

Regione: Sicilia  
Provincia: Catania - Enna  
Comune: Mineo - Ramacca - Aidone  
Località: Liotta-Malaricotta-Olivo-Magazzinazzo-Russotto-Ogliastro

# PROGETTO "MINEO" IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 263 MWp E 195 MW IN IMMISSIONE PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo: RS06REL006A0  
RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI E RISCHIO CEM

Allegato:

# C.1

Progettazione:



ARCADIA srls  
Via Houel 29, 90138 – Palermo

info@arcadiaprogetti.it  
arcadiaprogetti@arubapec.it

Visti / Firme / Timbri:



Ing. Maurizio Moscoloni

Note: .....

Data	Rev.	Descrizione revisioni	Elaborato da:	Controllato da:	Approvato da:
01.06.2023	0	PRIMA EMISSIONE	Ing. Maurizio Moscoloni	Arcadia srls	IBVI 22 srl
REVISIONI					



IBVI 22 s.r.l.

IBVI 22 srl Viale Amedeo Duca d'Aosta 76 39100 Bolzano (BZ) Ibvi22srl@pec.it

Formato UNI A4

## INDICE

1 PREMESSA.....	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
3. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI IMPIANTI .....	5
3.1 Il Sito di Impianto .....	5
3.2 Sintesi dei dati di impianto .....	9
4. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI .....	12
4.1 Campi elettromagnetici impianto fotovoltaico .....	12
4.2 Campi elettromagnetici delle opere connesse .....	14
4.3 Conclusioni .....	30
5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO ESPOSIZIONE AI CEM NEL LUOGO DI LAVORO .....	32
5.1 Metodologia di valutazione .....	32
5.2 Procedura di valutazione del rischio .....	36
5.3 Fasi di lavoro e caratterizzazione dei lavoratori sensibili .....	37
5.4 Identificazione delle apparecchiature e/o luoghi di lavoro.....	39
5.5 I livelli di azione ed il controllo del loro superamento .....	42
5.5.1 Valori di azione .....	42
5.5.2 Lavoratori particolarmente a rischio CE .....	44
5.6 Sorgenti CEM presenti.....	46
5.7 Valutazioni del rischio .....	50
5.7.1 Esito della valutazione del rischio .....	52
5.7.2 Identificazione delle misure di sicurezza.....	52
5.8 conclusioni rischio CEM sui luoghi di lavoro .....	54

## 1 PREMESSA

La società IBVI 22 S.R.L., in ottemperanza a quanto previsto dell'art. 27-bis del D.Lgs. 152 del 2006, intende attivare la procedura di Valutazione d'Impatto Ambientale Nazionale ed all' Autorizzazione Unica Regionale per la realizzazione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico della potenza nominale quantificabile in 263 MWp, e potenza di immissione di 195,00 MW, la cui ubicazione ricade nei Comuni di Aidone in provincia di Enna, Mineo e Ramacca nella provincia di Catania, nelle località " Liotta, Malaricotta, Olivo, Magazzinazzo, Russotto e Ogliastro "

L'intero impianto è stato suddiviso in 7 campi interconnessi da una rete elettrica a MT e collegati alla cabina principale dell'impianto MT/AT SSEU (stazione elettrica di trasformazione 150/30 kV) posta in posizione baricentrica ai campi e collegata ad una nuova stazione elettrica (SE) RTN 380/150 kV da inserire in entrata – esce sulla futura linea RTN a 380 kV "Chiamonte Gulfi-Ciminna", di cui al Piano di Sviluppo Terna, attraverso un elettrodotto aereo AT della lunghezza di circa 19 Km.

La connessione verrà realizzata secondo la STMG comunicata dal preventivo cod pratica **202100394**, del 01.07.2022

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

In particolare, per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione. 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 le condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

Inoltre, il capitolo 5 conterrà **la valutazione del rischio di esposizione, da parte dei lavoratori, ai campi elettromagnetici prodotti nelle diverse fasi di:**

- **Costruzione;**
- **Collaudo e avviamento;**
- **Esercizio;**
- **Dismissione,**

**del parco fotovoltaico in argomento, con riferimento alle principali normative di settore quali il D. Lgs. 81/08 e la Direttiva Europea 35/2013.**

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel 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", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

*"Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1];*

*"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), 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  $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio." [art. 3, comma 2];*

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

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 $\mu$ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto FV trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione (circa 250.000 kW ac).

Come detto, il 22 Febbraio 2001 l'Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz.

Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

**Tabella 1** Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1-3	60	0.2	-
>3 – 3000	20	0.05	1
>3000 – 300000	40	0.01	4

**Tabella 2** Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

L'art. 4, invece, riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato in Tabella 3:

**Tabella 3** Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7 del Gennaio 2001.

## 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] DL 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 e in cavo."

DM del MATTM del 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"<sup>3</sup>. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI IMPIANTI

### 3.1 Il Sito di Impianto

L'area di sedime su cui sorgerà l'impianto ricade all'interno dei territori comunali di, Aidone nella provincia di Enna e di Mineo e Ramacca in provincia di Catania, a circa 8,9 Km in direzione Nord dal centro abitato di Raddusa, a circa 5,8 Km in direzione Nord-Ovest dal Centro abitato di Aidone, a circa 6,1 Km in direzione e Est dal centro abitato di Ramacca ed a 6,3 Km in direzione Sud-Est dal centro abitato di Mineo, in una zona occupata da terreni agricoli e distante da agglomerati residenziali. Le opere di connessione tra le quali la SSEU da 150 kV/30 kV ricade nel territorio del comune di Mineo in provincia di Catania mentre l'elettrodotto di connessione si sviluppa per circa 16km e ricade nei territori di Mineo e Ramacca in provincia di Catania

Il sito risulta accessibile dalla viabilità locale, e rurale che si collega con la viabilità statale costituita dalla A19 Palermo – Catania, la SS 288, SS417 e dalla viabilità provinciale costituita dalla SP 14, SP 37, SP 48, SP 66, SP72, SP73, SP 103, SP108, SP 109, SP111, SP162, SP179, SP182.

Il sito risulta accessibile dalla viabilità locale, e rurale che si collega con la viabilità statale costituita dalla A19 Palermo – Catania, la SS 288, SS417 e dalla viabilità provinciale costituita dalla SP 14, SP 37, SP 48, SP 66, SP72, SP73, SP 103, SP108, SP 109, SP111, SP162, SP179, SP182.

