

PROPONENTE

Repower Renewable Spa

Via Lavaredo, 44/52
30174 Mestre (VE)



PROGETTAZIONE



Tenproject Srl - via De Gasperi 61
82018 S.Giorgio del Sannio (BN)
t +39 0824 337144 - f +39 0824 49315
tenproject.it - info@tenproject.it

Progettista :
Ing. Nicola Forte



Ingegneria Progetti Srl - via della Libertà 97
90143 - Palermo (PA)
t +39 091 640 5229
priolo@ingegneriaprogetti.com
pupella@ingegneriaprogetti.com

Consulenti
per TENPROJECT

N° COMMESSA

1455

PARCO EOLICO "COSTIERE "
PROVINCE DI PALERMO E AGRIGENTO
COMUNI DI CONTESSA ENTELLINA - S. MARGHERITA DI BELICE - SAMBUCA DI SICILIA

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE

ELABORATO

RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO

CODICE ELABORATO

IE.SIA.01

NOME FILE
1455-PD_A_IE.SIA.01_TAV_r00

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	Aprile 2021	PRIMA EMISSIONE	MC	GP	NF

	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 1 di 21
---	--	---	---

**PROGETTO DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA N. 7 GENERATORI NEL COMUNE DI
CONTESSA ENTELLINA (PA) IN LOCALITA' COSTIERE**

RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO

Sommario

1. PREMESSA	3
1.1 Normativa di riferimento.....	3
1.1 Elaborati progettuali di riferimento	3
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO	4
3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	7
3.1 Generalità.....	7
4. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO	11
4.1 Definizioni.....	11
4.2 Cenni teorici sul modello utilizzato	12
4.3 Metodo di calcolo.....	13
5. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO	13
6. LINEE IN CAVO INTERRATO IN MEDIA TENSIONE	14
7. LINEE IN CAVO INTERRATO IN ALTA TENSIONE	16
8. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE	18

	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTRICITÀ ELETTRICITÀ ELETTRICITÀ ELETTRICITÀ	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 3 di 21
---	---	---	---

1. PREMESSA

Il presente studio elettromagnetico fa riferimento alla proposta di progetto della società Repower Renewable S.p.A. per la realizzazione di un parco eolico nel comune di Contessa Entellina (PA) in località "Costiere". Il progetto è composto da n. 7 aerogeneratori aventi una potenza unitaria di 6,00 MW ciascuno, per una potenza complessiva di 42 MW.

L'energia prodotta dall'intero parco eolico verrà smistata, attraverso un collegamento in antenna in cavo interrato a 220 kV, nella Stazione Elettrica RTN di "Sambuca".

1.1 Normativa di riferimento

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti";
- "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" APAT;
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo";
- CEI 20-21 "Calcolo della portata di corrente" (IEC 60287);
- 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 I";
- Linea guida ENEL "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche).
-

1.1 Elaborati progettuali di riferimento

- LAYOUT DI PROGETTO SU CARTA TECNICA REGIONALE (C.T.R.) – Elaborati 1443-PD_A_3.1.a-c_TAV_r00
- LAYOUT DI PROGETTO SU PLANIMETRIA CATASTALE– Elaborati 1443-PD_A_3.2.a-c_TAV_r00
- SEZIONI TIPO CAVIDOTTO MT– Elaborato 1443-PD_A_3.3_TAV_r00
- PLANIMETRIA - STAZIONE ELETTRICA 30/150 kV – Elaborato 1443-PD_A_5.1_TAV_r00
- STAZIONE ELETTRICA MT/AT: PROFILO ELETTROMECCANICO – Elaborato 1443-PD_A_5.2_TAV_r00
- SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE– Elaborato 1443-PD_A_5.3_TAV_r00
- RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO RETE MT – Elaborato 1443-PD_A_10.2_REL_r00

	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 4 di 21
---	--	---	---

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

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 radiobase, 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.

È importante, dunque, distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (riportiamo nella tabella 1 le definizioni inserite nella legge quadro).

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 29.08.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità

	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTRIMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 5 di 21
---	--	---	---

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.

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]	Campo Elettrico [V/m]
DPCM	Limite di esposizione	100	5.000
	Limite di attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRRP1998, OMS)	100	5.000

Tab. 2: Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro

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.

	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 6 di 21
---	--	---	---

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA, ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrato, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: "Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio" (Art. 4). Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

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

- 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 MT7bt).

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 dalla Norma 211-4 e vengono proposte, in aggiunta, delle formule analitiche approssimate che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica a una data distanza dal centro geometrico della linea elettrica.

