

INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCHI EOLICI "Vulturino-Volturnara"

**ADEGUAMENTO TECNICO IMPIANTO EOLICO MEDIANTE INTERVENTO DI REPOWERING
DELLE TORRI ESISTENTI E RIDUZIONE NUMERICA DEGLI AEROGENERATORI**



Edison Rinnovabili Spa
Foro Buonaparte, 31 - 20121 Milano



RIA

<p>Progettazione Coordinamento</p>	 <p>VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY & URBAN PLANNING Via.405 Cavr. 48 - 71021 Foggia - Tel.0881.760215 - Fax 1284432324 mail: info@studiovega.org - website: www.studiovega.org</p>	<p>Studi Ambientali e Paesaggistici</p>	<p>Arch. Antonio Demaio Via N. delli Carri, 48 - 71121 Foggia (FG) Tel. 0881.756251 Fax 1784412324 E-Mail: sit.vega@gmail.com</p>	
<p>Studio Geologico-Idrologico</p>	<p>dott. geol. Di Carlo Matteo Viale Virgilio, 30, 71036 Lucera (FG) Ordine dei Geologi di Puglia n.75 Tel./Fax 0881. Cell. 335.5340316 E-Mail: dicarlomatteo@hotmail.com</p>	<p>Studio Acustico</p>	<p>Arch. Denora Marianna Via Savona, 3 70022 Altamura (BA) Tel./Fax 080.9162455 Cell. 3315600322 E-Mail: info@studioprogettazioneacustica.it</p>	
<p>Studi Naturalistici e Forestali</p>	<p>Dott. Forestale Luigi Lupo Via Mario Pagano 47 - 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it</p>	<p>Studio Idraulico</p>	<p>Studio di ingegneria Dott.sa Ing. Antonella Laura Giordano Viale degli Aviatori, 73 - 71121 Foggia (FG) Tel./Fax 0881.070126 Cell. 334.81.81.81 E-Mail: lauragiordano@gmail.com</p>	
<p>Progettazione elettrica</p>	<p>STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA MEZZINA dott. ing. Antonio Via T. Solis 128 71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072 Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net</p>	<p>Studio archeologico</p>	<p> Dott. Francesco Rossi Tel. 340.8085188 E-Mail: dasiuscoop@gmail.com</p>	

Opera **A** **Progetto di Integrale Ricostruzione di n. 1 impianto eolico composto da 6 aerogeneratori da 6,6 MW per una potenza complessiva di 39,6 MW nei Comuni di Vulturino, Volturnara Appula ed opere di connessione nel comune di Alberona alle località "Piano dei Galli - Passo del Lupo" con smantellamento di n. 20 aerogeneratori di potenza in esercizio pari a 13,08 MW.**

<p> Oggetto</p>	<p>Nome Elaborato: VIA_03_PNXF3G0-RIE_Relazione Impatto elettromagnetico</p>	<p>Foglio: VIA_03_Relazioni Specialistiche</p>
<p> Descrizione Elaborato:</p>	<p>Relazione Impatto elettromagnetico</p>	
<p>00</p>	<p>Novembre 2023</p>	<p>Emissione per progetto definitivo</p>
<p>Rev.</p>	<p>Data</p>	<p>Oggetto della revisione</p>
<p>Scala:</p>	<p>A) Integrale Ricostruzione Vulturino - Volturnara</p>	
<p>Formato:</p>	<p>Codice progetto AU PNXF3G0 </p>	

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

INDICE

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	5
3.1 Caratteristiche del generatore.....	6
3.2 Determinazione delle correnti nominali BT/MT	6
3.3 Linee MT	6
3.4 Stazione di trasformazione AT/MT	8
4. CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO	9
4.1 Campo elettrico	10
4.2 Campo magnetico	10
4.3 Metodologia di calcolo dei campi magnetici	11
5. ANALISI DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO EOLICO IN PROGETTO	12
5.1 Tipologia di posa dei Cavidotti.....	13
6. MODALITÀ DI INDAGINE DEL CAMPO DI INDUZIONE MAGNETICA PREVISIONALE	13
7. CASI DI ANALISI PREVISIONALE	15
7.1. Cavidotti.....	15
7.2. Cavidotti AT.....	17
7.3 La sottostazione elettrica MT/AT.....	20
7.4 Le cabine di conversione e trasformazione	21
7.5 Calcolo dell'induzione magnetica in prossimità del trasformatore	21
8. FASCE DI RISPETTO	22
9. CONCLUSIONI	24

INDICE FIGURE E TABELLE

<i>Tab. 1 - Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro.3</i>	
<i>Tab. 2 - Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE.....</i>	<i>4</i>
<i>Tab. 3 - Valori di portata massima ammissibile.....</i>	<i>7</i>
<i>Fig. 1 Planimetria elettromeccanica dello stallo di progetto.....</i>	<i>9</i>
<i>Fig. 2 Andamento tipico del campo di induzione magnetica.....</i>	<i>10</i>
<i>Fig. 3. Schema di campo magnetico.....</i>	<i>11</i>
<i>Fig. 4. Particolare: tipico scavo MT per posa terne di cavi MT.....</i>	<i>13</i>
<i>Fig. 5. Rappresentazione della Linea di Esplorazione del campo magnetico rispetto ad un elettrodotto interrato tipo.....</i>	<i>14</i>
<i>Fig. 6. Parametri inseriti nel Software per il calcolo dell'induzione magnetica rispetto ad una linea</i>	<i>15</i>
<i>Fig. 7. Rappresentazione bidimensionale dei risultati il cui riferimento di calcolo dell'induzione magnetica è a quota pari alla linea di esplorazione (Fig. 5)</i>	<i>15</i>
<i>Fig. 8. Parametri inseriti nel Software per il calcolo dell'induzione magnetica rispetto ad una linea</i>	<i>16</i>
<i>Fig. 9. Rappresentazione bidimensionale dei risultati il cui riferimento di calcolo dell'induzione magnetica è a quota pari alla linea di esplorazione (Fig. 5)</i>	<i>16</i>
<i>Fig. 10. Parametri inseriti nel Software per il calcolo dell'induzione magnetica rispetto ad una linea di esplorazione17</i>	
<i>Fig. 11. Rappresentazione bidimensionale dei risultati il cui riferimento di calcolo dell'induzione magnetica è a quota pari alla linea di esplorazione (Fig. 5)</i>	<i>17</i>
<i>Fig. 12. Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV.....</i>	<i>18</i>
<i>Fig. 13 - Inquadramento SSEU.....</i>	<i>19</i>
<i>Fig. 14. Linea AT con disposizione conduttori in piano assimilabile ad un sistema semplice sbarra a 132/150 kV...20</i>	
<i>Fig. 15 - Fascia di rispetto cavi interrati 150kV. Fonte: ENEL</i>	<i>23</i>
<i>Fig. 16 - Fascia di rispetto cabina primaria 150kV. Fonte: ENEL</i>	<i>24</i>

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

1. PREMESSA

Il presente studio elettromagnetico fa riferimento alla proposta di progetto della Edison Rinnovabili Spa per la realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte eolica nei comuni di Volturino-Volturara (FG), costituito da n. 6 aerogeneratori da 6,6 MW per una potenza complessiva di 39,6 MW e aventi un'altezza al mozzo pari a 102,5 metri ed un diametro del rotore pari a 155 metri.

L'energia prodotta dalla centrale eolica verrà consegnata alla rete elettrica nazionale mediante il collegamento diretto dalla cabina di connessione/raccolta 30 kV alla Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV di Alberona

Lo studio di impatto elettromagnetico si rende necessario al fine di una valutazione del campo elettrico e magnetico nei riguardi della popolazione. In particolare "la fascia di rispetto" di cui al DM 29/05/2008 viene calcolata tenendo conto dell'elettrodotto interrato e della Sottostazione Elettrica MT/AT. Al calcolo della fascia di rispetto segue la verifica dell'assenza di ricettori sensibili all'interno di tale fascia: aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere.

Poiché le linee di trasporto e di distribuzione dell'energia elettrica (elettrodotti), hanno in Europa una frequenza di 50 Hz i campi elettrici e magnetici rientrano nella banda ELF (30 – 300 Hz, bassa frequenza) e quindi regolati dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 per la determinazione delle fasce di rispetto.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radio base, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- *effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono - con margini cautelativi - la non insorgenza di tali effetti;*
- *effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.*

E' importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (*riportiamo nella Tabella 1 le definizioni inserite nella legge quadro*).

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti
Valori di attenzione	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
Obiettivi di qualità	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

Tab. 1 - Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.8.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);
- Le fasce di rispetto per gli elettrodotti in AT.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in Tabella 2, confrontati con la normativa europea.

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μ T)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

<i>Race.</i> 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000
-----------------------------	--	-----	-------

Tab. 2 - Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE

Il valore di attenzione di 10 μ T si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3 μ T si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100 μ T per lunghe esposizioni e di 1000 μ T per brevi esposizioni.

Da ricordare, inoltre, che per le linee elettriche in MT (linee aeree a 20 kV) esiste il DM 16/01/91 del Ministero dei Lavori Pubblici, il quale stabilisce per tali linee una distanza di circa 3 m dai fabbricati.

