamente gestiti, di essere asserviti alla fornitura di molteplici applicazioni e servizi di rete.

Uno sviluppo sostenuto degli ESS, grazie appunto ai servizi che sono in grado di erogare verso la rete, è il fattore abilitante per una penetrazione di FRNP molto spinta, che altrimenti il sistema elettrico nazionale non sarebbe in grado di accogliere in maniera sostenibile per la rete.

Una prima classificazione degli ESS può essere fatta in base a chi eroga e/o beneficia di tali applicazioni e servizi (produttori di energia, consumatori, utility).

Limitatamente alle applicazioni di interesse per i Produttori, vengono di seguito elencate tutte le applicazioni e i servizi di rete che possono essere erogati dalle batterie:

- Arbitraggio: differimento temporale tra produzione di energia (ad esempio da fonte rinnovabile non programmabile, FRNP) ed immissione in rete della stessa, per sfruttare in maniera conveniente la variazione del prezzo di vendita dell'energia elettrica;
- Regolazione primaria di frequenza: regolazione automatica dell'erogazione di potenza attiva effettuata in funzione del valore di frequenza misurabile sulla rete e avente l'obiettivo di mantenere in un sistema elettrico l'equilibrio tra generazione e fabbisogno;
- Regolazione secondaria di frequenza: regolazione automatica dell'erogazione di potenza attiva effettuata sulla base di un segnale di livello inviato da Terna e avente l'obiettivo di ripristinare gli scambi di potenza alla frontiera ai valori di programma e di riportare la frequenza di rete al suo valore nominale;
- Regolazione terziaria e Bilanciamento: regolazione manuale dell'erogazione di potenza attiva effettuata a seguito di un ordine di dispacciamento impartito da Terna e avente l'obiettivo di:
- Ristabilire la disponibilità della riserva di potenza associata alla regolazione secondaria;
- Risolvere eventuali congestioni;
- Mantenere l'equilibrio tra carico e generazione.
- Regolazione di tensione: regolazione dell'erogazione di potenza reattiva in funzione del valore di tensione misurato al punto di connessione con la rete e/o in funzione di un setpoint di potenza inviato da Terna.
- Partecipazione al mercato della capacità attraverso cui Terna si approvvigiona di capacità con contratti di lungo termine aggiudicati con aste competitive al fine di garantire l'adeguatezza del sistema elettrico. Un ESS può contribuire all'adeguatezza del sistema sia in maniera diretta





(stand-alone) sia conferendo ad una unità di produzione rinnovabile non programmabile (FRNP) i requisiti minimi di programmabilità necessari a adempiere agli obblighi del meccanismo di Capacity Market.

### **2.2.2 Caratteristiche dei containers**

I cabinati saranno del tipo container prefabbricati posati su fondazione a vasca. Si prevede che per la posa siano previsti scavi ad una profondità di circa 1,5 m dal piano di campagna. La dimensione in pianta della fondazione sarà di circa 1,7x9,3 m ISO 20ft. I cabinati saranno destinati ad ospitare le batterie elettrochimiche di accumulo.

La struttura consentirà il trasporto, nonché la posa in opera in un unico blocco sui supporti, con tutte le apparecchiature già installate a bordo e senza che sia necessario procedere allo smontaggio delle varie parti costituenti il singolo container. L'unica eccezione riguarderà i moduli batteria, che se necessario, saranno smontati e trasportati a parte.

Nei container sarà previsto dove necessario, un impianto di condizionamento e ventilazione, idoneo a mantenere le condizioni ambientali interne ottimali per il funzionamento dei vari apparati. Il grado di protezione minimo dei container sarà di IP54. Sarà previsto un sistema antieffrazione con le relative segnalazioni, nonché tutti i dispositivi previsti per la sicurezza antincendio.

I cabinati BESS utilizzati per la progettazione dell'impianto conterranno le apparecchiature e i dispositivi necessari all'immagazzinamento dell'energia ed alla conversione bidirezionale della stessa in energia elettrica in media tensione. La struttura dei containers sarà del tipo autoportante metallica, per stazionamento all'aperto, costruita in pannelli coibentati.

La configurazione specifica del container, in termini di numero di moduli batteria, tipologia apparecchiature di controllo, sistemi di regolazione e altri dettagli costruttivi dipenderà dal fornitore dello stesso.

### **2.2.3 Caratteristiche dei container TAC/AUX**

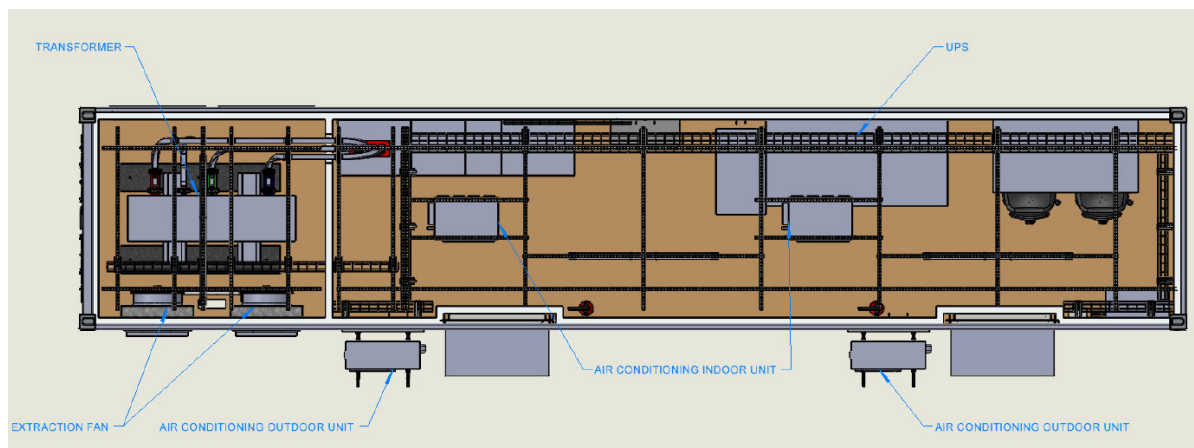
Nei container sarà previsto dove necessario, un impianto di condizionamento e ventilazione, idoneo a mantenere le condizioni ambientali interne ottimali per il funzionamento dei vari apparati. Il grado di protezione minimo dei container sarà di IP54. Sarà previsto un sistema antieffrazione con le relative segnalazioni.

I cabinati BESS utilizzati per la progettazione dell'impianto conterranno le apparecchiature e i dispositivi necessari all'immagazzinamento dell'energia ed alla conversione bidirezionale della stessa in energia elettrica in media tensione. La struttura dei containers sarà del tipo autoportante metallica, per stazionamento all'aperto, costruita in pannelli coibentati.

La configurazione specifica del container, in termini di numero di moduli batteria, tipologia apparecchiature di controllo, sistemi di regolazione e altri dettagli costruttivi dipenderà dal fornitore dello stesso.

I cabinati saranno realizzati mediante container prefabbricati posati su fondazione semplice. Le dimensioni del container sono 6x2,43 m. I cabinati TAC sono destinati ad ospitare i sistemi di alimentazione ausiliaria (UPS) degli impianti di raffreddamento dei container BESS, un trasformatore MT/BT, e i propri sistemi di raffreddamento e circolazione dell'aria.

La struttura consentirà il trasporto, nonché la posa in opera in un unico blocco sui supporti, con tutte le apparecchiature già installate a bordo e senza che sia necessario procedere allo smontaggio delle varie parti costituenti il singolo container.



2.6: Layout tipico di un container TAC

### 2.2.4 Caratteristiche dei Gruppi Elettrogeni (G.E.)

I cabinati saranno realizzati mediante container prefabbricati posati su fondazione semplice. Le dimensioni del container sono 6x2,4 m. I cabinati G.E. sono destinati ad ospitare i sistemi di alimentazione ausiliaria (G.E) degli impianti di raffreddamento dei container BESS. Tali sistemi entreranno in funzione soltanto qualora dovesse mancare alimentazione lato rete e dovendo mantenere in servizio gli apparati di raffreddamento.

### 2.2.5 Sistema di conversione

Il sistema di conversione all'interno dell'area BESS comprenderà l'insieme dei dispositivi e delle apparecchiature necessarie alla connessione degli assemblati batterie al punto di connessione AC.

Il sistema risulterà equipaggiato con i seguenti componenti principali:

- Quadri di media tensione RMU
- Trasformatori MT/BT
- Inverter bidirezionali di conversione statica DC/AC
- Sistemi di controllo, monitoraggio e diagnostica
- Sistemi di protezione e manovra
- Sistemi ausiliari (condizionamento, ventilazione, etc.)
- Container batterie.

La tensione denominata "BT" sarà determinata in base alla proposta del fornitore del sistema BESS.

Il sistema di conversione sarà dotato degli apparati di supervisione con funzioni di protezione, controllo e monitoraggio, dedicato alla gestione locale dello stesso e degli assemblati batterie da esso azionati.

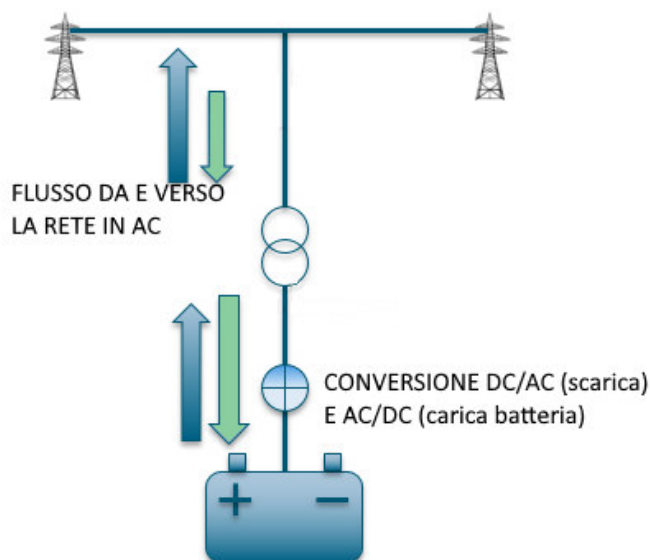


Figura 2.7: Flussi di energia tra rete e batterie e viceversa

### 2.3 LINEE ELETTRICHE DI IMPIANTO

L'energia prodotta dai singoli aerogeneratori del parco eolico verrà innalzata al livello di tensione 30 kV e convogliata verso la Cabina di Smistamento, dalla cabina di smistamento sarà poi nuovamente indirizzata verso la Cabina Generale MT (all'interno della SSEU-WIND). Dalla Cabina Generale MT e all'interno della SSEU sarà elevata ulteriormente ed immessa nella RTN a livello di tensione 150 kV.

L'energia prodotta e assorbita dall'impianto BESS verrà innalzata al livello di tensione 30 kV e convogliata verso la Cabina Generale MT (all'interno della SSEU-BESS). Dalla Cabina Generale MT e all'interno della SSEU sarà elevata ulteriormente ed immessa nella RTN a livello di tensione 150 kV.

La distribuzione MT dei due impianti avverrà tramite linee elettriche interrato esercite a 30 kV collegando i vari elementi in "entra-esce", ubicate sfruttando per quanto possibile la rete stradale esistente ovvero lungo la rete viaria da adeguare/realizzare ex novo nell'ambito del presente progetto.

La rete elettrica MT sarà realizzata con posa completamente interrata allo scopo di ridurre l'impatto della stessa sull'ambiente, assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio.

Il tracciato planimetrico della rete, lo schema unifilare dove sono evidenziate la lunghezza e la sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo e la modalità e le caratteristiche di posa interrata sono mostrate nelle tavole del progetto allegate.

I cavi verranno posati ad una profondità di circa 1,0 m, con protezione meccanica supplementare il CLS (magrone) e nastro segnalatore.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che avrà una larghezza variabile tra circa 0,635 e 1,445 m. La sezione di posa dei cavi sarà variabile a seconda della loro ubicazione in sede stradale o in terreno.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di rame della rete equipotenziale.

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;

- eventuale rinterro parziale con strato di sabbia vagliata;
- posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;
- posa dei tegoli protettivi;
- rinterro parziale con terreno di scavo e/o sabbia vagliata;
- posa nastro monitor;
- rinterro complessivo con ripristino della superficie originaria;
- apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo nei tratti non coincidenti con la viabilità.