 INGEGNERIA PROGETTI^{SRL}	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTRIMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 7 di 21
--	--	---	---

3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

3.1 Generalità

Nell'esercizio degli impianti eolici i campi elettromagnetici si manifestano a frequenza di 50 Hz, frequenza bassa alla quale corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6.000 km). 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). La loro intensità è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza; vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, anche dal terreno nel caso di linee in cavo interrate.

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

Le opere elettriche di impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettrico e magnetico sono di seguito descritte:

- Il cavidotto MT di collegamento tra gli aerogeneratori, denominato cavidotto interno;
- Il cavidotto MT di collegamento tra i gruppi di aerogeneratori e la stazione elettrica 30/220 kV, denominato cavidotto esterno;
- La sezione MT e AT all'interno della stazione elettrica di utenza 30/220 kV;
- La linea AT a 220 kV che collegherà la stazione di utenza alla sezione 220 kV della stazione elettrica RTN di Sambuca.

3.1 Caratteristiche del generatore

Potenza nominale	6.000 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 di statore	Stella/triangolo
Efficienza nominale con il convertitore	96%
Fattore di potenza impostato	1

Tab. 3: Caratteristiche aerogeneratore

	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 8 di 21
---	--	---	---

3.2 Linee MT

Il collegamento tra i diversi aerogeneratori e tra questi e la stazione di utenza verranno realizzati con cavi MT del tipo ARE4H5E(X) 18/30(36) kV, i quali sono riuniti in elica visibile, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda, con conduttore in alluminio, con isolamento in XLPE a spessore ridotto, guaina esterna maggiorata in PE che permette la posa direttamente interrata senza armatura e senza l'adozione di opere aggiuntive come previsto dalla norma CEI 11-17, temperatura di impiego estesa fino a 105 °C che permette un range di impiego più ampio e quindi la possibilità di trasportare una corrente maggiore in condizioni normali.

Le sezioni calcolate, per i collegamenti interni e i collegamenti esterni, sono pari a 400 e a 630 mm², le quali presentano le seguenti caratteristiche:

- **Sigla ARE4H5E(X) 18/30 kV 400 mm²**
- Diametro del conduttore 23,5 mm
- Diametro sull'isolante 37,7 mm
- Diametro esterno 50,9 mm
- Peso approssimativo 2.390 kg/km
- Portata di corrente cavi interrati a trifoglio a 20 °C 530 A

- **Sigla ARE4H5E(X) 18/30 kV 630 mm²**
- Diametro del conduttore 30,0 mm
- Diametro sull'isolante 45,0 mm
- Diametro esterno 58,6 mm
- Peso approssimativo 3.390 kg/km
- Portata di corrente cavi interrati a trifoglio a 20 °C 687 A

Si riportano di seguito le sezioni tipiche di posa:

SEZIONE A-A
CAVIDOTTO MT INTERRATO
1 TERNA DI CAVI
PERCORSO STRADA DI CANTIERE/COMUNALE
MASSICCIAIA



Fig.1: Sezione di posa 1 terna con cavi a trifoglio

SEZIONE B-B
CAVIDOTTO MT INTERRATO
2 TERNE DI CAVI
PERCORSO STRADA DI CANTIERE

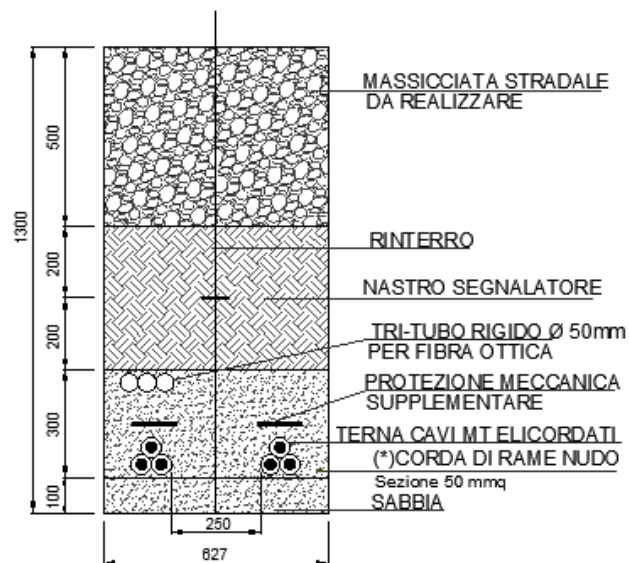


Fig.2: Sezione di posa 2 terne con cavi a trifoglio

Si riporta di seguito lo schema dell'intero parco eolico:

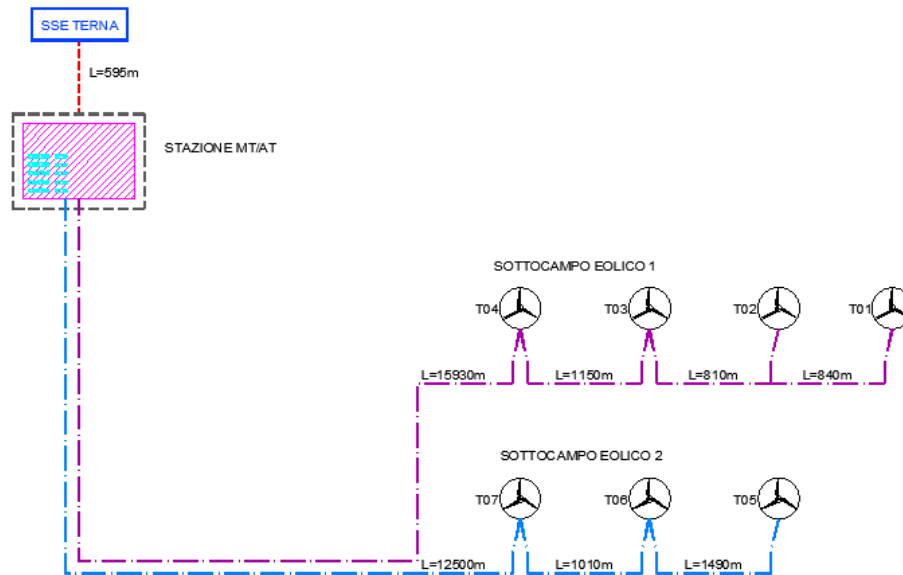


Fig.3: Schema impianto

Infine, si riporta la tabella riepilogativa con lunghezze collegamenti, sezione cavi e correnti:

Tratta	Lunghezza [km]	Vn [kV]	Ic [A]	n. terne	Iz [A]
L_T07-MT	12,50	30	115,47	1	501,51
L_T06-T07	1,01	30	230,94	1	386,90
L_T05-T06	1,49	30	346,41	1	386,90
L_T04-MT	15,93	30	115,47	1	501,51
L_T03-T04	11,15	30	230,94	1	439,90
L_T02-T03	0,81	30	346,41	1	439,90
L_T01-T02	0,84	30	115,47	1	439,90

Tab. 4: Tabella tratte

3.3 Stazione elettrica di utenza AT/MT

La stazione elettrica di utenza AT/MT consente di elevare l'energia prodotta e raccolta dai due sottocampi da 30 kV al livello di 220 kV della stazione di consegna TERNA S.p.A.

Sarà costituita da un'area chiusa, composta da:

- Locale bt

	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTRIMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 11 di 21
---	--	---	--

- Locale MT, contenente i quadri MT per la protezione e il sezionamento delle linee elettriche in arrivo dal parco eolico e in partenza verso il trasformatore AT/MT;
- Locale trasformatore dei servizi ausiliari;
- Locale gruppo elettrogeno;
- Locale TLC;
- Locale misure;
- Sezione trasformazione AT/MT 220/30 kV;
- Sezione di partenza in cavo AT per la consegna alla stazione elettrica RTN.

Linea AT

Ai fini della simulazione di calcolo dei campi elettromagnetici è stata scelta la sezione di cavi più gravosa che presenza le seguenti caratteristiche:

- Sezione conduttore 3*1*1600 mm²;
- Diametro esterno cavo 108 mm;
- Portata 910 A.

4. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

4.1 Definizioni

In riferimento all'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto" si introducono le seguenti definizioni:

- **Corrente:** valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.
- **Portata in corrente in servizio normale:** 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:** 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.
- **Distanza di prima approssimazione (DPA):** 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

	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTRIMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 12 di 21
---	--	---	--

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.

4.2 Cenni teorici sul modello utilizzato

L'induzione magnetica B generata da NR conduttori filiformi, numerati da 0 a $(NR-1)$, può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

Dove:

- μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto;
- NR è il numero dei conduttori (nel nostro caso pari a 3),
- i la corrente;
- C_k il conduttore generico;
- $d\vec{l}$ un tratto elementare del conduttore generico;
- r la distanza tra il tratto elementare del conduttore generico e il punto dove si vuole calcolare il campo.

Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli. Indicato con Q il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per Q e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con P_k il punto dove il generico conduttore C_k interseca la sezione normale, e con I_k la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse z nella direzione dei conduttori). Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in Q si ottiene l'espressione:

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{i_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna.

	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTRIMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 13 di 21
---	--	---	--

4.3 Metodo di calcolo

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basata sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (DPA).

5. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO

In generale, per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole, per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare, il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

Dove:

- λ è la densità lineare di carica sul conduttore;
- ϵ_0 è la permittività del vuoto;
- d è la distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo
- \vec{u}_r è il versore unitario con direzione radiale al conduttore

	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 14 di 21
---	--	---	--

6. LINEE IN CAVO INTERRATO IN MEDIA TENSIONE

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sottocampi che per la connessione alla stazione di utente, saranno di tipo unipolare a elica visibile; le sezioni adottate sono pari a 400 e a 630 mm². I cavi verranno interrati a una profondità di 1,20 m.

Come noto dalla normativa citata in materia, le particolarità costruttive di questi cavi, ossia la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione dovuta alla cordatura, fanno sì che il campo di induzione magnetica prodotto sia notevolmente inferiore a quello prodotto da cavi analoghi posati in piano o a trifoglio.

In aggiunta a questa prima considerazione, si fa notare come le metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, fanno esplicito riferimento al caso in questione come un caso per il quale non è richiesto alcun calcolo delle fasce di rispetto.

Si riporta di seguito l'art. 3.2 "Oggetto e applicabilità" dell'allegato del suddetto decreto, con evidenziate le parti di interesse del presente paragrafo:

3.2 Oggetto e applicabilità

La presente metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08.07.03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto.

I riferimenti contenuti nell'art. 6 del D.P.C.M. 8 luglio 2003 implicano che le *fasce di rispetto* debbano attribuirsi ove sia applicabile l'*obiettivo* di qualità: "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." (art. 4).

La presente metodologia di calcolo si applica, quindi, agli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee aeree o interrate.

Sono escluse dall'applicazione della metodologia:

- le linee esercite a frequenze diverse da quella di rete (50 Hz);
- le linee definite di classe zero secondo il decreto interministeriale 21.03.88 n. 449;
- le linee definite di prima classe secondo il decreto interministeriale 21.03.88 n. 449;
- le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

In tutti questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n. 449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991.

Trattandosi, pertanto, nei casi in questione di elettrodotti costituiti da linee MT in cavo cordato a elica, come evidenziato in precedenza, si ritiene non essere necessario alcuno studio circa i campi di induzione magnetica generati.

Inoltre, ai paragrafi 7.1 e 7.1.1 della Norma CEI 106-11 “Fasce di rispetto per linee MT e BT in cavo cordato ad elica (aereo o sotterraneo)” si descrive che le linee in cavo sotterraneo di media tensione con cavo a elica visibile, raggiungono valori di induzione magnetica al suolo sulla verticale del cavo inferiori ai 3 μT relativi all’obiettivo di qualità.

Si riporta di seguito l’immagine del calcolo presente nella suddetta Norma:

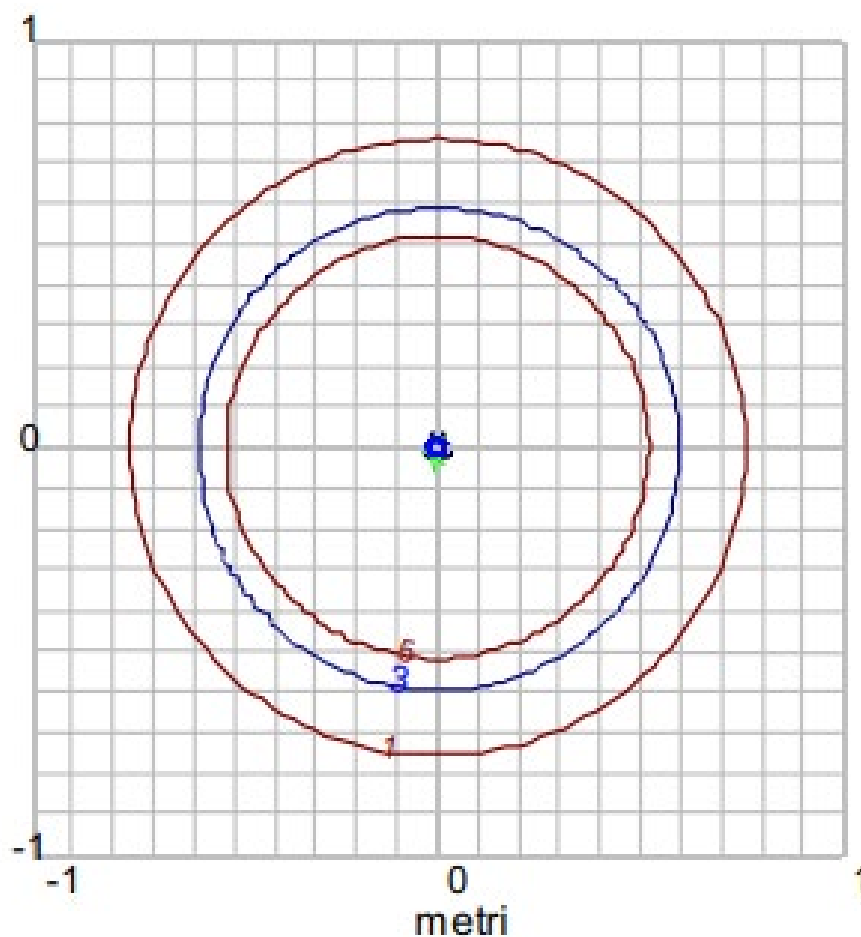


Fig.4: Curve equilivello dell’induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con un modello tridimensionale che tiene conto del passo d’elica.