Nella cartografia del Catasto Terreni l'area di impianto è ricompresa nei Fogli nn° 58, 101,107, 138, 140 del Comune di Aidone; nei Fogli nn° 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 25, 26, 27, 31, 32, 44 del Comune di Mineo; nel Foglio n° 129 del Comune di Ramacca; mentre le opere di connessione sono ricomprese nei fogli 12, 14, 15 e 16 del Comune di Mineo (CT), nei fogli 36, 75, 76, 72,

83, 129, 130 e 132 del Comune di Ramacca (CT) e nei fogli 59, 60 e 61 del Comune di Aidone (EN).:

I lotti di terreno occupati dai campi fotovoltaici, con il riferimento ai grafici allegati, sono estesi rispettivamente:

- Campo A Ha 90,64
- Campo B Ha 119,83
- Campo C Ha 84,25
- Campo D Ha 56,31
- Campo E Ha 59,06
- Campo F Ha 28,59
- Campo G Ha 64,00

Per un totale di aree occupate dal parco fotovoltaico di 502.68 Ha

Il nuovo impianto fotovoltaico insisterà, così come accennato precedentemente, su dei lotti di terreno ricadenti nel territorio comunale di Aidone in provincia di Enna, Mineo e Ramacca nella provincia di Catania, nelle località “Liotta, Malaricotta, Olivo, Magazzinazzo, Russotto e Ogliastro” .



Figura 1 Localizzazione su immagine satellitare

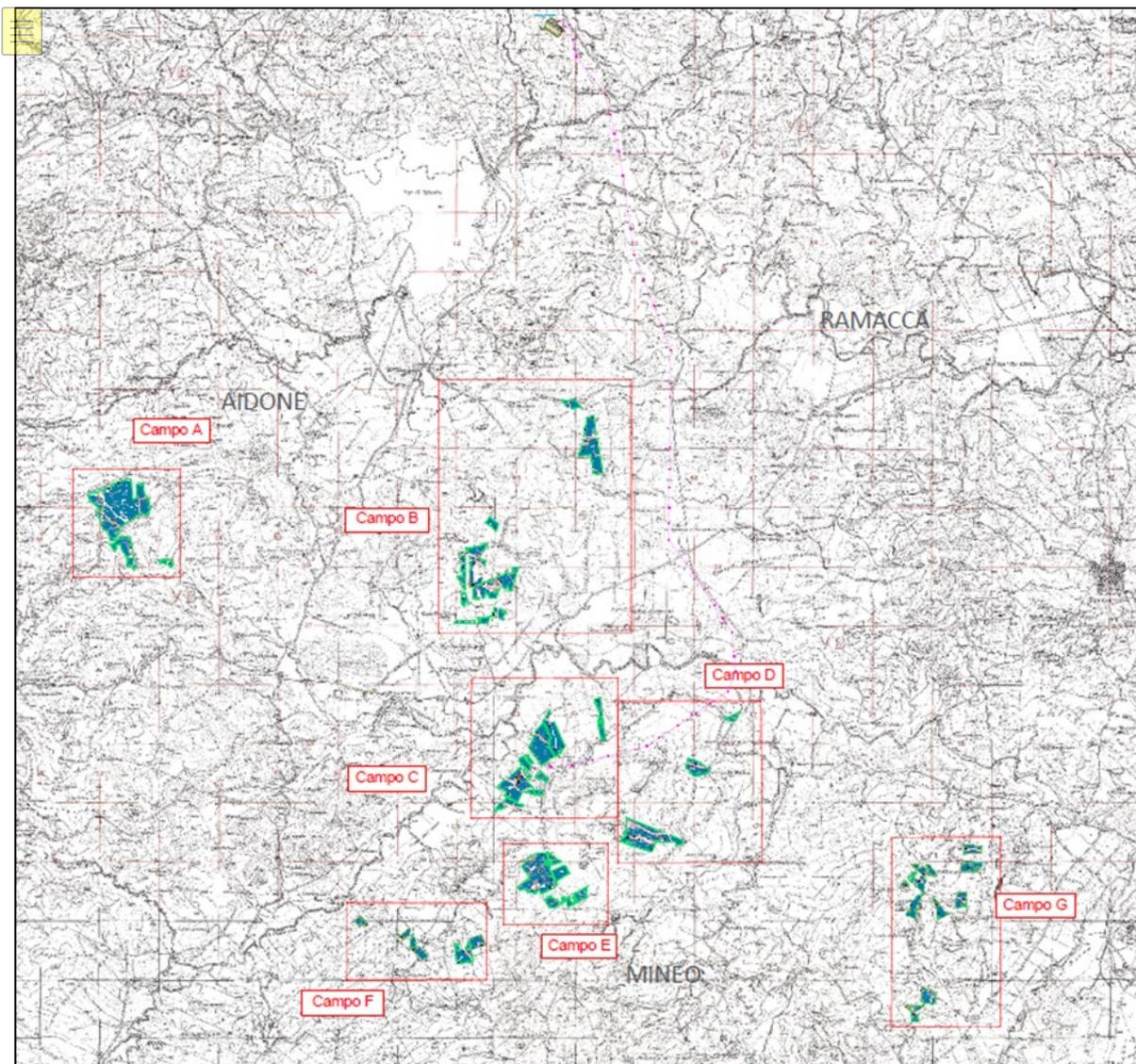


Figura 2 : Inquadramento impianto su base IGM 1:25.000

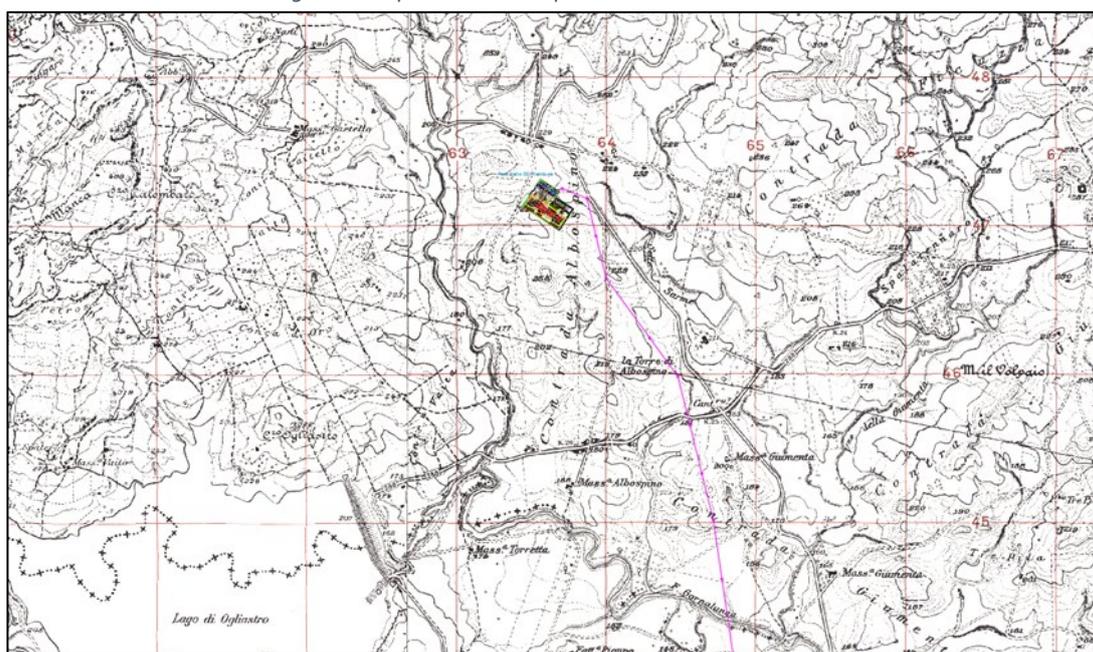


Figura 3 Inquadramento SE Ragusa (RTN) su IGM 1:25.000

Dal punto di vista cartografico, le opere in progetto ricadono all'interno delle seguenti cartografie:

- Fogli I.G.M. in scala 1:25.000, di cui alle seguenti codifiche “273 IV-NE (MINEO)”, “269 III-SE (RAMACCA)”, “269 III-SO (MONTE CRUNICI)”.
- Carta tecnica regionale CTR, scala 1:10.000, fogli nn° 632150, 632160, 639030, 639040, 639070, 639080, 640050.

Di seguito si riportano le coordinate assolute nel sistema UTM 33 WGS84 dell'impianto fotovoltaico e della sottostazione elettrica:

SISTEMA UTM 33 WGS84 – COORDINATE ASSOLUTE			
Posizione	E	N	H
Impianto Fv - Campo A (baricentro area)	37.394993°	14.505235°	400 m
Impianto Fv - Campo B (baricentro area)	37.383563°	14.574992° °	265 m
Impianto Fv - Campo C (baricentro area)	37.353669° °	14.582778°	240 m
Impianto Fv - Campo D (baricentro area)	37.349952° °	14.611065° °	290 m
Impianto Fv - Campo E (baricentro area)	37.339268°	14.586535°	342 m
Impianto Fv - Campo F (baricentro area)	37.327853°	14.567389°	330 m
Impianto Fv - Campo G (baricentro area)	37.333628°	14.659988°	298 m
Cabina di raccolta e Trasformazione SSEU AT/MT	37.354234°	14.581869°	236 m
SSE Ragusa	37.468851°	14.589287°	255 m

Tabella 1 Coordinate assolute parco FV e SSE

### 3.2 Sintesi dei dati di impianto

L'impianto nel suo complesso sarà costituito delle seguenti componenti:

- Un collegamento elettrico del parco fotovoltaico alla rete di trasmissione di alta tensione (RTN), che avverrà tramite degli stalli dedicati presso la SE, una nuova stazione elettrica RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce sulla futura linea RTN a 380 kV “Chiaromonte Gulfi-Ciminna. La SSEU di impianto e trasformazione AT/MT verrà collegata in antenna attraverso una linea in cavo AT aereo a tensione pari a 150 kV dello sviluppo di circa 16 Km;
- Una sottostazione utente di trasformazione AT/MT 150/30 kV/kV SSEU, composta da una protezione generale e da un sistema di sbarre a 150 kV alle quali collegare in parallelo, attraverso 1 stallo in AT due trasformatori AT/MT e i relativi dispositivi di protezione. All'interno della sottostazione verrà collocata anche la cabina MT (cabina di consegna) contenente:
  - gli organi di sezionamento e protezione delle tre linee in media tensione interrate provenienti dai rispettivi campi A, B, C, D, E, F, G
  - il trasformatore di servizio completo di protezioni lato MT e lato BT;
  - i quadri elettrici in CA relativi ai servizi ausiliari;
  - un gruppo di continuità;
  - un gruppo elettrogeno.
- Un parco fotovoltaico composto, della potenza complessiva di 263,36 kWp, con le seguenti componenti principali:
  - n°1 cabina di raccolta MT, su cui convergeranno le 7 linee provenienti dai campi;
  - n°7 cabine di campo su cui convergeranno le linee provenienti dalle cabine di generazione
  - n°101 cabine di generazione con un numero variabile di trasformatori della potenza di 3.600 kVA, 3.200 kVA, 1.600kVA, in relazione all'estensione del campo e di conseguenza al numero di moduli installati, contenenti:
    - due quadri di parallelo inverter in corrente alternata ai quali confluiranno le uscite CA degli inverter dislocati nel campo;
    - un trasformatore in olio MT/BT di potenza variabile secondo le taglie pari a 3.600 kVA, 3.200 kVA, 1.600kVA con doppio avvolgimento secondario;
    - quadri MT a protezione del trasformatore e delle linee in entra-esce.
  - N° 975 inverter trifase, aventi la funzione di convertire l'energia elettrica prodotta

dai moduli da corrente continua a corrente alternata. A ciascun inverter, la cui potenza nominale è pari a 200 kW, verranno attestate 18 linee in CC provenienti da altrettante stringhe;

- 418.608 moduli fotovoltaici del tipo monofacciali di potenza pari a 630 Wp, installati su strutture metalliche fisse di sostegno, raggruppati in stringhe con numero pari 24 unità per una potenza complessiva pari a 263,723 MW.

L'impianto è completato da:

- Tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di trasmissione nazionale;
- Opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, antintrusione, telecontrollo.

L'impianto nel suo complesso è in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad es: quadri di alimentazione, illuminazione).

Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi di emergenza potranno essere alimentati da un generatore temporaneo diesel di emergenza e da un sistema di accumulo ad esso connesso (sola predisposizione).

Il generatore fotovoltaico avrà una potenza nominale complessiva pari a 263356,7 kWp, intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurata in condizioni di prova standard (STC), ossia considerando un irraggiamento pari a 1000 W/m<sup>2</sup>, con distribuzione dello spettro solare di riferimento (massa d'aria AM 1,5) e temperatura delle celle di 25°C, secondo norme CEI EN 904/1-2-3.

L'impianto fotovoltaico sarà quindi formato da n 7 campi di potenza complessiva pari a quella nominale dell'impianto, suddivisi poi in 113 sub-campi di potenza variabile attestati alle rispettive cabine di trasformazione; gli inverter di stringa di ciascun sub-campo, dove avviene il parallelo delle stringhe e il monitoraggio dei dati elettrici, verranno attestate a gruppi presso le Cabine di sub campo e trasformazione.