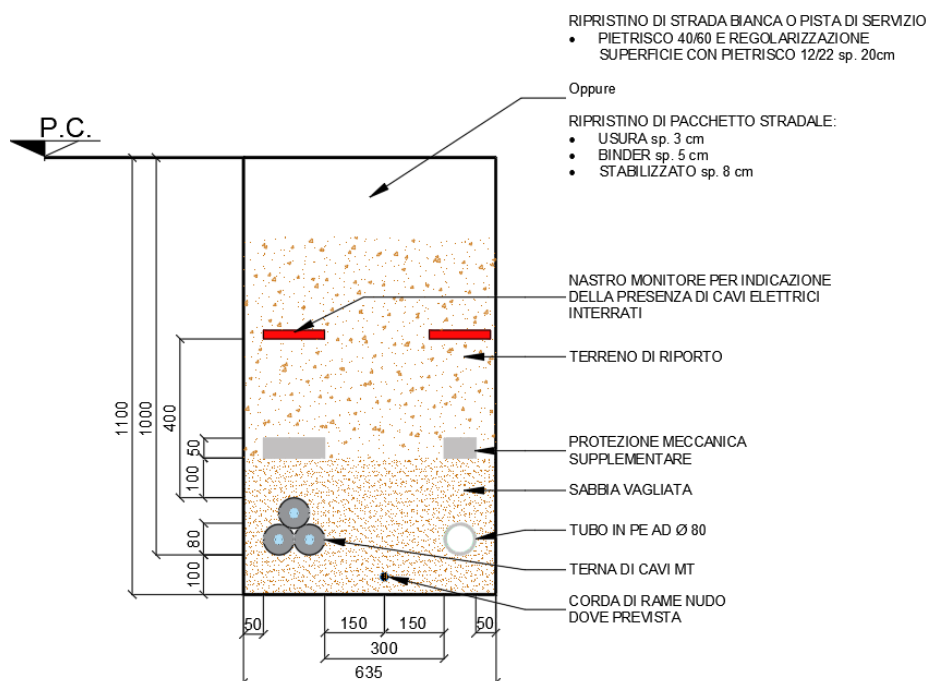


Figura 2.8: Sezione tipo posa cavidotti

Come riportato nello schema unifilare, la distribuzione elettrica prevede la realizzazione di 2 impianti distinti, che terminano con le rispettive sottostazioni utente, interne alla SSEU Condivisa. Per quanto riguarda l'impianto eolico sarà realizzata una cabina di smistamento MT (30 kV) che colleterà tutte le WTG e, tramite un cavidotto interrato, convoglierà l'energia prodotta verso la Cabina MT della SSEU-WIND; successivamente, tramite un TR AT/MT 150/30 kV la tensione sarà innalzata al livello prescritto dalla STMG per la connessione alla RTN. Per quanto riguarda l'impianto BESS, esso è situato in prossimità dell'area che ospiterà la SSEU-Cond. Per cui le linee MT in uscita dagli STS saranno direttamente connesse alla Cabina MT della SSEU-BESS; anche in questo caso, un TR AT/MT 150/30 kV innalzerà il livello di tensione a quello prescritto dalla STMG per la connessione alla RTN. Di seguito si riporta la configurazione elettrica dei vari elementi di impianto.

Tabella 2.1: Configurazione elettrica WIND

IMPIANTO	WTG	RAMO	POTENZA (KW)
WIND	CST 01	1	6.600
WIND	CST 03	1	6.600
WIND	CST 02	1	6.600
WIND	CST 04	2	6.600

WIND	CST 05	2	6.600
WIND	CST 06	3	6.600
WIND	CST 07	3	6.600
BESS	BU 01	1	3.000
BESS	BU 02	1	3.000
BESS	BU 03	1	3.000
BESS	BU 04	2	3.000
BESS	BU 05	2	3.000
BESS	BU 06	2	3.000

Si rimanda alle tavole di dettaglio per un'ulteriore comprensione ed inquadramento planimetrico delle aree d'impianto. Dalla lettura dello schema unifilare del presente progetto, è possibile riscontrare le informazioni e le caratteristiche impiantistiche dell'impianto eolico nonché dei suoi elementi.

## 2.4 CABINE DI PROGETTO

La cabina di Smistamento avrà la funzione di raccogliere le linee elettriche e in fibra ottica provenienti dall'impianto eolico. La cabina, che esercita a livello di tensione 30 kV, avrà dimensioni indicative in pianta di circa 36,30 x 8,70 m e sarà suddivisa in 3 locali distinti: sala quadri MT, vano misure, sala quadri BT e controllo. Nella sala quadri MT saranno presenti i quadri con le celle di sezionamento in arrivo e partenza; il vano misure conterrà tutti gli apparati per effettuare le misure da parte del gestore della rete; la sala quadri BT e controllo avrà all'interno i quadri BT per l'alimentazione dei carichi ausiliari o piccoli carichi locali lungo il tracciato di connessione.

Le cabine dovranno essere allestite in funzione delle scelte tecnologiche che saranno fatte in fase esecutiva e costruttiva, tale allestimento dovrà rispettare tutte le prescrizioni dell'ente fornitore che saranno stabilite tramite regolamento di esercizio e le norme tecniche in vigore durante la fase esecutiva.

Per ulteriori dettagli sulle caratteristiche elettromeccaniche della Cabina si rimanda all'elaborato:

Rif: "2800\_5100\_CST\_PFTE\_R15\_T05\_Rev0\_DISEGNI ARCHITETTONICI C.E. SMISTAMENTO".



Figura 2.9 – tipologiche cabine elettriche

## 2.5 TRASFORMATORI

All'interno dell'impianto in oggetto saranno presenti quattro diverse tipologie di trasformatori:

- Trasformatore AT/MT 150/30 kV a due avvolgimenti o a singolo secondario (Dy11): tale configurazione è utilizzata all'interno delle due SSEU con taglia rispettivamente pari a 60/65 MVA ONAN/ONAF (WIND) e 20/25 MVA ONAN/ONAF (BESS) per l'elevazione del livello di tensione a quello prescritto da Terna in sede di STMG;



- Trasformatore MT/BT 30/0,4 kV a due avvolgimenti o a singolo secondario (Dy11): tale configurazione è utilizzata all'interno dei container TAC con taglia pari a 720 kVA per l'alimentazione dei carichi ausiliari dei container BESS;
- Trasformatore MT/BT 30/0,4 kV a due avvolgimenti o a singolo secondario (Dy11): tale configurazione è utilizzata in cabina di trasformazione MT/BT con taglia pari a 160 kVA per l'alimentazione dei carichi ausiliari di cabina;
- Trasformatore MT/BT 30/0,69 kV a tre avvolgimenti o a doppio secondario (Dy11y11): tale configurazione è utilizzata negli STS con taglia pari a 3.465 kVA;
- Trasformatore MT/BT 30/0,69 kV a due avvolgimenti o a singolo secondario (Dy11): tale configurazione è utilizzata nelle WTG con taglia pari a 6.600 kVA;

### 3. GENERALITÀ SULLE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata da Terna (CP: 202200791), prevede che l'impianto eolico e l'impianto BESS vengano collegati in antenna a 150 kV con una nuova stazione elettrica (SE) a 150 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 150 kV "Cesano - Crocicchie".

Per osservare quanto previsto dalle condizioni di connessione verrà realizzata una nuova Stazione Elettrica Utente in condivisione con altri utenti. La suddetta SE prevede la realizzazione di tutte le opere comuni agli utenti che realizzeranno autonomamente le rispettive opere di connessione degli impianti proprietari oltre che la realizzazione della Sottostazione Elettrica Utente del proponente per la connessione del parco Eolico.

Nello specifico, le opere elettromeccaniche che la proponente dovrà realizzare saranno lo stallo comune isolato in aria (AIS), situato nell'area comune della Sottostazione, e lo stallo utente interno alla SSEU di proprietà della società proponente.

#### 3.1 SSE IN CONDIVISIONE 150/30 kV

La progettazione della SSE in condivisione è stata affidata alla proponente dell'impianto in oggetto, ossia la società SKI W A4 S.R.L.

La stazione elettrica sarà isolata in aria (AIS) con apparati dimensionati per un livello di tensione fino a 170 kV e saranno predisposti gli spazi per le singole SSE Utenti come richiesto da Terna.

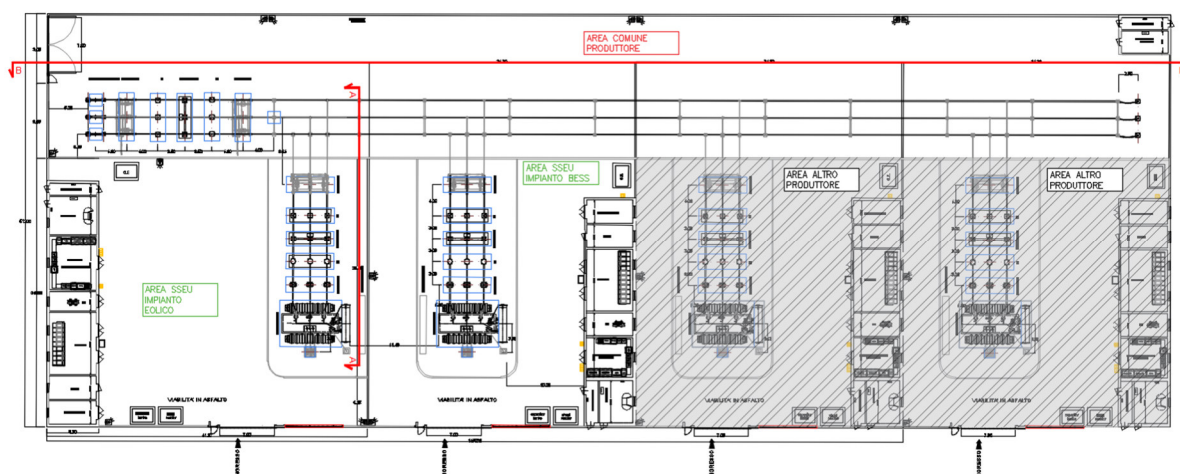


Figura 3.1: Planimetria elettromeccanica SSE Condivisa

Lo stallo comune sarà la porzione della stazione su cui si attesteranno tutti gli stalli degli utenti che condividono in condominio l'area di stazione

Nello stallo condiviso saranno presenti tutti gli elementi di protezione, sezionamento e misura utili alla connessione a regola d'arte e in sicurezza dell'impianto,

Tutti gli elementi in tensione saranno posti tra loro a distanze tali da garantire una buona tenuta dielettrica, secondo quanto riportato nelle norme CEI 11-27 e CEI EN 61936-1-1. Inoltre, tutti gli elementi dovranno essere dimensionati per la massima corrente di cortocircuito sulla sbarra in stazione Terna.

Gli elementi principali dello stallo condiviso sono:

- Terminale cavo AT con scaricatore di sovratensione;
- Sezionatore tripolare a pantografo 2000 A con sezionatore di terra;
- TV con 3 secondari (di cui uno suggellabile ed esclusivo per le misure fiscali);

- TA con 3 secondari (di cui uno suggellabile ed esclusivo per le misure fiscali);
- Interruttore tripolare 2000 A;
- Scaricatore di sovratensione;
- Trasformatore AT/MT 150/30 kV

Il sistema di controllo e monitoraggio della SSE condivisa sarà gestito all'interno della cabina generale MT della SSEU del proponente

La scelta, il posizionamento e la gestione di tutti gli elementi comprendenti lo stallo verranno effettuati secondo quanto previsto dagli standard e dalle prescrizioni contenute negli allegati Terna.