7. LINEE IN CAVO INTERRATO IN ALTA TENSIONE

Per la realizzazione del cavidotto di collegamento in AT, tra la stazione elettrica di utenza e la stazione elettrica RTN saranno considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettrici e magnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in AT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno. Nel caso in questione, l'elettrodotto in cavo è lungo 595 m circa. La simulazione condotta prevede la posa dei cavi a trifoglio, a profondità di 1,6 m con 10 cm di letto di posa e corrente pari a 910 A, tipica di un cavo in alluminio da 1.600 mm².

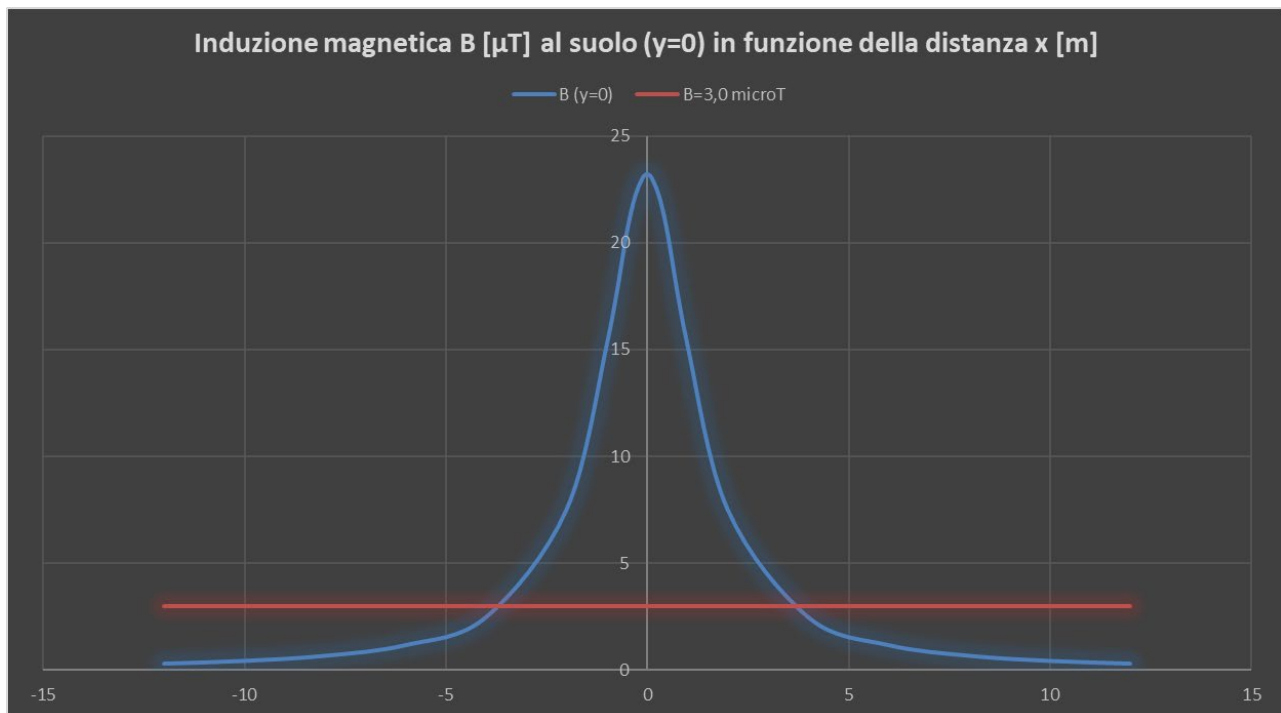


Fig.5: Andamento dell'induzione magnetica al suolo in funzione della distanza dall'asse dei conduttori