Oltre alle norme legislative esistono dei rapporti informativi dell'Istituto superiore della sanità (ISTISAN 95/29 ed ISTISAN 96/28) che approfondiscono la problematica e mirano alla determinazione del principio cautelativo.

Questi rapporti definiscono la cosiddetta Soglia di Attenzione Epidemiologia (SAE) per l'induzione magnetica, che è posta pari a 0.2 μ T (microTesla): un valore limite, cautelativo, al di sotto del quale è dimostrata la non insorgenza di patologie.

Poiché la relazione si riferisce unicamente all'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici e pertanto non prende in considerazione l'esposizione dei lavoratori, conseguentemente non sono valutati i rischi di cui al DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008, n. 81 (Gazzetta Ufficiale n. 101, 30 aprile 2008, S.O. n. 108/L) "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

Infine, in questa sede, si richiamano le principali Norme CEI:

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturnara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

- CEI 211-7 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana";
- CEI 106-11 "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;
- CEI 106-12 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/bT".

In particolare, per quanto riguarda il calcolo dell'induzione magnetica e la determinazione delle fasce si è tenuto conto delle indicazioni tecniche previste nel decreto del 29 maggio 2008 e nelle Norme CEI 106-11 e CEI 106-12 nelle quali viene ripreso il modello di calcolo normalizzato della Norma CEI 211-4 e vengono proposte, in aggiunta, delle formule analitiche approssimate che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data di stanza dal centro geometrico della linea elettrica.

3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Nell'esercizio degli impianti eolici i campi elettromagnetici si manifestano 50 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz).

Il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche e la loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). L'intensità dei campi elettrici è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Essi vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T), millitesla (mT) o microtesla (μ T).

I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

Gli impianti eolici, essendo costituiti fondamentalmente da elementi per la produzione ed il trasporto di energia elettrica, sono interessati dalla presenza di campi elettromagnetici.

Le componenti dell'impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettromagnetico sono:

- ✓ il generatore elettrico ed il trasformatore BT/MT posti all'interno della navicella degli aerogeneratori;
- ✓ i cavidotti in MT di trasporto dell'energia;
- ✓ la stazione di smistamento

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

- ✓ la sottostazione elettrica di trasformazione AT/MT;
- ✓ i raccordi aerei AT.

L'impianto nel suo complesso può essere suddiviso nelle seguenti distinte sezioni:

- Il parco eolico è costituito da 6 aerogeneratori con potenza nominale di 6,6 MW, per una potenza totale installata di 39,6 MW;
- I 6 aerogeneratori sono connessi tra di loro da una rete di distribuzione in cavo interrato esercita in media tensione a 30 kV;

Nella navicella dell'aerogeneratore, sarà installato un trasformatore, affinché l'energia a 30 kV venga convogliata, tramite una linea in cavo, alla base della torre.

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori sarà convogliata con cavidotti interrati (a 30 kV) alla cabina di smistamento e per il collegamento diretto dalla cabina di connessione/raccolta 30 kV alla Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV di Alberona

La taratura del sistema di protezione avverrà di concerto con Terna S.p.A. Le prestazioni tipiche, in base alla tipologia di appartenenza dei generatori, saranno comunicate a Terna S.p.A..

3.1 Caratteristiche del generatore

Potenza nominale	6600	kW
Tipo	generatore asincrono con rotore avvolto	
Grado di protezione	IP54	
Tensione del generatore	690	Vac
Frequenza	50	Hz
Numero di poli	4	
Collegamento avvolgimenti statore	stella/triangolo	
Efficienza nominale con il convertitore	96%	
Fattore di potenza impostato	1	
Range di variazione del fattore di potenza	0.95 _{CAP} – 0.95 ^{IND}	

3.2 Determinazione delle correnti nominali BT/MT

La potenza nominale dell'aerogeneratore è di 6.600 kW. La tensione di generazione è pari a 690V. Considerando un fattore di potenza unitario, la corrente nominale sul lato di bassa tensione risulta pari a: $IBT = 6.600.000 / (\sqrt{3} \times 690 \times 1) = 5522A$

Che sul lato di media tensione corrisponde ad una corrente di: $IMT = 5522 \times (690/30.000) = 127 A$

3.3 Linee MT

Il collegamento tra i diversi aerogeneratori e la stazione utente viene realizzato mediante una rete radiale in cavo interrato con isolamento a 30kV, con conduttori unipolari, disposti ad elica visibile, in alluminio, isolati in gomma etile propilene (EPR), per una tensione di 30kV.

Le sezioni impiegate sono state dimensionate con il criterio dalla massima caduta di tensione,

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volutrino-Volturnara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

verificando, di volta in volta, che la portata del cavo non risulti, in alcun caso, inferiore alla corrente di impiego del circuito, ma che la sia maggiore di circa 1,25 volte, in ottemperanza della norma CEI.

I 6 aerogeneratori vengono collegati tra loro secondo uno schema "entra-esce". Ciascuna delle suddette linee, a partire dall'ultimo aerogeneratore del ramo procede, con un percorso interrato al trasporto dell'energia prodotta dalla relativa sezione del parco fino all'ingresso nella stazione utente.

Il percorso di ciascuna linea è stato individuato sulla base dei seguenti criteri:

- minima istanza;
- massimo sfruttamento degli scavi delle infrastrutture di collegamento da realizzare
- migliore condizione di posa.

Il cavo sarà interrato ad una profondità minima di 1 metro. I conduttori saranno posati su un letto di sabbia vagliata e protetti superiormente da apposite protezioni copricavo.

Nella tabella che segue vengono riportati i valori di portata massima ammissibile nelle diverse pose, per alcune delle sezioni impiegate, in corrispondenza di un tempo temperatura massima di servizio permanente pari a 90°C, applicando un fattore di correzione pari ad 1.

SOTTOCAMPO	DATI DELLA LINEA						PARAMETRI ELETTRICI DEL CARICO			CARATTERISTICHE DEL CAVO			CADUTA DI TENSIONE		VERIFICA PORTATA	PERDITE
	Denominazione TRATTA	LUNGHENZA GEOMETRICA	LUNGHENZA ELETTRICA	SEZIONE	NUMERO MAX CIRCUITI RAGGRUPPATI	NUMERO TERNE	Potenza WTG	Potenza max nel tratto	CORRENTE Linea (max)	RESISTENZ A SPECIFICA	REATTANZ A SPECIFICA	PORTATA	ΔU	ΔU%		
		[m]	[m]	[mm ²]			P _{WTG} kW		I _L [A]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	I _e [A]	[V]	[%]		
VV01-VV02-VV04-SSE	VV01 - VV02	1175	1234	120	2	1	6600	6600	141,30	0,3244	0,0205	199,64	90,7	0,30%	OK	23,97
	VV02-VV04	1293	1358	240	2	1	6600	13200	282,59	0,1603	0,0185	293,26	101,1	0,34%	OK	52,13
	VV04-SSE	7673	8057	630	2	1	6600	19800	423,89	0,0601	0,0160	475,01	360,9	1,20%	OK	261,14
CADUTA DI TENSIONE E PERDITE TOTALI NELLA LINEA DA SSE AL SOTTOCAMPO (VV01-VV02-VV04)												552,8	1,84%		337,2	
VV03-VV05-VV06-SSE	VV03-VV05	1400	1470	120	2	1	6600	6600	141,30	0,3244	0,0205	199,64	108,1	0,36%	OK	28,56
	VV05-VV06	734	771	240	2	1	6600	13200	282,59	0,1603	0,0185	293,26	57,4	0,19%	OK	29,59
	VV06-SSE	6896	7241	630	2	1	6600	19800	423,89	0,0601	0,0160	475,01	324,4	1,08%	OK	234,70
CADUTA DI TENSIONE E PERDITE TOTALI NELLA LINEA DA SSE AL SOTTOCAMPO (VV03-VV05-VV06)												489,9	1,63%		292,9	

Tab. 3 - Valori di portata massima ammissibile

Le linee in media tensione sono interrate per tutta la lunghezza del percorso, al fine di eliminare qualsiasi impatto visivo - paesaggistico e riducendo a valori trascurabili le emissioni elettromagnetiche dell'elettrodotto.

La linea di connessione in media tensione sarà realizzata in cavo interrato e precisamente da quattro terne tripolari ad elica visibile, alla profondità di 1,2 m. Ogni terna sarà disposta ad una distanza reciproca di almeno 20 cm. Ogni terna sarà di 3 conduttori unipolari disposti ad elica visibile. Non è previsto alcun passaggio aereo.

Le linee di evacuazione vengono realizzate, nell'intera tratta, con cavo interrato a triplice terna, di tipo unipolare con disposizione ad elica visibile a corda rigida compatta di alluminio con isolante in gomma sintetica a base di EPR.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

3.4 Stazione di trasformazione AT/MT

La soluzione tecnica prevede che l'impianto eolico di che trattasi sarà allacciato alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale mediante la SSE Produttore di proprietà della Edison Rinnovabili S.p.a. sulla Stazione Elettrica (SE) sita nel Comune di Alberona (FG). Gli interventi principali da effettuare in adeguamento al progetto saranno i seguenti:

- un nuovo elettrodotto RTN 150 kV di collegamento tra la SE Volturara e una nuova stazione RTN a 150 kV da inserire in entra- esce alla linea RTN a 150 kV "Casalvecchio – Pietracatella";
- un nuovo elettrodotto RTN 150 kV di collegamento tra la CP Casalvecchio e una futura Stazione Elettrica (SE) RTN a 380/150 kV da inserire in entra- esce alla linea RTN a 380 kV "San Severo 380 – Rotello 380";
- un nuovo elettrodotto 150 kV di collegamento tra la SE Alberona e la SE 380/150 kV di Troia.

