



REGIONE SICILIA



PROVINCIA DI TRAPANI



COMUNE DI MAZARA DEL VALLO



COMUNE DI SANTA NINFA



COMUNE DI SALEMI

Proponente	Geremo S.r.l.				
Progettista:	  Partnered by: 				
Progettazione	Ing. Francesco Desiderio Lanzalaco Via A. Ognibene n. 107 92013 - Menfi (AG) seawindpower@pec.it	Studio Botanico Faunistico e Agronomico	Dott. For. Giuseppe D'Angelo Corso Umberto I n. 140 90010 - Gratteri (PA) g.dangelo@conafpec.it		
SIA PMA	Ing. Francesco Desiderio Lanzalaco Via A. Ognibene n. 107 92013 - Menfi (AG) seawindpower@pec.it	V.I. ARCH.	Dott. Sebastiano Muratore Via G. P. Giraldi n. 16 90123 - Palermo (PA) mutatore@pec.paropos.com		
Studio Idraulico	Ing. Dario Tricoli Via Carlo Pisacane n. 25/F 88100 - Catanzaro (CZ) ruwa@pec.ruwa.it	Studio Geologico Geofisico ed Idrogeologico	Dott. Leonardo Mauceri Via Olanda n. 15 92010 - Montevago (AG) geologomauceri@epap.sicurezzapostale.it		
Studio impatto acustico	Ing. Maurizio V. Salvo Via Cavour n. 28 91025 - Marsala (TP) mediacom srl@gigapec.it	Studio preliminare strutture	Ing. Gaspare La Porta Via Rosario n. 44 92015 - Raffadali (AG) gaspare.la.porta@ingpec.eu		
Opera	Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato <i>Anemos</i>				
Oggetto	Codice elaborato interno - Titolo elaborato: ANMSSOR06-00 – RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI				
00	10/02/2023	Emissione per progetto definitivo	Ing. F.D. Lanzalaco	Ing. A. Letizia	Geremo s.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione

INDICE

1	Premessa.....	3
2	Documenti di riferimento.....	3
3	Definizioni e abbreviazioni	4
4	Normativa di riferimento	5
5	Esposizione di carattere professionale e non professionale ai CEM.....	7
5.1	Limiti per l'esposizione di carattere professionale – EFFETTI NON TERMICI	8
5.2	Limiti per l'esposizione di carattere professionale – EFFETTI TERMICI.....	9
6	Limiti per l'esposizione di carattere non professionale.....	11
7	Descrizione sommaria degli impianti	13
8	Calcolo dei campi elettromagnetici0.....	13
8.1	Aerogeneratori	13
8.2	Cabina elettrica di utenza.....	16
8.3	Linee trasmissioni dati.....	20
8.4	Linee elettriche in media tensione	20
8.4.1	Calcolo delle fasce di rispetto delle linee MT	26
8.5	Linee elettriche in alta tensione	31
8.5.1	Ipotesi di calcolo	31
8.5.2	Campo elettrico e magnetico a frequenza industriale	32
8.6	Stazione elettrica di utenza 30/220 kV.....	34
9	Analisi dei risultati ottenuti.....	38
10	Segnaletica	39
11	Conclusioni.....	42

1 Premessa

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto eolico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi decreti attuativi.

Il progetto prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto eolico della potenza di 45 MW, mediante l'installazione di 10 aerogeneratori della potenza di 4,5 MW cadauno.

Tale impianto sorgerà in un'area che si estende su una superficie prevalentemente agricola situata nei territori dei Comuni di Salemi e Mazara del Vallo in provincia di Trapani.

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori sarà convogliata con 4 elettrodotti interrati MT a 30 kV verso la stazione di utente MT/AT 30/220 kV localizzata nel comune di Santa Ninfa (TP), per poi essere ceduta alla RTN. Infine verrà previsto un collegamento in cavo AT a 220 kV al fine di realizzare il collegamento in antenna a 220 kV su una nuova stazione elettrica della RTN Partanna 3, da inserire in entra-esce sulla linea "Fulgatore - Partanna".

In particolare saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute ai relativi impianti e ai cavidotti.

Le opere di connessione alla rete Terna e le opere elettromeccaniche di stazione utente, ad esclusione del proprio stallo di trasformazione MT/AT, saranno condivise con altri produttori, al fine di minimizzare ed ottimizzare le opere e le infrastrutture di rete, così come richiesto dal gestore Terna nella formulazione della STMG, Codice Pratica 202101533.

Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

Nel presente studio è stata presa in considerazione la condizione maggiormente significativa al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

2 Documenti di riferimento

[1] DPCM 8 luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

[2] D.L. 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro".

[3] Norma CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici".

[4] Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".

[5] Norma 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 in cavo".

[6] Norma CEI 106-12 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT".

[7] DM del MATTM del 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

[8] D.Lgs. 159/2016 "Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE".

[9] CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".

3 Definizioni e abbreviazioni

Valgono le definizioni di seguito riportate, per la maggior parte contenute nella Legge 36/2001, nel DPCM 8 luglio 2003 e nel Decreto 29 maggio 2008.

- **Autorità competenti ai fini dei controlli:** sono le autorità di cui all'art. 14 della Legge 36/2001 (*le amministrazioni provinciali e comunali, al fine di esercitare le funzioni di controllo e di vigilanza sanitaria e ambientale, utilizzano le strutture delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente*).

- **Autorità competenti ai fini delle autorizzazioni:** sono le autorità competenti al rilascio delle autorizzazioni per la costruzione e/o l'esercizio di elettrodotti e/o insediamenti e/o aree di cui all'art. 4 del DPCM 8 luglio 2003 (*aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore*).

- **Distanza di Prima Approssimazione (DPA):** per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

- **Elettrodotto:** è l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

- **Fascia di rispetto:** è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μ T). Come prescritto dall'articolo 4 c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

- **Impianto:** officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine Primarie e Secondarie, Cabine Utente.

- **Limite di esposizione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 1):** nel caso di esposizione, della popolazione, a campi elettrici e magnetici, alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

- **Linea:** collegamento con conduttori elettrici, delimitato da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti.

- **Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h):** aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

- **Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4):** nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

- **Portata in corrente in servizio normale:** è la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 § 2.6.

La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la "portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata":

- per le linee con tensione >100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60;
- per gli elettrodotti aerei con tensione < 100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori;
- per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 § 3.5 e § 4.2.1 come 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).

- **Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2):** a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

4 Normativa di riferimento

Il panorama normativo italiano, in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici, si riferisce al decreto legislativo 159/2016 che si inserisce nel contesto del decreto sulla sicurezza nei luoghi di lavoro d.lgs. 9 aprile 2008 n° 81 indicando nel primo dei suoi due articoli le modifiche introdotte al d.lgs. 81/2008, in particolare agli art. 206, 207, 208, 209, 210, 210-bis, 211 e 212.

Il d.lgs. 159/2016 attua la direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici.

Il d.lgs. 159/2016 riporta in Allegato 1:

- la descrizione delle grandezze fisiche concernenti l'esposizione ai campi elettromagnetici;
- la definizione dei valori limite di esposizione (VLE) per gli effetti sensoriali e sanitari relativi ai campi elettrici interni;
- i valori di azione (VA) espressi nelle grandezze misurabili per consentire la conformità ai pertinenti VLE.

Il nuovo decreto definisce i VLE concernenti gli effetti sensoriali e sanitari classificando la casistica protezionistica in 3 casi distinti sulla base della frequenza di interesse delle grandezze, con relative Tabelle A1, A2, A3 che di seguito si elencano in base alla nomenclatura utilizzata dal decreto legislativo sopra citato:

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

- A1, VLE per induzione magnetica esterna (B0) per frequenze comprese tra 0 e 1 Hz
- A2, VLE relativi agli affetti sanitari per intensità di campo elettrico interno a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 Mhz
- A3, VLE relativi agli effetti sensoriali per il campo elettrico interno a frequenze comprese tra 1 Hz e 400 Hz

In modo analogo ma con i relativi VA sono introdotte le Tabelle B1, B2 e B3 secondo:

- B1, VA per i campi elettrici ambientali a frequenza compresa tra 1 Hz e 10 MHz
- B2, VA per i campi magnetici ambientali a frequenza compresa tra 1 Hz e 10 MHz
- B3, VA per la corrente di contatto

In particolare il legislatore sottolinea espressamente il fatto che nel corpo umano è presente un campo elettrico "in situ" a seguito di un campo elettrico ambientale.

I Campi Elettromagnetici (CEM) nei luoghi di lavoro possono essere di origine naturale o antropica.

Le caratteristiche dei CEM e le relative interazioni con i soggetti esposti variano in base alla frequenza definendo:

- Campi statici e campi variabili nel tempo fino a 1 Hz (campi quasi statici)
- Campi a bassa frequenza (1 Hz -100 kHz)
- Campi a frequenze intermedie (100 kHz -10 MHz)
- Campi ad alta frequenza (10 MHz - 300 GHz)

Gli effetti scientificamente accertati associati all'esposizione ai CEM sono gli effetti **acuti** che si distinguono in:

- **di tipo diretto**, derivanti dall'interazione diretta del campo con i tessuti biologici;
- **di tipo indiretto**, provocati dalla presenza di un oggetto in un campo elettromagnetico, che potrebbe essere causa di un pericolo per la salute e sicurezza (quali l'interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici), compresi stimolatori cardiaci e altri impianti o dispositivi medici portati sul corpo; il rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di campi magnetici statici. Pertanto, i soggetti portatori di dispositivi medici o inclusi metallici, insieme ad altre tipologie di lavoratori (ad esempio donne in gravidanza e minori), rientrano nella categoria dei **lavoratori particolarmente sensibili al rischio CEM** per la quale deve essere condotta una valutazione specifica del rischio e devono essere attuate *specifiche misure di prevenzione e protezione nonché di sorveglianza sanitaria*.

Gli effetti di tipo diretto che i Campi Elettromagnetici, a livello biologico, possono indurre in un soggetto a causa dell'esposizione, dipendono dalle modalità di esposizione, dalla frequenza e dall'intensità del campo, e possono essere classificati in due differenti categorie:

- **effetti sanitari**, ovvero effetti che possono comportare un rischio per la salute
- **effetti sensoriali**, che di per sé non comportano un rischio per la salute ma possono generare disturbi temporanei e influenzare le capacità cognitive o altre funzioni cerebrali o muscolari.

Nel campo delle basse frequenze ($f < 100$ kHz), gli effetti diretti associati all'esposizione ai CEM sono relativi alla possibile stimolazione degli organi sensoriali, nervi e muscoli (**effetti non termici**). Nel campo delle alte frequenze ($f > 10$ MHz) gli effetti diretti sono relativi alla possibile generazione di fenomeni di riscaldamento dei tessuti (**effetti termici**). Alle frequenze intermedie (100 kHz - 10 MHz) si associano sia effetti di stimolazione sia effetti di tipo termico.

In relazione all'esposizione ai campi elettrici statici, gli unici effetti accertati sono riconducibili a fenomeni di micro scariche, mentre l'esposizione ai campi magnetici statici, per campi di induzione magnetica di intensità superiore a 2 Tesla, può determinare stimolazioni degli organi sensoriali e del sistema nervoso centrale (SNC) e periferico (SNP) simili a quelli generati dai campi a bassa frequenza nel caso in cui l'individuo si muova all'interno del campo. Campi statici con induzione magnetica superiore a 7-8 Tesla, possono esercitare forze sulle cariche elettriche ioniche in movimento nel sangue.

La Direttiva 2013/35/UE recepita nel Testo Unico sulla Sicurezza attraverso il D. Lgs.159/2016, fa riferimento esclusivamente agli effetti acuti associati all'esposizione ai CEM poiché attualmente non si dispone di prove scientifiche accertate dell'esistenza di un nesso causale fra l'esposizione ai CEM ed i possibili effetti a lungo termine, compresi i possibili effetti cancerogeni. È tuttavia da rilevare che, in ambito nazionale, la Legge 36/2001 (LQ) e i relativi decreti attuativi (DPCM 8/7/2003), modificati dalla Legge 221/2012, recepiscono l'insieme completo delle restrizioni stabilite dalla Raccomandazione Europea 1999/519/CE. Gli stessi fissano misure di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e della progressiva minimizzazione dell'esposizione che, in ambito lavorativo, si applicano alle esposizioni di tipo non professionale.

5 Esposizione di carattere professionale e non professionale ai CEM

La Legge Quadro n° 36 del 2001 sulla protezione dei lavoratori e della popolazione dall'esposizione ai CEM, definisce come:

- a) **esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici:** ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (n.d.r. esposizioni di carattere professionale)
- b) **esposizione della popolazione:** ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici

A tutte le categorie di lavoratori si applicano le disposizioni generali del Testo Unico, mentre i limiti di esposizione da adottare dipendono dalla tipologia di esposizione. Come stabilito dalla Legge Quadro sopra menzionata, si deve intendere come esposizione di carattere professionale al rischio CEM quella relativa alla specifica attività lavorativa che preveda, per esigenze correlate e necessarie alle finalità del processo produttivo, la possibilità di esposizione a livelli di CEM superiori ai limiti per la popolazione fissati dalla Normativa Nazionale vigente. In relazione alle tipologie di esposizione individuate dalla LQ, si distinguono i seguenti due casi a cui si applicano limiti di esposizione differenti:

1. Esposizioni di carattere professionale, quelle a cui sono soggetti i lavoratori durante le attività per le quali il rischio CEM rappresenta un rischio specifico, a cui si applicano le disposizioni specifiche ed i limiti di esposizione stabiliti dal TUS
2. Esposizioni di carattere non professionale, quelle a cui sono soggetti i lavoratori durante le attività per le quali il rischio CEM non rappresenta un rischio specifico. A queste si applicano oltre le disposizioni generali del Testo Unico, anche i limiti fissati dalla legislazione nazionale vigente (DPCM 8/7/2003 per l'esposizione della popolazione, ulteriormente modificati dalla Legge 221/2012 che recepisce l'insieme completo delle restrizioni stabilite dalla Raccomandazione Europea 1999/519/CE e fissa specifici limiti di esposizione nonché ulteriori restrizioni (valori di attenzione e obiettivi di qualità) in relazione al tempo di permanenza e/o a luoghi specifici per due specifiche categorie di

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

*Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos*

sorgenti CEM riconducibili agli elettrodotti operanti alla frequenza di rete (50 Hz) e ai sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi (100 kHz – 300 GHz) (Cfr. 8.2)

La tipologia di esposizione è, pertanto, determinata dalla specifica attività svolta dal lavoratore in relazione alla finalità del processo produttivo. Ne consegue che, in funzione dell'attività svolta, a uno stesso lavoratore potranno applicarsi i limiti di esposizione stabiliti dal Testo Unico oppure i limiti per la popolazione.

5.1 Limiti per l'esposizione di carattere professionale – EFFETTI NON TERMICI

I limiti per l'esposizione dei lavoratori ai CEM stabiliti dal TUS nel Titolo VIII (Agenti Fisici), Capo IV (Campi elettromagnetici) e nell'Allegato XXXVI si articolano in due categorie:

- a) **Valori limite di esposizione (VLE)**, i quali garantiscono la tutela del lavoratore da possibili rischi per la salute e la sicurezza derivante dall'esposizione ai CEM
- b) **Valori di azione (VA)**, il cui rispetto garantisce il rispetto dei pertinenti VLE. Il superamento dei VA non implica necessariamente il superamento dei VLE, tuttavia implica l'obbligo di adottare le pertinenti misure tecniche ed organizzative di prevenzione e protezione.

