



**Progetto di adeguamento tecnico dell'impianto eolico esistente sito nel Comune di Ripabottoni mediante intervento di repowering e riduzione numerica degli aerogeneratori (ripotenziamento con integrale ricostruzione – IR)**

**Edison Rinnovabili S.p.A.**

**1668942\_RP\_013\_R00 - Relazione CEM**

20 dicembre 2023

Ns rif. 1668942\_RP\_013\_R00

## Riferimenti

<b>Titolo</b>	Progetto di adeguamento tecnico dell'impianto eolico esistente sito nel Comune di Ripabottoni mediante intervento di repowering e riduzione numerica degli aerogeneratori (ripotenziamento con integrale ricostruzione - IR) – Relazione CEM
<b>Cliente</b>	Edison Rinnovabili S.p.A.
<b>Redatto</b>	Sid Engineering
<b>Verificato</b>	C. Mori
<b>Approvato</b>	D. Stangalino
<b>Riferimento</b>	1668942_RP_013_R00
<b>Numero di pagine</b>	14
<b>Data</b>	20 dicembre 2023



## Colophon

TAUW Italia S.r.l.  
Galleria Giovan Battista Gerace 14  
56124 Pisa  
T +39 05 05 42 78 0  
E info@tauw.it

Il presente documento è di proprietà del Cliente che ha la possibilità di utilizzarlo unicamente per gli scopi per i quali è stato elaborato, nel rispetto dei diritti legali e della proprietà intellettuale. TAUW Italia detiene il copyright del presente documento. La qualità ed il miglioramento continuo dei prodotti e dei processi sono considerati elementi prioritari da TAUW Italia, che opera mediante un sistema di gestione certificato secondo le norme **UNI EN ISO 9001:2015, UNI EN ISO 14001:2015 e UNI ISO 45001:2018.**



Ai sensi del GDPR n.679/2016 la invitiamo a prendere visione dell'informativa sul Trattamento dei Dati Personali su [www.TAUW.it](http://www.TAUW.it).

## Indice

1	Introduzione.....	4
2	Norme di riferimento.....	5
3	Impianto eolico .....	6
4	Campi magnetici.....	7
4.1	Generalità.....	7
4.2	Campo magnetico prodotto dalla Sottostazione .....	7
4.3	Campo magnetico prodotto dai trasformatori AT/MT .....	8
4.4	Campo magnetico prodotto dai cavi MT nel parco eolico .....	9
5	Campi elettrici.....	11
6	Considerazioni su possibile esposizione lavoratori (D.Lgs. 159/2016) .....	12
7	Conclusioni.....	14

## 1 Introduzione

La presente relazione ha l'obiettivo di valutare i campi elettromagnetici prodotti dalle apparecchiature elettriche (sottostazione in aria, trasformatori, linee in cavo in media tensione) installate nel nuovo impianto eolico di Ripabottoni (CB).

La valutazione del campo magnetico consiste nella determinazione della distanza di prima approssimazione (nel seguito indicata con DPA) in accordo alle prescrizioni del DPCM del 8 luglio 2003.

Si tratta dell'ammodernamento di un impianto eolico esistente che prevede la dismissione di 24 aerogeneratori aventi una potenza complessiva di 15,84 MW e l'installazione di n. 5 nuovi aerogeneratori per una potenza complessiva di 33 MW.

## 2 Norme di riferimento

Nella stesura della presente relazione tecnica, sono state seguite le prescrizioni indicate e applicabili al caso specifico dalle seguenti norme:

- Decreto Ministeriale del 21 marzo 1988 n. 449 “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l’esecuzione e l’esercizio delle linee elettriche aeree esterne”.
- Legge Quadro n. 36 del 22/02/01 e relativo DPCM 08-07-2003 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 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.
- Decreto Ministeriale 29 maggio 2008: Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.
- Norma CEI 106-11: “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003”.
- Guida CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”.
- Guida CEI CLC/TR 50453 “Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza”.
- DLgs 81/2008 del 9/4/2008 “Testo unico sulla sicurezza”.
- Norma CEI EN 61936-1, “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni”.

### 3 Impianto eolico

Il progetto di costruzione dell'impianto eolico consiste nell'installazione di n. 5 aerogeneratori ciascuno equipaggiato con generatore asincrono DFIG in bassa tensione da 6,6 MW, convertitore di frequenza per la regolazione della corrente di rotore, interruttore principale, servizi ausiliari, trasformatore elevatore a 30 kV e quadro di media tensione (36 kV isolamento) per la connessione esterna. Tutte le suddette apparecchiature sono installate sulla navicella in quota sulla torre di generazione.

La massima potenzialità del parco eolico sarà di 33 MW.