L'impianto eolico sarà collegato alla già menzionata SSE Produttore mediante linea interrata MT a 30kV.

A sua volta la SSE sarà collegata allo stallo della Stazione Terna mediante sistema di sbarre esistente condivisa con altra iniziativa di altra società.

Come accennato prima la SSE Produttore comprenderà un edificio tecnico in muratura prefabbricato che conterrà tutte le apparecchiature MT e BT di protezione, sezionamento, interruzione, misura e controllo necessarie per il regolare esercizio dell'impianto e della sua connessione alla RTN. Inoltre, tra i locali tecnici della SSE Produttore vi sarà anche un locale adibito all'alloggiamento delle apparecchiature per il locale turbinista e la gestione dell'impianto eolico.

Per quanto riguarda lo stallo all'interno della SSE verrà potenziato mediante il suo rifacimento e sarà composto dalle seguenti apparecchiature elettromeccaniche da installare:

- Trasformatore di potenza 40/50 MVA;
- Scaricatore di sovratensione ad ossido metallico;
- Sostegno portale sbarre tripolare;
- Interruttore ibrido integrato con sezionatore, TA e TV;
- Trasformatore di tensione di interfaccia - TVI.

Il nuovo stallo all'interno della SSE Produttore andrà ad attestarsi sul TA e TV all'interno della Stazione TERNA Esistente.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

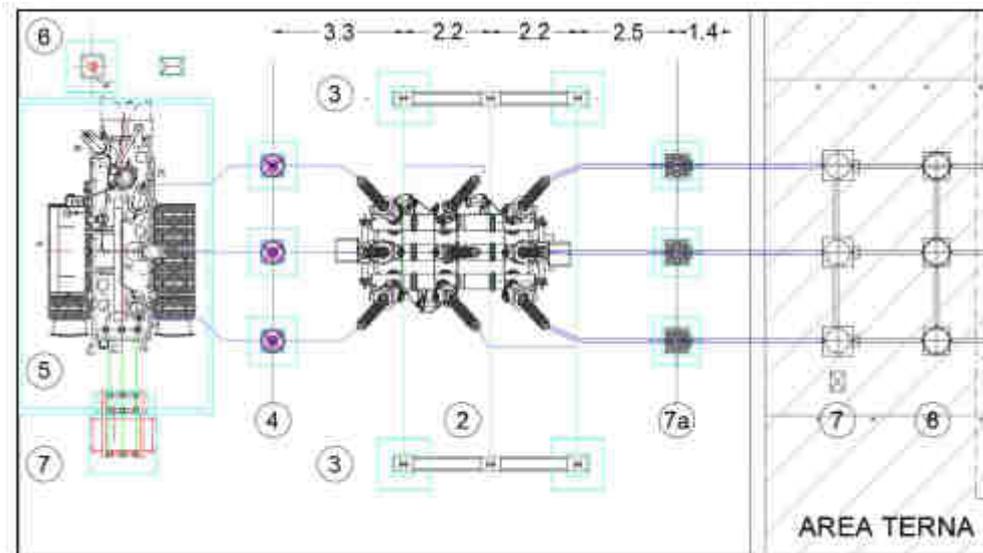


Fig. 1 Planimetria elettromeccanica dello stallo di progetto

4. CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO

Ogni apparecchiatura che produce o che viene attraversata da una corrente elettrica (dinamo, cavi elettrici, elettrodomestici, etc.) è caratterizzata da un *campo elettromagnetico*. Il campo elettromagnetico presente in un dato punto dello spazio è definito da due vettori: il *campo elettrico* e l'*induzione magnetica*. Il primo, misurato in V/m, dipende dall'intensità e voltaggio della corrente, mentre l'induzione magnetica – che si misura in μT - dipende dalla permeabilità magnetica del mezzo. Il rapporto tra l'induzione magnetica e la permeabilità del mezzo individua il *campo magnetico*.

Le grandezze caratterizzanti il campo elettrico ed il campo magnetico sono in generale intercorrelate, fatta eccezione per i campi a frequenze molto basse, per le quali il campo elettrico ed il campo magnetico possono essere considerati indipendenti.

In generale le correlazioni tra campo elettrico e campo magnetico sono assai complesse, dipendono dalle caratteristiche della sorgente, dal mezzo di propagazione, dalla presenza di ostacoli nella propagazione, dalle caratteristiche del suolo e dalle frequenze in gioco.

La diffusione del campo elettromagnetico nello spazio avviene nello stesso modo in tutte le direzioni; la diffusione può essere comunque alterata dalla presenza di ostacoli che, a seconda della loro natura, inducono sul campo elettromagnetico riflessioni, rifrazioni, diffusionsi, assorbimento, ecc. La diffusione del campo elettromagnetico può essere alterata anche dalla presenza di un altro campo elettromagnetico.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

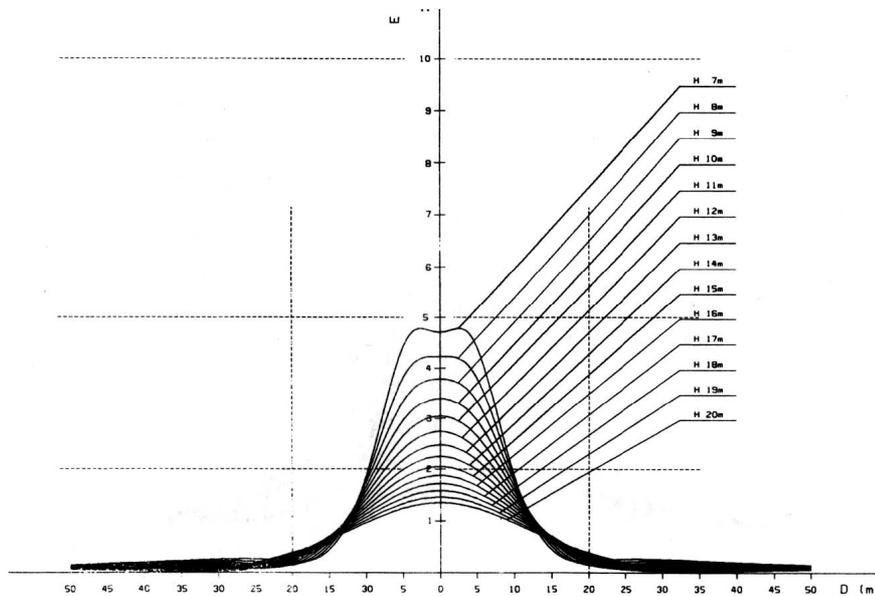


Fig. 2 Andamento tipico del campo di induzione magnetica.

Nel presente documento si esaminano le apparecchiature e le infrastrutture necessarie alla realizzazione del progetto proposto, con particolare riguardo alla generazione di campi elettromagnetici a bassa frequenza.

Tutte le componenti del progetto operano, infatti, alla frequenza di 50 Hz, coincidente con la frequenza di esercizio della rete di distribuzione elettrica nazionale.

4.1 Campo elettrico

Tutti i cavi interrati sono schermati nei riguardi del campo elettrico, che pertanto risulta pressoché nullo in ogni punto circostante all'impianto.

4.2 Campo magnetico

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- Distanza dalle sorgenti (conduttori);
- Intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- Disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- Presenza di sorgenti compensatrici;
- Suddivisione delle sorgenti (terne multiple);

i metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

I valori di campo magnetico, risultano notevolmente abbattuti mediante interrimento degli elettrodotti.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

Questi saranno posti a circa 1,2 m di profondità e generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità del campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza. Tra gli svantaggi sono da considerare i problemi di perdita dell'energia legati alla potenza reattiva vista anche la lunghezza del cavidotto MT di collegamento tra il parco eolico e la Sottostazione Produttore. Confrontando il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si rileva che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata.