Nelle seguenti tabelle si riporta la composizione dei Campi e dei relativi generatori:

Campo	N° Moduli	N° Stringhe	N° Inverter	P <sub>IN</sub> Sezione INV DC [kWp]	P <sub>IN</sub> Sezione INV AC [kW]
A	92.250	3.701	207	58.117,50	41.400,00
B	74.736	3.127	175	47.083,68	35.000,00
C	76.032	3316	178	47.900,16	35.600,00
D	68.221	2.842	160	42.979,91	32.000,00
E	50.523	2146	124	31.829,49	24.800,00
F	19.734	822	45	12.432,41	9.000,00
G	37.112	1546	86	23.380,56	17.200,00
<b>Totale</b>	<b>418.608</b>	<b>17.500</b>	<b>975</b>	<b>263.723,71</b>	<b>195.000,00</b>

Tabella 2 Composizione Campi

Nella tabella seguente sono riportati i dati complessivi:

CONFIGURAZIONE IMPIANTO	
N° MODULI	297.000
N° STRINGHE	12.600
N° INVERTER	700
POTENZA DC [MWp]	181,17
POTENZA AC [MW]	140

*Tabella 3 Configurazione impianto*

## 4. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

### 4.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

#### Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

#### Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6))

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in super imposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- Variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di

interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico.

- La componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

#### Linee elettriche in corrente alternata

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a 3  $\mu\text{T}$ , anche se per la particolarità dell'impianto le aree al suo interno sono da classificare ai sensi della normativa come luoghi di lavoro, e quindi con livelli di riferimento maggiori rispetto a questi ultimi.

Per i cavi in media tensione non elicordati, di tipo unipolare posati a trifoglio si rimanda al capitolo 4.2 per il calcolo puntuale delle DPA in funzione di ciascuna configurazione.

#### Cabine elettriche di trasformazione e di campo

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, all'interno delle quali la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT.

In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza 3200 kVA collocati nelle cabine di trasformazione.

La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

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

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel citato cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Considerando che  $I=2280A$  e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è  $3(2 \times 400)mm^2$ , con diametro esterno pari a circa 29,2mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 3m.

D'altra parte, nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

Cautelativamente questi valori possono essere presi a riferimento anche per la cabina di impianto.

#### Altri cavi

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

## **4.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE**

Linee elettriche in corrente alternata in media tensione

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

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.

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

#### *Configurazioni di calcolo*

Per il calcolo dei campi magnetici dei collegamenti MT con la stazione di trasformazione di utenza sono state esaminate le configurazioni rappresentate nell'elaborato "CV. 9 Particolari costruttivi cavidotti" da cui è possibile rilevare le sezioni tipo di posa di cavidotti sia su strade sterrate che per strade asfaltate.

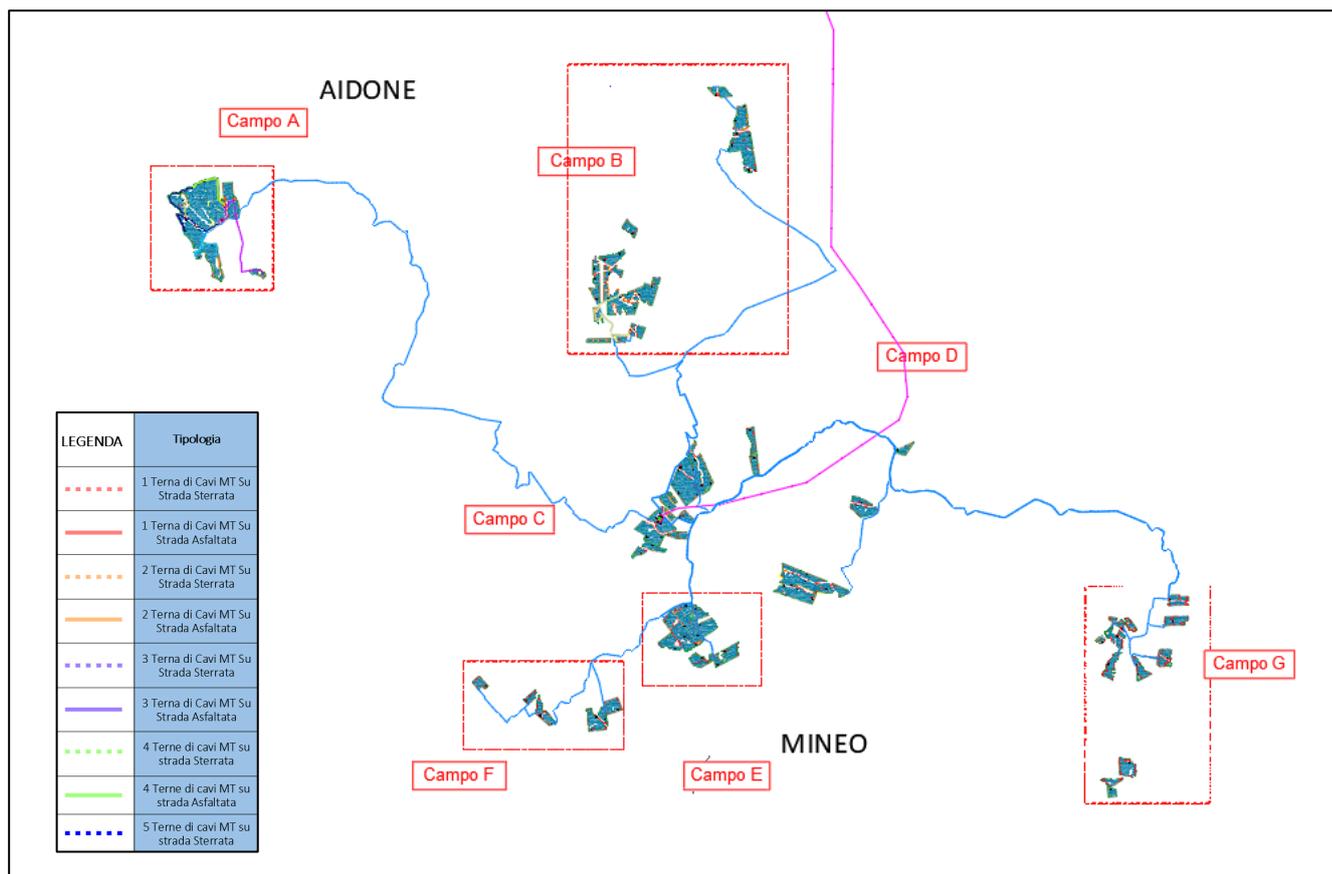


Figura 4 Layout Impianto con Cavidotti rif: "Tav CV.5 Planimetria impianto con tracciato cavidotti MT