Nell'allegato XXXVI parte II del Testo Unico sulla Sicurezza, vengono definiti i valori limite di esposizione (VLE) e i valori di azione (VA) relativi agli effetti non termici di tipo sanitario e sensoriale, di seguito riportati:

TABELLE ALLEGATO XXXVI PARTE II	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA		TIPO DI EFFETTO		CONDIZIONE DI ESPOSIZIONE	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO/NOTE
				SENSORIALE	SANITARIO		
A1	0 – 1 Hz	Induzione magnetica esterna B_2 [T]	I VLE per le frequenze inferiori a 1 Hz sono limiti per il campo magnetico statico la cui misurazione non è influenzata dalla presenza del soggetto esposto.	2		Condizioni di lavoro normali	I VLE relativi agli effetti sensoriali sono connessi a disturbi dell'organo di equilibrio umano (vertigini e altri effetti fisiologici) risultanti principalmente da movimenti in un campo magnetico statico.
				8		Esposizione localizzata degli arti	
A2	1 Hz \leq f < 3 kHz	Campo elettrico interno (in situ) E_{in} [V/m]			1,1	Condizioni di lavoro controllate	Il VLE relativo agli effetti sanitari è applicabile su base temporanea durante il turno di lavoro, ove giustificato dalla prassi o dal processo. Le condizioni di lavoro controllate prevedono l'adozione di misure di protezione specifiche quali il controllo dei movimenti al fine di prevenire possibili effetti sensoriali e l'informazione dei lavoratori.
	3 kHz \leq f \leq 10 MHz				$3,8 \times 10^{-4} f$		
A3	1 Hz \leq f < 10 Hz	Campo elettrico interno (in situ) E_{in} [V/m]		0,7 / f			I VLE relativi agli effetti sensoriali sono correlati agli effetti del campo elettrico sul sistema nervoso centrale nella testa, cioè fosfene retinici e modifiche minori e transitorie di talune funzioni cerebrali. f è la frequenza espressa in Hertz [Hz]. I VLE sono valori di picco in termini temporali che sono pari ai valori efficaci moltiplicati per $\sqrt{2}$ per i campi sinusoidali. Nel caso di campi non sinusoidali, la valutazione dell'esposizione si basa di norma sul metodo del picco ponderato. Possono essere applicate procedure di valutazione alternative scientificamente provate e convalidate purché conducano a risultati comparabili.

Tabella 1 - Valori limite di esposizione (VLE) - Effetti non termici

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Per i lavoratori particolarmente sensibili al rischio si applicano ulteriori restrizioni (Cfr. Art. 7 e Allegato A)						
TABELLE ALLEGATO XXXV PARTE II	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA (CAMPI AMBIENTALI)	VA _{inf} (VALORI EFFICACI)	VA _{sup} (VALORI EFFICACI)	VA ESPOSIZIONE LOCALIZZATA DEGLI ARTI (VALORI EFFICACI)	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
B1	1 Hz ≤ f < 25 Hz	Intensità di campo elettrico E [V/m]	2,0 × 10 ⁴	2,0 × 10 ⁴		<p>Il rispetto dei VA_{art}(E) garantisce il rispetto dei VLE sanitari e sensoriali e permette di prevenire le scariche elettriche nel luogo di lavoro;</p> <p>Il rispetto dei VA_{sup}(E) garantisce il rispetto dei VLE sanitari e sensoriali ma non assicura la prevenzione delle scariche elettriche nel luogo di lavoro.</p> <p>f è la frequenza espressa in Hertz [Hz].</p> <p>I VA sono valori efficaci (RMS) che sono pari ai valori di picco divisi per √2 per i campi sinusoidali. Nel caso di campi non sinusoidali, la valutazione dell'esposizione si basa di norma sul metodo del picco ponderato. Possono essere applicate procedure di valutazione alternative scientificamente provate e convalidate, purché conducano a risultati comparabili.</p>
	25 Hz ≤ f < 50 Hz		5,0 × 10 ³ /f	2,0 × 10 ⁴		
	50 Hz ≤ f < 1,64 kHz		5,0 × 10 ³ /f	1,0 × 10 ⁴ /f		
	1,64 kHz ≤ f < 3 kHz		5,0 × 10 ³ /f	6,1 × 10 ²		
	3 kHz ≤ f ≤ 10 MHz		1,7 × 10 ²	6,1 × 10 ²		
B2	1 Hz ≤ f < 8 Hz	Induzione magnetica B [μT]	2,0 × 10 ⁴ /f ²	3,0 × 10 ⁴ /f	9,0 × 10 ⁴ /f	<p>Il rispetto dei VA_{art} (B) nell'intervallo di frequenza 1 Hz – 400 Hz garantisce il rispetto dei pertinenti VLE_{san}; al di sopra dei 400 Hz, coincidendo con i VA_{sup} (B), garantisce il rispetto dei pertinenti VLE_{san}.</p> <p>Il rispetto dei VA_{sup} (B) garantisce il rispetto dei VLE sanitari, ma non di quelli sensoriali.</p> <p>I VA_{sup} (B) garantiscono il rispetto dei VLE sanitari relativi alla stimolazione elettrica dei tessuti limitatamente agli arti, tenuto conto del fatto che il campo magnetico presenta un accoppiamento più debole negli arti che nel corpo. Questi valori possono essere utilizzati in caso di esposizione strettamente confinata agli arti, restando ferma la necessità di valutare il rispetto dei VA su tutto il corpo del lavoratore.</p>
B3	VA – CORRENTI DI CONTATTO I_c (valori efficaci)					
	fino a 2,5 kHz	Corrente di contatto stazionaria I _c [mA]	1,0			Tali correnti derivano dal contatto con un oggetto conduttore (per es. una struttura metallica) che, pur non essendo direttamente in tensione, in presenza di un campo elettrico si trova a una tensione diversa dal corpo del lavoratore.
	2,5 kHz ≤ f < 100 kHz		0,4 × f [kHz]			
100 kHz ≤ f ≤ 10 000 kHz	40					
B4	VA - INDUZIONE MAGNETICA DI CAMPI MAGNETICI STATICI					
	0 Hz – 1 Hz	Induzione magnetica esterna B _z [mT]	0,5			Valore di azione per prevenire il rischio di interferenza con dispositivi medici impiantati attivi, ad esempio stimolatori cardiaci.
			3			<p>Valore di azione per prevenire il rischio di attrazione e propulsivo nel campo periferico di sorgenti di campo magnetico statico ad alta intensità (> 100 mT).</p> <p>Si applica a dispositivi medici impiantati passivi o inclusi metallici se contenenti materiali ferromagnetici o conduttivi (per es. piercing, schegge, ecc.) al fine di prevenire il rischio di torsioni o spostamenti.</p>

Tabella 2 - Valori limite di azione (VA) - Effetti non termici

5.2 Limiti per l'esposizione di carattere professionale – EFFETTI TERMICI

Nell'allegato XXXVI, parte III del Testo Unico sono definiti i valori limite di esposizione e i valori di azione relativi agli effetti termici.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Per i lavoratori particolarmente sensibili al rischio si applicano ulteriori restrizioni (Cfr. Art. 7 e Allegato A)

TABELLE ALL. XXIV PARTE III	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA					SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE	
		CAMPI AMBIENTALI			VA (S) per la densità di potenza [W/m ²]	VA (I _c) per la corrente di contatto stazionaria [mA] (valore efficace)		VA (I _a) per la corrente indotta in qualsiasi arto [mA] (valore efficace)
		VA (E) per l'intensità del campo elettrico [V/m] (valore efficace)	VA (B) per l'induzione magnetica [μT] (valore efficace)					
B2	100 kHz ≤ f < 1 MHz	610	2,0 × 10 ³ f	50	40	100	I VA(E) e VA(B) derivano dai VLE relativi al SAR e dalla densità di potenza. Il VA(S) viene a coincidere con il corrispondente VLE. I [VA(E)] ² , [VA(B)] ² e [VA(I _c)] ² devono essere mediati per ogni periodo di 6 minuti. I VA(S) sono relativi a valori mediati su intervalli temporali diversi in funzione della frequenza: tra 6 GHz e 10 GHz sono mediati per ogni periodo di 6 minuti, al di sopra di 10 GHz sono mediati su periodi di 68 / f ^{0,5} minuti (dove f è la frequenza in GHz) per tenere conto della graduale diminuzione della profondità di penetrazione con l'aumento della frequenza. I VA(E) e VA(B) corrispondono ai valori del campo imperturbato e sono intesi come valori massimi calcolati o misurati sul posto di lavoro nello spazio occupato dal corpo o da parti del corpo del lavoratore. In specifiche condizioni di esposizione non uniforme possono essere utilizzati criteri relativi alla media spaziale dei campi misurati. Il rispetto del VA(S) deve essere garantito in termini di valore medio per ogni superficie corporea esposta di 20 cm ² , con la condizione aggiuntiva che la densità di potenza mediata su ogni superficie di 1 cm ² non superi il valore di 1000 W/m ² . Nel caso di segnali impulsivi a radiofrequenza, la densità di potenza di picco mediata sull'ampiezza dell'impulso non deve superare di 1000 volte il rispettivo VA(S). Per campi a frequenze multiple (campi non sinusoidali) l'analisi è basata sulla sommatoria dei contributi, descritta nelle norme tecniche di riferimento (Guida CEM, Allegato C). In caso di esposizione a una sorgente molto localizzata, distante pochi cm dal corpo, il campo elettrico interno (in situ) e la conformità ai VLE possono essere determinati caso per caso mediante dosimetria (Cfr. Art. 6).	
	1 MHz ≤ f < 10 MHz	8,1 × 10 ³ / f						
	10 MHz ≤ f ≤ 100 MHz	61	0,2					
	100 MHz ≤ f ≤ 110 MHz							
	110 MHz ≤ f < 400 MHz							
	400 MHz ≤ f < 2 GHz							3 × 10 ⁻³ f ^{0,5}
2 GHz ≤ f < 6 GHz	140	0,45						
6 GHz ≤ f ≤ 300 GHz								
B1								

Tabella 3 - Valori limite di azione (VA) - Effetti termici

TABELLE ALLEGATO XXVI PARTE III	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA	TIPO DI EFFETTO		CONDIZIONE DI ESPOSIZIONE	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
			SENSORIALE	SANITARIO		
A1	100 kHz ≤ f < 6 GHz	Tasso di assorbimento specifico SAR [W/kg]		0,4	Esposizione a corpo intero	I VLE _{lim} proteggono dal riscaldamento termico dei tessuti od organi derivante dall'esposizione a campi elettromagnetici. I VLE _{lim} riferiti al SAR (potenza assorbita per unità di massa di tessuto corporeo) sono relativi a valori mediati per ogni periodo di sei minuti. Il rispetto dei VLE _{lim} sul SAR per l'esposizione localizzata deve essere assicurato in termini di valore medio su ogni elemento di massa pari a 10 g di tessuto continuo con proprietà elettriche approssimativamente omogenee; il massimo valore di SAR così ricavato deve essere impiegato per la verifica di conformità con il pertinente VLE. Il VLE _{lim} è finalizzato alla prevenzione degli effetti uditivi provocati dall'esposizione della testa a microonde pulsate. Esso è riferito all'energia assorbita per ogni massa di 10 g di tessuto all'interno della testa.
				10	Esposizione localizzata di testa e tronco	
				20	Esposizione localizzata degli arti	
A2	0,3 GHz ≤ f ≤ 6 GHz	Assorbimento specifico locale di energia SA [mJ/kg]	10		Esposizione della testa a campi elettromagnetici pulsati	
A3	6 GHz ≤ f ≤ 300 GHz	Densità di potenza incidente sulla superficie corporea S [W/m ²]		50		I VLE _{lim} proteggono dal riscaldamento termico dei tessuti od organi derivante dall'esposizione a campi elettromagnetici. I VLE _{lim} riferiti alla densità di potenza S sono relativi a valori mediati su intervalli temporali diversi in funzione della frequenza: tra 6 GHz e 10 GHz sono mediati per ogni periodo di sei minuti, al di sopra di 10 GHz sono mediati su periodi di 68 / f ^{0,5} minuti (dove f è la frequenza in GHz) per tenere conto della graduale diminuzione della profondità di penetrazione con l'aumento della frequenza. Il rispetto del VLE su S deve essere garantito in termini di valore medio per ogni superficie corporea esposta di 20 cm ² con la condizione aggiuntiva che la densità di potenza mediata su ogni superficie di 1 cm ² non superi il valore di 1000 W/m ² .

Tabella 4 - Valori limite di esposizione (VLE) - Effetti termici

Con riferimento agli effetti termici i VLE relativi agli effetti sanitari per esposizione a campi elettromagnetici a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz proteggono dal riscaldamento termico dei tessuti o organi. Per lo stesso intervallo di frequenza, è definito un valore di azione relativo alla densità di potenza ambientale. Questo valore di soglia viene a coincidere con il corrispondente valore limite di esposizione essendo espresso

nella medesima unità di misura sebbene quest'ultimo, in quanto grandezza dosimetrica, sia relativo alla densità di potenza incidente sulla superficie corporea.

I VA(E) (valore di azione campo elettrico) e VA(B) (valore di azione induzione magnetica) consentono una valutazione semplificata della conformità ai pertinenti VLE.

A seguito della valutazione dell'esposizione, qualora risulti che i VA sono superati, il DL, il datore di lavoro, a meno che la valutazione dimostri che i pertinenti VLE non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza, elabora ed applica un programma d'azione che comprende misure tecniche e organizzative intese a prevenire esposizioni superiori ai VLE relativi agli effetti sensoriali e ai VLE relativi agli effetti sanitari. In caso di esposizione a una sorgente molto localizzata, distante pochi cm dal corpo, il campo elettrico interno (in situ) e la conformità ai VLE possono essere determinati, caso per caso, mediante dosimetria.

6 Limiti per l'esposizione di carattere non professionale

Alle esposizioni non professionali si applicano le disposizioni generali del TUS e i limiti per la popolazione fissati dalla legislazione nazionale vigente.

Nel caso di esposizioni a campi multi sorgente o esposizioni a campi multifrequenza (campi non sinusoidali, ovvero campi caratterizzati da molteplici armoniche in frequenza), la valutazione dell'esposizione si basa di norma sul metodo della somma spettrale, come indicato nell'Allegato IV alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE. Il metodo conduce alla determinazione di un indice adimensionale, il cui valore deve essere inferiore ad 1 o a 100 se espresso in percentuale, al fine di garantire il rispetto delle prescrizioni normative.

Il metodo della somma spettrale non considera le relazioni di fase delle diverse componenti spettrali che tuttavia assumono rilevanza nel caso del regime degli effetti non termici. In questi casi la valutazione basata sul metodo della somma spettrale fornisce risultati estremamente conservativi. Ai fini di una valutazione più realistica si potrebbe considerare la possibilità di adottare il metodo del picco ponderato anche per le esposizioni di carattere non professionale alle basse frequenze.

Essendo la tipologia di esposizione determinata dalla specifica attività svolta dal lavoratore, ne consegue che a uno stesso lavoratore, in funzione dell'attività svolta, potranno applicarsi i limiti di esposizione stabiliti dal TUS piuttosto che i limiti per la popolazione.

Per i lavoratori particolarmente sensibili al rischio CEM si applicano ulteriori restrizioni e si richiede una valutazione specifica del rischio.

I limiti per l'esposizione della popolazione e per le esposizioni non professionali sono definiti dalla Legge 22 febbraio 2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" e dal relativo decreto attuativo DPCM 8 luglio 2003.

- Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti (di seguito richiamato come DPCM BF);
- Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz (di seguito richiamato come DPCM AF).