4.3 Metodologia di calcolo dei campi magnetici

Per il calcolo del campo di induzione magnetica deve applicarsi la prima formula di Laplace, riferentesi ad un circuito generico filiforme percorso da una corrente (Fig.3):

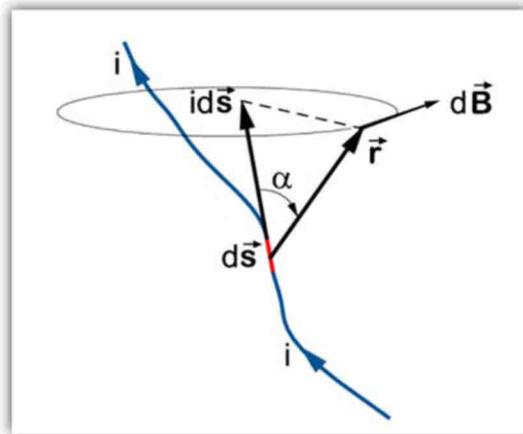


Fig. 3. Schema di campo magnetico

$$d\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{r^3} i \, d\mathbf{s} \times \mathbf{r} \quad (1)$$

laddove:

- i è il modulo della corrente che circola nel conduttore;
- $d\mathbf{s}$ è il vettore infinitesimo tangente al conduttore;
- \mathbf{r} è il vettore posizione del punto in cui si vuole determinare il campo;

Applicando il principio di sovrapposizione degli effetti, valido anche per i fenomeni magnetici, si ottiene il valore del vettore \mathbf{B} integrando lungo l'intero circuito percorso dalla corrente i :

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{r^3} i \oint_C d\mathbf{s} \times \mathbf{r} \quad (2),$$

Nel caso particolare di filo rettilineo indefinito percorso da una corrente stazionaria i vale la Legge di Biot e Savart, che è un caso particolare della (1), sebbene dal punto di vista storico sia stato ricavato sperimentalmente prima della formulazione di Laplace:

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

$$|B(r)| = \frac{\mu_0 s \times r}{4\pi r^2} i \quad (3),$$

Per il calcolo operativo ci si è avvalsi di un programma di calcolo della NOFIELD s.r.l., *il MAGIC (Magnetic Induction Calculation) Ver. 1.02*. La necessità della valutazione della DPA (Distanza di prima approssimazione) secondo quanto richiesto dal decreto 29/05/2008, in cui è stata approvata la metodologia di calcolo per la procedura di misura e valutazione dell'induzione magnetica generata da elettrodotti nel rispetto dei principi della Legge Quadro 36/01 e del D.P.C.M. 8 Luglio 2003, richiede spesso di tener conto della complessità delle sorgenti di campo magnetico in esame, della loro tridimensionalità e dell'effetto prodotto dalla combinazione delle stesse.

MAGIC è un software per la valutazione dei livelli di induzione magnetica generati dalle più ricorrenti sorgenti di campo magnetico ai fini della valutazione di impatto ambientale e della determinazione delle fasce di rispetto.

5. ANALISI DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO EOLICO IN PROGETTO

In relazione a quanto analizzato e descritto al paragrafo precedente si è proceduto ad individuare le sezioni maggiormente critiche, ovvero quelle in cui le correnti complessive di esercizio possono ritenersi massime, per compiersi un'analisi previsionale del campo magnetico indotto.

L'analisi è stata compiuta sugli elettrodotti interrati che costituiscono la linea interna al Parco e le linee dorsali, che per la loro posizione lungo strade esistenti e al di sotto di terreni agricoli potenzialmente frequentati dalla popolazione costituiscono fattore di potenziale rischio.

Le componenti dell'impianto sulle quali determinare i valori di elettromagnetismo attesi sono:

- n. 6 aerogeneratori della potenza uninominale di 6,6 MW con trasformatore interno 0.690/30kV;
- linee di cavidotto interrato MT 30 kV di collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione utente esistente aventi le seguenti caratteristiche:

Linea MT				cavo		
DA	A	Cad Dist.	Potenza attiva	Sez.	N° Cond	Iz (A)
		(m)	(MW)	(mm2)		
VV01	VV02	1234	6,6	120	1	199,64
VV02	VV04	1358	13,2	240	1	293,26
VV04	SSE	8057	19,8	630	1	475,01
VV03	VV05	1470	6,6	120	1	199,64
VV05	VV06	771	13,2	240	1	293,26



Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

VV06	SSE	7199	19,8	630	1	475,01
------	-----	------	------	-----	---	--------

L'indagine del campo magnetico generato all'interno e nelle immediate vicinanze delle cabine di trasformazione bT/MT e della SSE esula dagli scopi della presente relazione, trattandosi di siti interclusi alla libera circolazione e nei quali il tempo di permanenza degli addetti ai lavori è tale da non costituire significativo rischio per la salute, ma se ne riporta tuttavia uno studio in condizioni di corrente limite sopportabile dagli impianti.

5.1 Tipologia di posa dei Cavidotti

Nelle immagini che seguono sono rappresentate le tipologie di posa tipiche utilizzate nelle varie sezioni del Parco e lungo la Dorsale:

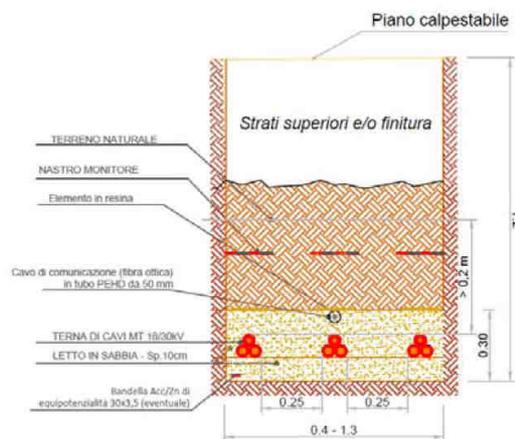


Fig. 4. Particolare: tipico scavo MT per posa terne di cavi MT.

6. MODALITÀ DI INDAGINE DEL CAMPO DI INDUZIONE MAGNETICA PREVISIONALE

L'esplorazione previsionale del campo magnetico generato dalle configurazioni impiantistiche tipo descritte al par. 5.1 è stata effettuata lungo una linea di esplorazione rettilinea, della lunghezza di 10m, trasversale rispetto alla terne e situata ad una quota di 1,5m al di sopra del piano di campagna, secondo quanto rappresentato in Fig.5:

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

1.50 m - Linea di esplorazione

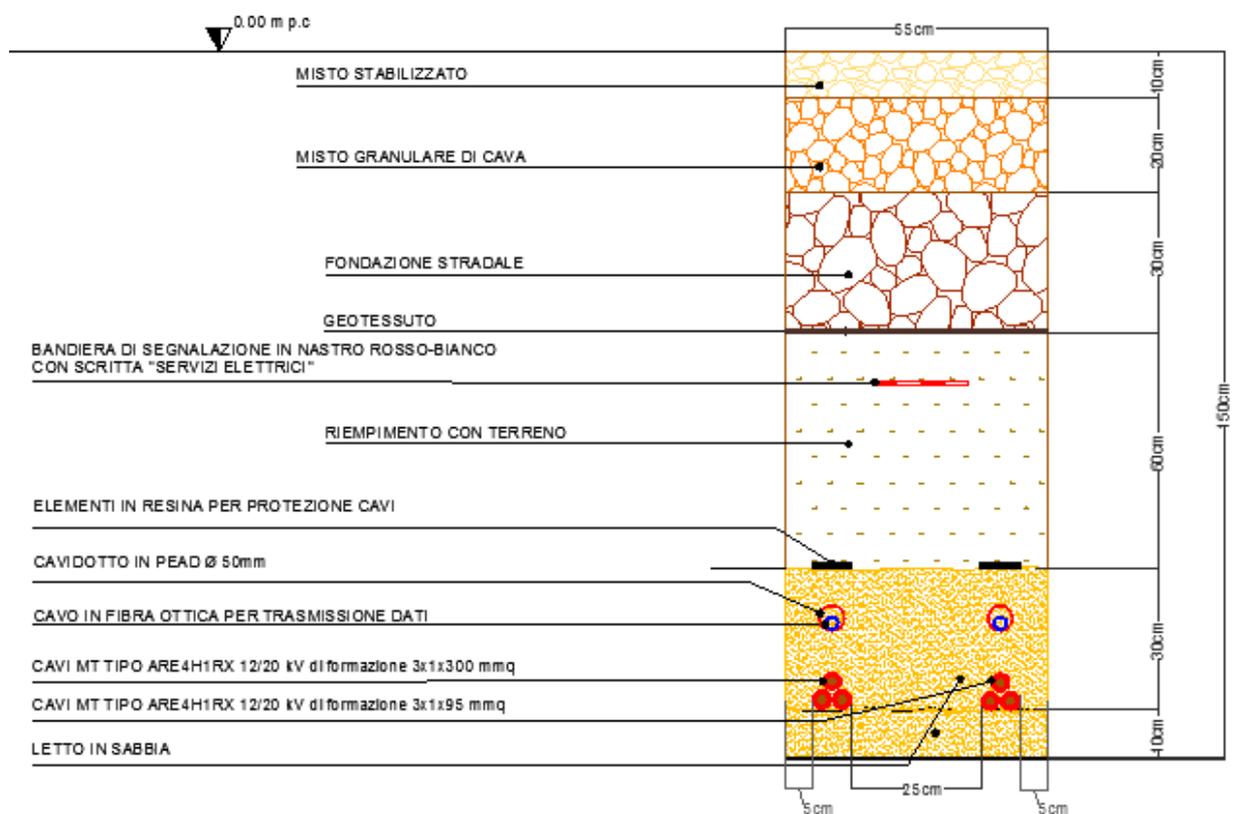


Fig. 5. Rappresentazione della Linea di Esplorazione del campo magnetico rispetto ad un elettrodotto interrato tipo.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

7. CASI DI ANALISI PREVISIONALE

I casi di seguito studiati, sono riferiti a quei tratti in cui i campi elettromagnetici risulterebbero essere massimali in condizioni di esercizio, sia per le correnti di linea sia per le configurazioni di impianto (terne affiancate)

7.1. Cavidotti

Caso 1 : Di seguito è riportato lo studio per una configurazione con una doppia terna a trifoglio, posata ad 1,25m al disotto del piano campagna, e caricate entrambe da una corrente massima di 273,81A, superiore a quella del caso di progetto:

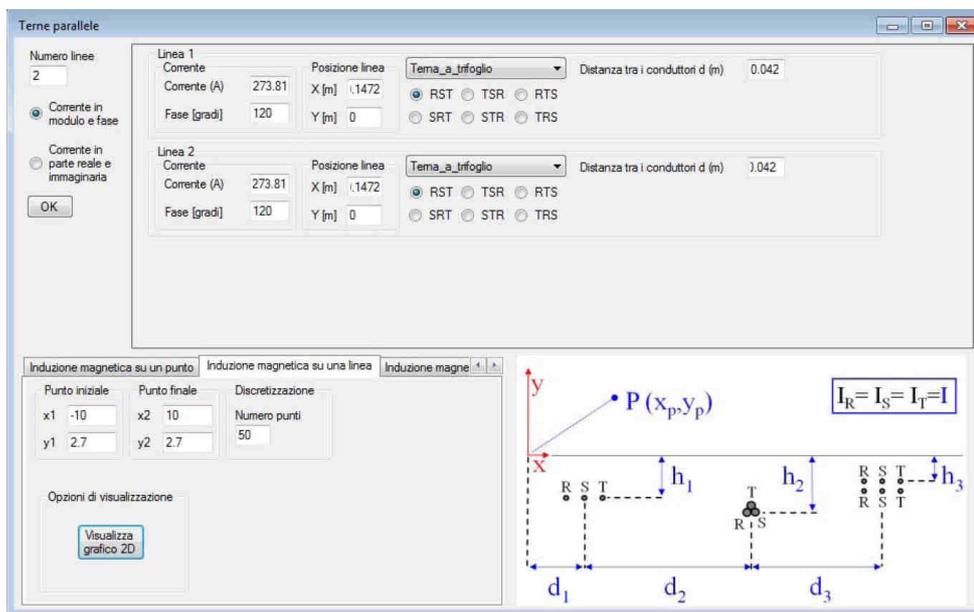


Fig. 6. Parametri inseriti nel Software per il calcolo dell'induzione magnetica rispetto ad una linea

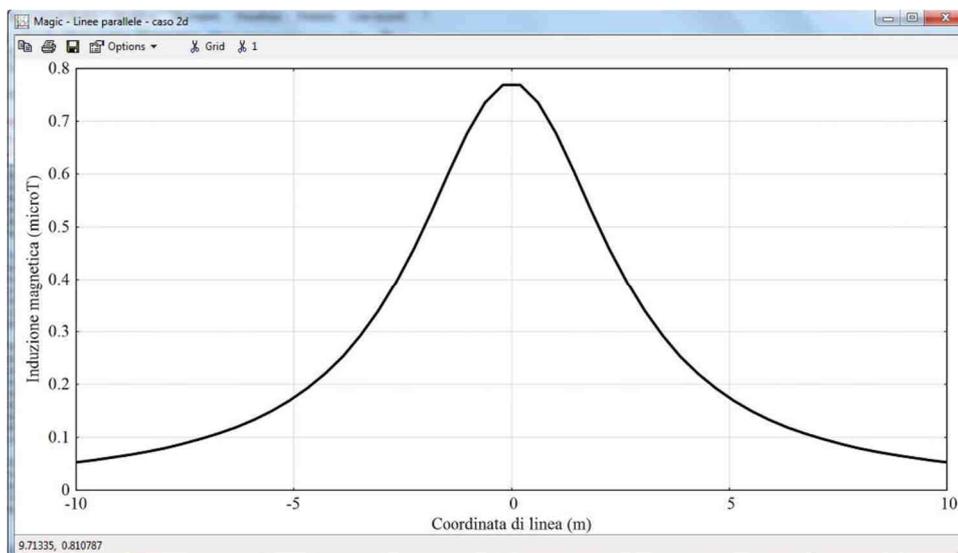


Fig. 7. Rappresentazione bidimensionale dei risultati il cui riferimento di calcolo dell'induzione magnetica è a quota pari alla linea di esplorazione (Fig. 5)

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volutrino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

Caso 2: Di seguito è riportato lo studio per una configurazione con due terne a trifoglio posate ad 1,25m al disotto del piano campagna, e caricate entrambe da una corrente massima di 470A, superiore a quella del caso di progetto:

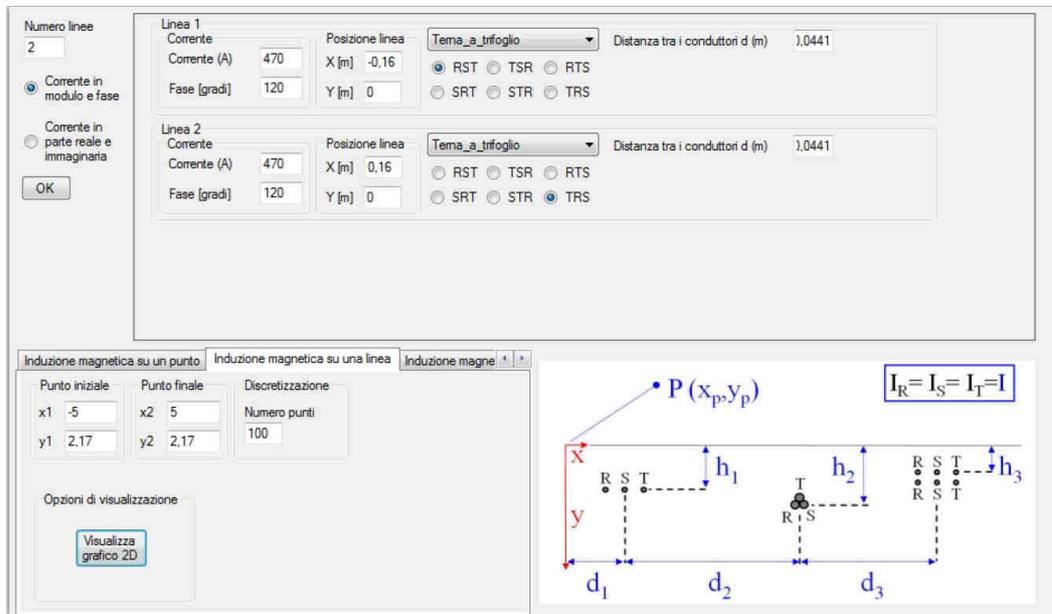


Fig. 8. Parametri inseriti nel Software per il calcolo dell'induzione magnetica rispetto ad una linea

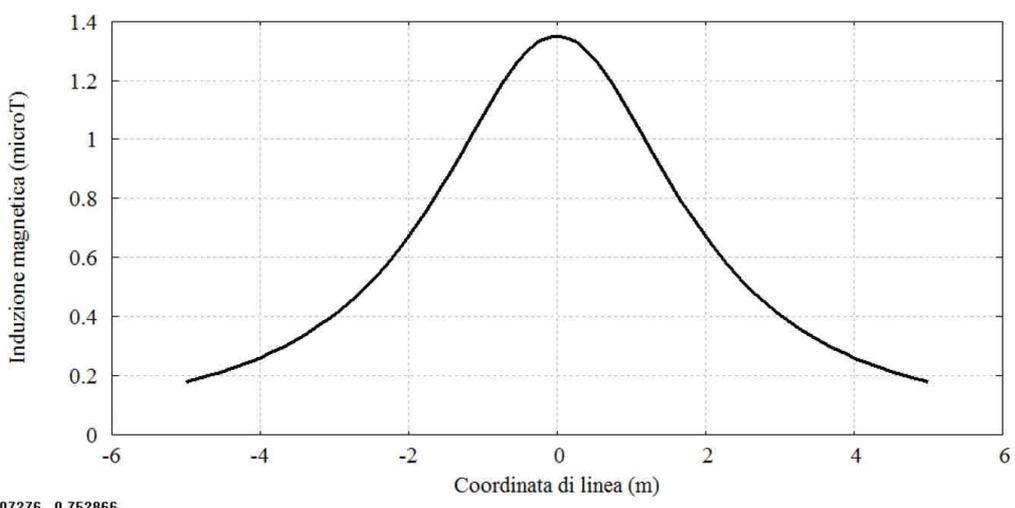


Fig. 9. Rappresentazione bidimensionale dei risultati il cui riferimento di calcolo dell'induzione magnetica è a quota pari alla linea di esplorazione (Fig. 5)

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volutrino-Volturnara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

Caso 3 :Di seguito è riportato lo studio per una configurazione con quattro terne a trifoglio posate ad 1,25m al disotto del piano campagna e caricate entrambe da una corrente massima di 293 A, superiore a quella del caso di progetto:

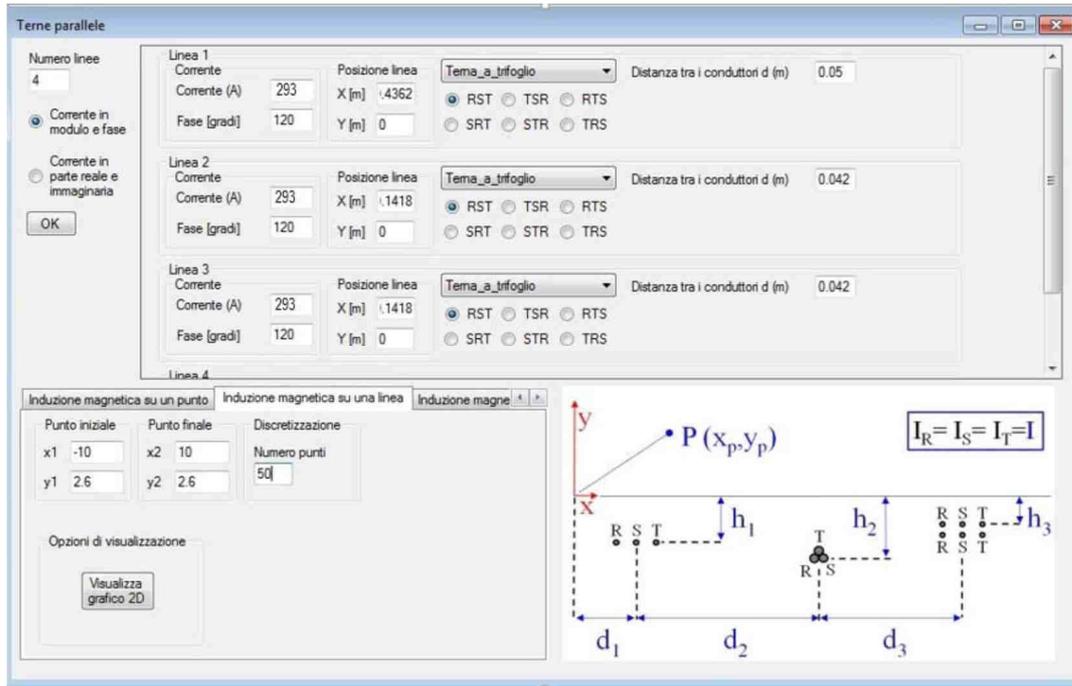


Fig. 10. Parametri inseriti nel Software per il calcolo dell'induzione magnetica rispetto ad una linea di esplorazione

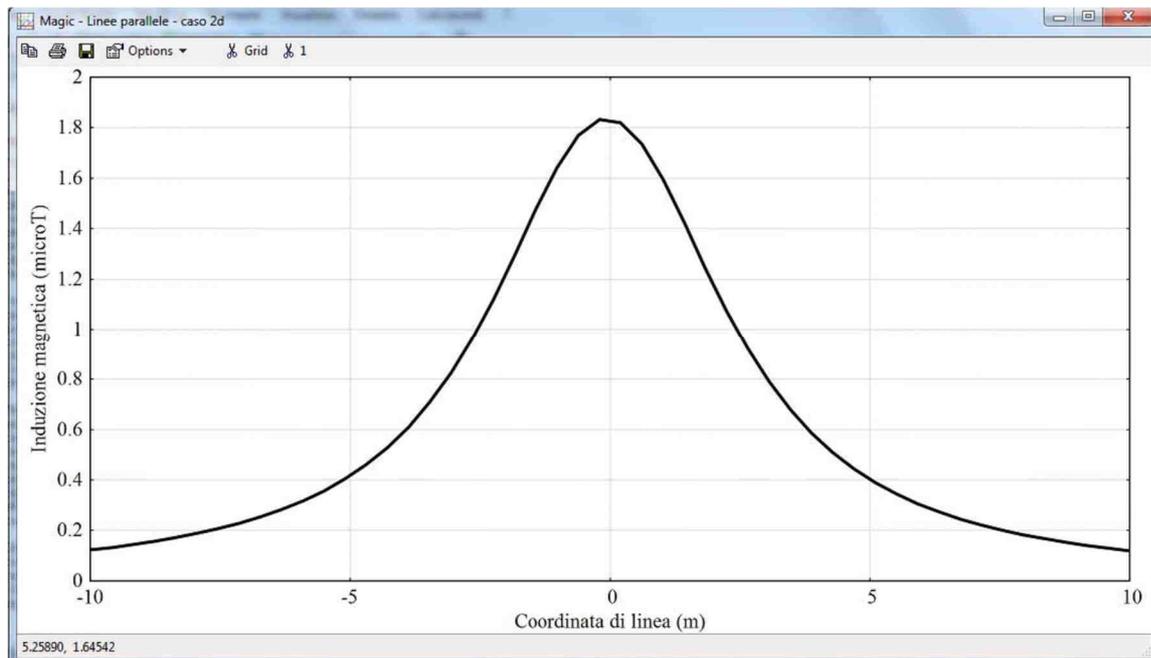


Fig. 11. Rappresentazione bidimensionale dei risultati il cui riferimento di calcolo dell'induzione magnetica è a quota pari alla linea di esplorazione (Fig. 5)

7.2. Cavidotti AT



Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volutrino-Volturnara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne e fabbricati).

I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT a 150 kV con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 1 kV/m a ca. già a 10 m di distanza da queste ultime.

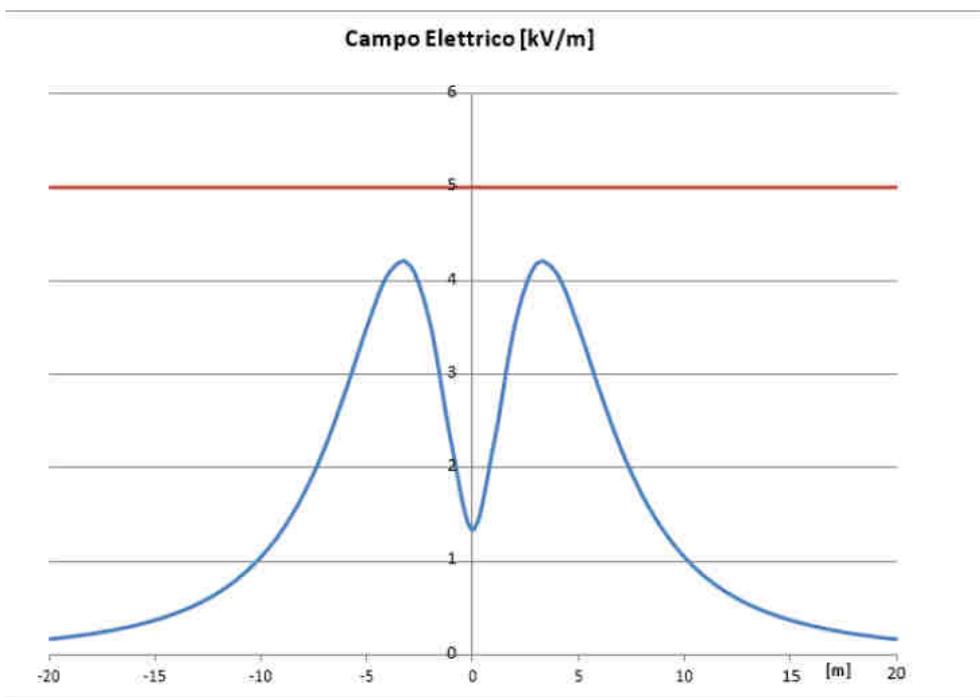


Fig. 12. Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle via cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di 3 μ T a 4 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

I valori in corrispondenza della recinzione della stazione sono notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge.

A titolo orientativo nel seguito si riporta il profilo di campo magnetico dovuto ad un sistema trifase con caratteristiche e disposizione dei conduttori analoghe a quelle dei condotti sbarre presenti in stazione, considerando una corrente massima di 2000 A pari alla corrente massima sopportabile dalle sbarre stesse.

Nella seguente figura è riportata la geometria di un sistema trifase con disposizione dei conduttori assimilabile a quella delle sbarre della stazione d'utenza.