SEZIONI TIPO CAVIDOTTI SU STERRATO *scala 1:10*

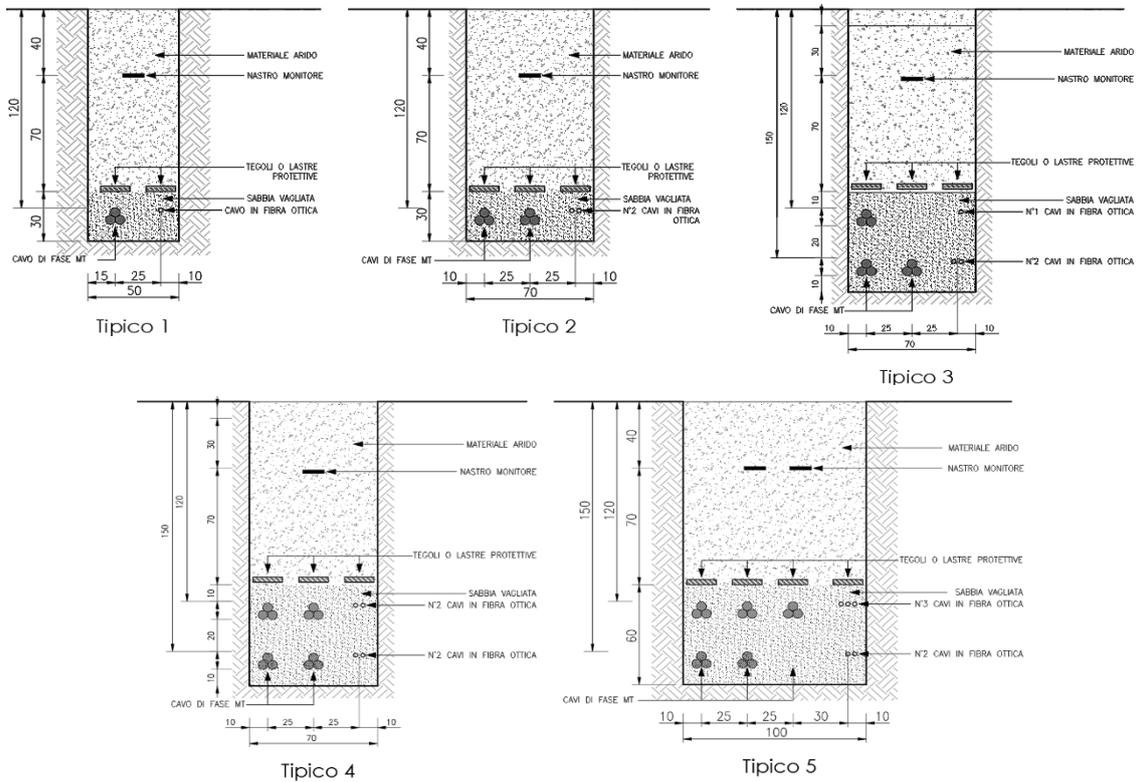


Figura 5 Sezioni tipo Disposizione Cavi MT Su strade sterrate

SEZIONI TIPO CAVIDOTTI SU STRADE ASFALTATE *scala 1:10*

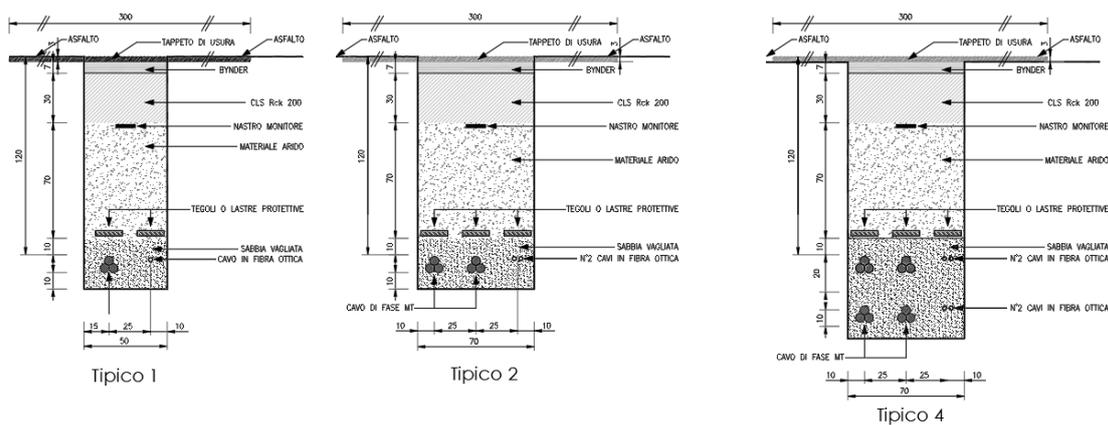


Figura 6 Sezioni tipo Disposizione Cavi MT Su Strade Asfaltate

Per quanto concerne i cavidotti MT esterni, per il collegamento di ciascun campo al quadro MT della stazione d'utenza, è prevista la partenza con terne di cavi in parallelo con l'utilizzo di cavi unipolari di sezione compresa tra 185 e a 630 mm<sup>2</sup>, posati a trifoglio. All'interno del cavidotti in esame quindi si trovano sempre cavi MT unipolari aventi sezione variabile con

conduttore in rame, posate in differenti configurazioni determinate dalla presenza delle linee di collegamento dai diversi campi di cui è composto l'impianto fotovoltaico.

La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

Campo	Linea	DA	A	L [m]	Ltot [m]	Tipo	Sezioni [mm <sup>2</sup> ]	P [MW]	Stazione di campo	Ptot [kVA]	Potenza Campo
A	LINEA A1	CCA	CTA01	17	972	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4	9,6	41,4
		CTA01	CTA02	433		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4		
		CTA02	CTA03	282		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4		
		CTA03	CTA04	240		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4		
	LINEA A2	CCA	CTA05	526	1289	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4	7,2	
		CTA05	CTA06	552		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4		
		CTA06	CTA07	211		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4		
	LINEA A3	CCA	CTA08	131	2035	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4	9,6	
		CTA08	CTA09	268		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4		
		CTA09	CTA10	101		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4		
		CTA10	CTA11	1535		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4		
	LINEA A4	CCA	CTA12	348	885	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4	9,6	
		CTA12	CTA13	118		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4		
		CTA13	CTA14	419		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4		
		CTA14	CTA15	241		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4		
	LINEA A5	CCA	CTA 16	596	2224	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2	5,4	
CTA 16		CTA 17	449	RG7H1R 26/45 kV		3x(1x70)	2,45	1,8			
CTA 17		CTA 18	1179	RG7H1R 26/45 kV		3x(1x50)	3,27	2,4			
		<b>SSEU</b>	<b>CCA</b>	<b>12815</b>	<b>12815</b>	<b>RG7H1R 26/45kV</b>	<b>3x(1x630)</b>	<b>56,34</b>		<b>41400</b>	
B01	LINEA B1A	CCB01	CTB01	20	1494	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2	6	
		CTB01	CTB02	240		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2		
		CTB02	CTB03	312		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2		
		CTB03	CTB04	922		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4		
	LINEA B2A	CCB01	CTB05	388	1880	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4	7,4	
		CTB05	CTB06	650		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4		
		CTB06	CTB07	754		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,91	1,4		
		CTB07	CTB08	88		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2		
		<b>SSEU</b>	<b>CCB01</b>	<b>9320</b>	<b>9320</b>	<b>RG7H1R 26/45kV</b>	<b>3x(1x400)</b>	<b>18,23</b>		<b>13400</b>	
B02	LINEA B1B	CCB02	CTB09	16	1927	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	1,63	1,2	4,8	
		CTB09	CTB10	578		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	1,63	1,2		
		CTB 10	CTB 11	925		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	1,63	1,2		
		CTB 11	CTB 12	408		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	1,63	1,2		
	LINEA B2B	CCB02	CTB 13	118	1939	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2	6	
		CTB13	CTB14	424		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2		