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

*Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos*

Il DPCM recepisce (rispettivamente negli artt. 3 e 4) l'insieme delle restrizioni per la popolazione definite dalla Raccomandazione 1999/519/CE, che si articolano in limiti di base (LB) e livelli di riferimento (LR), **fatta eccezione per le categorie di sorgenti** riconducibili agli elettrodotti operanti alla frequenza di rete (50 Hz) e ai sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi (100 kHz – 300 GHz). Per le suddette categorie di sorgenti, il DPCM fissa specifiche restrizioni in termini di:

- ✓ **limite di esposizione**, valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione;
- ✓ **valore di attenzione**, valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- ✓ **obiettivi di qualità**, sono criteri localizzativi, standard urbanistici, prescrizioni e incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali, nonché valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definiti ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai CEM.

Per i lavoratori particolarmente sensibili al rischio si applicano ulteriori restrizioni (Cfr. Art. 7 e Allegato A)					
SORGENTI	INTERVALLO DI FREQUENZA	CAMPO ELETTRICO (valore efficace)	CAMPO MAGNETICO (valore efficace)	DENSITÀ DI POTENZA (valore efficace)	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
SORGENTI NON RICONDUCEBILI ALLE CATEGORIE DI CUI SOTTO (Rif. Racc. 1999/519/CE)	0 Hz - 300 GHz	TABELLA 8 - Limiti di Base (LB) TABELLA 9 - Livelli di Riferimento (LR)			
ELETTRODOTTI (Rif. DPCM BF e s.m.i.)	50 Hz	5 [kV/m]	100 [µT] valore di induzione magnetica		Limite di esposizione Valore di campo elettrico e campo magnetico, considerato come valore di immissione definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti. Il limite non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione.
			10 [µT] valore di induzione magnetica mediana su 24 h per permanenze ≥ 4 h		Valore di attenzione Valore di immissione, definito a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz). Si applica nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere. Il valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
			3 [µT] valore di induzione magnetica mediana su 24 h per permanenze ≥ 4 h		Obiettivo di qualità Valore definito ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di rete (50 Hz). Si applica 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 giornaliere e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio. Il valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Tabella 5 - Articolazione dei limiti per l'esposizione della popolazione e per le esposizioni di carattere non professionali applicabili ai sensi della legislazione nazionale vigente (D.P.C.M. 8 luglio 2003 B.F.)

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

SORGENTI	INTERVALLO DI FREQUENZA	Campo ELETTRICO (valore efficace)	CAMPO MAGNETICO (valore efficace)	DENSITÀ DI POTENZA (valore efficace)	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
SISTEMI FISSI DELLE TELECOMUNICAZIONI E RADIOTELEVISIVI (Rif. DPCM AF e s.m.i.)	(0,1 < f ≤ 3) MHz	60 [V/m]	0,2 [A/m]		Limiti di esposizione Valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerati come valore di immissione, definiti ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione. Sono da intendersi come valori rilevati ad un'altezza di 1,5 m sul piano di calpestio e mediati su qualsiasi intervallo di sei minuti.
	(3 < f ≤ 3000) MHz	20 [V/m]	0,05 [A/m]	1 [W/m ²]	
	(3 < f ≤ 300) GHz	40 [V/m]	0,01 [A/m]	4 [W/m ²]	
	100 kHz < f ≤ 300 GHz	6 [V/m]	0,016 [A/m]	0,10 [W/m ²] (3 MHz – 300 GHz)	Valori di attenzione Si assumono a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine per le esposizioni ai campi elettromagnetici generati da sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori alle 4 ore giornaliere e nelle pertinenze esterne utilizzate come luoghi abitabili quali balconi, terrazzi e cortili, esclusi i lastrici solari. Sono da intendersi come valori rilevati a un'altezza di 1,5 m dal piano di calpestio come media dei valori nell'arco delle 24 ore.
6 [V/m]		0,016 [A/m]	0,10 [W/m ²] (3 MHz – 300 GHz)	Obiettivi di qualità Definiti come valori di immissione, calcolati o misurati all'aperto nelle aree intensamente frequentate, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni ai campi elettromagnetici generati da sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz. Sono da intendersi come valori rilevati a un'altezza di 1,5 m dal piano di calpestio come media dei valori nell'arco delle 24 ore.	

Tabella 6 - Articolazione dei limiti per l'esposizione della popolazione e per le esposizioni di carattere non professionali applicabili ai sensi della legislazione nazionale vigente (D.P.C.M. 8 luglio 2003 B.F.)

7 Descrizione sommaria degli impianti

Il parco eolico sorgerà nell'ambito territoriale dei comuni di Salemi e Mazara del Vallo in provincia di Trapani (TP), ed allacciato alla RTN "Rete di Trasmissione Nazionale".

L'impianto sarà costituito da un totale di 10 aerogeneratori da 4,5 MW ciascuno, per una potenza complessiva di immissione di 45 MW.

Gli aerogeneratori, raggruppati e distribuiti su 4 gruppi, verranno collegati in entra-esce in corrispondenza degli scomparti MT, tramite elettrodotti eserciti alla tensione di 30 kV. Ciascuno dei 4 gruppi presenterà uno scomparto MT di sezionamento che farà da nodo di partenza di una linea dorsale esterna; le 4 dorsali in cavo MT collegheranno il parco eolico alla SSEU MT/AT 30/220 kV.

La stazione di utenza, in condivisione con altri produttori, verrà realizzata su un'area di circa 14000 m² individuata catastalmente al foglio 52 particella 473-474 del Comune di Santa Ninfa (TP), e sarà costituita da una sezione a 220 kV con isolamento in aria.

La stazione sarà collegata in antenna mediante un elettrodotto AT interrato della lunghezza di circa 1.300 m alla futura stazione SE di Terna denominata "Partanna 3" sita nel Comune di Santa Ninfa (TP) inserita in "entra-esce" sulla linea RTN 220 kV "Fulgatore - Partanna".

8 Calcolo dei campi elettromagnetici

8.1 Aerogeneratori

Nel funzionamento del sistema "Aerogeneratore" le sorgenti primarie di campi elettromagnetici (CEM) considerate sono:

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

- generatore elettrico;
- trasformatore di potenza elevatore BT/MT;
- tratto di elettrodotto in cavo MT in configurazione “entra - esce” per la interconnessione e collegamento degli aereogeneratori all’interno dello stesso gruppo e verso la cabina di smistamento/parallelo in cabina di utenza.

In relazione all’esposizione dei lavoratori al campo elettrico generato dalle apparecchiature installate vanno applicati i Valori Limite di Esposizione VLE relativi agli effetti sensoriali per il campo elettrico con frequenza compresa nell’intervallo da 1 Hz e 400 Hz e i Valori di Azione VA per i campi elettrici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz:

Intervallo di frequenza	VLE relativi agli effetti sensoriali [Vm^{-1}] (valore di picco)
$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7/f$
$10 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	0,07
$25 \text{ Hz} \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028 f$

Tabella 7 - VLE relativi agli effetti sensoriali per il campo elettrico interno a frequenze comprese tra 1 Hz e 400 Hz (D. Lgs. 159/2016)

Intervallo di frequenza	VA (E) inferiori per l’intensità del campo elettrico [Vm^{-1}] (valori RMS)	VA (E) superiori per l’intensità del campo elettrico [Vm^{-1}] (valori RMS)
$1 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50 \text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$1,0 \times 10^6 / f$
$1,64 \leq f < 3 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

Tabella 8 - VA per i campi elettrici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz

Essendo la frequenza di esercizio dell’impianto, pari a 50 Hz, si hanno i seguenti valori:

- $VLE_{sen} = 0,0028 \times 50 = 0,14 [V m^{-1}]$
- $VA(E)_{inf} = 5,0 \times 10^5 / 50 = 10.000 [V m^{-1}]$
- $VA(E)_{sup} = 1,0 \times 10^6 / 50 = 20.000 [V m^{-1}]$

Tuttavia, poiché tutti i componenti dell’impianto presentano al loro interno schermature o parti metalliche collegate all’impianto di terra locale, i campi elettrici risultano trascurabili. Tutti gli schermi e le masse metalliche saranno collegati a terra, imponendo il potenziale di terra, consentendo così di schermare completamente i campi elettrici. Nel caso in cui gli effetti mitigatori delle schermature non dovessero risultare idonee, verranno adottate idonee misure di protezione e prevenzione.

In riferimento alla esposizione ai campi elettromagnetici e considerando che le torri eoliche insistono su luoghi accessibili esclusivamente agli addetti ai lavori, l’esposizione può superare i limiti per la popolazione di cui al DPCM 8 luglio 2003. Tuttavia, per la protezione dei lavoratori dal rischio di esposizione, è necessario rispettare i Limiti di Azione stabiliti dal D.lgs. 159/2016, di seguito riportati:

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Intervallo di frequenza	VA (B) inferiori per l'induzione magnetica [μ T] (valori RMS)	VA (B) superiori per l'induzione magnetica [μ T] (valori RMS)	VA (B) per l'induzione magnetica per esposizione localizzata degli arti [μ T] (valori RMS)
$1 \leq f < 8$ Hz	$2,0 \times 10^5 / f^2$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$8 \leq f < 25$ Hz	$2,5 \times 10^4 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$25 \leq f < 300$ Hz	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3$ kHz	$3,0 \times 10^3 / f$	$3,0 \times 10^3 / f$	$9,0 \times 10^3 / f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Tabella 9 - VA per i campi magnetici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz (D.Lgs. 159/2016)

Nota la frequenza di esercizio dell'impianto, pari a 50 Hz, si ottiene:

- $VA(B)_{inf} = 1,0 \times 10^3 = 1.000$ [μ T]
- $VA(B)_{sup} = 3,0 \times 10^5 / 50 = 6000$ [μ T]
- $VA(B) = 9,0 \times 10^5 / 50 = 18.000$ [μ T] (per esposizione localizzata degli arti)

I limiti sopra calcolati, sono stati confrontati con il valore dell'induzione magnetica generata dal trasformatore elevatore BT/MT, quale sorgente principale, ricorrendo alla formula di Siemens di seguito riportata:

$$B(d) = \frac{0.72 * v_{cc\%} * \sqrt{A_n}}{d^{2.8}}$$

dove:

- d è la distanza dal centro del trasformatore [m]
- $V_{cc\%}$ è la tensione di cortocircuito del trasformatore
- A_n è la potenza apparente nominale del trasformatore [kVA]

Considerando il valore di potenza nominale 5300 kVA e una $V_{cc\%}$ pari a circa 8,3%, a distanza di 1 m dal centro si ottiene un valore di B pari a circa 435 μ T, il quale risulta notevolmente inferiore ai limiti previsti dal D.Lgs. 159/2016.

La stima che ne deriva dalla formula è sovrastimata rispetto la realtà, ma permette di distanziare correttamente le macchine elettriche rispetto ad eventuali luoghi con prolungate permanenze.

Ciò nonostante i lavoratori esposti ai CEM per motivi di carattere professionale, in relazione allo svolgimento delle specifiche attività lavorative, verranno sottoposti a sorveglianza sanitaria e riceveranno una formazione ed addestramento in relazione al rischio specifico.

In considerazione che sia il generatore elettrico che il trasformatore di potenza elevatore BT/MT sono entrambi installati e posizionati all'interno della navicella, a quota oltre 100 m, e che l'ingegnerizzazione, le soluzioni adottate nella realizzazione della turbina eolica e della torre e delle soluzioni schermanti adottate sono tali da garantire valori di CEM (campi elettromagnetici), all'interno della torre, tale da consentire una permanenza sicura del personale durante la fase di funzionamento, manutenzione ed assistenza degli apparati, apparecchiature ed impianti tecnologici installati.

Per il tratto di elettrodotto in cavo MT in configurazione “entra - esce”, attestato al quadro di sezionamento MT alla base della torre, per la interconnessione e collegamento degli aereogeneratori all’interno del gruppo di appartenenza e verso la cabina di smistamento in cabina utente, si è considerato il tratto a maggiore valore di corrente transitante pari a 273,482A a 30 kV, con impiego di cavo tipo ARE4H1RX avente sezione/formazione 3x630 mmq.

Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la DPA da considerare è quella della linea MT entrante/uscente; in particolare, nel caso in esame, per il calcolo della DPA si può tenere in considerazione la seguente formula, più cautelativa, fornita dalla norma CEI 106-12:

$$DPA = \sqrt{\frac{0.346 \cdot I \cdot D}{B}}$$

Con:

- DPA: Distanza di prima approssimazione [m]
- I: Corrente circolante nei conduttori [A]
- D: Distanza tra le fasi [m]
- B: Induzione magnetica [μ T]

Il valore calcolato 1.41 m è arrotondato al mezzo metro superiore, e rappresenta la DPA prevista per la torre eolica pari a 2 m.

La Direttiva Europea **2013/35/UE** costituisce il riferimento per garantire i requisiti minimi di salute e sicurezza relativi all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici.

Considerando che la torre eolica sarà all’interno di un sito privato non accessibile a personale non autorizzato all’accesso, e intercluso al libero accesso, e che la normativa di riferimento prevede una distanza delle torri eoliche di almeno 200 metri dalle abitazioni, punto 5.3 voce a) del D.M. MISE del 10.09.2010, si può affermare che i livelli di emissione elettromagnetica non costituiscono pericolo per la popolazione.

8.2 Cabina elettrica di utenza

Per quanto riguarda i componenti dell’impianto resta da considerare la cabina elettrica MT di parallelo/smistamento di utenza, alla quale confluiscono i cavidotti MT provenienti dal parco eolico.

In relazione all’esposizione dei lavoratori al campo elettrico generato dalle apparecchiature installate all’interno della cabina, vanno applicati i Valori Limite di Esposizione VLE relativi agli effetti sensoriali per il campo elettrico interno a frequenze comprese tra 1 Hz e 400 Hz, e i Valori di Azione VA per i campi elettrici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz.

Intervallo di frequenza	VLE relativi agli effetti sensoriali [Vm^{-1}] (valore di picco)
$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7/f$
$10 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	0,07
$25 \text{ Hz} \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028 f$

Tabella 10 - VLE relativi agli effetti sensoriali per il campo elettrico interno a frequenze comprese tra 1 Hz e 400 Hz (D. Lgs. 159/2016)

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Intervallo di frequenza	VA (E) inferiori per l'intensità del campo elettrico [Vm^{-1}] (valori RMS)	VA (E) superiori per l'intensità del campo elettrico [Vm^{-1}] (valori RMS)
$1 \leq f < 25$ Hz	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50$ Hz	$5,0 \times 10^5 / f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64$ kHz	$5,0 \times 10^5 / f$	$1,0 \times 10^6 / f$
$1,64 \leq f < 3$ kHz	$5,0 \times 10^5 / f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

Tabella 11 - VA per i campi elettrici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz

Essendo la frequenza di esercizio dell'impianto, pari a 50 Hz, si hanno i seguenti valori:

- $VLE_{sen} = 0,0028 \times 50 = 0,14$ [$V m^{-1}$]
- $VA_{inf} = 5,0 \times 10^5 / 50 = 10.000$ [$V m^{-1}$]
- $VA_{sup} = 1,0 \times 10^6 / 50 = 20.000$ [$V m^{-1}$]

Tuttavia, poiché tutti i componenti dell'impianto presentano al loro interno schermature o parti metalliche collegate all'impianto di terra locale, i campi elettrici risultanti all'interno dei locali menzionati risultano trascurabili. Tutti gli schermi e le masse metalliche saranno collegati a terra, imponendo il potenziale di terra, e consentendo così di schermare completamente i campi elettrici. Nel caso in cui gli effetti mitigatori delle schermature non dovessero risultare idonee, verranno adottate idonee misure di protezione e prevenzione.