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

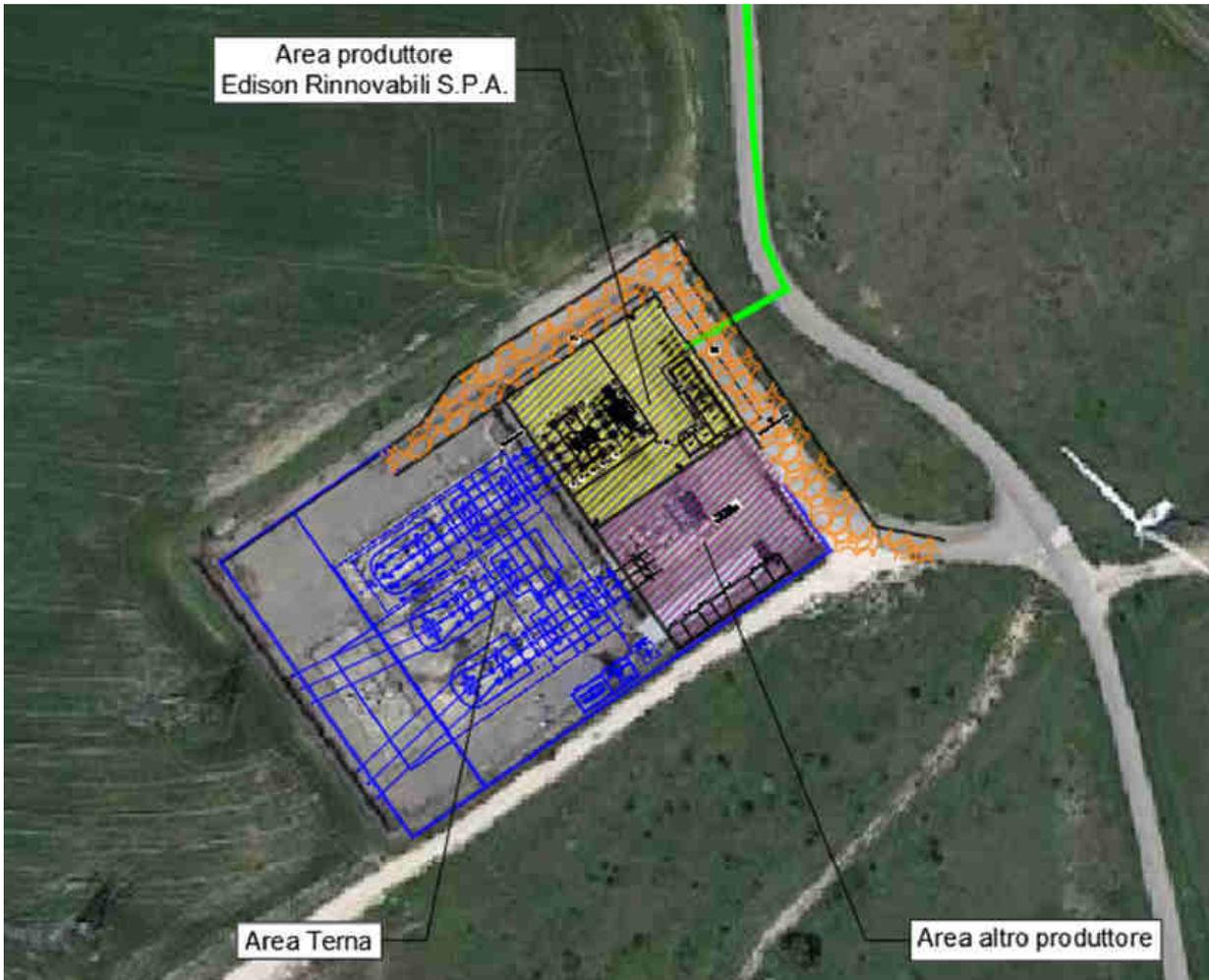


Fig. 13 - Inquadramento SSEU

In base alle scelte progettuali, secondo il layout di impianto di cui si ha evidenza *Planimetria Ortofoto*, e lo schema elettrico unifilare *Schema elettrico unifilare impianto*, il tratto di elettrodotto interrato in cui persistono le condizioni elettromagnetiche più gravose si riferisce al tratto delle due terne in parallelo di lunghezza pari a 6856 m, composto da 2 terne di sezione pari a 630 mmq che collegano gli aerogeneratori alla Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV.

Di seguito viene esposto il risultato della simulazione, che, cautelativamente, considera come corrente nelle simulazioni la portata Ib dei cavi a potenza nominale che, per la tipologia di impianto, non può mai perdurare per più di 4 ore consecutive e che, più verosimilmente, offrirà servizi ancillari di carica/scarica a potenza diversa dalla nominale.

Si evidenzia inoltre che sia il limite di attenzione di 10 μ T che l'obiettivo di qualità di 3 μ T sono valori intesi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio; ciò significa che i valori di seguito calcolati in base ai valori nominali sono di gran lunga superiori e cautelativi rispetto

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

a quelli effettivi, in quanto gli impianti in oggetto lavorano alla loro potenza nominale solo in brevi periodi della giornata mentre nelle restanti ore lavorano a potenza ridotta o addirittura nulla.

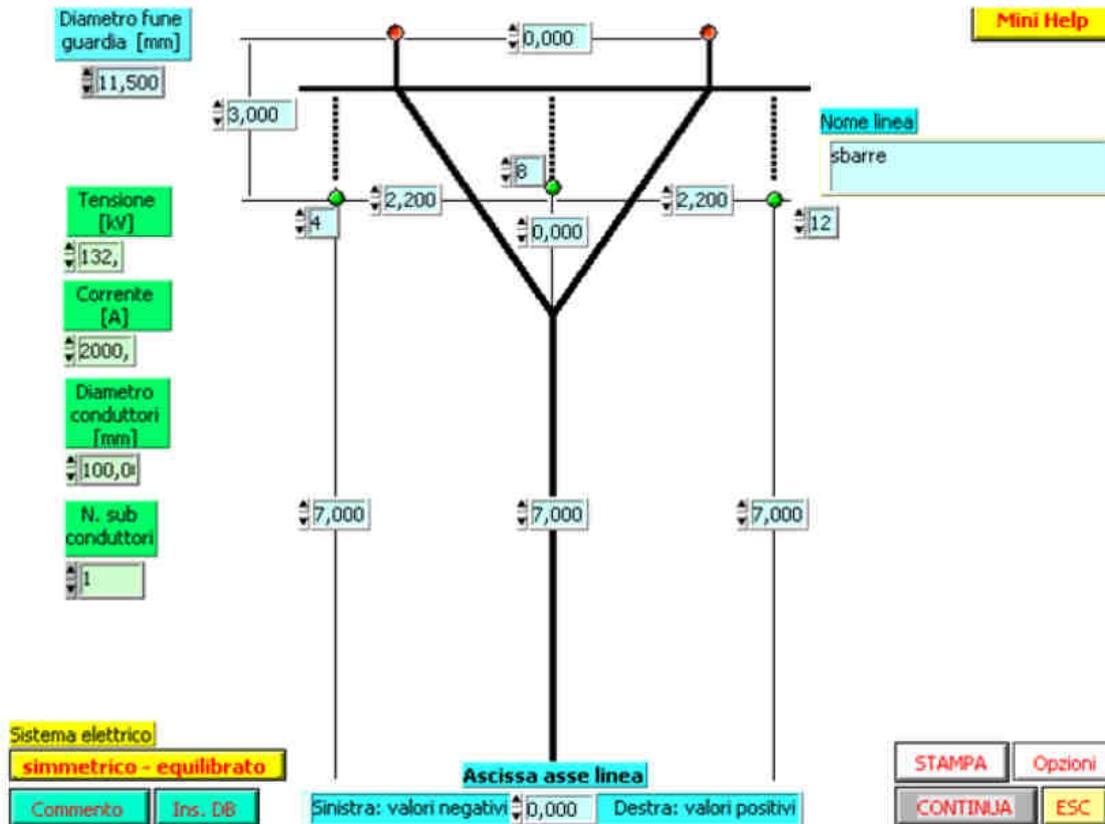


Fig. 14. Linea AT con disposizione conduttori in piano assimilabile ad un sistema semplice sbarra a 132/150 kV

Con conduttori percorsi da una terna trifase equilibrata di correnti di 2000 A (corrente max sopportabile dalle sbarre), estremamente cautelativa rispetto alla max corrente reale, si ha un andamento di campo magnetico come riportato nella figura 14.

Si può notare che ad una distanza di circa 22 m dall'asse del sistema di sbarre l'induzione magnetico è inferiore al valore di 3 μ t. Data la localizzazione della stazione, che si trova nelle vicinanze della SE di Terna, non si rilevano recettori sensibili a distanze inferiori a quella sopra calcolata.

Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo

7.3 La sottostazione elettrica MT/AT

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

In generale, i contributi maggiori al campo elettromagnetico intorno ad una sottostazione derivano dalle linee di potenza entranti ed uscenti dalla sottostazione stessa. L'entità del campo elettromagnetico dovuto ai trasformatori diminuisce rapidamente con la distanza; oltre la recinzione della sottostazione i campi elettromagnetici prodotti dagli equipaggiamenti dentro la sottostazione sono tipicamente indistinguibili dai livelli del fondo ambientale. L'ARPA di Rimini ha effettuato nel 1994 delle misure in alcune cabine primarie (v. Inquinamento Elettromagnetico, P. Bevitori et al. - Maggioli Editore, 1997 - pagg. 188-190). Il campo elettrico misurato lungo il perimetro di recinzione di cabine primarie è risultato sempre inferiore a 5 V/m; si ricorda che i limiti di legge per il campo elettrico sono di 5000 V/m per lunghe esposizioni e di 10000 V/m per brevi esposizioni. Il livello di induzione magnetica è sempre risultato minore di 0.2 μ T, valore che soddisfa anche la SAE.

Nella Tabella 5 sono riportati, invece, i valori del campo elettrico e del campo magnetico rilevato a seguito di misurazioni effettuate dall'ASL su campi funzionanti.

Luogo di misura	Valore di intensità di campo elettrico (V/m)	Valore di intensità di induzione magnetica (10^{-6} tesla)
Porta ingresso sottostazione	350	0,7
Interno alla sottostazione	179	4,2
Vicino ad una linea alta tensione a 150 kV	435	0,3

Tab. 5 – Valori del campo elettrico e magnetico rilevati

La misura è stata effettuata vicino la porta di ingresso della sottostazione, all'interno della sottostazione e vicino ad una linea alta tensione a 150 kV

Si nota come solo il valore misurato all'interno della sottostazione è superiore a 3 μ T, obiettivo di qualità nel DPCM 08/07/2003, mentre tutte le altre misure soddisfano anche tale valore.

Si osserva infine che la sottostazione sarà realizzata in corrispondenza di una linea AT esistente e quindi in un sito già oggetto di intervento industriale e soggetto a campi elettromagnetici, i quali non aumenteranno con la nuova realizzazione essendo in misura preponderante dipendenti dalle linee di potenza entranti ed uscenti dalla sottostazione stessa, mentre il campo elettromagnetico dovuto ai trasformatori, misurato oltre le recinzioni, è in genere indistinguibile dai livelli di fondo dell'ambiente.