### 3.2 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE - WIND

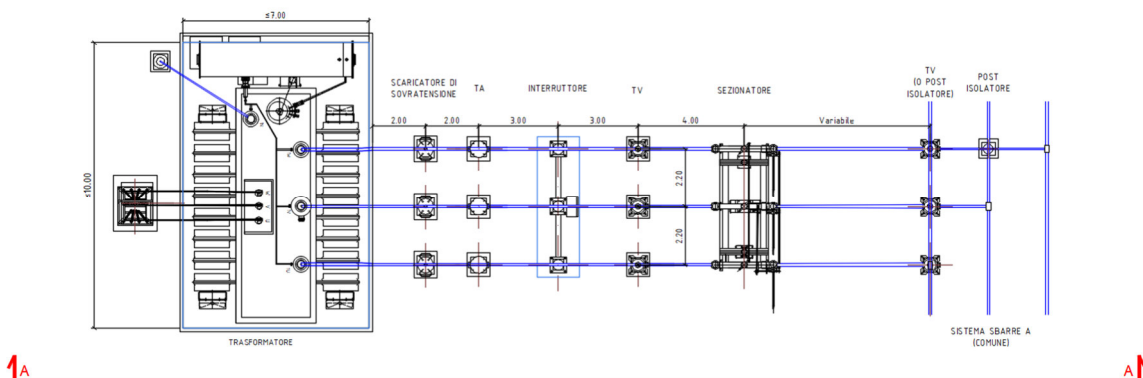
Facendo riferimento alla planimetria elettromeccanica allegata (elaborato di riferimento "2801\_5101\_CST\_PFTE\_R15\_T07\_Rev0\_PLANIMETRIA ELETTROMECCANICA SSE"), la SSEU relativa all'impianto eolico sarà a isolamento in aria (AIS) con apparati dimensionati per un livello di tensione fino a 170 kV. La SSE utente, posizionata all'interno dell'area della SSE condivisa, comprenderà i seguenti stalli:

- Stallo trasformatore AT/MT 150/30 kV

In particolare, lo stallo comprende:

- Sezionatore con sezionamento verso terra
- TV induttivo
- Interruttore AT
- TA di misura e protezione
- Scaricatore di sovratensione
- Trasformatore trifase isolato in olio 150/30 kV – 60/65 MVA ONAN/ONAF YNd11, tensione di cortocircuito Vcc 10%

Tutte le apparecchiature saranno comprese di supporti.





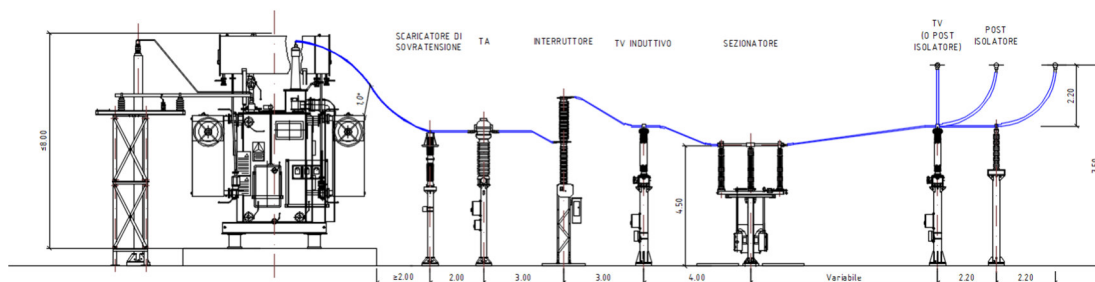


Figura 3.2: Planimetria e sezione stallo di trasformazione 150/30 kV

Tutti gli apparati AT di sottostazione saranno dimensionati per tenere entro il tempo di intervento delle protezioni la massima corrente di cortocircuito sul punto di connessione, ipotizzata di valore inferiore a 31,5 kA. Tale valore dovrà essere confermato del gestore della RTN nelle fasi progettuali successive.

Il trasformatore dovrà rispettare quanto previsto dall'allegato A68 del codice di rete Terna; la taglia scelta dovrà garantire una potenza apparente complessiva transitabile almeno pari al 120% della potenza nominale di impianto. Dovranno inoltre essere presenti le protezioni interne al trasformatore fornite solitamente dal costruttore della macchina (tra queste il relè di controllo del volume dell'olio e il relè di controllo della temperatura) e il sistema di variazione della tensione sotto carico come prescritto nel suddetto allegato A17.

In considerazione dell'obbligo di recuperare e eliminare i possibili sversamenti d'olio nell'ambiente e limitare il rischio di incendio, il trasformatore dovrà essere dotato di apposita vasca di raccolta e contenimento dell'olio eventualmente versato.

All'interno dell'area di sottostazione utente sarà presente inoltre una cabina MT contenente il quadro MT con le celle di arrivo, misura e partenza verso la cabina di smistamento (sita all'interno dell'area di impianto), i trasformatori per l'alimentazione degli ausiliari di cabina, ausiliari e opzionalmente due celle per banchi di rifasamento MT e reattanze shunt. Sarà inoltre presente una control room, con all'interno il sistema SCADA e tutti gli apparati utili al controllo dell'impianto e alla comunicazione remota con la RTN, e un locale magazzino.

Per ulteriori dettagli si faccia riferimento all'elaborato "2800\_5100\_CST\_PFTE\_R15\_T01\_Rev0\_SCHEMA UNIFILARE"

### 3.3 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE - BESS

Facendo riferimento alla planimetria elettromeccanica allegata (elaborato di riferimento "2801\_5101\_CST\_PFTE\_R15\_T07\_Rev0\_PLANIMETRIA ELETTROMECCANICA SSE"), la SSEU relativa all'impianto BESS sarà a isolamento in aria (AIS) con apparati dimensionati per un livello di tensione fino a 170 kV. La SSE utente, posizionata all'interno dell'area della SSE condivisa, comprenderà i seguenti stalli:

- Stallo trasformatore AT/MT 170/30 kV

In particolare, lo stallo comprende:

- Sezionatore con sezionamento verso terra
- TV induttivo
- Interruttore AT
- TA di misura e protezione
- Scaricatore di sovratensione
- Trasformatore trifase isolato in olio 150/30 kV – 20/25 MVA ONAN/ONAF YNd11, tensione di cortocircuito Vcc 10%

Tutte le apparecchiature saranno comprese di supporti.

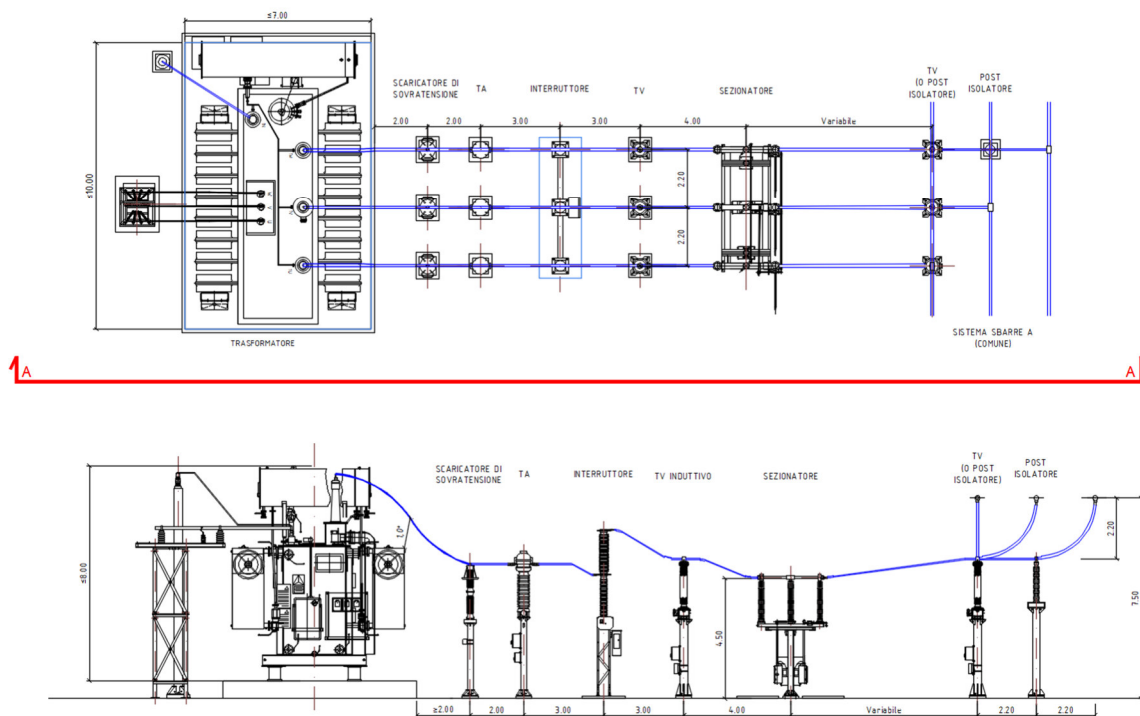


Figura 3.3: Planimetria e sezione stallo di trasformazione 150/30 kV

Tutti gli apparati AT di sottostazione saranno dimensionati per tenere entro il tempo di intervento delle protezioni la massima corrente di cortocircuito sul punto di connessione, ipotizzata di valore inferiore a 31,5 kA. Tale valore dovrà essere confermato del gestore della RTN nelle fasi progettuali successive.

Il trasformatore dovrà rispettare quanto previsto dall'allegato A79 del codice di rete Terna; la taglia scelta dovrà garantire una potenza apparente complessiva transitabile almeno pari al 110% della potenza nominale di impianto. Dovranno inoltre essere presenti le protezioni interne al trasformatore fornite solitamente dal costruttore della macchina (tra queste il relè di controllo del volume dell'olio e il relè di controllo della temperatura) e il sistema di variazione della tensione sotto carico come prescritto nel suddetto allegato A17.

In considerazione dell'obbligo di recuperare ed eliminare i possibili sversamenti d'olio nell'ambiente e limitare il rischio di incendio, il trasformatore dovrà essere dotato di apposita vasca di raccolta e contenimento dell'olio eventualmente versato.

All'interno dell'area di sottostazione utente sarà presente, inoltre, una cabina MT contenente il quadro MT con le celle di arrivo, misura e partenza verso la cabina di smistamento (sita all'interno dell'area di impianto), i trasformatori per l'alimentazione degli ausiliari di cabina, ausiliari e opzionalmente due celle

per banchi di rifasamento MT e reattanze shunt. Sarà inoltre presente una control room, con all'interno il sistema SCADA e tutti gli apparati utili al controllo dell'impianto e alla comunicazione remota con la RTN, e un locale magazzino.

Per ulteriori dettagli si faccia riferimento all'elaborato "2800\_5100\_CST\_PFTE\_R15\_T01\_Rev0\_SCHEMA UNIFILARE"

### 3.4 DIMENSIONAMENTO CAVO AT

La SSE utente condivisa sarà connessa alla sezione 150 kV della stazione Terna tramite un cavo interrato AT 150 kV. Di seguito si riporta il percorso dei raccordi verso la linea esistente e il successivo ingresso del cavo presso lo stallo designato in stazione Terna.

Il complesso, costituente il collegamento in cavo AT, prevederà i seguenti elementi di impianto:

Terna di terminali passanti per cavi 150 kV tipo Prysmian TES 170 AD (o equivalente) completi di supporto, installati all'interno della SE TERNA;



Figura 3.4:: terminali di transizione conduttore rigido aereo-cavo XLPE progettati secondo le norme IEC-60840, IEC-60815, IEEE-48 e IEEE-1313

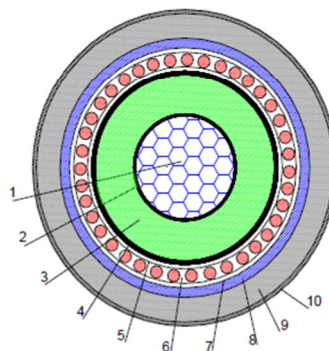
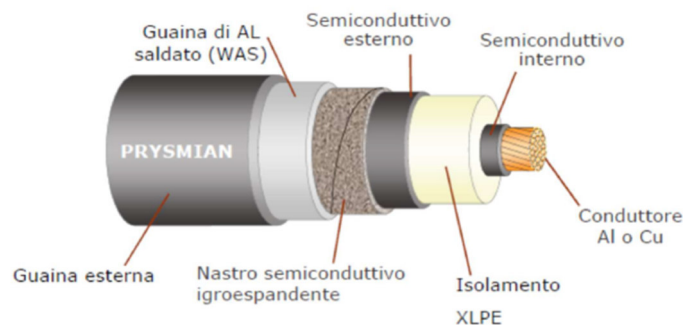
- Terna di cavi unipolari con le seguenti caratteristiche:
  - Sezione  $3 \times (1 \times 1600) \text{ mm}^2$
  - Isolamento XLPE
  - Portata di corrente di progetto: circa 1100 A (norma CEI 11-17)
  - Peso del cavo 11,2 kg/m
  - Raggio minimo di curvatura 2,65 m

Tabella 3.1: Dati tecnici del cavo AT

Tipo di conduttore	Unipolare in XLPE (polietilene reticolato)
Sezione	1600 mm <sup>2</sup>
Materiale del conduttore	Corde di alluminio compatta
Schermo semiconduttore interno	A base di polietilene drogato
Materiale isolamento	Polietilene reticolato
Schermo semiconduttore esterno (sull'isolante)	A base di polietilene drogato
Materiale della guaina metallica	Rame corrugato
Materiale della blindatura in guaina anticorrosiva	Polietilene, con grafite refrigerante (opzionale)
Materiale della guaina esterna	Polietilene
Tensione di isolamento	170 kV

- Terna di terminali passanti per cavi 150 kV tipo Prysmian TES 170 AD (o equivalente) completi di supporto, installati all'interno della SSE Utente;
- Sistema di sezionamento e/o messa a terra degli schermi completo di cassette di sezionamento tipo Prysmian LBM 3/P e cavo 1x240mm<sup>2</sup> 0,6/1,2 k RG7R.