Il parco eolico sarà suddiviso in n. 2 sottocampi composti da 2/3 aerogeneratori collegati in entrata-uscita con linee in cavo e connessi al quadro di media tensione installato all'interno della sottostazione di Morrone del Sannio esistente.

Pertanto saranno previsti i seguenti elettrodotti:

Elettrodotto 1: aerogeneratori RI03-RI04-RI05

Elettrodotto 2: aerogeneratori RI01-RI02

## 4 Campi magnetici

### 4.1 Generalità

L'intensità del campo magnetico prodotto dagli elettrodotti (sia linee in cavo che conduttori nudi aerei) e/o dalle apparecchiature elettriche installate nelle sottostazioni elettriche può essere calcolata con formule approssimate secondo i modelli bidimensionali indicati dal DPCM 8/7/2003 e dal DM 29/5/2008.

La Norma CEI 106-11 costituisce una guida per la determinazione della fascia di rispetto per gli elettrodotti in accordo al suddetto DPCM.

La fascia di rispetto comprende lo spazio circostante un elettrodotto, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, dove l'induzione magnetica è uguale o maggiore dell'obiettivo di qualità.

Secondo la Legge 36/01 e il DPCM 8/7/03 allegato A l'obiettivo di qualità corrisponde al limite di 3  $\mu$ T da rispettare nella costruzione dei nuovi elettrodotti.

Dalla proiezione al suolo della fascia di rispetto si ottiene la Dpa (distanza di prima approssimazione) misurata tra la proiezione al suolo del baricentro dei conduttori e la proiezione al suolo della fascia di rispetto.

Infine si tenga presente che l'intensità del campo magnetico è funzione dell'intensità della corrente e della distanza tra i conduttori e diminuisce all'aumentare della distanza dal baricentro dei conduttori.

A favore della sicurezza per il calcolo della fascia di rispetto, il DM 29/5/2008 impone che si utilizzi la portata massima dell'elettrodotto e/o delle linee in cavo, e non la corrente di massimo impiego. La portata massima è definita in funzione delle caratteristiche costruttive delle apparecchiature e delle linee elettriche.

### 4.2 Campo magnetico prodotto dalla Sottostazione

Secondo il DM 29/5/2008 (art. 5.2.2) per le sottostazioni in genere la fascia di rispetto dovrebbe rientrare nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso.

Considerando le sbarre principali in tubolare di alluminio di adeguata sezione, con una distanza tra le fasi di 2,2 m (valore unificato dal codice di rete di Terna per le stazioni a 132/150 kV), con una corrente nominale delle sbarre di 1250 A, si ottiene una fascia di rispetto e quindi una Dpa (distanza di prima approssimazione) di 18 m, oltre la quale l'induzione è inferiore ai 3 microtesla e quindi nei limiti di legge imposti dalla normativa nazionale (obiettivo di qualità del DPCM 8/7/03).

I 18 m vanno calcolati dal baricentro dei conduttori e quindi dalla fase centrale delle sbarre in aria. La proiezione al suolo di tale fascia di rispetto determina la distanza di prima approssimazione Dpa che risulta essere quindi di 18 m. Le aree di prima approssimazione individuate non includono in nessun punto luoghi con permanenza abituale di persone superiore a 4 ore.

### 4.3 Campo magnetico prodotto dai trasformatori AT/MT

Le caratteristiche del trasformatore elevatore sono di seguito indicate:

		<b>TR1</b>
Potenza nominale	MVA	40/50
Tensione nominale primaria	kV	150
Corrente primaria	A	154 A
Tensione nominale secondaria	kV	30
Corrente secondaria	A	962,28 A
Regolazione		$\pm 12 \times 1,25\%$
Commutatore		Sotto carico
Gruppo vettoriale		YNd11
Impedenza di corto circuito	Vcc	10
Sistema di raffreddamento		ONAN-ONAF

(\*) La potenza con ventilazione forzata sarà definita in fase di ingegneria esecutiva

La valutazione del campo magnetico è stata effettuata recependo alcune indicazioni del rapporto CLC/TR 50453 e della Guida CEI 211-4, in quanto nel D.M. 29 maggio 2008 "Metodi numerici per il calcolo delle fasce di rispetto" non viene contemplato questo particolare caso.

Le indicazioni delle suddette pubblicazioni permettono di poter effettuare le seguenti considerazioni:

- I valori più significativi del campo magnetico a frequenza di rete sono dovuti alla corrente che circola nei terminali a bassa tensione.
- Il campo magnetico del trasformatore, prodotto dalle correnti che circolano negli avvolgimenti può essere trascurato.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte si può ritenere che i valori più significativi sono quelli prodotti dai cavi elettrici di media tensione collegati all'avvolgimento secondario.

Il trasformatore sarà collegato al quadro di media tensione di raccolta dei sottocampi con 4 cavi (1x240) mm<sup>2</sup> in parallelo per fase.