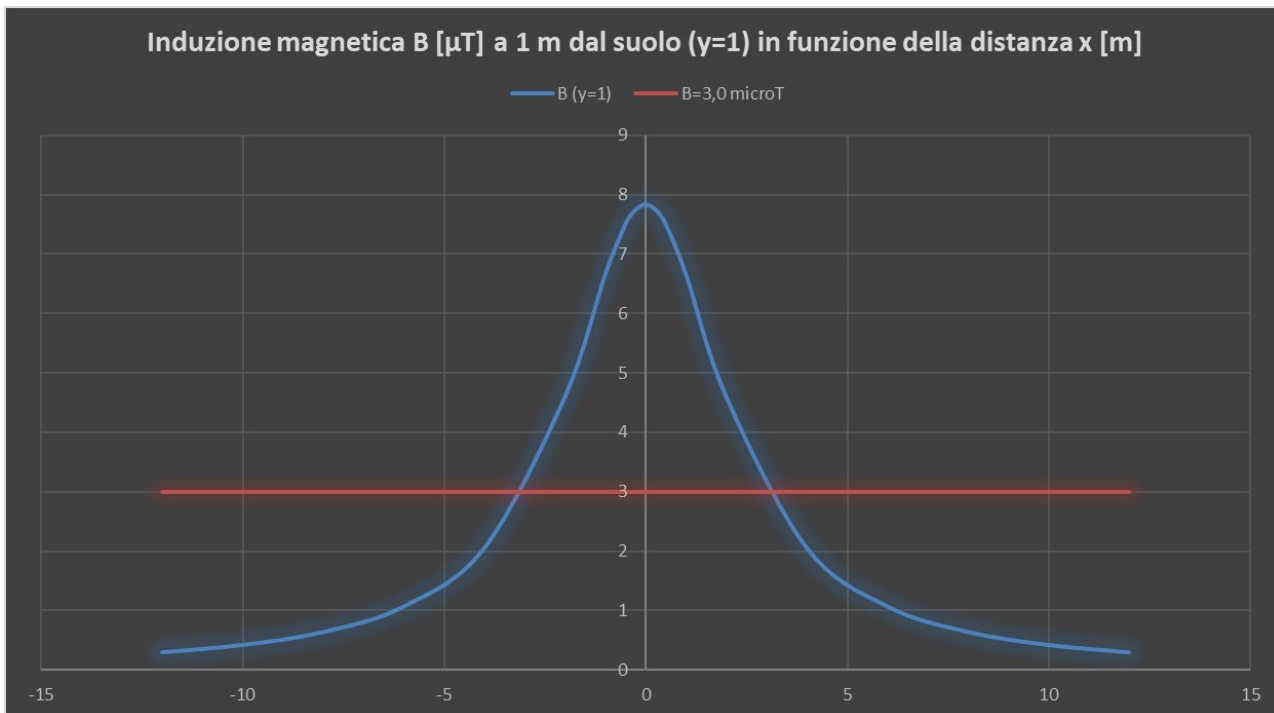


Fig.6: Andamento dell'induzione magnetica a 1 m dal suolo in funzione della distanza dall'asse dei conduttori



Fig.7: Andamento dell'induzione magnetica all'altezza dei conduttori per determinare la DPA

	y = 0 [m]	y = 1 [m]
x [m]	B [mT]	B [mT]
-10,00	0,31	0,30

 INGEGNERIA PROGETTI^{SRL}	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 18 di 21
--	--	---	--

-9,00	0,44	0,42
-8,00	0,68	0,64
-7,00	1,18	1,07
-6,00	2,49	2,05
-5,00	7,53	4,60
-4,00	15,26	6,66
-3,00	20,54	7,50
-2,00	22,18	7,70
-1,00	23,10	7,81
0,00	23,22	7,83
1,00	23,10	7,81
2,00	22,18	7,70
3,00	20,54	7,50
4,00	15,26	6,66
5,00	7,53	4,60
6,00	2,49	2,05
7,00	1,18	1,07
8,00	0,68	0,64
9,00	0,44	0,42
10,00	0,31	0,30

Tab.5: Valori di induzione magnetica per il cavo AT

8. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE

L'ENEL ha unificato sul territorio nazionale le fasce di rispetto in caso di opere elettriche esercite in media e alta tensione dopo prolungate misure presso i propri impianti.

Ai sensi dell'art. 5.2.2 del D.M. 29/05/2008, per le stazioni primarie la DPA e, quindi, la fascia di rispetto rientrano, generalmente, nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso.

Anche i campi elettrici, se le stazioni sono realizzate secondo gli standard ENEL e TERNA, non destano alcun problema in quanto i limiti sono al di sotto dei limiti ammissibili.

Si riporta di seguito l'andamento del campo elettrico, valutato al suolo, in corrispondenza delle sbarre AT a 220 kV. È stata considerata un'altezza delle sbarre pari a 9,30 m e un'interdistanza tra le stesse pari a 3,20 m. Si nota che lo stesso è nettamente inferiore a 5 kV/m.