Di seguito si riporta una sezione e descrizione di un tipico cavo in AT:



- LEGENDA:
1. Conduttore :corda rigida compatta di alluminio sez.400mm<sup>2</sup>
  2. Strato isolante di semiconduttore estruso
  3. Isolante estruso di XLPE
  4. Strato semiconduttore estruso
  5. Nastro water blocking semiconduttore
  6. Schermo a fili di rame ricotto non stagnato sez.70mm<sup>2</sup>
  7. Nastro water blocking semiconduttore
  8. Nastro di alluminio
  9. Guaina esterna in polietilene
  - 10.Strato conduttivo :strato semiconduttivo estruso

Figura 3.5 Sezione cavo AT 150 kV



Il costruttore e la tipologia del materiale/componenti dovranno essere confermati in sede di progetto esecutivo. La sezione del cavo dovrà essere condivisa con Terna.

### 3.5 POSA DEL CAVO AT E DEL TRITUBO

La terna di cavi AT per il collegamento della SSE condivisa alla stazione Terna dovrà essere posata con disposizione delle fasi a trifoglio su tubo, ad una profondità di circa 1,6 m rispetto alla quota "0". Nello stesso scavo, ad una distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà predisposto un tritubo per il passaggio della fibra ottica (48 fibre) per la trasmissione dati.

Di seguito si riportano i dati sulle condizioni di posa e installazione del cavo AT:

Tabella 3.2: Dati di posa del cavo AT

Posa	Interrata in letto di sabbia a bassa resistività termica
Messa a terra degli schermi	"cross bonding" o "single point-bonding"
Profondità di posa del cavo	Minimo 1,60 m
Formazione	Una terna a Trifoglio o in Piano
Tipologia di riempimento	Con sabbia a bassa resistività termica o letto di cemento magro h 0,50 m
Profondità del riempimento	Minimo 1,10 m
Copertura con piastre di protezione in C.A. (solo per riempimento con sabbia)	spessore minimo 5 cm
Tipologia di riempimento fino a piano terra	Terra di riporto adeguatamente selezionata
Posa di Nastro Monitore in PVC – profondità	1,00 m circa

Si riporta di seguito un esempio di posa di terna cavi AT 150 kV per i tratti relativi al raccordo:

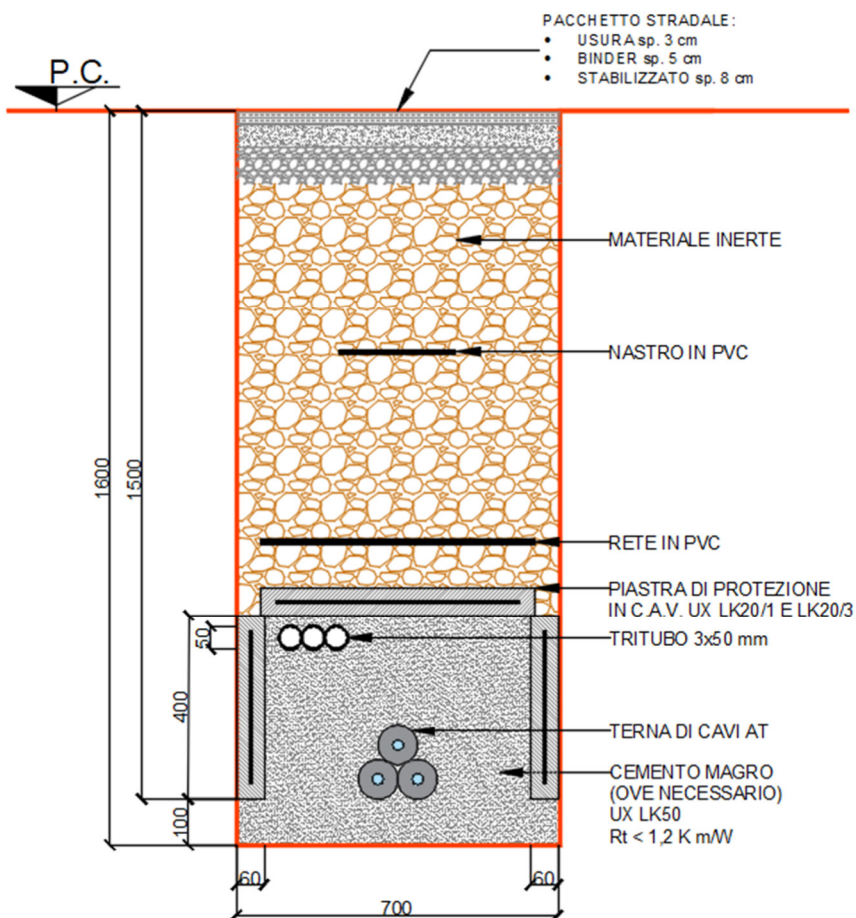


Figura 3.6: Sezione tipologica scavo e posa cavo AT

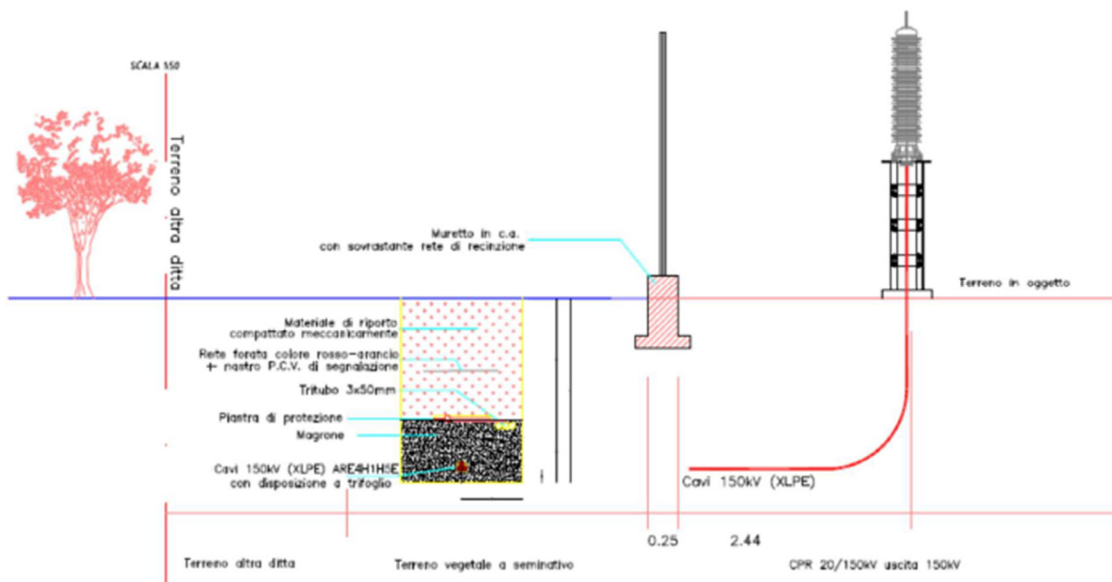


Figura 3.7: esempio tipico di connessione alla Stazione Elettrica TERNA

### 3.6 CAMERE DI GIUNZIONE

Il cavidotto AT a 150 kV di connessione tra la SSEU condivisa 150/30 kV e la SE 150 kV della RTN, avrà una lunghezza di circa 2,300 km. Pertanto, si rende opportuno prevedere la realizzazione di almeno n. 6 buche giunti o camere di giunzione.

La camera di giunzione avrà dimensioni indicative 8 m x 2,5 m e saranno realizzate con profondità di posa di almeno 1,7 m. Si riportano di seguito alcune viste indicative delle camere di giunzione in progetto con indicati i principali dettagli costruttivi e materiali utilizzati:

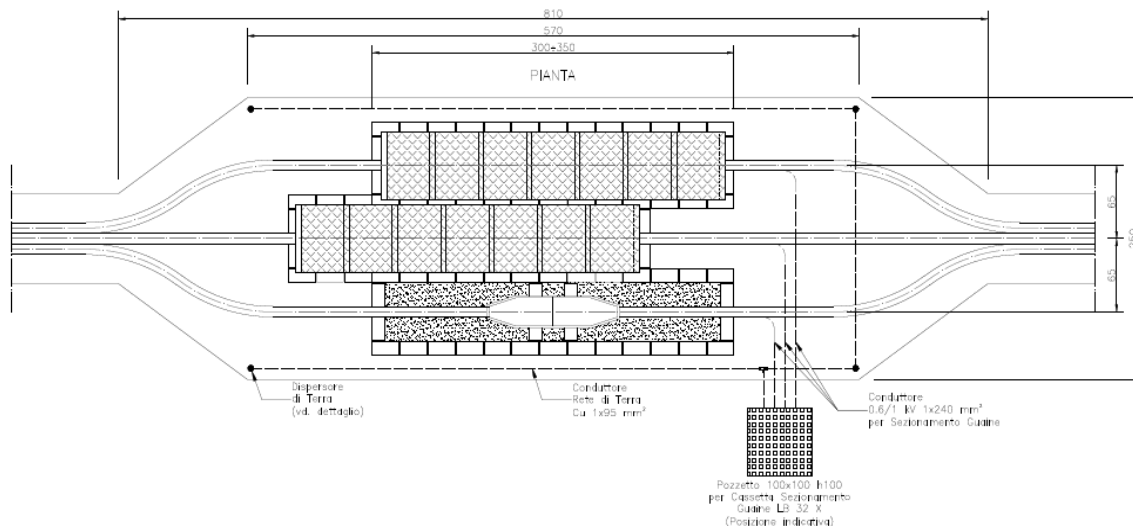


Figura 3.8: Vista in pianta tipologica camera di giunzione

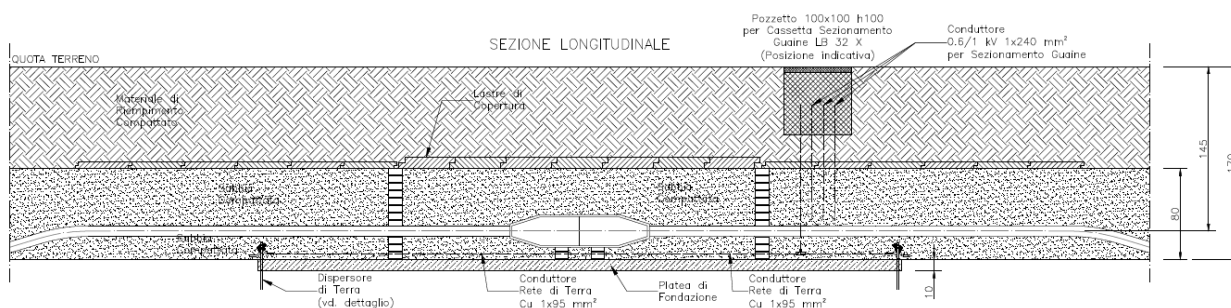


Figura 3.9: Vista longitudinale tipologica camera di giunzione

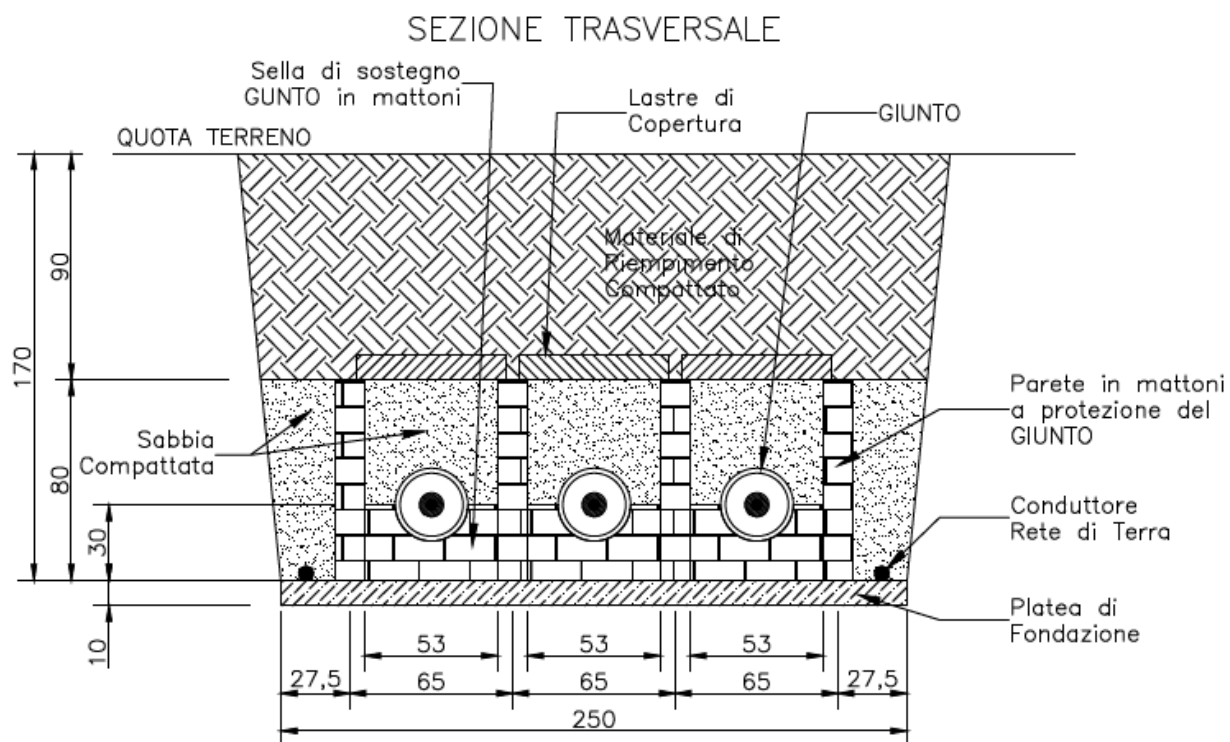


Figura 3.10: Vista trasversale tipologica camera di giunzione

Le dimensioni e le indicazioni delle camere di giunzione sono indicative e si rimanda alle ulteriori fasi progettuali per una progettazione più dettagliata e specifica del caso in esame circa il numero esatto, la posizione e le dimensioni effettive delle camere di giunzione





## 4. RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi vengono riportati nella tabella che segue:

- **Legge n° 36 del 22/2/2001**, “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” (Legge che rimanda l’applicazione ai decreti applicativi: DPCM 8 luglio 2003);
- **Guida CEI 211-6 (2001)**, “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”;
- **DPCM 8 luglio 2003**, “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da elettrodotti”;
- **Guida CEI 106-11: (2006)**, “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”;
- **Guida CEI 106-12 (2006)**, “Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT”;
- **CEI 14-35 (2008)**, in merito alla valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza aventi una gamma di potenza compresa fra 5 kVA e 1000 kVA;
- **DM 29 Maggio 2008**, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- **Supplemento ordinario n.160 alla Gazzetta ufficiale 5 luglio 2008 n. 156**, Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (allegato APAT);
- **Guida CEI 211-4 (2008)**, “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”;
- **D.Lgs n. 81 del 9 aprile 2008**, “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”, nello specifico: Titolo VIII Capo IV;
- **Raccomandazione del Consiglio dell’Unione Europea 1999/519/CE**, 12 luglio 2009, relativa alla limitazione dell’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz;
- **Norma CEI EN 61000-4-8:2010**, Compatibilità elettromagnetica (EMC);
- **Norma CEI EN 62110: 2012-11 (CEI 106-27)**, Livelli di campo elettrico e magnetico generati da sistemi di potenza in c.a.: Procedure di misura con riferimento all’esposizione umana;
- **D.Lgs n. 159 del 01 agosto 2016**, “Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.”;
- **DM 11 Ottobre 2017** “Inquinamento elettromagnetico indoor”, per dimostrare la conformità al criterio 2.3.5.4 è necessario presentare una relazione tecnica, con relativi elaborati grafici, stato ante operam, interventi previsti, risultati raggiungibili e stato post operam;
- **Guida CEI 106-45 (gennaio 2021)**, Guida CEM – Guida alla valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza derivante dall’esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro.

La Legge Quadro ha demandato la definizione dei limiti di esposizione per la popolazione al decreto attuativo DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.



Tabella 4.1: Limiti di esposizione – DPCM 8 Luglio 2003

<b>Tabella 1: Limiti di esposizione – DPCM 8 luglio 2003</b>		
	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B ( $\mu$ T)
Limite di esposizione *  (da non superare mai)	5 ***	100
Valore di attenzione **  (da non superare in ambienti abitativi e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	10
Obiettivo di qualità **  (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	3
Note: * Valori efficaci ** Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio *** Il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m.		

Come indicato dalla Legge 36/2001, il limite di esposizione non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione, mentre il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità si intendono riferiti alla mediana giornaliera dei valori in condizioni di normale esercizio.

Inoltre, il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/2001 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La suddetta metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.



## 5. DEFINIZIONI

### Campo magnetico

Il campo magnetico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica.

Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale un corpo magnetizzato, questo risulta soggetto ad una forza. L'unità di misura del campo magnetico è l'A/m.

L'induzione magnetica è una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento ed è espressa in tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico si ricavano in base all'equazione:  $1A/m = 4\pi \cdot 10^{-7} T$ .

### Campo elettrico

Il campo elettrico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale una carica elettrica, questa risulta soggetta ad una forza. L'unità di misura del campo elettrico è il V/m.

### Campo elettromagnetico

Un campo elettrico variabile nel tempo genera, in direzione perpendicolare a sé stesso, un campo magnetico pure variabile che, a sua volta, influisce sul campo elettrico stesso. Questi campi concatenati determinano nello spazio la propagazione di un campo elettromagnetico. È importante la distinzione tra campo vicino e campo lontano. La differenza consiste essenzialmente nel fatto che in prossimità della sorgente irradiante, cioè in condizioni di campo vicino, il campo elettrico ed il campo magnetico assumono rapporti variabili con la distanza, mentre ad una certa distanza, cioè in campo lontano, il rapporto tra campo elettrico e campo magnetico rimane costante.

### ELF

È la terminologia anglosassone per definire i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, comprese tra 30 Hz e 300 Hz.

L'esposizione a campi ELF dovuta ad una determinata sorgente è valutabile misurando separatamente l'entità del campo elettrico e del campo magnetico. Questo perché alle frequenze estremamente basse, le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici, piuttosto che a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri. I campi ELF sono quindi caratterizzati da due entità distinte: il campo elettrico, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni, ed il campo magnetico, generato invece dalle correnti elettriche.

### Intensità di corrente (J).

È definita come il flusso di corrente attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in ampere per metro quadro (A/m<sup>2</sup>).

### Intensità di campo elettrico

È una grandezza vettoriale (E) che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt per metro (V/m).

### Intensità di campo magnetico

È una grandezza vettoriale (H) che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere per metro (A/m).



### **Induzione magnetica**

È una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione  $1A \text{ m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$ .

### **Densità di potenza (S).**

Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte, per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in watt per metro quadro (W/m<sup>2</sup>).

### **Assorbimento specifico di energia (SA).**

Si definisce mediante l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in joule per chilogrammo (J/kg). Nella presente raccomandazione il termine si impiega per limitare gli effetti non termici derivanti da esposizioni a microonde pulsate.

### **Tasso di assorbimento specifico di energia (SAR).**

Si tratta del valore mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa del tessuto corporeo ed è espresso in watt per chilogrammo (W/kg). Il SAR riferito a tutto il corpo è una misura ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi all'esposizione a RF. Oltre al valore del SAR mediato su tutto il corpo, sono necessari anche valori locali del SAR per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a speciali condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo in contatto con la terra, esposto a RF nella gamma inferiore di MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

### **Linea**

Le linee corrispondono ai collegamenti con conduttori elettrici aerei o in cavo, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione. Le linee a tre o a più estremi sono sempre definite come più tronchi di linea a due stremi. Gli organi di manovra connettono tra loro componenti delle reti (es. interruttori, sezionatori, ecc.) e permettono di interrompere il passaggio di corrente.

### **Cavidotto**

Conduttura adibita al passaggio di cavi elettrici per il trasporto o distribuzione dell'energia elettrica posto sotto il livello di calpestio.

### **Tronco**

I tronchi di linea corrispondono ai collegamenti metallici che permettono di unire fra loro due impianti gestiti allo stesso livello di tensione (compresi gli allacciamenti). Si definisce tronco fittizio il tronco che unisce due impianti adiacenti.

### **Tratta**

La tratta è una porzione di tronco di linea, composto da una sequenza di campate contigue, avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (es. tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, tratta singola, doppia, ammazzettata, ecc.) e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale). Ad ogni variazione delle caratteristiche si individua una nuova tratta.

### **Campata**

La campata è l'elemento minimo di una linea elettrica; è sottesa tra due sostegni o tra un sostegno e un portale (ultimo sostegno già all'interno dell'impianto).



### **Sostegni**

Il sostegno è l'elemento di supporto meccanico della linea aerea in conduttori nudi o in cavo. I sostegni, i sostegni porta terminali ed i portali possono essere costituiti da pali o tralicci.

### **Impianto**

Nell'ambito di una rete elettrica l'impianto corrisponde ad un'officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva fase di destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie, Cabine Utente AT. Inoltre rientrano in questa categoria anche quelle stazioni talvolta chiamate di Allacciamento.

### **Corrente**

Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

### **Portata in corrente in servizio normale**

È la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.

### **Portata in regime permanente**

Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).

### **Fascia di rispetto**

È lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dall'articolo 4, comma l lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

### **Distanza di prima approssimazione (Dpa)**

Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

### **Esposizione**

È la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;

### **Limite di esposizione**

È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione. I valori limite di esposizione per la popolazione sono invece richiamati dalla Legge Quadro, e sono stati indicati con apposito decreto D.P.C.M. 08.07.2003, che prevede il rispetto dei seguenti valori: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

### **Valore di attenzione**

È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze



prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

#### **Obiettivi di qualità**

Sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8 della L. 36/2001; sono anche i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a) della medesima legge, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi;

#### **Limiti di base**

Le limitazioni all'esposizione ai campi elettrici magnetici ed elettro-magnetici variabili nel tempo, che si fondano direttamente su effetti accertati sulla salute e su considerazioni di ordine biologico, sono denominate «limiti di base». In base alla frequenza del campo, le quantità fisiche impiegate per specificare tali limitazioni sono: la densità di flusso magnetico (B), la densità di corrente (J), il tasso di assorbimento specifico di energia (SAR), e la densità di potenza (S). La densità di flusso magnetico e la densità di potenza negli individui esposti possono essere misurate rapidamente.

#### **Livelli di riferimento.**

Questi livelli sono indicati a fini pratici di valutazione dell'esposizione in modo da determinare se siano probabili eventuali superamenti dei limiti di base. Alcuni livelli di riferimento sono derivati dai limiti di base fondamentali attraverso misurazioni e/o tecniche informatiche e alcuni livelli di riferimento si riferiscono alla percezione e agli effetti nocivi indiretti dell'esposizione ai campi elettromagnetici. Le quantità derivate sono: l'intensità di campo elettrico (E), l'intensità di campo magnetico (H), la densità del flusso magnetico (B), la densità di potenza (S) e la corrente su un arto ( $I_L$ ). Le grandezze che si riferiscono alla percezione e agli altri effetti indiretti sono la corrente (di contatto) ( $I_c$ ) e, per i campi pulsati, l'assorbimento specifico di energia (SA). In qualunque situazione particolare di esposizione, i valori misurati o calcolati di una delle quantità sopra citate possono essere confrontati al livello di riferimento appropriato. L'osservanza del livello di riferimento garantirà il rispetto delle restrizioni fondamentali corrispondenti. Se il valore misurato supera il livello di riferimento, non ne consegue necessariamente che sia superata la restrizione fondamentale. In tali circostanze, tuttavia, vi è la necessità di definire se il limite di base sia o meno rispettato.