Per quanto riguarda il campo di induzione magnetica, la principale sorgente di emissione è data dalle stesse correnti in ingresso e in uscita dal quadro MT di cabina, e in caso di presenza di trasformatore di potenza MT/BT dalla corrente erogata lato BT.

In base al DM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

1. *Cabine Primarie*, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
2. *Cabine Secondarie*, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1 del DM 29.05.08) applicando la seguente relazione :

$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0.5241} \cdot \sqrt{I}$$

Nel caso di cabina secondaria tipo box di dimensioni maggiori, di circa 5.6 m x 2.4 m, altezza 2.4 m, valgono gli stessi valori di DPA finora adottati per il box con dimensioni minori.

Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la DPA da considerare è quella della linea MT entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una "box", la DPA va calcolata con la formula di cui sopra (§ 5.2.1. dell'Allegato al D.M. 29 maggio 2008). Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore.

Per Cabine differenti dallo standard "box" o similare sarà previsto il calcolo puntuale, da applicarsi caso per caso.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

In particolare, nel caso in esame, si può tenere in considerazione la seguente formula, più cautelativa, fornita dalla norma CEI 106-12, per il calcolo della DPA:

$$DPA = \sqrt{\frac{0.346 \cdot I \cdot D}{B}}$$

Con:

- DPA: Distanza di prima approssimazione [m]
- I: Corrente circolante nei conduttori [A]
- D: Distanza tra le fasi [m]
- B: Induzione magnetica [μ T]

All'interno della cabina di smistamento/parallelo si sono considerate come sorgente di emissione le stesse correnti in ingresso e in uscita dal quadro MT, in quanto il trasformatore di potenza S.A. MT/BT è utilizzato solo per l'alimentazione dei servizi ausiliari.

La massima corrente BT, considerando un trasformatore della potenza di 100 kVA, è pari a 145 A; mentre la massima corrente MT in uscita verso la sezione MT del trasformatore elevatore MT/AT è pari a 911 A.

Considerando che quest'ultimo collegamento è previsto in cavo con sezione/formazione 3x(4x1x300) mm², e considerando un diametro esterno equivalente pari a 196 mm, applicando la suddetta formula, si ottiene una DPA pari a 5 m, arrotondata per eccesso al mezzo metro superiore. L'andamento dell'induzione in funzione della distanza è rappresentato nella figura di seguito.

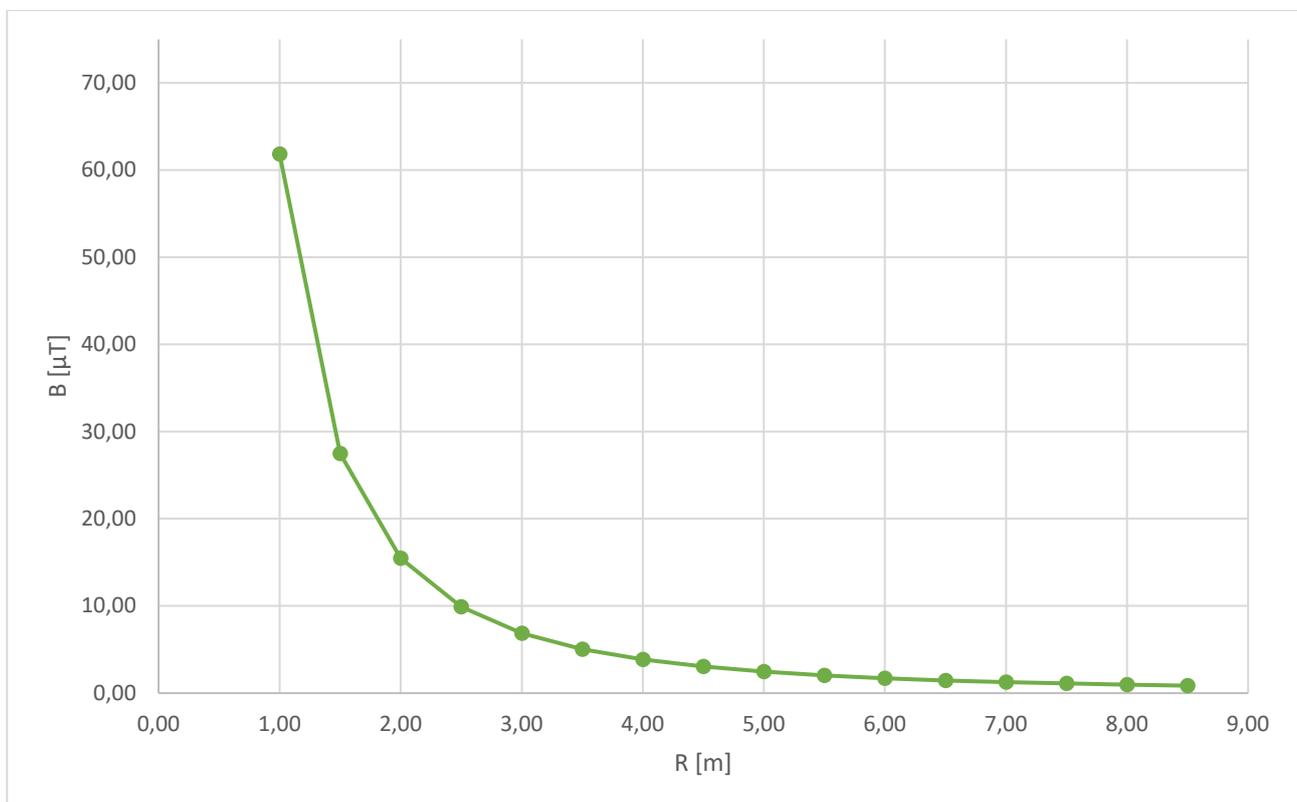


Figura 1 - Induzione funzione della distanza in cabina MT di SSEU utenza

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Ai fini della protezione dei lavoratori dal rischio di esposizione, si è fatto riferimento alla Scheda S.1 della Guida CEI 106-45:

TIPOLOGIA SORGENTE - APPARATO	LUOGHI DI LAVORO	CARATTERISTICHE E DESCRIZIONE
<p style="text-align: center;">ELETTRODOTTI</p> <p style="text-align: center;">OPERANTI ALLA FREQUENZA DI RETE (50 Hz)</p>   	<p>A. LUOGHI ACCESSIBILI ESCLUSIVAMENTE A LAVORATORI ADDETTI</p> <p><i>(esposizione di carattere professionale)</i></p>	<p>Rientrano nella fattispecie degli elettrodotti i seguenti impianti: linee elettriche, sottostazioni e cabine di trasformazione (Legge 22 febbraio 2001, n.36 [3])</p> <ul style="list-style-type: none"> Luoghi accessibili esclusivamente a lavoratori esposti per motivi professionali, ad es. addetti che debbano svolgere specifiche attività lavorative (ad esempio attività di controllo e manutenzione impianti) e solo in relazione allo svolgimento delle stesse. L'esposizione può superare i limiti di esposizione per la popolazione di cui al DPCM 8/7/2003 BF [5] (Cfr. 8.2). Devono essere rispettati i limiti stabiliti nel TUS, Allegato XXXVI, Parte II [1] (Cfr. Tabella 3 e Tabella 4 della presente Guida CEM). <p>I lavoratori esposti ai CEM per motivi di carattere professionale, in relazione allo svolgimento di specifiche attività lavorative, devono essere sottoposti a sorveglianza sanitaria e ricevere una formazione ed eventuale addestramento in relazione al rischio specifico.</p>
	<p>B. LUOGHI ACCESSIBILI AL PUBBLICO</p> <p><i>(esposizioni di carattere NON professionale)</i></p>	<p>Luoghi accessibili anche a lavoratori non esposti per ragioni di carattere professionale o a visitatori esterni (popolazione). L'esposizione deve essere contenuta entro le restrizioni per l'esposizione della popolazione fissate dalla legislazione nazionale vigente (DPCM 8/7/2003 BF) (Cfr. 8.2).</p> <p>PERMANENZE < 4 ORE</p> <ul style="list-style-type: none"> L'esposizione deve essere contenuta entro il limite di esposizione per la popolazione fissato dal DPCM 8/7/2003 BF, ma può superare il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità. <p>PERMANENZE ≥ 4 ORE</p> <p>In un luogo adibito a permanenze non inferiori alle 4 ore giornaliere di pubblico o lavoratori non esposti per motivi di carattere professionale, in base alle definizioni del DPCM 8/7/2003 BF, si possono verificare le seguenti situazioni:</p> <p>EDIFICIO O ELETTRODOTTI PRECEDENTI alla data del 08.07.2003: l'esposizione deve essere contenuta entro il limite di esposizione e il valore di attenzione fissati dal DPCM 8/7/2003 BF;</p> <p>EDIFICIO O ELETTRODOTTI SUCCESSIVI alla data del 08.07.2003: l'esposizione deve essere contenuta entro il limite di esposizione e l'obiettivo di qualità fissati dal DPCM 8/7/2003 BF.</p>

Scheda S.1

Scheda S.1 Norma CEI 106-45 - Guida alla valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza derivante dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro - Elettrodotti operanti a frequenza di rete

Considerando che la cabina in oggetto insiste su luoghi accessibili esclusivamente agli addetti ai lavori, l'esposizione può superare i limiti per la popolazione di cui al DPCM 8 luglio 2003. Tuttavia, per la protezione dei lavoratori dal rischio di esposizione, è necessario rispettare i Limiti di Azione esposizione stabiliti dal D. Lgs 159/2016, di seguito riportati:

Intervallo di frequenza	VA (B) inferiori per l'induzione magnetica [μT] (valori RMS)	VA (B) superiori per l'induzione magnetica [μT] (valori RMS)	VA (B) per l'induzione magnetica per esposizione localizzata degli arti [μT] (valori RMS)
$1 \leq f < 8 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^5 / f^2$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$8 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,5 \times 10^4 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$25 \leq f < 300 \text{ Hz}$	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$3,0 \times 10^3 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Tabella 12 - VA per i campi magnetici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz (D.Lgs. 159/2016)

Nota la frequenza di esercizio dell'impianto, pari a 50 Hz, si ottiene:

- VA(B)inf = $1,0 \times 10^3 = 1.000 \text{ } [\mu\text{T}]$
- VA(B)sup = $3,0 \times 10^5 / 50 = 6000 \text{ } [\mu\text{T}]$
- VA(B) = $9,0 \times 10^5 / 50 = 18.000 \text{ } [\mu\text{T}]$ (per esposizione localizzata degli arti)

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Come si può osservare in Figura 1 per distanze al di sotto del metro, il valore di induzione magnetica risulta notevolmente inferiore ai limiti previsti dal D.Lgs. 159/2016.

Ciò nonostante, i lavoratori esposti ai CEM per motivi di carattere professionale, in relazione allo svolgimento delle specifiche attività lavorative, verranno sottoposti a sorveglianza sanitaria e riceveranno una formazione ed addestramento in relazione al rischio specifico.

Tuttavia, per la protezione dei lavoratori dal rischio di esposizione è necessario rispettare i Limiti di Azione esposizione (induzione) stabiliti dal D.Lgs 159/2016.

Considerando che la cabina è parte integrante della SSEU MT/AT di utenza, realizzata all'interno di un sito privato, non accessibile al personale non autorizzato all'accesso e intercluso alla libera circolazione, si può affermare che i livelli di emissione non costituiscono pericoli per la popolazione.

8.3 Linee trasmissioni dati

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio ed alla trasmissione dati possono essere trascurati, essendo le linee dati realizzate normalmente in cavo schermato.

8.4 Linee elettriche in media tensione

L'impianto prevede la realizzazione di elettrodotti in cavo MT eserciti a 30 kV, al fine di collegare in entrata gli aerogeneratori, suddivisi in 4 gruppi. Per ciascuno dei 4 gruppi verrà individuato un nodo di partenza di una linea dorsale, che collegherà gli aerogeneratori al quadro di smistamento/parallelo MT in SSEU.

Tali cavidotti rappresentano la principale fonte di emissione ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica.

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei conduttori in esame e della disposizione geometrica degli stessi.

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Le principali caratteristiche delle linee MT vengono riportate in Tabella 13.

Dorsale	Partenza-Arrivo Linea	Potenza [kW]	Corrente [A]	Lunghezza [km]	Sezione [mm ²]
L1	WTG1 – WTG2	4500	91,161	1,135	3x1x185
	WTG2 - SSEU	9000	182,321	25,984	3x1x630
L2	WTG3 – WTG4	4500	91,161	1,266	3x1x185
	WTG4 - SSEU	9000	182,321	22,791	3x1x500
L3	WTG5 – WTG6	4500	91,161	2,686	3x1x240
	WTG6 – WTG7	9000	182,321	4,273	3x1x400
	WTG7 - SSEU	13500	273,482	14,485	3x1x630
L4	WTG8 – WTG9	4500	91,161	4,705	3x1x240
	WTG9 – WTG10	9000	182,321	4,342	3x1x300
	WTG10 – SSEU	13500	273,482	8,339	3x1x400

Tabella 13 - Caratteristiche linee MT di collegamento tra gli aerogeneratori e delle dorsali

I cavidotti saranno posati in parte in sede propria e in parte in sede stradale di tipo comunale e provinciale. La posa dei cavi sarà a trifoglio; la profondità di interramento sarà di 1.20 m. Si procederà all'apertura di una

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

sezione di scavo di larghezza pari a 70 cm circa ed altezza media 1.20 m posando i cavi all'interno della fossa di scavo a distanza reciproca di 30 cm. Il rinterro sarà eseguito in calcestruzzo magro per un'altezza complessiva di 60 cm prevedendo in sommità una piastra di protezione in c.a.v. mentre, la chiusura dello scavo sino alla sede stradale avverrà con materiale inerte. Si prevede nel pacchetto di materiale costituente il riempimento dello scavo, in posizione centrale, la disposizione di un nastro in PVC che segnala la presenza di linea elettrica in alta tensione (Figura 2).

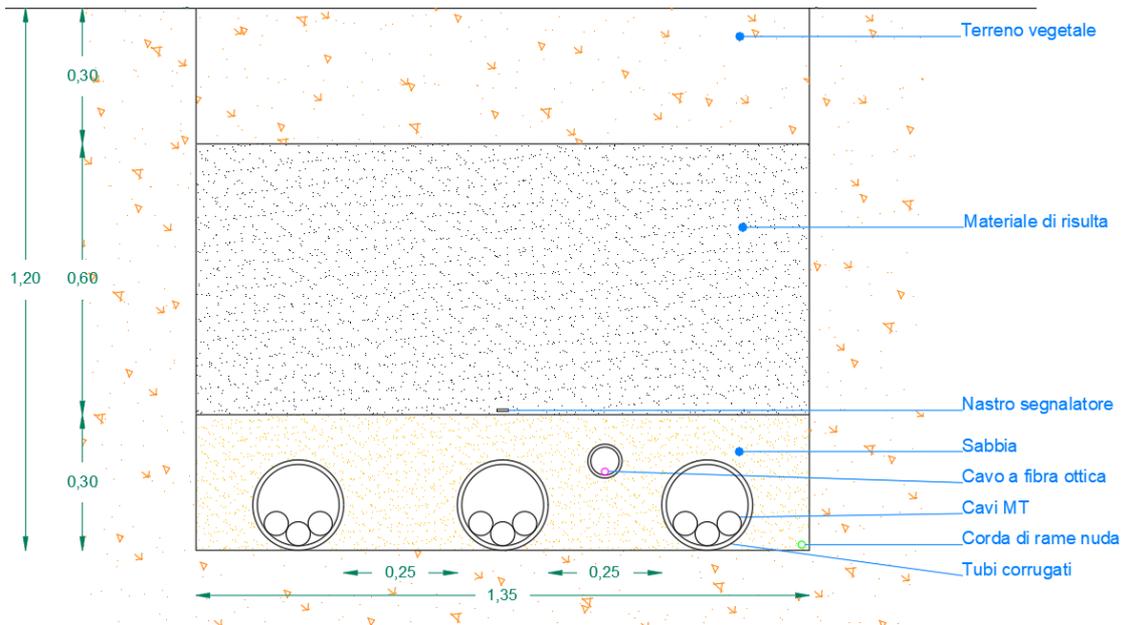


Figura 2 - Sezione tipica di interrimento cavi MT

La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario.