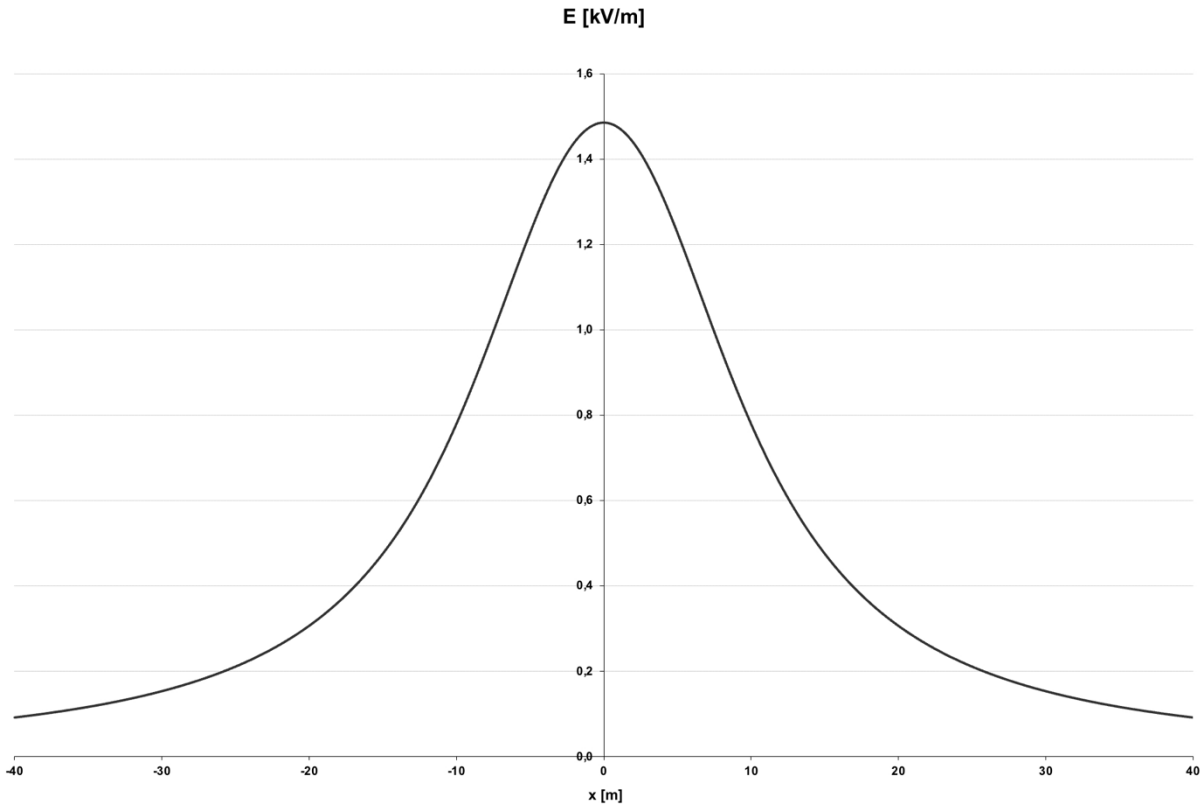
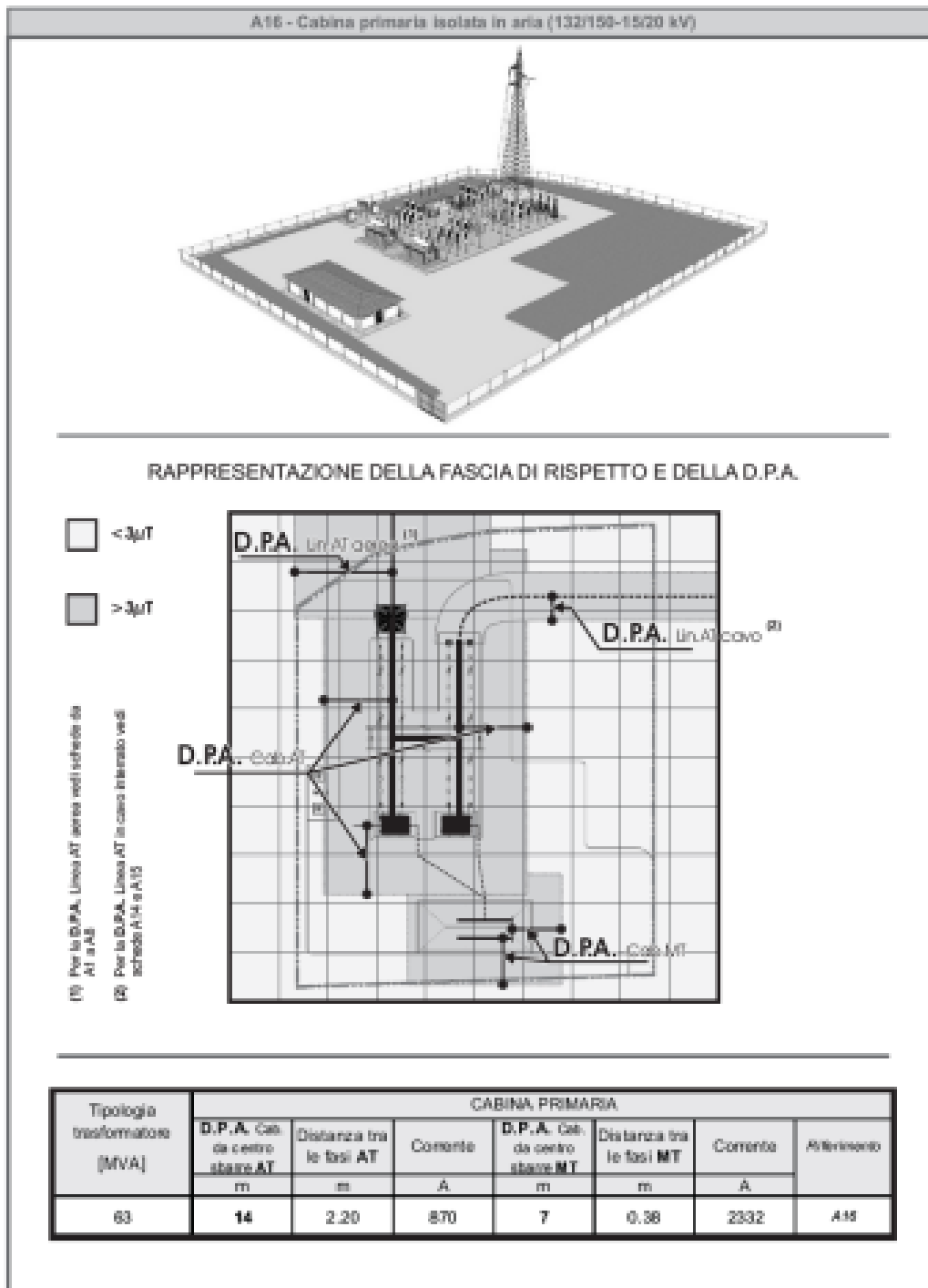