## 6. CALCOLO DELLE DPA

Si è proceduto al calcolo della Distanze di Prima Approssimazione (DPA) per gli elementi costituenti il parco eolico e l'area BESS individuati come possibili fonti di inquinamento elettromagnetico:

- Cavidotto AT di connessione
- Sottostazione elettrica Condivisa e stalli utente
- Cavidotti MT di impianto eolico
- WTG di impianto
- Cavidotti MT di impianto BESS
- Sottostazione elettrica Condivisa e stalli utente
- Cabina di smistamento
- Smart Transforming Station Impianto BESS

Gli elementi sopra descritti sono tutti caratterizzati da una tensione nominale di 150 kV e 30 kV (a frequenza 50 Hz). Tale valutazione si riferisce esclusivamente alla fase di esercizio dell'impianto in quanto durante la realizzazione e dismissione i campi daranno nulli data l'assenza di tensione nei circuiti.

In riferimento alla normativa vigente dovranno essere valutati i seguenti limiti:

- 100  $\mu$ T esposizione istantanea, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- 3  $\mu$ T obiettivo di qualità imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4 nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere).

### 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Si riportano di seguito diversi strumenti per il calcolo delle DPA.

#### 6.1.1 Formula di calcolo della DPA per cabine elettriche

Nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" è indicata la metodologia di calcolo delle DPA: si effettua un'analisi del campo magnetico delle linee elettriche entranti / uscenti e si identifica la DPA come la distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) del cabinato stesso oltre la quale è raggiunto l'obiettivo di qualità.

Per la valutazione della DPA di ciascun cabinato elettrico, si individua il gruppo di linee elettriche entranti o uscenti attraversate da correnti di maggiore intensità, si calcola qual è la distanza massima dalle linee in oggetto alla quale si può avere un valore di induzione magnetico pari a 3  $\mu$ T. Tale valore, incrementato cautelativamente del 30% e arrotondato al mezzo metro successivo viene identificato come la Distanza di Prima Approssimazione della cabina.

#### 6.1.2 Formule di calcolo della DPA per linee elettriche interrate a semplice terna

La stima delle DPA per le linee interrate è stata valutata secondo il DM 29 maggio 2008 preliminarmente attraverso l'utilizzo del metodo semplificato riportato al paragrafo 6.2 della norma CEI 106-11.

Il metodo semplificato per il calcolo dell'induzione magnetica per linee in cavo interrato a semplice terna, riportato al paragrafo 6.2.3 della norma CEI 106-11, prevede l'utilizzo della seguente relazione (specificata per cavi interrati a trifoglio):

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T] \quad (1)$$

Dove:

- $I$  è la corrente circolante nel conduttore espressa in ampere [A];
- $S$  è la distanza tra le fasi che, in analogia a quanto previsto dal DM 29/05/2008, può essere considerata pari al diametro esterno dei cavi (conduttore + isolante) [m];
- $R$  è la distanza del punto nel quale si desidera valutare il valore di campo magnetico indotto [m].

Da tale formula si ricava il valore della distanza per la quale è garantita un'induzione magnetica inferiore ai  $3 \mu T$  che coincide con l'obiettivo di qualità imposto dalla norma per gli effetti a lungo termine:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m] \quad (2)$$

Per cavi interrati il valore del raggio a induzione magnetica costante pari a  $3 \mu T$  calcolato al livello del suolo è pari a:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I \cdot d^2} \quad [m] \quad (3)$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:

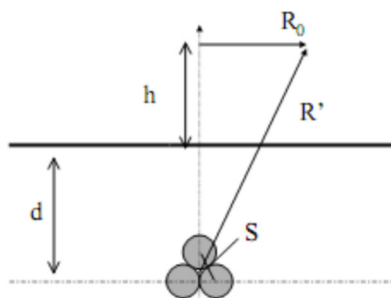


Figura 6-1: Tipico posa cavo AT con indicazione delle distanze di riferimento

Le premesse al calcolo sono:

- La corrente considerata è quella massima relativa alla portata del cavo
- La profondità massima di posa ( $d$ ) è quella di progetto
- Le correnti si considerano equilibrate tra loro

### 6.1.3 Software di calcolo Magic® (By BeShielding)

Per i cavidotti costituiti da più terne, le formule precedenti non sono applicabili e si è ricorso all'ausilio del software di calcolo Magic® (By BeShielding). Attraverso tale software è possibile effettuare un calcolo preciso e puntuale per l'induzione magnetica. Il software consente di produrre grafici con curve isolivello dell'induzione magnetica e di stimare le Distanze di Prima Approssimazione.





## 6.2 CALCOLO DELLA DPA PER LA LINEA AT DI CONNESSIONE

Nelle tabelle seguenti sono riepilogate le linee elettriche descritte per tipologia di posa, formazione, designazione e corrente nominale di impianto quali elementi considerati nella verifica delle DPA. La linea AT in oggetto collega la nuova sottostazione condivisa con la stazione Terna.

Tabella 6.1: Linea AT (singola terna)

COLLEGAMENTO DA	COLLEGAMENTO A	TENSIONE NOMINALE [KV]	DISTANZA TRA LE FASI [MM]	PROFONDITÀ DEI CAVI DAL PIANO DI CALPESTIO [M]	CORRENTE TOTALE DI CAVIDOTTO [A]
SSE Condivisa	SE Terna	150	120	1,5	1100

La DPA è stata valutata impiegando la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" e riportata in (3). Applicando tale formula si evince che l'obiettivo di qualità è garantito ad una distanza di 2,93 m dal punto di proiezione dell'elettrodotto sul piano di calpestio. Pertanto, si introduce lungo il tracciato degli elettrodotti AT una fascia di rispetto di raggio pari a circa 3 m (arrotondamento al mezzo metro successivo), oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T.

## 6.3 CALCOLO DELLE DPA PER I CAVIDOTTI MT D'IMPIANTO WIND

Per quanto riguarda i cavidotti interni all'impianto che trasportano l'energia dalle Wind Turbine alla sottostazione elettrica condivisa si sono analizzati i due casi più critici dal punto di vista dell'impatto elettromagnetico. La DPA maggiore è stata estesa a tutti gli altri cavidotti interni all'impianto, con un approccio cautelativo.

Nella seguente Tabella sono riepilogate le caratteristiche considerate nella verifica delle DPA.

Tabella 6.2: Cavidotti più critici dell'impianto eolico (rispettivamente 4 e 3 terne in parallelo)

DESCRIZIONE	COLLEGAMENTO A	DISTANZA TRA LE FASI [MM]	DISTANZA TRA LE TERNE [MM]	PROFONDITÀ DEI CAVI DAL PIANO DI CALPESTIO [M]	CORRENTE TOTALE DI CAVIDOTTO [A]
Cavidotto a 4 terne	Da WT1-WT3 a Cabina di smistamento	65	250	1	600
Cavidotto a 3 terne	Da Cabina di smistamento a SSE condivisa	65	250	1	980

Di seguito si riportano le analisi effettuate sui due casi.

### 6.3.1 Cavidotto a 4 terne

Di seguito si riporta l'analisi effettuata tramite il software calcolo Magic® (By BeShielding) del caso in oggetto. Il grafico seguente riporta le curve isolivello di induzione magnetica a 3, 10 e 100  $\mu$ T nel piano perpendicolare all'asse del cavidotto. L'origine del piano è posto nel punto di proiezione del cavidotto sul piano di calpestio.

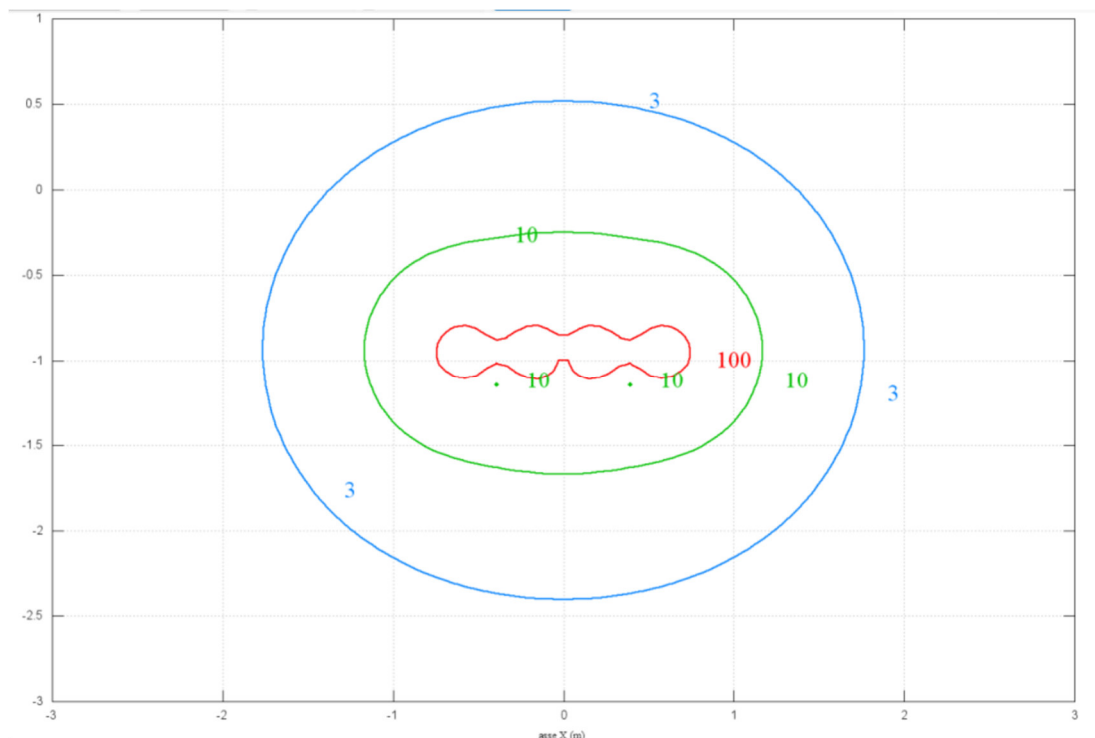


Figura 6.2: Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY (distanze espressi in metri)

Nel primo caso in esame l'obiettivo di qualità è garantito ad una distanza di 1,8 m dal punto di proiezione dell'elettrodotto sul piano di calpestio.

### 6.3.2 Cavidotto a 3 terre

Di seguito si riporta l'analisi effettuata tramite il software calcolo Magic® (By BeShielding) del caso in oggetto. Il grafico seguente riporta le curve isolivello di induzione magnetica a 3, 10 e 100  $\mu\text{T}$  nel piano perpendicolare all'asse del cavidotto. L'origine del piano è posto nel punto di proiezione del cavidotto sul piano di calpestio.