In relazione all'esposizione dei lavoratori ai campi elettrici generati dalle linee elettriche di media tensione elettrificate a 30 kV in corrente alternata a frequenza industriale, ai sensi della Norma CEI EN 50499 esse sono classificabili come sorgenti giustificabili, ovvero conformi a priori ai livelli di riferimento per l'esposizione della popolazione di cui alla Raccomandazione 1999/519/CE.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

*Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos*

Luoghi e apparecchiature conformi a priori	
Tipo di apparecchiatura/luogo	Note
Luoghi di lavoro accessibili al pubblico	Sono ritenuti conformi i luoghi di lavoro aperti al pubblico che rispettano i limiti di esposizione indicati nella Raccomandazione del Consiglio Europeo 1999/519/EC (ad esempio a 50 Hz il limite di induzione magnetica è di 100 μ T)
Uso di apparecchiature a bassa potenza (così come definite dalla norma EN 50371: con emissione di frequenza 10 MHz + 300 GHz e potenza media trasmessa fino a 20 mW e 20 W di picco), anche in assenza di marcatura CE	Non sono comprese le attività di manutenzione
Uso di apparecchiatura con marcatura CE valutata utilizzando le norme armonizzate per la protezione dai CEM. L'elenco delle norme, che è comunque in frequente aggiornamento, è indicato nell'allegato C della norma EN 50499:	<p>L'apparecchiatura deve essere installata e utilizzata in conformità alle istruzioni del costruttore.</p> <p>Non sono comprese le attività di manutenzione che vanno valutate separatamente.</p> <p>Il datore di lavoro deve verificare sul libretto di uso e manutenzione che l'attrezzatura sia dichiarata conforme alla pertinente norma di prodotto.</p> <p>Non tutte le apparecchiature con marcatura CE sono però state valutate ai fini della protezione dai CEM, e può essere necessario raccogliere informazioni, ad esempio dal costruttore o dal fornitore, sulla valutazione dell'apparecchiatura.</p> <p>Non è comunque necessaria la valutazione rispetto alle norme per la protezione dai CEM per tutte le apparecchiature con la marcatura CE. Inoltre, per alcune apparecchiature e installazioni non è richiesta la marcatura CE.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ EN 50360: telefoni cellulari; ▪ EN 50364: sistemi di identificazione (RFID) e antitaccheggio (EAS); ▪ EN 50366: elettrodomestici; ▪ EN 50371: norma generica per gli apparecchi elettrici ed elettronici di bassa potenza; ▪ EN 50385: stazioni radio base e stazioni terminali fisse per sistemi di telecomunicazione senza fili; ▪ EN 50401: apparecchiature fisse per trasmissione radio (110 MHz - 40 GHz) destinate a reti di telecomunicazione senza fili; ▪ EN 60335-2-25: forni a microonde e forni combinati per uso domestico e similare; ▪ EN 60335-2-90: forni a microonde per uso collettivo 	

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Uso di apparecchiatura immessa nel mercato europeo in conformità alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE, che non richiede marcatura CE	Alcune apparecchiature immesse nel mercato europeo possono anche essere conformi alla Raccomandazione Europea 1999/519/EC pur non avendo ricevuto il marchio CE, per esempio, se fanno parte di un impianto (vedi punto precedente)
Apparecchiature di illuminazione (lampade)	Escluse le illuminazioni speciali alimentate in RF
Computer e apparecchiature IT	
Apparecchiature da ufficio	I dispositivi per la cancellazione in blocco di nastri magnetici possono necessitare di ulteriori valutazioni
Telefoni mobili (cellulari, ecc.) e cordless (DECT, ecc.)	
Radio ricetrasmettenti	Solo quelle con potenze medie inferiori a 20 mW
Basi per telefoni DECT e reti Wlan (es. Wi-Fi)	Limitatamente alle apparecchiature destinate all'utilizzo da parte della popolazione
Apparecchiature e reti di comunicazione escluse quelle wireless	
Apparecchi elettrici portatili e trasportabili	Ad esempio conformi alle EN 60745-1 e EN 61029-1 inerenti la sicurezza degli utensili a motore trasportabili
Apparecchiature portatili per riscaldamento (escluso il riscaldamento a induzione e dielettrico)	Ad esempio conformi alla EN 60335-2-45 (es. pistole per colla a caldo)
Caricabatterie	Trattati nel campo di applicazione della norma EN 60335-2-29 la quale tratta i caricabatteria per il normale uso domestico e quelli destinati all'utilizzo in garage, nei negozi, nell'industria leggera e nelle aziende agricole
Attrezzature elettriche per il giardinaggio	
Apparecchiature audio e video	Alcuni particolari modelli che fanno uso di trasmettitori radio nelle trasmissioni radio/TV possono necessitare di ulteriori valutazioni

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

*Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos*

Apparecchiature portatili a batteria esclusi i trasmettitori a radiofrequenza	
Apparecchiature elettriche per il riscaldamento di locali	Esclusi i riscaldatori a microonde
Tutte le apparecchiature non elettriche e di conseguenza tutte le attività che si svolgono unicamente in ambienti privi di impianti e apparecchiature elettriche e di magneti permanenti	
<p>Reti di alimentazione elettrica (50 Hz) nei luoghi di lavoro e circuiti di distribuzione e trasmissione dell'elettricità che attraversano o sorvolano il luogo di lavoro. Le esposizioni ai campi elettrici e magnetici vanno considerate separatamente.</p> <p>I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi magnetici:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ tutte le installazioni elettriche con un valore nominale della corrente di fase non superiore a 100 A; ▪ tutti i circuiti singoli all'interno di un'installazione, con un valore nominale della corrente di fase non superiore a 100 A; ▪ tutti i circuiti i cui conduttori sono vicini e hanno una corrente netta non superiore a 100 A; ▪ sono compresi tutti i componenti delle reti che soddisfano i criteri precedenti (inclusi i cablaggi, le apparecchiature di manovra, i trasformatori, ecc.); ▪ tutti i conduttori aerei nudi. <p>I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi elettrici:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ tutti i circuiti di cavi sotterranei o isolati, con qualsiasi tensione nominale ▪ tutti i circuiti aerei nudi con tensione nominale non superiore a 100 kV, o le linee aeree non superiori a 125 kV che sorvolano il luogo di lavoro, o di qualsiasi 	<p>I criteri qui riportati per dimostrare la conformità ai limiti di esposizione nel luogo di lavoro sono basati sulla dimostrazione che le esposizioni sono inferiori ai limiti minimi della Raccomandazione CE (1999) sulle esposizioni EMF per la popolazione. Tali criteri sono sufficienti a dimostrare la conformità per la maggior parte dei luoghi di lavoro.</p> <p>I criteri di valutazione basati direttamente sui limiti di esposizione della Direttiva CE per il luogo di lavoro, sono indicati nell'Allegato F (vedi capitolo 14) della norma EN 50499. Essi utilizzano 500 A al posto di 100 A, 200 kV invece di 100 kV e 250 kV invece di 125 kV. Le liste di controllo indicate nell'allegato F della norma (vedi capitolo 14) possono quindi essere utilizzate per dimostrare la conformità ai campi magnetici ed elettrici in qualsiasi luogo di lavoro.</p>

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

tensione se il luogo di lavoro è all'interno.	
Strumentazione e apparecchiature di misura e controllo	
Elettrodomestici	Sono inclusi anche gli elettrodomestici professionali, come piani cottura, lavabiancheria, forni a microonde, ecc., utilizzati in ristoranti, negozi, ecc. I piani cottura professionali a induzione sono esclusi e necessitano di ulteriori valutazioni
Computer e terminali IT con comunicazioni wireless	Esempi sono: WLAN (es WI-FI), WMAN (es WIMAX), bluetooth e tecnologie analoghe, limitatamente all'utilizzo da parte della popolazione
Trasmettitori a batteria	Limitatamente alle apparecchiature destinate all'utilizzo da parte della popolazione
Antenne di stazioni radio base	Un'ulteriore valutazione è importante solo qualora i lavoratori possano avvicinarsi all'antenna più della distanza di sicurezza stabilita per l'esposizione del pubblico
Tutte le apparecchiature mediche che, nei luoghi di lavoro medici, non irradiano intenzionalmente con esposizione elettromagnetica o applicazione di correnti	
Tutti i luoghi di lavoro interessati dalle emissioni di sorgenti CEM autorizzate ai sensi della normativa nazionale per la protezione della popolazione, con esclusione delle operazioni di manutenzione o altre attività svolte a ridosso delle sorgenti o sulle sorgenti stesse	Il datore di lavoro deve verificare se è in possesso di autorizzazione in base alla legge 36/2001 e relativi decreti attuativi (DPCM 08/07/03) oppure richiedere all'ente gestore una dichiarazione del rispetto della legislazione nazionale in materia

Tabella 14 - Elenco delle sorgenti giustificabili (Tabella 1 della Norma CEI EN 50499)

Le linee elettriche con correnti superiori a 100 A rientrano tra le sorgenti non conformi a priori ai sensi della Norma CEI EN 50499, per cui sono necessarie ulteriori misure o approfondimenti.

Con riferimento alle esposizioni di carattere professionale, ai fini della verifica della conformità ai VA stabiliti dal TUS, si è fatto riferimento alla norma CEI EN 50647.

Il rispetto dei VAinf permette di prevenire le scariche elettriche nell'ambiente di lavoro.

Per i lavoratori particolarmente sensibili al rischio, in nessun caso l'esposizione dovrà superare i livelli di riferimento per l'esposizione della popolazione di cui al DPCM BF 8 luglio 2003.

Con riferimento alle esposizioni di carattere non professionale, sono state applicate le disposizioni contenute nel DPCM 8 luglio 2003 BF.

Il valore massimo dell'induzione magnetica si raggiunge al di sopra del suolo in corrispondenza dell'asse della linea, inferiore al limite fissato dal DPCM 8 luglio 2003 per la protezione della popolazione e inferiore ai limiti stabiliti dal D.Lgs. 159/2016.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Intervallo di frequenza	VA (B) inferiori per l'induzione magnetica [μ T] (valori RMS)	VA (B) superiori per l'induzione magnetica [μ T] (valori RMS)	VA (B) per l'induzione magnetica per esposizione localizzata degli arti [μ T] (valori RMS)
$1 \leq f < 8$ Hz	$2.0 \times 10^5 / f^2$	$3.0 \times 10^5 / f$	$9.0 \times 10^5 / f$
$8 \leq f < 25$ Hz	$2.5 \times 10^4 / f$	$3.0 \times 10^5 / f$	$9.0 \times 10^5 / f$
$25 \leq f < 300$ Hz	1.0×10^3	$3.0 \times 10^5 / f$	$9.0 \times 10^5 / f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3$ kHz	$3.0 \times 10^5 / f$	$3.0 \times 10^5 / f$	$9.0 \times 10^5 / f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	1.0×10^2	1.0×10^2	3.0×10^2

Tabella 15 - VA per i campi magnetici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz

Nota la frequenza di esercizio dell'impianto, pari a 50 Hz, si ottiene:

- VA(B)inf = $1.0 \times 10^3 = 1000$ [μ T]
- VA(B)sup = $3.0 \times 10^5 / 50 = 6000$ [μ T]
- VA(B) = $9.0 \times 10^5 / 50 = 18000$ [μ T] (per esposizione localizzata degli arti)

Possiamo affermare che i livelli di induzione magnetica generati, non costituiscono pericolo per la popolazione e per i lavoratori esposti.

Ai sensi della Legge 22 febbraio 2001 n.36, le linee elettriche di media tensione rientrano nella fattispecie dei cavidotti.

Le dorsali esterne di media tensione di collegamento con la Sottostazione Elettrica di Utenza, si svilupperanno in parte in sede propria e parte in sede stradale di tipo comunale e provinciale.

L'esposizione verrà contenuta entro le restrizioni per l'esposizione della popolazione fissate dalla legislazione nazionale vigente (DPCM 8 luglio 2003 BF).

In caso di permanenza non superiore a 4 ore, l'esposizione verrà contenuta entro il limite di esposizione per la popolazione fissato dal DPCM 8 luglio 2003 BF, ma può superare il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità.

In caso di permanenza superiore a 4 ore, in base alle disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 BF, considerando che l'elettrodotto è successivo alla data del 08.07.2003 l'esposizione sarà contenuta entro il limite di esposizione e l'obiettivo di qualità di 3 μ T.

8.4.1 Calcolo delle fasce di rispetto delle linee MT

La fascia di rispetto è lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, 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 ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità. All'interno di essa non devono restare per più di 4 ore le persone.

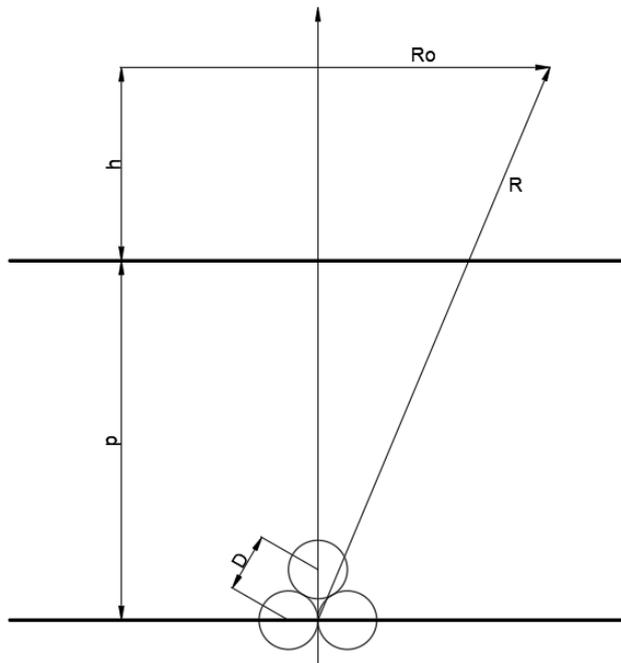
Lo schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio, oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità, è rappresentato in Figura 3.

Per il calcolo della fascia di rispetto sono utilizzate le formule analitiche approssimate (Figura 3), come stabilito dalla normativa CEI 106-11 per cavi unipolari posati a trifoglio (interrati).

La seconda formula di Figura 3, rappresenta la formula semplificata per il calcolo diretto della distanza orizzontale R_0 dall'asse della linea al livello del suolo ($h=0$), oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore dei 3 μ T.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos



$$B = 0.1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{D \cdot I}{R^2}$$

$$Ro = \sqrt{0.082 \cdot D \cdot I - p^2}$$

B: induzione magnetica [μT]

R: distanza dall'asse del cavidotto [m]

I: corrente circolante nei conduttori [A]

D: diametro esterno del conduttore [m]

Ro: distanza orizzontale dall'asse del cavidotto

p: profondità di interramento dei cavi [m]

h: altezza dal suolo [m]

Figura 3 - Schematizzazione e formule per calcolo fascia di rispetto (CEI 106-11)

Di seguito si riportano i dati riguardanti le linee MT a 30 kV, interrate ad una profondità di 1.2 m, con l'obiettivo di confrontare l'effettiva curva di livello $B = 3 \mu\text{T}$, valutata con il modello normalizzato CEI, con la circonferenza di raggio R sopra citata.