Fig.8: Andamento del campo elettrico in corrispondenza delle sbarre AT a 220 kV

La DPA, invece, per le sbarre MT si può assumere pari a 7 m, così come riportato nella scheda seguente.



La scheda precedente indica anche la DPA per il livello 150 kV mentre la stazione elettrica di utente ha le sbarre a 220 kV. Considerando per queste ultime un'altezza pari a 9,30 m, un'interdistanza pari a 3,20 m e una corrente pari a 3.150 A, si calcola che la DPA è pari a 35 m dall'asse della sbarra centrale.

	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTRICITÀ ELETTRICA ELETTRICITÀ ELETTRICA	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	PD_A_IE.SIA.01 15/04/2021 26/04/2021 00 21 di 21
---	---	---	--

5.1 CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 e alle Norme CEI di riferimento, riportando per ogni opera elettrica (cavidotto AT e cabina elettrica dell'utente) la già menzionata DPA.

Tutte i cavidotti MT, del tipo a elica visibile, producono un campo di induzione magnetica trascurabile e, pertanto, non è necessaria l'apposizione di alcuna fascia di rispetto; e, comunque, ricadono all'interno di aree nelle quali non risultano essere presenti recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere

Non si ritiene, pertanto, necessario adottare misure di salvaguardia particolari in quanto il parco eolico in oggetto si trova in lontananza da possibili recettori sensibili presenti.

Si sottolinea, peraltro, che l'innalzamento degli aerogeneratori, la posa dei cavidotti MT, la realizzazione della stazione di trasformazione AT/MT e la posa del cavidotto AT 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.

In ogni caso si rammenta che i calcoli sono stati effettuati con le correnti al limite termico, correnti che non saranno mai raggiunte.

Si fa, inoltre, presente che all'interno delle stazioni elettriche possono accedere solamente persone esperte del settore e che le stesse risultano rispettare i limiti di campo elettromagnetico se realizzate secondo le specifiche ENEL, TERNA e le Norme CEI.

Si può concludere, pertanto, che la realizzazione dell'opere elettriche relative al parco eolico sito in località "COSTIERE" a Contessa (PA), di proprietà della Repower Renewable S.p.A. rispetta la normativa vigente.