Campo	Linea	DA	A	L [m]	Ltot [m]	Tipo	Sezioni [mm <sup>2</sup> ]	P [MW]	Stazione di campo	Ptot [kVA]	Potenza Campo			
		CTB 14	CTB 15	1032		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4	4,8				
		CTB 15	CTB 16	365		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2					
	LINEA B3B	CCB02	CTB 17	698	3215	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2					
		CTB17	CTB 18	278		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2					
		CTB 18	CTB 19	530		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2					
		CTB 19	CTB 20	1709		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2					
	LINEA B4B	CCB02	CTB 21	225	1096	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2			6		
		CTB 21	CTB22	285		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2					
		CTB 22	CTB 23	424		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	2,4					
		CTB 23	CTB 24	162		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2					
	<b>SSEU</b>		<b>CCB02</b>	<b>5796</b>	<b>5796</b>	<b>RG7H1R 26/45kV</b>	<b>3x(1x400)</b>	<b>27,76</b>	<b>17000</b>					
	C	LINEA C1	CCC	CTC01	13	2707	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63			1,2	4,8	
CTC01			CTC02	415	RG7H1R 26/45 kV		3x(1x50)	1,63	1,2					
CTC02			CTC03	1759	RG7H1R 26/45 kV		3x(1x50)	1,63	1,2					
CTC03			CTC04	520	RG7H1R 26/45 kV		3x(1x50)	1,63	1,2					
LINEA C2		CCC	CTC 05	846	2232	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2	4,8				
		CTC 05	CTC 06	369		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2					
		CTC 06	CTC 07	422		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2					
		CTC 07	CTC 08	595		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2					
LINEA C3		CCC	CTC 09	149	450	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	2,72	2	6,8				
		CTC 09	CTC 10	250		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4					
		CTC 10	CTC 11	51		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4					
LINEA C4		CCC	CTC 12	664	1695	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4	9,6				
		CTC 12	CTC 13	298		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4					
		CTC 13	CTC 14	720		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4					
		CTC 14	CTC 15	13		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4					
LINEA C5		CCC	CTC 16	1912	2880	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x120)	3,27	2,4	9,6				
		CTC 16	CTC 17	379		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4					
		CTC 17	CTC 18	202		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4					
		CTC 18	CTC 19	387		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4					
<b>SSEU</b>		<b>CCC</b>	<b>1053</b>	<b>1053</b>	<b>RG7H1R 26/45kV</b>	<b>3x(1x630)</b>	<b>48,44</b>	<b>35600</b>						
D	LINEA D1	CCD	CTD01	15	1381	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	4,35	3,2	9,6				
		CTD01	CTD02	1302		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	4,35	3,2					
		CTD02	CTD03	64		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	4,35	3,2					
	LINEA D2	CCD	CTD04	3674	4425	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	4,35	3,2	12,8				
		CTD04	CTD05	166		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	4,35	3,2					
		CTD05	CTD06	205		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	4,35	3,2					
		CTD06	CTD07	380		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	4,35	3,2					

Campo	Linea	DA	A	L [m]	Ltot [m]	Tipo	Sezioni [mm <sup>2</sup> ]	P [MW]	Stazione di campo	Ptot [kVA]	Potenza Campo	
	LINEA D3	CCD	CTD08	3095	4036	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	4,35	3,2	9,6		
		CTD08	CTD09	363		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	4,35	3,2			
		CTD09	CTD10	578		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	4,35	3,2			
SSEU		CCD	4521	4521	RG7H1R 26/45kV	3x(1x630)	43,55	32000				
E	LINEA E1	CCE	CTE01	17	1608	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2	6	24,8	
		CTE01	CTE02	326		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2			
		CTE02	CTE03	970		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4			
		CTE03	CTE04	295		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2			
	LINEA E2	CCE	CTE05	391	1774	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4	9,2		
		CTE05	CTE06	798		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4			
		CTE06	CTE07	585		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	2,72	2,4			
	LINEA E3	CTE07	CTE08	561	2415	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2	9,6		
		CCE	CTE09	712		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4			
		CTE09	CTE10	556		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,27	2,4			
			CTE10	CTE11	372		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4		
			CTE11	CTE12	775		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,27	2,4		
SSEU		CCE	3020	3020	RG7H1R 26/45kV	3x(1x400)	33,75	24800				
F	LINEA F1	CCF	CTF 01	215	2582	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	2,45	1,8	4,2	9	
		CTF 01	CTF 02	950		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2			
		CTF 02	CTF 03	1417		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	1,63	1,2			
	LINEA F2	CCF	CTF 04	2331	3286	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2	4,8		
		CTF 04	CTF05	314		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2			
		CTF05	CTF06	274		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2			
		CTF06	CTF07	367		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	1,63	1,2			
SSEU		CCF	5182	5182	RG7H1R 26/45kV	3x(1x185)	12,25	9000				
G	LINEA E1	CCG	CTG 01	2566	3593	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,16	2,4	7,2	17,2	
		CTG 01	CTG 02	86		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x70)	3,16	2,4			
		CTG 02	CTG 03	941		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x50)	3,16	2,4			
	LINEA E2	CCG	CTG 04	206	3049	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	3,16	1,6	5,2		
		CTG04	CTG05	986		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	3,16	1,2			
		CTG05	CTG06	1857		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	3,16	1,2			
		CTG06	CTG07	1216		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	3,16	1,2			
	LINEA E3	CCG	CTG08	757	2192	RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	3,16	1,2	4,8		
		CTG08	CTG09	175		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	3,16	1,2			
		CTG09	CTG10	544		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	3,16	1,2			
		CTG10	CTG11	716		RG7H1R 26/45 kV	3x(1x95)	3,16	1,2			
SSEU		CCG	12375	12375	RG7H1R 26/45kV	3x(1x400)	34,78	17200				