Gruppo linea	Partenza-Arrivo Linea	Corrente [A]	Sezione [mm ²]	Diametro conduttore [mm]	Distanza R (B=3 μT) [m]	Distanza Ro (B=3 μT) [m]	Distanza Ro arrotondata [m]
Gruppo 1	WTG1 - WTG2	91.161	3x1x185	45,8	0.584	-	-
	WTG2 - SSEU	182.321	3x1x630	63.4	0.972	-	-
Gruppo 2	WTG3 - WTG4	91.161	3x1x185	45.8	0.584	-	-
	WTG4 - SSEU	182.321	3x1x500	57.7	0.928	-	-
Gruppo 3	WTG5 - WTG6	91.161	3x1x240	49	0.604	-	-
	WTG6 - WTG7	182.321	3x1x400	57.6	0.927	-	-
	WTG7 - SSEU	273.482	3x1x630	63.4	1.191	-	-
Gruppo 4	WTG8 - WTG9	91.161	3x1x240	49	0.604	-	-
	WTG9-WTG10	182.321	3x1x300	51.5	0.876	-	-
	WTG10 - SSEU	273.482	3x1x400	57.6	1.135	-	-

Tabella 16 - Fasce di rispetto per terne di cavi interrati MT

Si noti come il valore corrispondente all'obiettivo di qualità, per l'induzione magnetica (3 μT), venga raggiunto a una distanza di per sé inferiore alla profondità di posa di 1.2 m. I grafici a seguire rappresentano, per ogni gruppo di cavidotti indicati in Tabella 16, l'andamento dell'induzione in funzione della distanza Ro al suolo rispetto all'asse del cavidotto.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

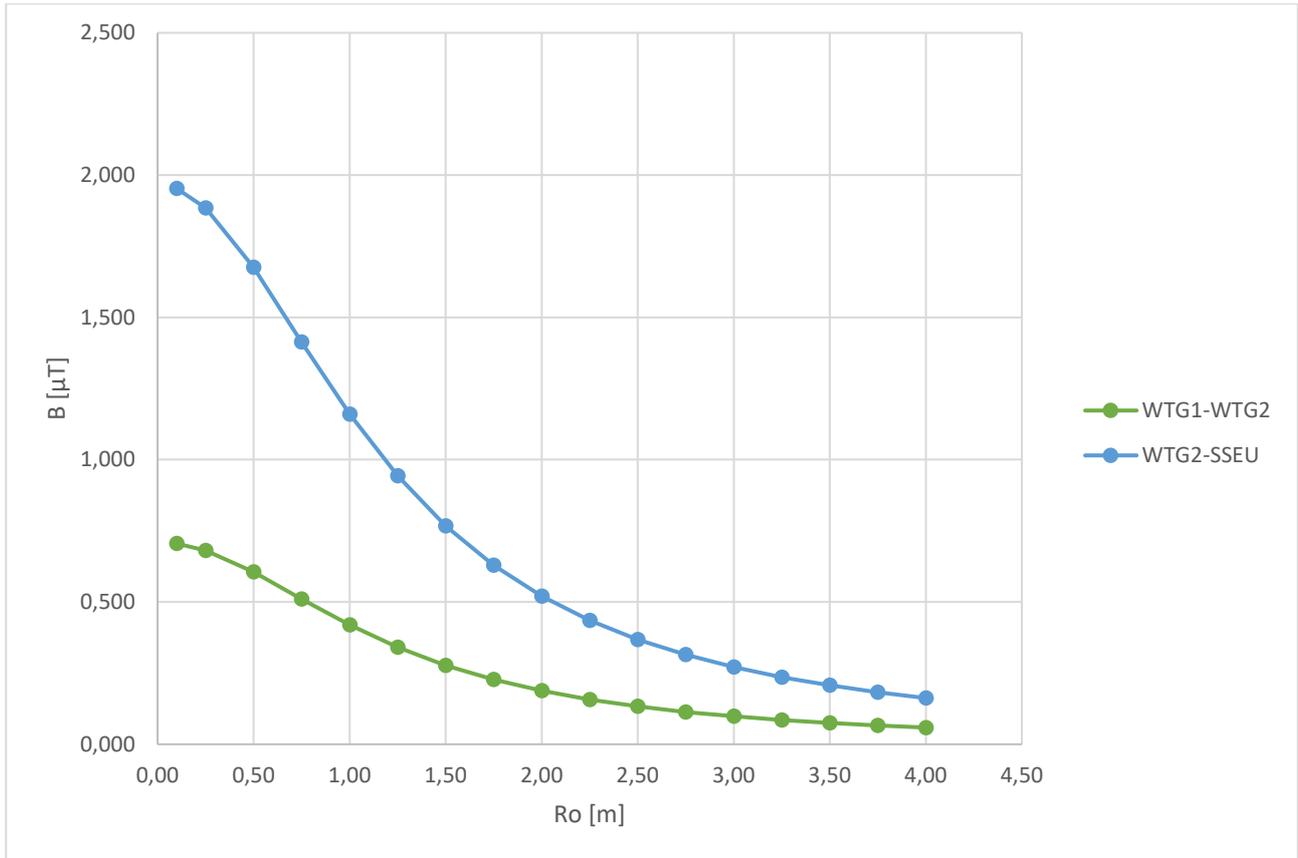


Figura 4 - Induzione funzione della distanza al suolo dall'asse del cavidotto. Gruppo 1

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

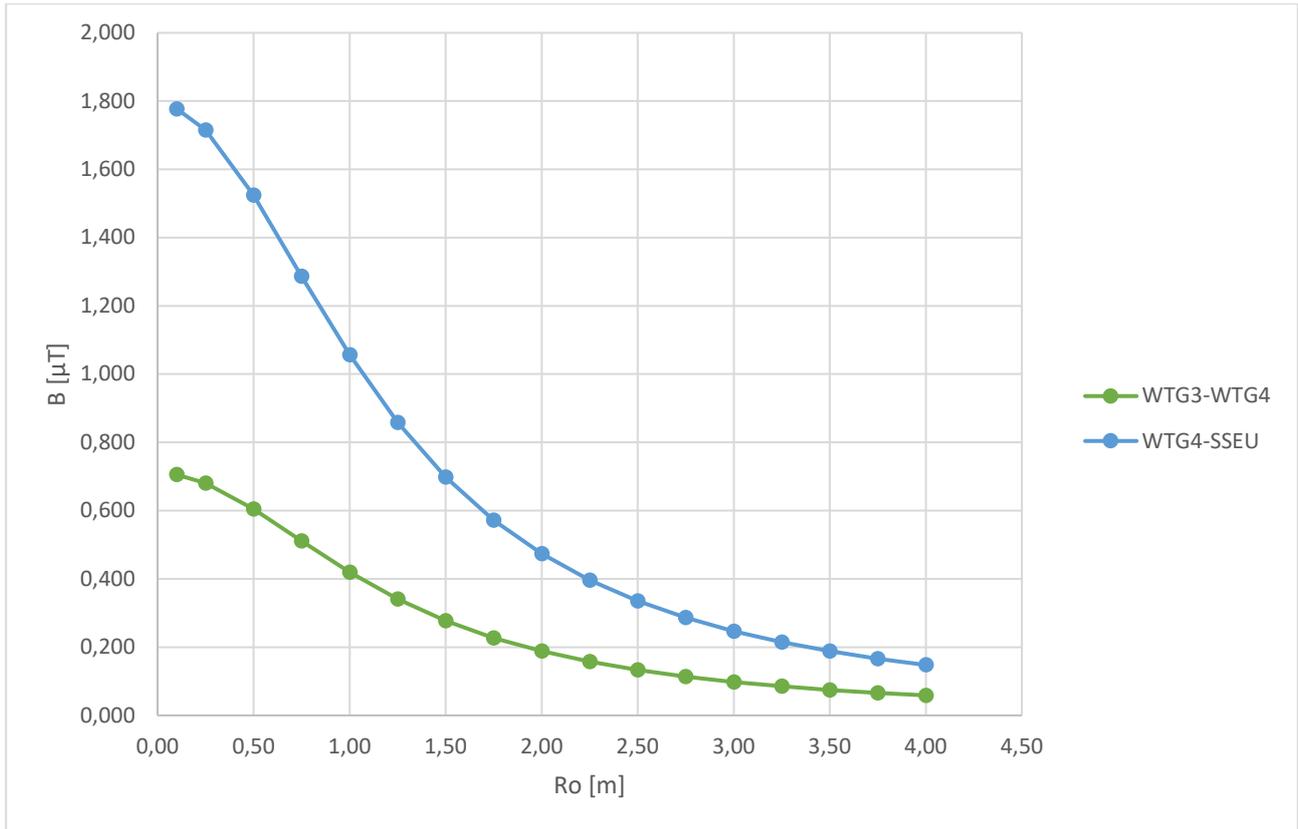


Figura 5 - Induzione funzione della distanza al suolo dall'asse del cavidotto. Gruppo 2

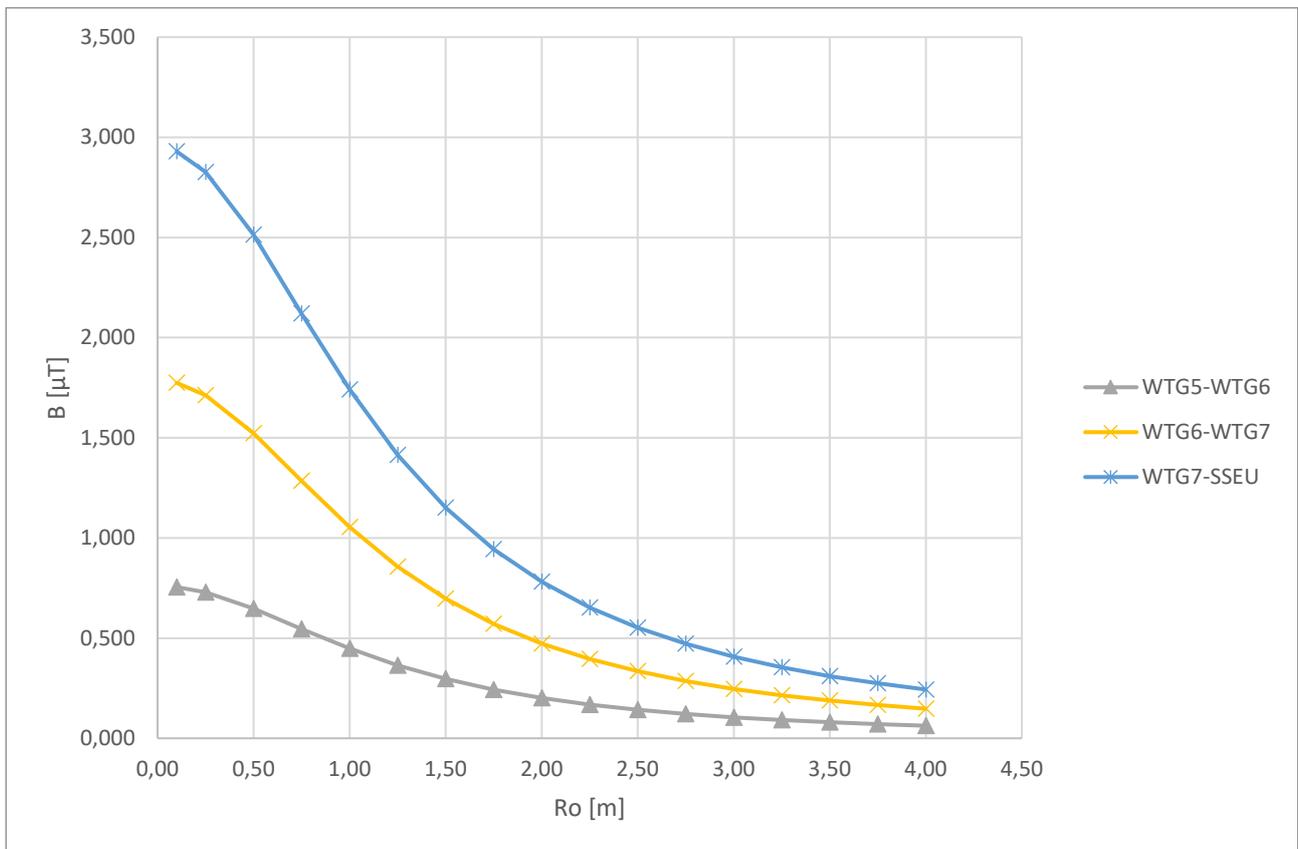


Figura 6 - Induzione funzione della distanza al suolo dall'asse del cavidotto. Gruppo 3

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

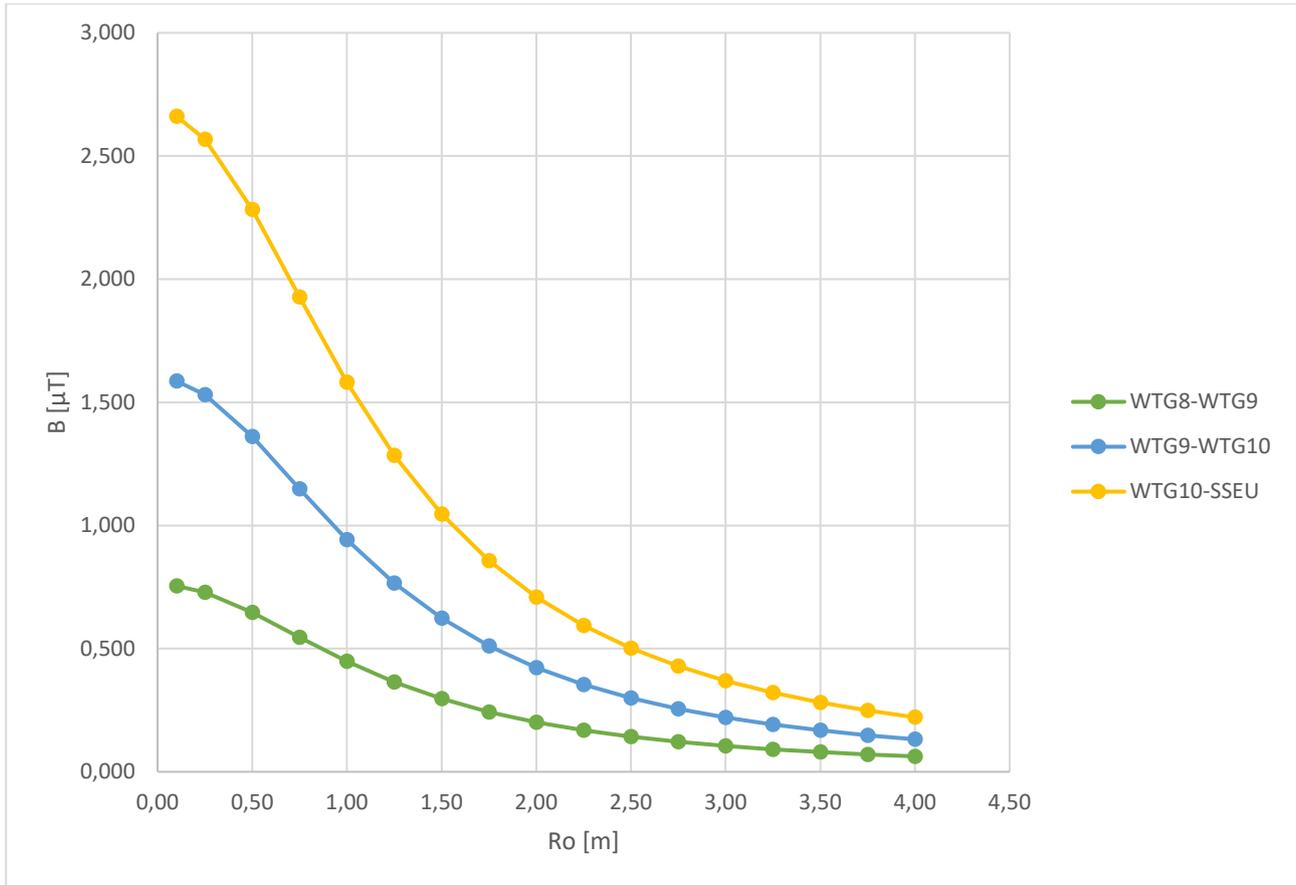


Figura 7 - Induzione funzione della distanza al suolo dall'asse del cavidotto. Gruppo 4

In Figura 8 è rappresentato l'andamento dell'induzione in funzione della distanza al suolo dall'asse del cavidotto in corrispondenza della parte di cavidotto contenente tutte e 4 le linee dorsali MT. L'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$) viene raggiunto, su ambo i lati dell'asse del cavidotto, ad una distanza di circa 2.5 m.