In corrispondenza dei terminali di media tensione i cavi di ogni fase sono tutti raggruppati insieme e collegati allo stesso terminale. La distanza tra i terminali di media tensione è di 350 mm.

Considerando come valore di corrente la corrente nominale del trasformatore con ventilazione forzata (962,28 A), si ottiene per la configurazione descritta un valore della distanza di prima approssimazione pari a 6,24 m.

La distanza di prima approssimazione viene arrotondata al valore finito di 6,5 m.

In conclusione la distanza di prima approssimazione (Dpa) del trasformatore AT/MT risulta essere di 8,5 m. Le aree di prima approssimazione individuate non includono in nessun punto luoghi con permanenza abituale di persone superiore a 4 ore.



Ns rif. 1668942\_RP\_013\_R00

#### 4.4 Campo magnetico prodotto dai cavi MT nel parco eolico

I cavi di media tensione impiegati per il collegamento tra le singole torri di generazione e la sottostazione hanno le seguenti caratteristiche:

Tipo di cavo	unipolare
Conduttore:	alluminio
Forma conduttore:	corda rotonda compatta
Isolamento:	HEPR, qualità G7
Schermo metallico:	in fili di rame + nastro equalizzatore
Strato air bag:	in polimero espanso
Guaina esterna:	PE qualità Ez
Temperatura massima:	90 °C in condizioni di esercizio normali 250°C in condizioni di corto circuito
Posa:	interrata
Tensione isolamento:	18/30 kV
Designazione del cavo:	ARG7H1R

Sono usate le seguenti sezioni di cavo:

Formazione e [mm <sup>2</sup> ]	Diametro esterno [mm]	Portata [A]
1x300	44	472
1x630	51	706

Per il calcolo della Dpa sono state considerate le seguenti condizioni:

- massima corrente per ogni singola linea, corrispondente alla massima portata dei cavi;
- geometria in funzione del percorso cavi e del tipo di posa: a trifoglio alla profondità di 1,2 m.

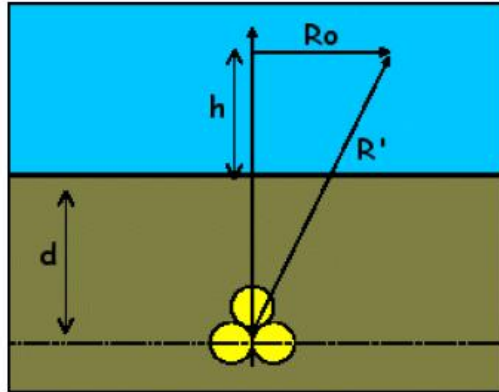
In riferimento alle suddette condizioni di posa si ottiene una distanza di prima approssimazione Dpa, intesa come distanza dal baricentro della linea in tutte le direzioni (R' nella figura 1), come indicato in tabella.

Invece della distanza dal baricentro può essere interessante conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo (distanza Ro nella figura 1, con h=0), come indicato in tabella.

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Diametro esterno [mm]	Dpa [m]	Distanza asse a livello del suolo	Valore induzione a 1 m dal suolo [μT]
1x300	47	1,35	0,905	1,358
2 terne 1x300	47	2,69	2,505	5,434
1x630	60,2	1,86	1,576	2,601
2 terne 1x630	60,2	3,728	3,596	10,405

Ns rif. 1668942\_RP\_013\_R00

Figura 4.4a Schema e distanze di cavi interrati posati a trifoglio (CEI 106-11)



## 5 Campi elettrici

Tutti i componenti dell'impianto presentano al loro interno schermature o parti metalliche collegate all'impianto di terra, per cui i campi elettrici risultanti all'esterno sono del tutto trascurabili o nulli.

Tutti gli schermi o le masse metalliche saranno collegati a terra, imponendo il potenziale di terra, ovvero zero, agli stessi, col risultato di schermare completamente i campi elettrici.

Anche nel caso in cui gli effetti mitigatori delle schermature non dovessero essere totali, sicuramente le fasce di rispetto dovute ai campi elettrici saranno ridotte e ricadrebbero all'interno di quelle già calcolate per i campi magnetici.

Per le linee in cavo di media tensione essendo i cavi schermati il campo elettrico esterno allo schermo è nullo o comunque inferiore al valore di 5 kV/m imposto dalla Norma.

## 6 Considerazioni su possibile esposizione lavoratori (D.Lgs. 159/2016)

Il Lgs. 159/2016 riguarda l'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 elettro-magnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE. In particolare, il decreto arreca modifiche ad alcuni articoli del D.Lgs 81/2008, che già prevedeva le disposizioni di salute e sicurezza dei lavoratori anche in relazione all'esposizione ai campi elettromagnetici. Come stabilito dall'art. 206 del D.Lgs. 81/2008, così come modificato dal D.Lgs. 159/2016, il campo di applicazione è riferito alla determinazione dei "requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz) , come definiti dall'articolo 207, durante il lavoro. Le disposizioni riguardano la protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti biofisici diretti e agli effetti indiretti noti provocati dai campi elettromagnetici."