7.4 Le cabine di conversione e trasformazione

Nella valutazione andiamo a determinare i limiti del campo magnetico in prossimità della navicella dove sono localizzati il generatore elettrico BT ed il trasformatore MT/BT.

In una cabina MT/BT il campo magnetico è più elevato in prossimità del trasformatore e del generatore ma essendo localizzati all'interno di una navicella posta a 102.5 m di altezza gli effetti dei campi al suolo sono trascurabili in base alle misurazioni e certificazioni degli aerogeneratori.

7.5 Calcolo dell'induzione magnetica in prossimità del trasformatore

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturnara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

Il valore dell'induzione magnetica B decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore, e per distanze comprese tra 1 e 10m (trasformatore in resina) si può calcolare con la seguente formula:

$$\underline{B} = 5 \frac{u_{cc}}{6} \sqrt{\frac{S_r}{630}} \left(\frac{3}{a} \right)^2$$

dove:

ucc: tensione percentuale di cortocircuito;

Sr: potenza nominale del trasformatore (kVA);

a : distanza dal trasformatore (m).

Avendo considerato un trasformatore trifase in resina a perdite normali tipo AN come individuato nel paragrafo precedente, otteniamo i valori di induzione magnetica riportati nella seguente tabella:

trasformatore kVA	1	2	3	5	8
5000	185,16	46,29	20,57	7,41	2,89

Tab. 6 – Potenza vs Distanza dal trasformatore in metri (valori dell'induzione magnetica in μT)

Si può osservare analizzando i valori precedenti, che una distanza di 5 m dal trasformatore è sufficiente per raggiungere un valore di induzione magnetica che sia al di sotto del limite di attenzione mentre una distanza di 8 m garantisce il rispetto dell'obiettivo di qualità. Si ricorda che tale limite si applica per la realizzazione di nuove cabine in prossimità di linee ed installazioni elettriche esistenti, di aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 h al giorno.

In definitiva, poiché le cabine si configurano tutte all'interno della recinzione d'impianto non accessibile a persone non autorizzate e poiché l'area all'esterno della cabina in cui l'obiettivo di qualità non è raggiunto risulta esigua si può escludere pericolo per la salute pubblica.

8. FASCE DI RISPETTO

Per "fasce di rispetto" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT, sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti. Scopo dei paragrafi seguenti è il calcolo delle fasce di rispetto, tramite l'applicazione della suddetta metodologia di calcolo, per la linea in oggetto e la rappresentazione delle stesse fasce su corografia in scala 1: 5 000 ovvero 1: 10 000. L'Enel ha unificato sul territorio nazionale le fasce di rispetto in caso di opere elettriche esercite in alta tensione dopo prolungate misure presso i propri impianti.

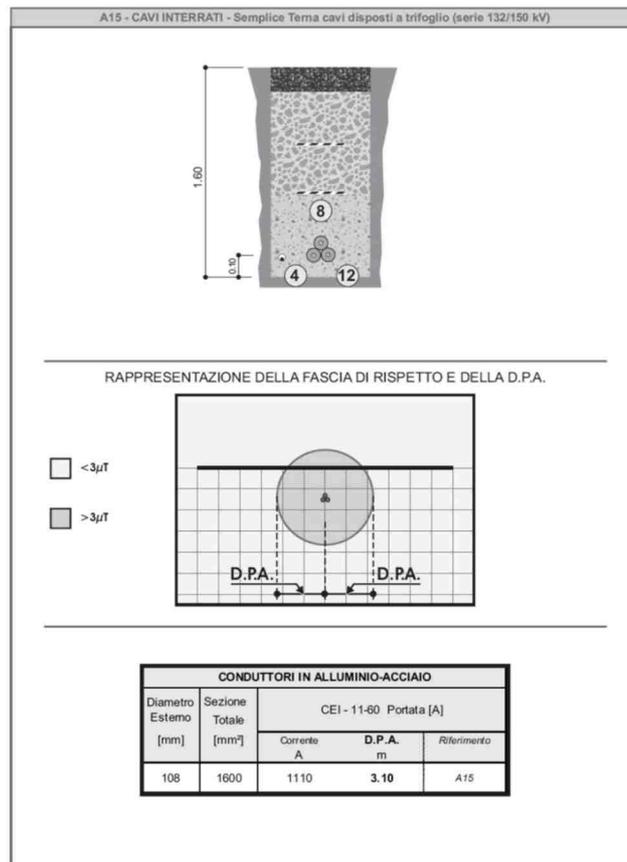


Fig. 15 - Fascia di rispetto cavi interrati 150kV. Fonte: ENEL

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Volturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

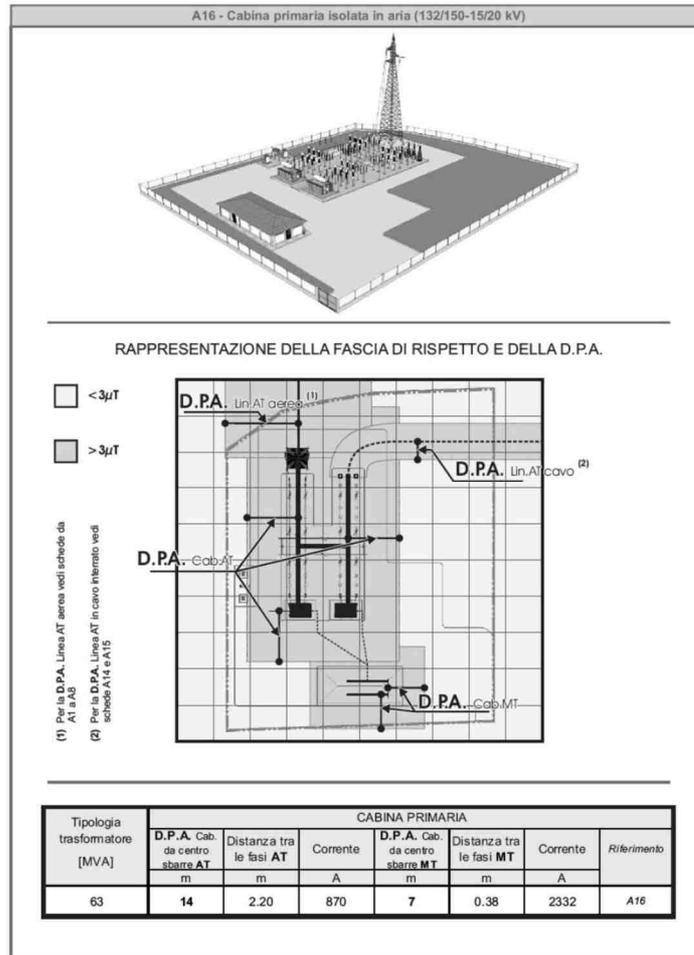


Fig. 16 - Fascia di rispetto cabina primaria 150kV. Fonte: ENEL

9. CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica (cavidotti e cabina elettrica) la summenzionata DPA. Da quanto riportato nei precedenti paragrafi, nonché nei calcoli sopra eseguiti, risulta evidente che i campi generati sono tali da rientrare nei limiti di legge.

- La fascia di rispetto per il cavidotto interrato MT a due terne è pari a 1,455 m per cui il valore di $3 \mu T$ non si raggiunge ad un metro dal livello del suolo rispetto al quale il valore dell'induzione magnetica è pari a $1,15 \mu T$;
- La fascia di rispetto per la cabina di trasformazione interna alla torre eolica è pari a 1,84 m;

Dalla verifica puntuale di tutta la linea elettrica interrata e in prossimità della Sottostazione Elettrica Produttore 30/150 kV non esistono recettori sensibili all'interno delle fasce di rispetto come sopra definite.

Non si ritiene pertanto necessario adottare misure di salvaguardia particolari in quanto il parco eolico in oggetto si trova in zona agricola e sia gli aerogeneratori che le opere connesse (linee

Integrale Ricostruzione Parchi Eolici "Vulturino-Volturara".
Adeguamento tecnico impianto eolico mediante intervento di Repowering delle torri esistenti e riduzione numerica degli aerogeneratori.

elettriche interrate e stazioni elettriche isolate in aria) sono state posizionate in lontananza da possibili ricettori sensibili presenti (abitazioni private).

Si sottolinea, peraltro, che l'innalzamento degli aerogeneratori, la posa dei cavidotti MT e la realizzazione della stazione utente sono stati posizionati in luoghi che non sono adibiti a permanenze prolungate della popolazione e tanto meno negli ambienti particolarmente protetti, quali scuole, aree di gioco per l'infanzia, ecc.

Dai risultati della simulazione si evince che i valori elevati di campo magnetico sono confinati all'interno della navicella o della stazione elettrica ed in prossimità delle stesse decresce rapidamente. Si ricorda inoltre che tali opere sono posizionate a distanza di centinaia di metri da abitazioni e quindi a distanze considerevoli dal punto di vista elettromagnetico.

Pertanto possiamo concludere che tutte le configurazioni impiantistiche e di conseguenza l'intero impianto è tale da rispettare gli obiettivi di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003.

Foggia, Ottobre 2023

Arch. Antonio Demaio