Per maggiori precauzioni, si approssima tale valore al mezzo metro superiore, ottenendo una fascia di rispetto pari a 3 m.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

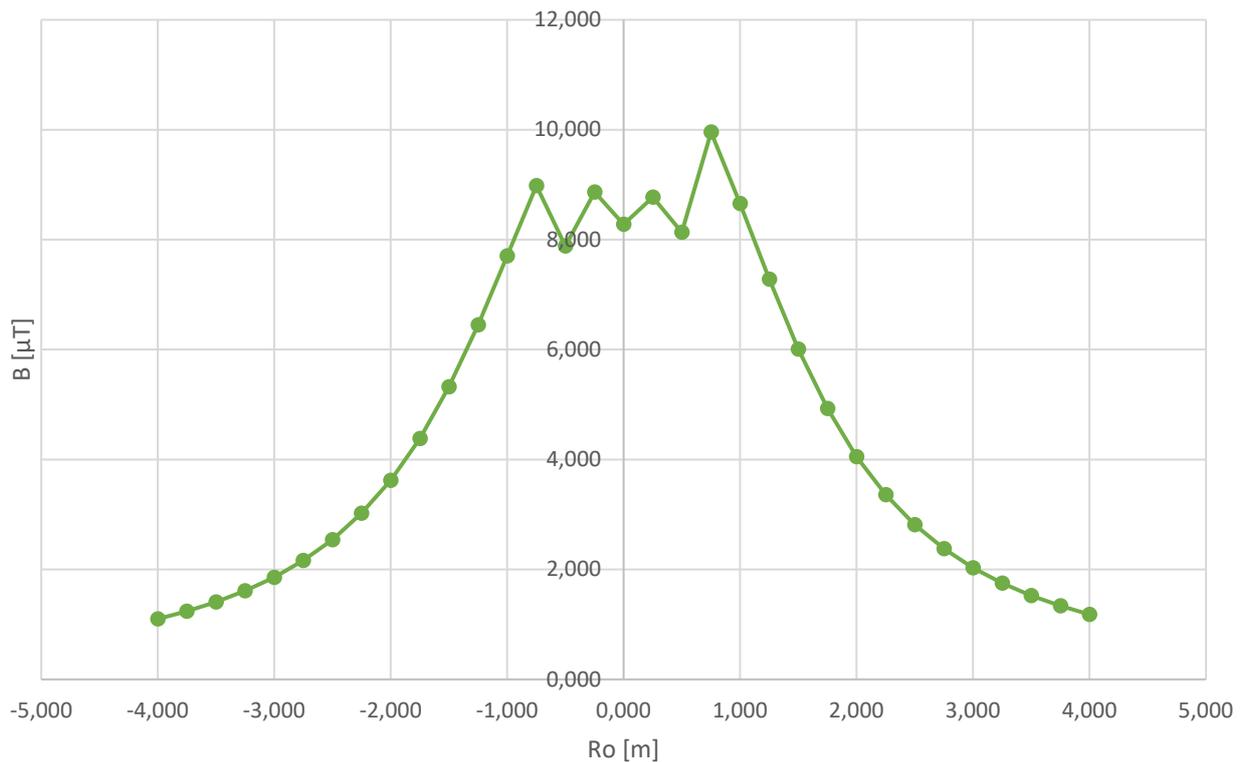


Figura 8 - Induzione funzione della distanza al suolo dall'asse del cavo. Elettrodotto MT delle 4 linee dorsali

I valori di campo magnetico calcolati non tengono conto delle schermature adoperate in fase di progettazione sui conduttori elettrici. Inoltre, l'utilizzo di cavi cordati ad elica garantisce un'ulteriore e significativa riduzione del campo magnetico indotto dai conduttori.

Per una maggiore sicurezza, in caso di cedimento dello schermo, è tuttavia meglio rispettare tali valori calcolati di fasce di rispetto.

8.5 Linee elettriche in alta tensione

La SSEU sarà collegata in antenna tramite elettrodotto interrato alla SE TERNA "PARTANNA 3".

Al fine di ottimizzare l'infrastruttura di rete nella stazione di utente è stato previsto un sistema di sbarre AT per condividere con altri produttori lo stallo di linea, prevedendo una potenza complessiva in immissione nella rete TERNA di circa 300 MW.

Il collegamento AT tra lo "stallo linea" in Stazione Utente e lo "stallo produttore" in SE stazione RTN sarà realizzato da un elettrodotto interrato costituito da una terna di cavi unipolari a 220 kV in rame posati a trifoglio ad una profondità di circa 1,70 m.

8.5.1 Ipotesi di calcolo

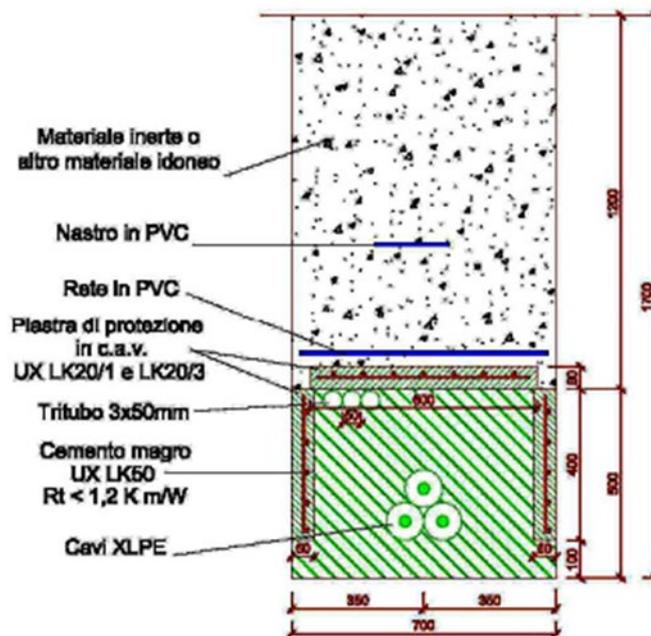
I calcoli eseguiti tengono conto di una terna di cavi prevedendo una configurazione di posa all'interno di una trincea profonda 1,70 m.

L'andamento risultante dei campi è stato calcolato in base alle seguenti ipotesi:

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

- N. 1 elettrodotto interrato a tensione 220 kV;
- N. 1 conduttore per fase con isolamento estruso;
- Valore nominale della tensione 220 kV;
- Sezione del conduttore: 2.500 mm²;
- Valore della mediana della corrente: non conosciuto
- Portata estiva 1.750 A;
- Portata invernale 1.750 A;
- Profondità di interramento 1,70 m;



In riferimento ai valori di corrente si precisa che per questo elettrodotto interrato è stato preso come riferimento il valore calcolato con il metodo riportato nelle Norme IEC 60287, ipotizzando la terna di cavi posata a trifoglio con profondità di posa 1,70 m, temperatura del terreno 20°C, resistività termica del terreno 1 K*m/W e che in regime permanente la temperatura del conduttore non superi i 90°C.

Tale ipotesi rappresenta comunque una scelta cautelativa considerato che i valori di corrente effettivamente circolanti nei cavi saranno sicuramente minori di quelli citati. Si fa notare che la disposizione dei conduttori a trifoglio è quella che, a parità di altre condizioni, minimizza il campo magnetico.

8.5.2 Campo elettrico e magnetico a frequenza industriale

L'andamento dei campi, rappresentato nei grafici e nelle tabelle di seguito riportati, sono riferiti all'asse linea sul piano di campagna in prossimità dell'elettrodotto, prevedendo una profondità dei conduttori rispetto al terreno pari a 1,70 m.

Il progetto è stato sviluppato in modo da rispettare il dettato dell'art. 4 del DPCM 08 luglio 2003 di cui alla Legge n° 36 del 22/02/2001, che impone un valore limite di qualità dei campi magnetici di 3 µT (c.d. obiettivo di qualità) da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Campo elettrico

Per i cavi interrati il campo elettrico al suolo può essere considerato nullo in quanto i cavi sono protetti da uno schermo metallico che limita quasi del tutto i suoi effetti. Il rispetto, pertanto, della normativa vigente è sempre garantito indipendentemente dalla distanza di manufatti e persone dall'elettrodotto.

Campo magnetico

Il valore di induzione magnetica è variabile in funzione dell'intensità della corrente elettrica che percorre il cavo e dal tipo di posa dello stesso.

Diversamente dal campo elettrico, il livello di mitigazione del valore di induzione magnetica dovuta alla presenza di schermi protettivi non rende il campo magnetico trascurabile, bisogna quindi calcolare il valore di campo magnetico per verificare che la configurazione ipotizzata rientri nei limiti imposti dalla normativa vigente.

La Legge n° 36 del 22/02/2001 prevede che il valore di induzione magnetica sia fornito come media dei valori assunti nell'arco di 24 ore, nelle normali condizioni di esercizio. Non essendo prevedibile l'andamento nelle 24 ore delle correnti nei cavi (che sono la causa del campo magnetico), si è preferito, prudenzialmente, eseguire i calcoli supponendo le correnti costanti in tale intervallo di tempo e corrispondenti ai valori di portata al limite termico dei conduttori.

Come già detto, si ipotizza una corrente pari a 1.750 A e di posizionare i cavi ad una profondità circa di 1,7 m.

Come si evince dalle analisi e dal grafico sotto riportato, il valore di 3 μ T (obiettivo di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003) si manifesta ad una distanza di poco superiore a 4 m dall'asse di simmetria dei conduttori.

Come già detto, nelle reali condizioni di esercizio, il valore di corrente transitante sarà certamente minore di quello considerato nei calcoli e quindi si può certamente ipotizzare che anche i valori di induzione magnetica corrispondenti saranno minori di quelli calcolati.

Fascia di rispetto

Una prima approssimazione nella determinazione delle fasce di rispetto è rappresentata dalla Distanza di Prima Approssimazione, che viene valutata in accordo a quanto disposto dal DM 29 maggio 2008, il cui allegato fissa la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

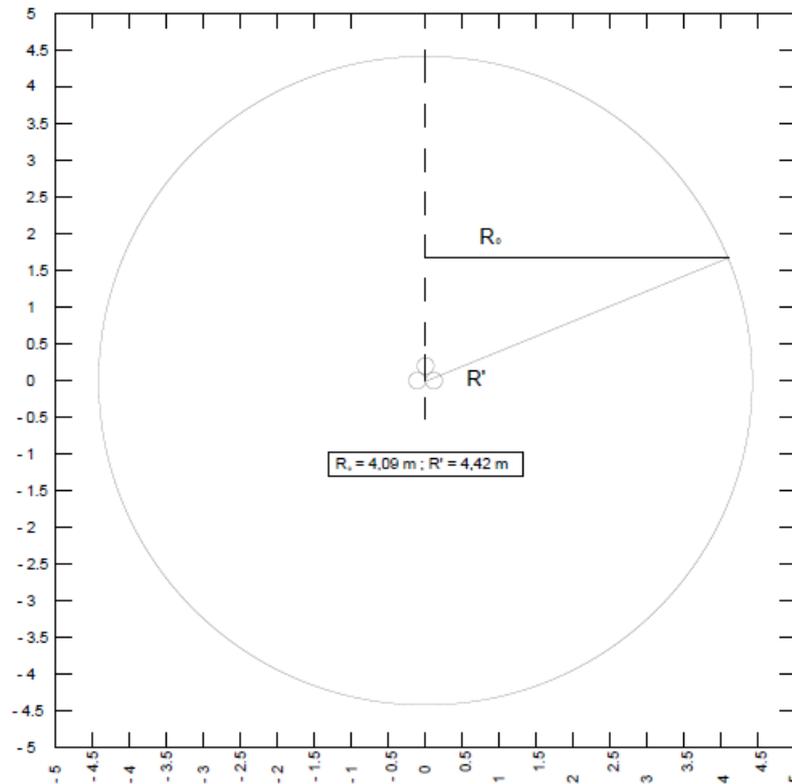


Figura 9 – Cavi AT posati a trifoglio $S=0.137\text{ m}$, $I=1750\text{ A}$

La DPA corrispondente alla fascia di rispetto dell'elettrodotto in esame risulta pari 4,42 m.

Tale valore rappresenta la fascia di rispetto entro la quale non devono sostare per più di quattro ore le persone. Sono comunque valori che non tengono conto delle schermature adoperate in fase di progettazione sui conduttori elettrici, per cui valori restrittivi ma che per una maggiore sicurezza, in caso di cedimento dello schermo, è meglio rispettare.

Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto arrotondata per eccesso all'intero superiore sia pari a 5 m per lato dall'asse del cavidotto.

Nei casi di interferenza con aree critiche, attualmente non rilevate nell'analisi preliminare, ci si riserva, in fase esecutiva, di rideterminare le fasce di rispetto nelle reali condizioni di posa ed eventualmente di adottare una schermatura supplementare dei conduttori.

8.6 Stazione elettrica di utenza 30/220 kV

La stazione elettrica sarà progettata e costruita in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003).

Si rileva che la sottostazione elettrica MT/AT una volta entrata in servizio, sarà esercitata in tele conduzione e pertanto non è prevista la presenza di personale, se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

A titolo esemplificativo, si riportano di seguito i rilievi sperimentali eseguiti nelle stazioni standard Terna con isolamento in aria, per la misura dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio.

Si può notare nel seguito come il contributo di campo elettrico e magnetico dei componenti di stazione (macchinari e apparecchiature), in corrispondenza delle vie di servizio interne, risulti trascurabile rispetto a quello delle linee entranti. Tale contributo diminuisce ulteriormente in prossimità della recinzione dove si può affermare che il campo elettrico e magnetico è principalmente riconducibile a quello dato dalle linee entranti per le quali risulta verificata la compatibilità con la normativa vigente, come riportato nel seguito.

In sintesi, i campi elettrico e magnetico alla recinzione sono pertanto riconducibili ai valori generati dalle linee entranti, aeree e/o in cavo, che sono contenuti nei valori prescritti dalla vigente normativa come si può evincere dalle rispettive trattazioni.