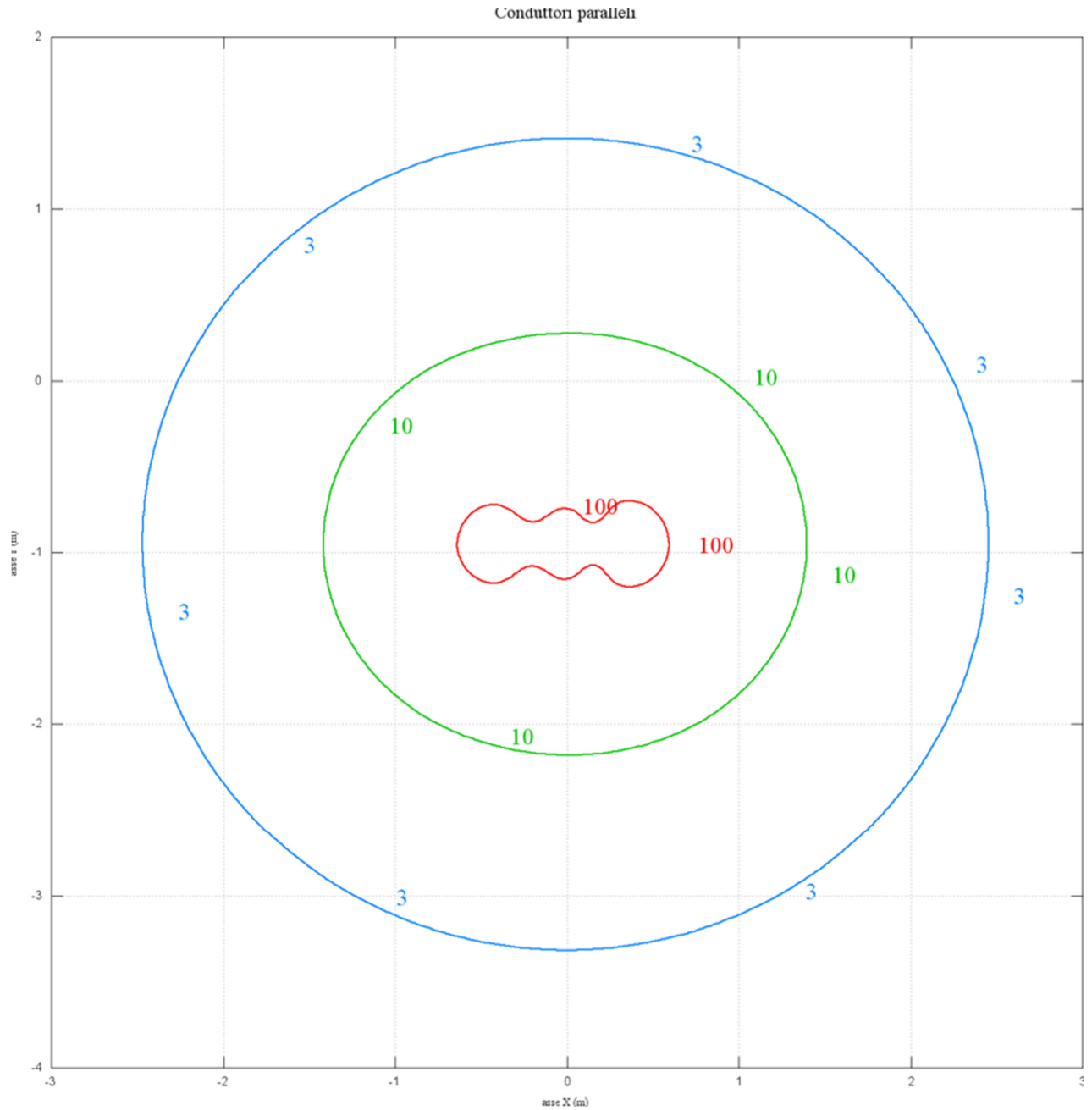


Figura 6.3: Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY (distanze espressi in metri)

Nel secondo caso in esame l'obiettivo di qualità è garantito ad una distanza di 2,29 m dal punto di proiezione dell'elettrodotto sul piano di calpestio. Pertanto, si introduce lungo il tracciato di tutti i cavidotti dell'impianto eolico una fascia di rispetto di raggio pari a circa 2,5 m (arrotondamento al mezzo metro successivo), oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T.

#### 6.4 CALCOLO DELLE DPA PER LE WTG

La generazione elettrica di ogni turbina eolica alimenta un trasformatore elevatore (da 800V a 30 kV) e degli ausiliari per il controllo e la protezione del sistema. Il trasformatore con la relativa quadristica a 30 kV fa parte dell'aerogeneratore ed è interamente installato all'interno dell'aerogeneratore stesso, sulla navicella.



Al fine di valutare l'effettiva influenza di tali macchine sulla generazione di nuovi campi magnetici, va considerato che ogni generatore elettrico è di fatto situato ad una quota maggiore o uguale a 135 m rispetto al terreno, per cui il contributo all'inquinamento elettromagnetico dovuto alle componenti interne dell'aerogeneratore è del tutto trascurabile.

## 6.5 CALCOLO DELLE DPA PER I CAVIDOTTI MT D'IMPIANTO BESS

Per quanto riguarda i cavidotti interni all'impianto BESS che trasportano l'energia dalle STS alla sottostazione elettrica condivisa si è analizzato il tratto più critico ovvero quello in prossimità della sottostazione elettrica condivisa

Nella seguente Tabella sono riepilogate le caratteristiche considerate nella verifica delle DPA.

Tabella 6.3: Cavidotto maggiormente rappresentativo (2 terne in parallelo)

COLLEGAMENTO DA	COLLEGAMENTO A	DISTANZA TRA LE FASI [MM]	DISTANZA TRA LE TERNE [MM]	PROFONDITÀ DEI CAVI DAL PIANO DI CALPESTIO [M]	INTENSITÀ DI CORRENTE [A]
Area BESS	SSE condivisa	60	250	1	350

Di seguito si riporta l'analisi effettuata tramite il software calcolo Magic® (By BeShielding) del caso in oggetto. Il grafico seguente riporta le curve isolivello di induzione magnetica a 3, 10 e 100  $\mu$ T nel piano perpendicolare all'asse del cavidotto. L'origine del piano è posto nel punto di proiezione del cavidotto sul piano di calpestio.

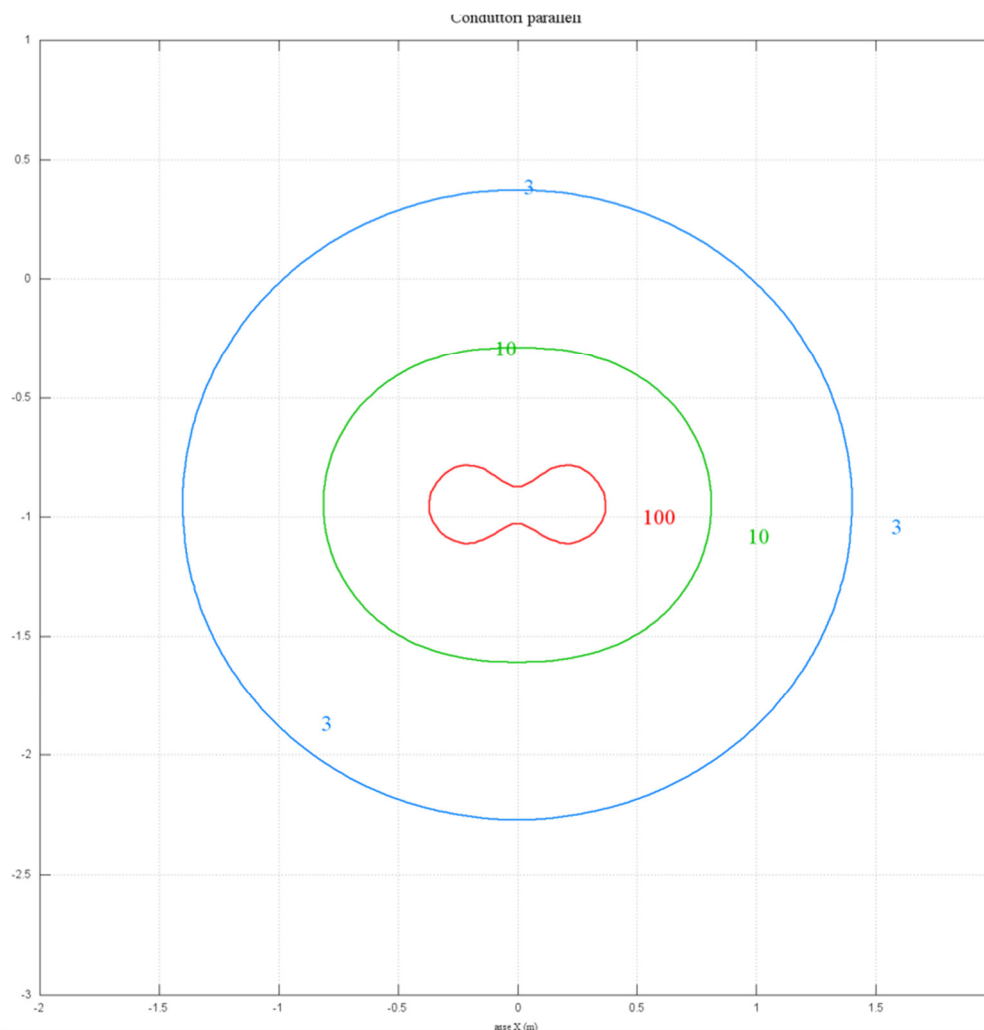


Figura 6.4: Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY (distanze espressi in metri)

Nel caso in esame l'obiettivo di qualità è garantito ad una distanza di 0,99 m dal punto di proiezione dell'elettrodotto sul piano di calpestio. Pertanto, si introduce lungo il tracciato degli elettrodotti una fascia di rispetto di raggio pari a circa 1 m (arrotondamento al mezzo metro successivo), oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T.

## 6.6 CALCOLO DELLA DPA PER LA SSE CONDIVISA

In riferimento alla normativa vigente dovranno essere valutati i seguenti limiti:

**Oltre il confine di proprietà:**

- 100  $\mu$ T esposizione istantanea, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- 3  $\mu$ T obiettivo di qualità imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4 nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere).

**All'interno della sottostazione e della stessa proprietà:**



I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità fissati dal DPCM 8 luglio 2003 non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali. Dalle informazioni ricevute dalla committenza, non risultano esistenti aree accessibili da popolazione all'interno della proprietà.

La proprietà è accessibile solamente a personale professionalmente esposto della sottostazione; in particolare all'interno degli edifici, in nessun locale, è prevista la presenza continuativa di persone per una durata giornaliera non superiore alle 4 ore. Pertanto, dovrà essere garantito il rispetto del limite 100  $\mu\text{T}$  al di sopra del piano di calpestio.

#### **6.6.1 Calcolo della DPA per le Cabine MT interne alla SSEU**

In merito alla valutazione della distanza di prima approssimazione per le cabine elettriche si considera la distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) in quanto gli spazi interni non sono considerati luogo di lavoro stabile ma occupato dal personale tecnico in modo saltuario per una durata giornaliera inferiore alle 4 ore.

Per le Cabine Utente MT dei due stalli (Wind e BESS) la DPA da considerare è quella relativa alle linee entranti dal lato impianto.

Per la cabina MT BESS è stato preso come riferimento il cavidotto analizzato nel paragrafo 6.5. La DPA del cabinato sarà pertanto pari a circa 1,5 (si considera la distanza massima della curva a 3  $\mu\text{T}$  dal centro del cavidotto, segue applicazione di un fattore cautelativo di 1,3 arrotondamento al mezzo metro successivo); oltre tale distanza dalla cabina il campo di induzione magnetica è sicuramente inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$ .

Per la cabina MT WIND è stato preso come riferimento il cavidotto analizzato nel paragrafo 6.3.2. La DPA del cabinato sarà pertanto pari a circa 3 m (si considera la distanza massima della curva a 3  $\mu\text{T}$  dal centro del cavidotto, segue applicazione di un fattore cautelativo di 1,3 arrotondamento al mezzo metro successivo); oltre tale distanza dalla cabina il campo di induzione magnetica è sicuramente inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$ .

All'interno della fascia introdotta dalla DPA intorno ai cabinati non si rilevano presenti recettori sensibili e non è in alcun modo prevista la presenza di personale per un periodo superiore alla 4 ore giornaliere.

#### **6.6.2 Calcolo della DPA per lo stallone TR in aria interna alla SSEU**

Per quanto riguarda la nuova gli apparati AT in aria a 150 kV, l'impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003). Si rileva inoltre che nell'area dell'impianto, che sarà normalmente esercitata in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale, se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria. Il contributo di campo elettrico e magnetico dei componenti compresi nella nuova stazione di rete (macchinari e apparecchiature), in corrispondenza del perimetro delle vie di servizio interne, risulta trascurabile rispetto a quello delle linee entranti. Tale contributo diminuisce ulteriormente in prossimità della recinzione dove si può affermare che il campo elettrico e magnetico è principalmente riconducibile a quello dato dalle linee entranti per le quali risulta verificata la compatibilità con la normativa vigente.

In sintesi, i valori massimi dei campi elettrici e magnetici relativi agli apparati dello stallone TR in aria sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti AT (il cui calcolo è riportato di seguito) e quindi l'impatto determinato dall'impianto stesso è compatibile con i valori prescritti dalla vigente normativa.

In conclusione, per questa tipologia di impianto (cfr DM 29.5.08) la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) e quindi la fascia di rispetto rientrano generalmente nei confini dell'impianto stesso, inoltre, si può concludere che non ci sono recettori sensibili (luoghi con tempi di permanenza maggiori alle 4 ore) all'interno delle DPA.