Tabella 4 Collegamenti MT

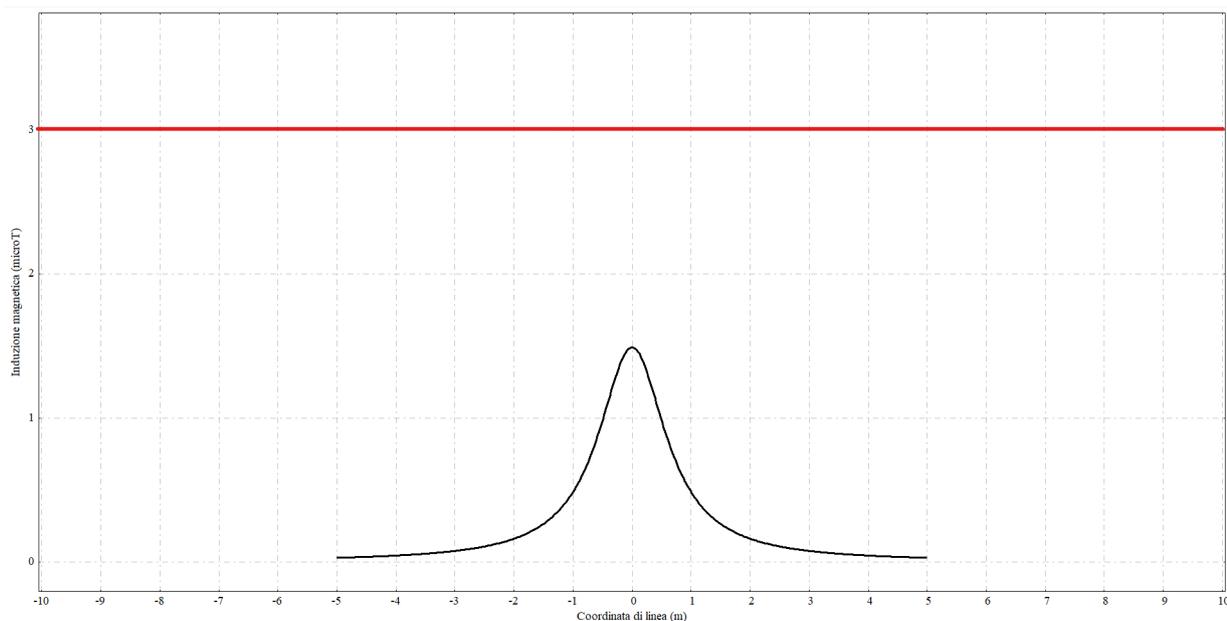
Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede la posa dei cavi a trifoglio, con un valore di corrente però pari alla portata massima di ciascuna linea elettrica in cavo nelle condizioni normali, senza correzioni, secondo la Norma CEI 20-21. **Le condizioni di calcolo sono pertanto più gravose di quelle effettive.**

La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato al suolo.

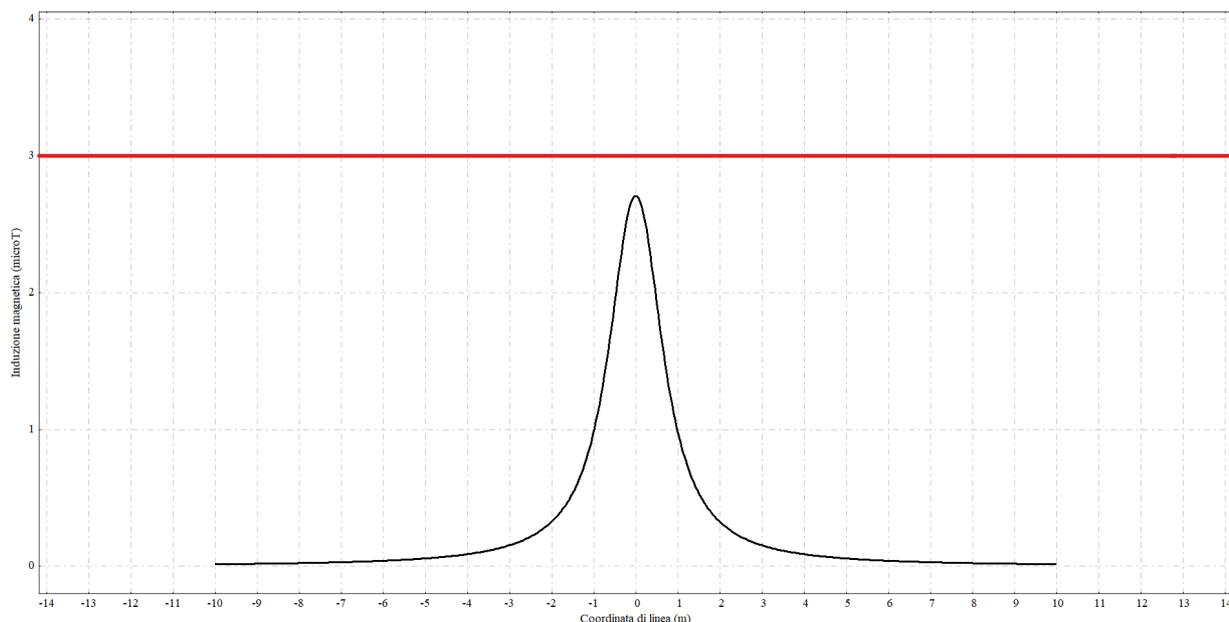
### *Calcolo del campo magnetico indotto*

Nelle seguenti figure sono riportati gli andamenti dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, per le diverse sezioni rappresentative.

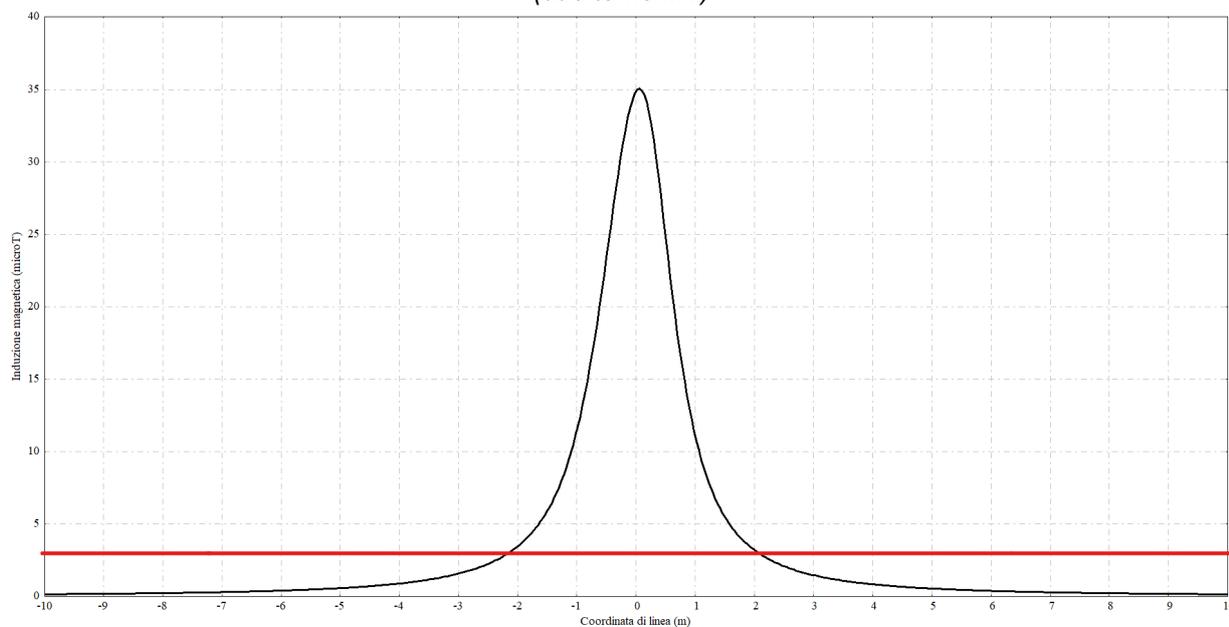
Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.