Valutazione e misurazione dei campi elettromagnetici

La figura seguente mostra la planimetria di una tipica stazione di trasformazione 380/132 kV di TERNA all'interno della quale è stata effettuata una serie di misure di campo elettrico e magnetico al suolo.

Nella stessa figura si fornisce l'indicazione delle principali distanze fase – terra e fase – fase, nonché la tensione sulle sbarre e le correnti nelle varie linee confluenti nella stazione, registrate durante l'esecuzione delle misure. Sono inoltre evidenziate le aree all'interno delle quali sono state effettuate le misure; in particolare, sono evidenziate le zone ove i campi sono stati rilevati per punti utilizzando strumenti portabili (aree A, B, C, e D), mentre sono contrassegnate in tratteggio le vie di transito lungo le quali la misura dei campi è stata effettuata con un'opportuna unità mobile (furgone completamente attrezzato per misurare e registrare con continuità i campi). Va sottolineato che, grazie alla modularità degli impianti della stazione, i risultati delle misure effettuate nelle aree suddette, sono sufficienti a caratterizzare in modo abbastanza dettagliato tutte le aree interne alla stazione stessa, con particolare attenzione per le zone di più probabile accesso da parte del personale.

Nella tabella che segue è riportata una sintesi dei risultati delle misure di campo elettrico e magnetico effettuate nelle aree A, B, C e D.

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con l'unità mobile, il grafico riportato illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte a 380 kV della stazione.

I valori massimi di campo elettrico e magnetico si riscontrano in prossimità degli ingressi linea a 380 kV.

In tutti i casi i valori del campo elettrico e di quello magnetico riscontrati al suolo all'interno delle aree di stazione sono risultati compatibili con i limiti di legge. A maggior ragione si evidenzia come siano quindi rispettati anche i limiti per i ricettori presenti all'esterno della stazione e prossimi ad essa.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

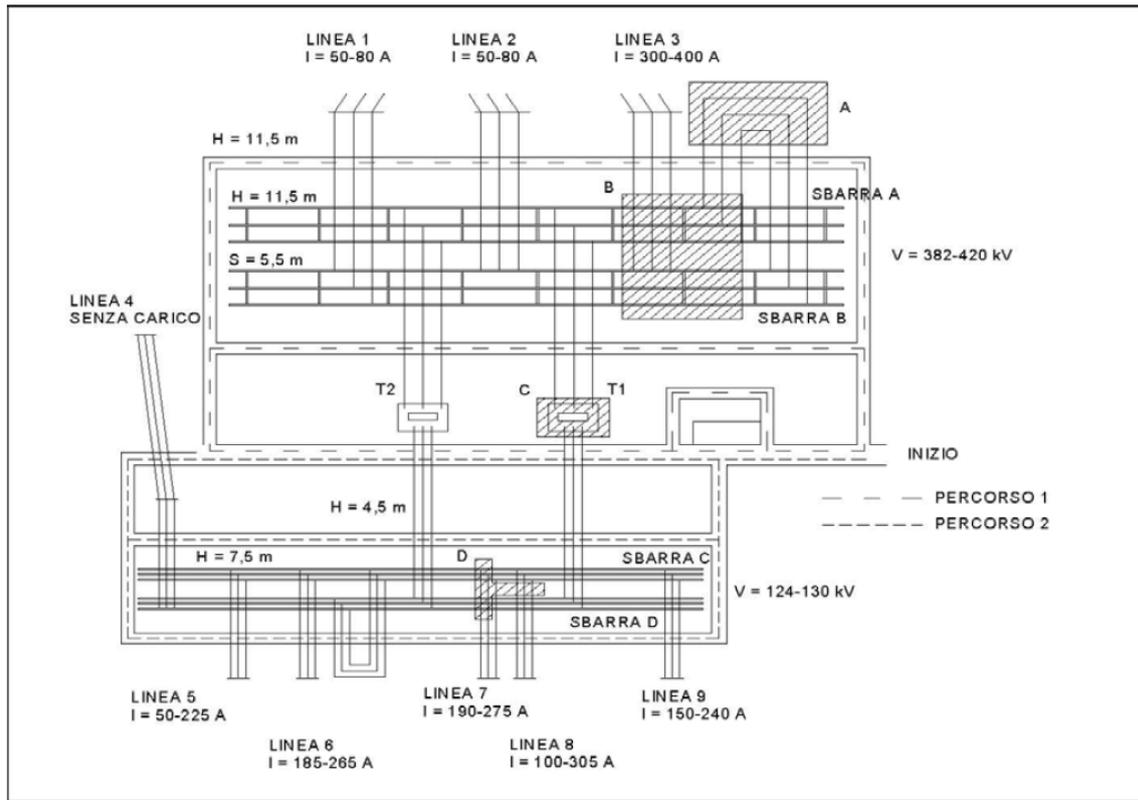


Figura 67 – Pianta di una tipica stazione 380/132 kV con l'indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H) e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante la fasi di misurazioni di campo elettrico e magnetico.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

*Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos*

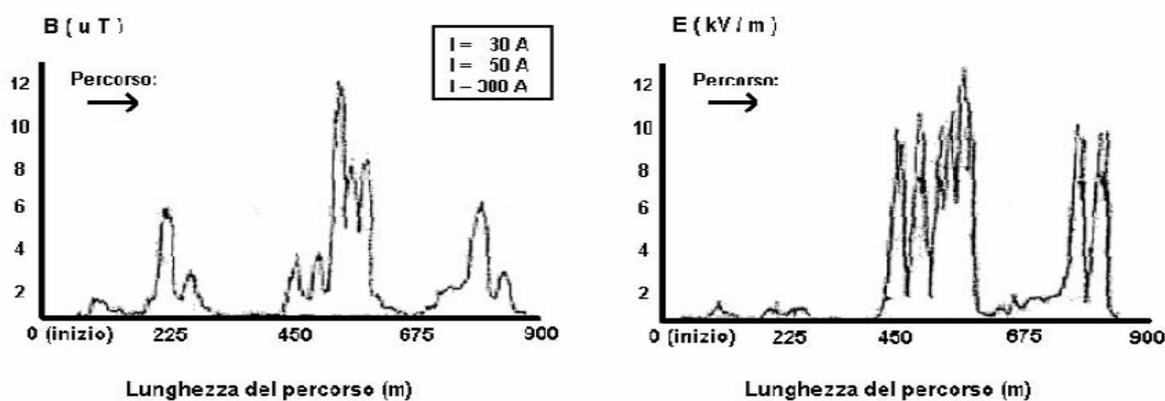


Figura 68 - Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 380 kV della stazione riportata nella figura soprastante

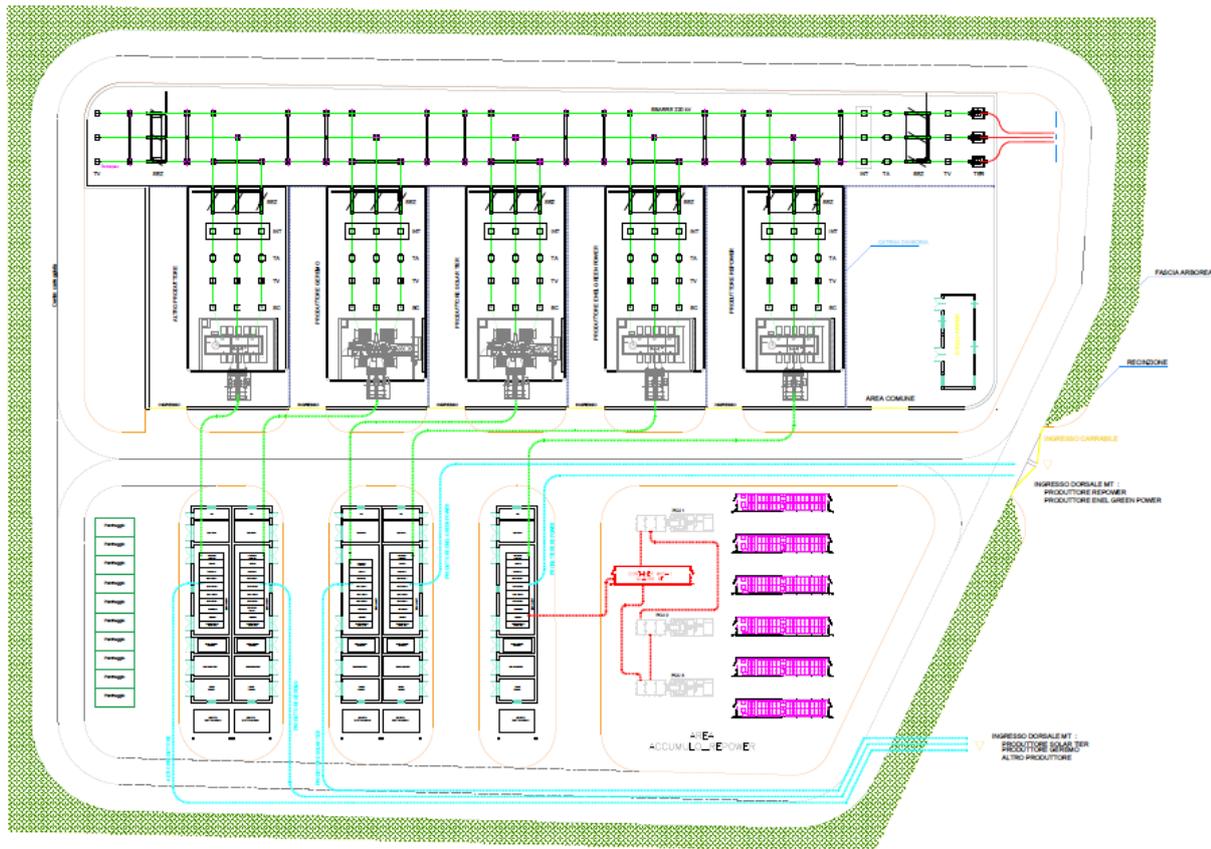
Area	Numero di punti di misura	Campo Elettrico (kV/m)			Induzione Magnetica (μ T)		
		E max	E min	E medio	B max	B min	B medio
A	93	11,7	5,7	8,42	8,37	2,93	6,05
B	249	12,5	0,1	4,97	10,22	0,73	3,38
C	26	3,5	0,1	1,13	9,31	2,87	5,28
D	19	3,1	1,2	1,96	15,15	3,96	10,17

Tabella 2 - Risultati della misura del campo elettrico e del campo di induzione magnetica nelle aree A, B, C, e D riportate nella figura

Di seguito si riporta in immagine la planimetria della SSEU 30/220 kV di utenza.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos



Il sistema di sbarre AT si trova a circa 12,79 m dalla recinzione perimetrale.

In conformità a quanto riportato al punto 5.2.2 del DM 29/05/2008 per questo tipo di impianti la DPA e quindi la fascia di rispetto, rientra nei confini dell'area di pertinenza dello stesso impianto.

Pertanto sulla base di quanto sopra è possibile evidenziare il pieno rispetto dell'obiettivo di qualità dettato dal DPCM dell' 8 luglio 2003.

9 Analisi dei risultati ottenuti

In Tabella 14 vengono raccolti i valori delle fasce di rispetto che sono stati calcolati.

Come mostrato nei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$; d'altra parte, è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette.

Come si è visto nei paragrafi precedenti, le linee MT di collegamento tra gli aerogeneratori presentano valori di fascia di rispetto inferiori alla profondità stessa di interrimento. Da considerare, infine, il fatto che il cavo utilizzato del tipo ad elica visibile permette di ridurre l'induzione magnetica.

Trattandosi di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di 5 m attorno alla cabina di smistamento/parallelo MT, in SSEU, e per lato del cavidotto AT.

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di 5 m attorno alla cabina di smistamento/parallelo MT, in SSEU, e per lato del cavidotto AT.

Posizione/Percorso	Descrizione	Fascia di rispetto [m]
CP_SSEU	Cabina di parallelo – SSEU di utenza	5
Parco eolico - SSEU	Cavidotto 4 dorsali MT	3
SSEU – SE RTN	Linea AT SSEU di utenza – SE RTN	5
Torre Eolica	Torre Eolica	2

Tabella 17 - Fasce di rispetto

10 Segnaletica

Nei luoghi di lavoro in cui i livelli di esposizione ai CEM possono essere superiori alle restrizioni per la popolazione fissate dalla legislazione nazionale vigente, e per il campo magnetico statico al VA di 0,5 mT per il rischio di interferenza con i DMIA, verrà affissa apposita segnaletica sui CEM e l'accesso agli stessi sarà limitato in maniera opportuna.

L'utilizzo di ulteriore segnaletica potrà essere previsto per la protezione da rischi specifici come, ad esempio, nel caso di superamento dei VAinf per il campo elettrico (VAinfE), al fine di individuare chiaramente le zone in cui potrebbero verificarsi micro scariche e ove può essere necessario adottare specifici Dispositivi Protezione Individuali (DPI).

La segnaletica di salute e sicurezza da utilizzare deve essere conforme ai requisiti del TUS, Titolo V, Allegati da XXIV a XXXII.

Nel TUS sono riportati solo alcuni segnali ma è possibile utilizzare anche la segnaletica contenuta nella UNI EN ISO 7010.

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Segnaletica indicata dal TUS

	<p>Il segnale indica la presenza di campi elettromagnetici che potrebbero mettere il lavoratore in condizioni di esposizione non accettabili</p>
	<p>Il segnale indica la presenza di campi magnetici che potrebbero mettere il lavoratore in condizioni di esposizione non accettabili</p>

Figura 9 - Segnaletica relativa ai CEM indicata dal Testo Unico sulla Sicurezza, D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. come modificato ed integrato dal D.Lgs. 159/2016 che attua la Direttiva 2013/35/UE

RELAZIONE SU CAMPI ELETTROMAGNETICI

Progetto di realizzazione di un impianto eolico e opere connesse
nei Comuni di Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Santa Ninfa (TP), denominato Anemos

Segnaletica UNI EN 7010

	Il segnale indica la presenza di campi elettromagnetici che potrebbero mettere il lavoratore in condizioni di esposizione non accettabili
	Il segnale indica la presenza di campi magnetici che potrebbero mettere il lavoratore in condizioni di esposizione non accettabili
	Divieto di ingresso per portatori di DMIA
	Divieto di ingresso per portatori di DMIP
	Divieto di indossare materiale metallici
	Divieto dell'uso del cellulare o ricetrasmittenti
	Obbligatorio indossare calzature antistatiche
	Obbligatorio leggere le istruzioni

Figura 10 - Segnaletica relativa ai CEM indicata dalla Norma UNI EN ISO 7010

11 Conclusioni

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5 kV/m (valore imposto dalla normativa).

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come *non ci siano fattori di rischio per la salute umana* a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Infatti, per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente ai cavidotti MT, le linee di collegamento fra aerogeneratori presentano una fascia di rispetto inferiore alla stessa profondità di interramento; solo in corrispondenza del tratto di cavidotto che le contiene tutte e 4, si è considerata una fascia di rispetto di 3 m.

C'è inoltre da considerare che sono stati utilizzati cavi elicordati a elica visibile, che pertanto riducono ulteriormente l'emissione di campo di induzione magnetica. Sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

Per quanto riguarda la cabina di smistamento/parallelo in cabina "utente", vista la presenza del solo trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari e l'entità delle correnti in uscita dal quadro MT, verso la sezione MT del trasformatore MT/AT, l'obiettivo di qualità si raggiunge a 5 m (DPA) dalla cabina stessa.

Comunque, considerando che la cabina di utenza, non è presidiata, ***non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno*** e che l'intera area sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, e che tale area è interclusa alla libera circolazione, *si può escludere pericolo per la salute umana*.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.