## 6.7 CALCOLO DELLA DPA PER LA CABINA E DI SMISTAMENTO

In merito alla valutazione della distanza di prima approssimazione nella cabina di smistamento si considera la distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina stessa in quanto le stesse al loro interno non sono considerate luogo di lavoro stabile ma occupato dal personale tecnico in modo saltuario per una durata giornaliera inferiore alle 4 ore o durante i momenti in cui la tensione è assente.

Per la cabina di smistamento a 30 kV la DPA da considerare è quella relativa alle linee entranti dal lato dell'impianto eolico. Le linee entranti sono costituite da 6 terne, distanza tra le fasi della singola terna di 65 mm, distanza tra le terne di 250mm, con una corrente totale di circa 1000A.

Di seguito si riporta l'analisi effettuata tramite il software calcolo Magic® (By BeShielding) delle linee entranti. Il grafico seguente riporta le curve isolivello di induzione magnetica a 3, 10 e 100  $\mu\text{T}$  nel piano perpendicolare all'asse del cavidotto. L'origine del piano è posto nel punto di proiezione del cavidotto sul piano di calpestio.

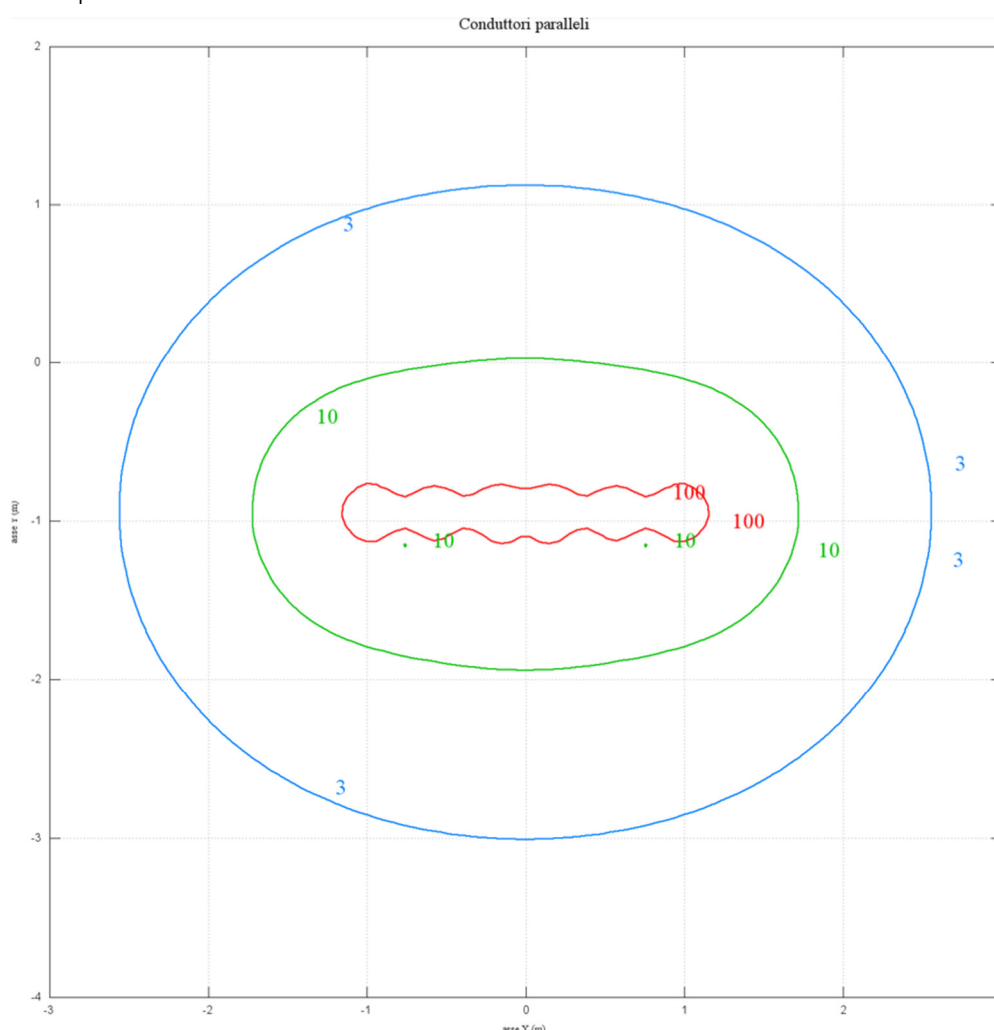


Figura 6.5: Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY (distanze espresse in metri)

La distanza massima in cui si hanno di 3  $\mu\text{T}$ . dal centro del cavidotto è di: di 2,6 m. La corrispondente DPA della cabina elettrica sarà pertanto pari a circa 3,5 m (applicazione di un fattore cautelativo di 1,3 e arrotondamento al mezzo metro successivo). Oltre tale distanza dal perimetro della cabina il campo di induzione magnetica è sicuramente inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$ .

## 6.8 CALCOLO DELLA DPA PER LE SMART TRANSFORMER STATION

In merito alla valutazione della distanza di prima approssimazione nelle STS si considera la distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina stessa in quanto le stesse al loro interno non sono considerate luogo di lavoro stabile ma occupato dal personale tecnico in modo saltuario per una durata giornaliera inferiore alle 4 ore o durante i momenti in cui la tensione è assente.

Per le STS a 30/0,69 kV la DPA da considerare è quella relativa alle linee entranti dal lato BT(DC). Le linee entranti sono costituite da 4 fasci di cavi DC, distanza tra i fasci di 250mm, con una corrente totale di circa 2800 A.

Di seguito si riporta l'analisi effettuata tramite il software calcolo Magic® (By BeShielding) delle linee entranti. Il grafico seguente riporta le curve isolivello di induzione magnetica a 3, 10 e 100  $\mu\text{T}$  nel piano perpendicolare all'asse del cavidotto. L'origine del piano è posto nel punto di proiezione del cavidotto sul piano di calpestio.

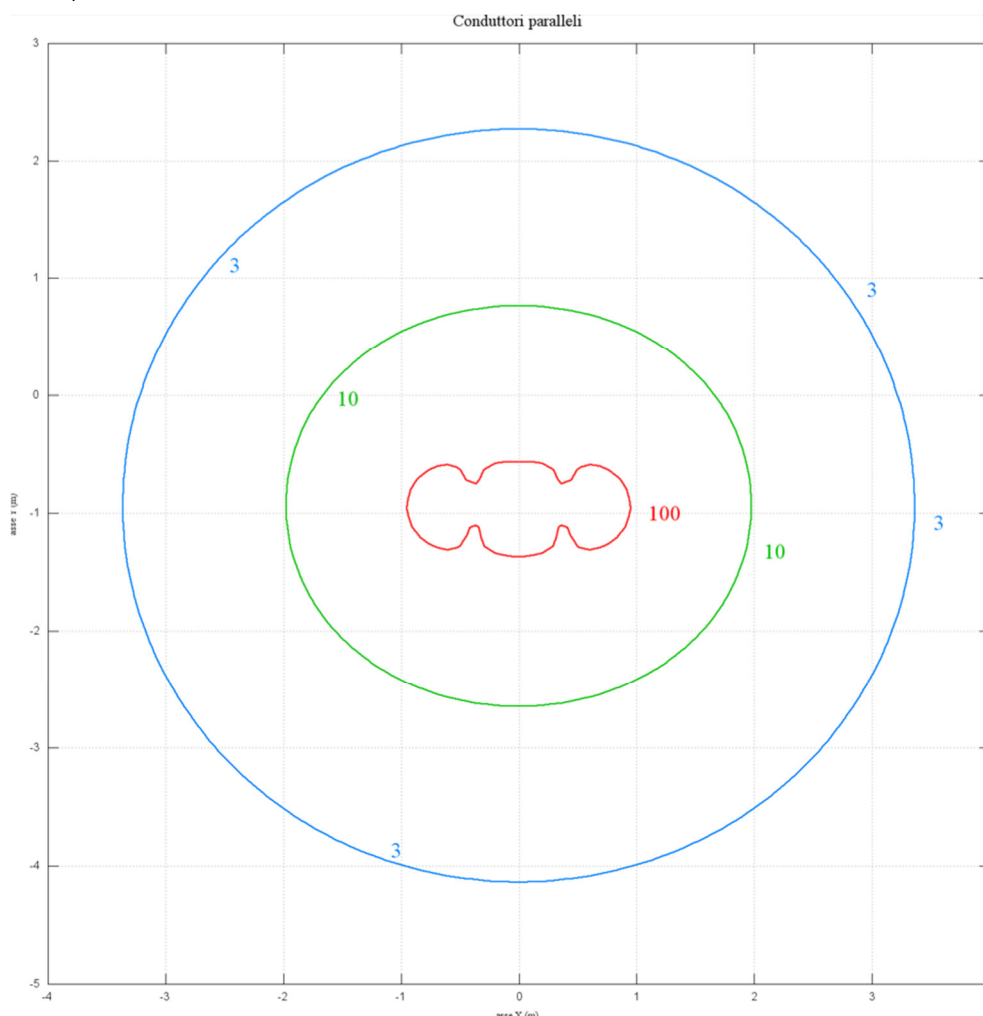


Figura 6.6: Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY (distanze espressi in metri)

La distanza massima in cui si hanno di 3  $\mu\text{T}$ , dal centro del cavidotto è di: di 3,4 m. La corrispondente DPA della cabina elettrica sarà pertanto pari a circa 4,5 m (applicazione di un fattore cautelativo di 1,3 e arrotondamento al mezzo metro successivo). Oltre tale distanza dal perimetro della cabina il campo di induzione magnetica è sicuramente inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$ .





## 7. CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati delle simulazioni di campo magnetico, è possibile notare che:

1. Lungo il tracciato del cavidotto di connessione a 150 kV viene associata una fascia di rispetto di raggio pari a circa 3 m dal punto di proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T.
2. Per la cabina MT BESS nella stazione condivisa viene associata una fascia di rispetto pari a circa 1,5 m dal perimetro della cabina, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T. Entro questa fascia, non è stata considerata una presenza continuativa di persone per una permanenza superiore alle 4 ore giornaliere e in ogni caso le persone addette ad interagire con gli elementi presenti in prossimità della cabina e al suo interno sono operai specializzati e opportunamente informati e formati secondo quanto stabilito dalla legge.
3. Per la cabina MT WIND nella stazione condivisa viene associata una fascia di rispetto pari a circa 3,0 m dal perimetro della cabina, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T. Entro questa fascia, non è stata considerata una presenza continuativa di persone per una permanenza superiore alle 4 ore giornaliere e in ogni caso le persone addette ad interagire con gli elementi presenti in prossimità della cabina e al suo interno sono operai specializzati e opportunamente informati e formati secondo quanto stabilito dalla legge.
4. Per la cabina di smistamento MT WIND viene associata una fascia di rispetto pari a circa 1,5 m dal perimetro della cabina, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T.
5. Lungo il tracciato dei cavidotti MT interni all'impianto WIND viene associata una fascia di rispetto di raggio pari a circa 2,5 m dal punto di proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 2,5  $\mu$ T.
6. Lungo il tracciato dei cavidotti MT interni all'impianto BESS viene associata una fascia di rispetto di raggio pari a circa 1 m dal punto di proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T.
7. Per le STS BESS viene associata una fascia di rispetto pari a circa 4,5 m dal perimetro della cabina, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T.

A valle di tali considerazioni, qualsiasi violazione dei vincoli precedentemente elencati o variazione di caratteristiche elettriche e/o geometriche potrebbe determinare una variazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni, pertanto si rimanda alla fase esecutiva per successivi e definitivi calcoli in merito.

Si segnala che, nel caso non si rispettasse l'obiettivo di qualità dei 3  $\mu$ T, in fase esecutiva dovrà essere predisposta la schermatura dei cavi, secondo la tecnica di posa che prevede di inserire i cavi in apposite canalette di materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata. Le canalette dovranno essere utilizzate nei tratti di elettrodotto caratterizzati dalla vicinanza a strutture potenzialmente sensibili per le quali si ha la necessità di ridurre i valori assunti dal campo magnetico, e sono realizzate con acciai di diverso spessore, con differente capacità di attenuazione del campo magnetico.