Il decreto definisce tra gli altri parametri:

- *"Valori Limite di Esposizione (VLE), valori stabiliti sulla base di considerazioni biofisiche e biologiche, in particolare sulla base degli effetti diretti acuti e a breve termine scientificamente accertati, ossia gli effetti termici e la stimolazione elettrica dei tessuti";*
- *"Valori di azione (VA)", livelli operativi stabiliti per semplificare il processo di dimostrazione della conformità ai pertinenti VLE e, ove appropriato, per prendere le opportune misure di protezione o prevenzione specificate" (n.d.a. sempre nel medesimo capo del D.Lgs.)*

Come riportato all' Art. 208 (Valori Limite di esposizione e valori di azione):

- *"1. Le grandezze fisiche relative all'esposizione ai campi elettromagnetici sono indicate nell'allegato XXXVI, parte I. I VLE relativi agli effetti sanitari, i VLE relativi agli effetti sensoriali e i VA sono riportati nell'allegato XXXVI, parti II e III.*
- *2. Il datore di lavoro assicura che l'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici non superi i VLE relativi agli effetti sanitari e i VLE relativi agli effetti sensoriali, di cui all'allegato XXXVI, parte II per gli effetti non termici e di cui all'allegato XXXVI, parte III per gli effetti termici. Il rispetto dei VLE relativi agli effetti sanitari e dei VLE relativi agli effetti sensoriali deve essere dimostrato ricorrendo alle procedure di valutazione dell'esposizione di cui all'articolo 209. Qualora l'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici superi uno qualsiasi dei VLE, il datore di lavoro adotta misure immediate in conformità dell'articolo 210, comma 7. [...]"*

L'articolo prosegue indicando le condizioni in cui si considera che i VLE sono rispettati e le condizioni in cui è possibile superare i valori di esposizione (adottando specifiche misure/condizioni operative).

In ogni caso tutti i rischi per i lavoratori derivanti da campi elettromagnetici sul luogo di lavoro dovranno essere opportunamente valutati dal datore di lavoro nell'ambito della valutazione dei

**Ns rif.** 1668942\_RP\_013\_R00

rischi di cui all'art.181 del D.Lgs. 81/2008, ed in caso si rendesse necessario il datore di lavoro dovrà provvedere alla misura o al calcolo dei livelli dei campi elettromagnetici a cui i lavoratori sono esposti, tenendo conto (come indicato nell'art. 209 del D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii.) anche delle guide pratiche della Commissione europea, delle norme tecniche europee e di quelle del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), nonché delle buone prassi individuate o emanate dalla Commissione consultiva permanente di cui all'art. 6 del D.Lgs.81/2008, delle informazioni reperibili presso le banche dati INAIL o delle Regioni.

In generale, sia per la fase di cantiere relativa alla costruzione dell'impianto, sia per la fase di esercizio e dunque per le operazioni di gestione, controllo e manutenzione dell'impianto e delle opere connesse, dovranno essere rispettati i disposti del D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii. (pertanto anche relativamente alle modifiche sull'esposizione ai campi elettromagnetici introdotte con il D.Lgs. 159/2016) ed i rischi di esposizione per i lavoratori, nonché le relative misure di prevenzione e protezione, dovranno essere attentamente valutate nell'ambito della valutazione dei rischi e riportati nel Documento di Valutazione dei Rischi (DVR) e nel Documento Unico di Valutazione dei Rischi Interferenziali (DUVRI).

## 7 Conclusioni

Dall'analisi dei risultati si può concludere che i valori di induzione calcolati sono compatibili con i vincoli previsti dalla normativa vigente.

Infatti le aree di prima approssimazione individuate non includono in nessun punto luoghi con permanenza abituale di persone superiore a 4 ore, ed essendo contenute all'interno o nei dintorni dell'area di insediamento del nuovo parco eolico e della sottostazione annessa non coinvolgono né civili abitazioni, né locali pubblici con permanenza di persone, né luoghi di divertimento o svago.

Prima dell'inizio lavori e per le fasi di costruzione, esercizio/manutenzione, dismissione, dovrà essere fatta dal datore di lavoro un'accurata valutazione dei rischi, che includa la valutazione del rischio di esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici e la predisposizione dei relativi documenti, nonché l'adozione delle misure di prevenzione e protezione così come disposto dal D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii. (così come modificato anche dal D.Lgs. 159/2016).