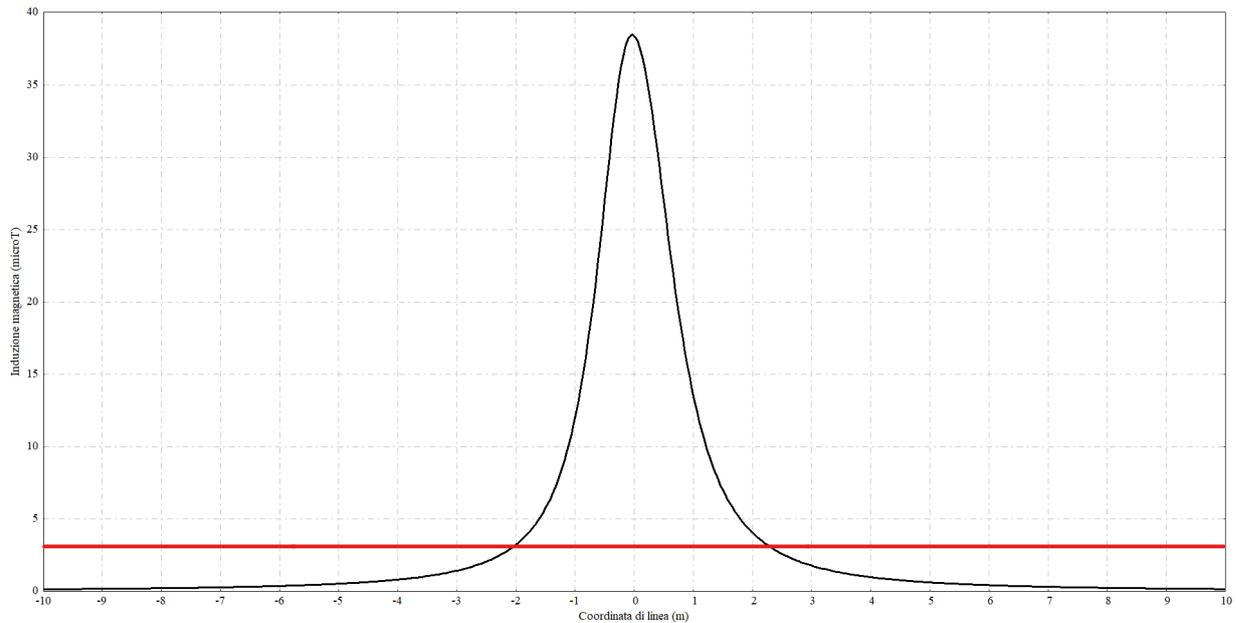
*Figura 7 Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la tipologia 1 (una terna MT)*



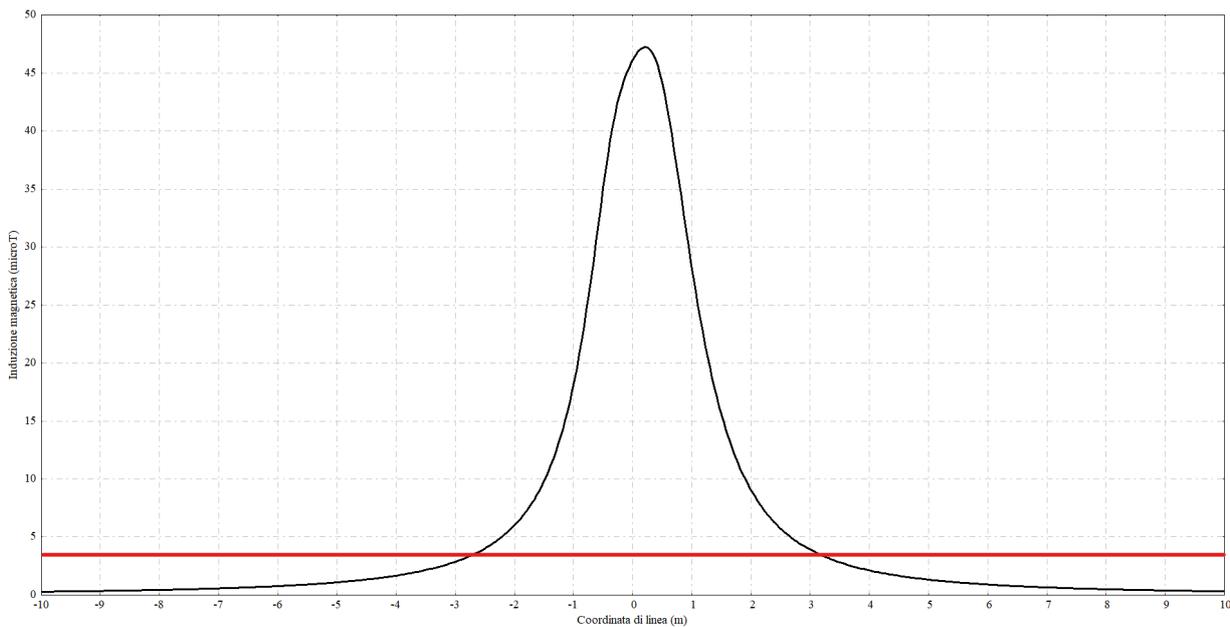
**Figura 8:** *Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la tipologia 2 (due terne MT)*



**Figura 9:** *Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la tipologia 3 (tre terne MT)*



*Figura 10: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la tipologia 4 (quattro terne MT)*



*Figura 11: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la tipologia 5 (cinque terne MT)*

Si può osservare come nel caso peggiore, Figura 10 , il valore di 3  $\mu\text{T}$  è raggiunto a circa 3,50 m dall'asse del cavidotto.

E' da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico che, è certamente inferiore a quella di calcolo.

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a  $3 \mu\text{T}$  in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto **è esclusa la presenza di tali ricettori all'interno della fascia calcolata.**

### *Calcolo delle fasce di rispetto*

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per i casi presentati nei paragrafi precedenti.

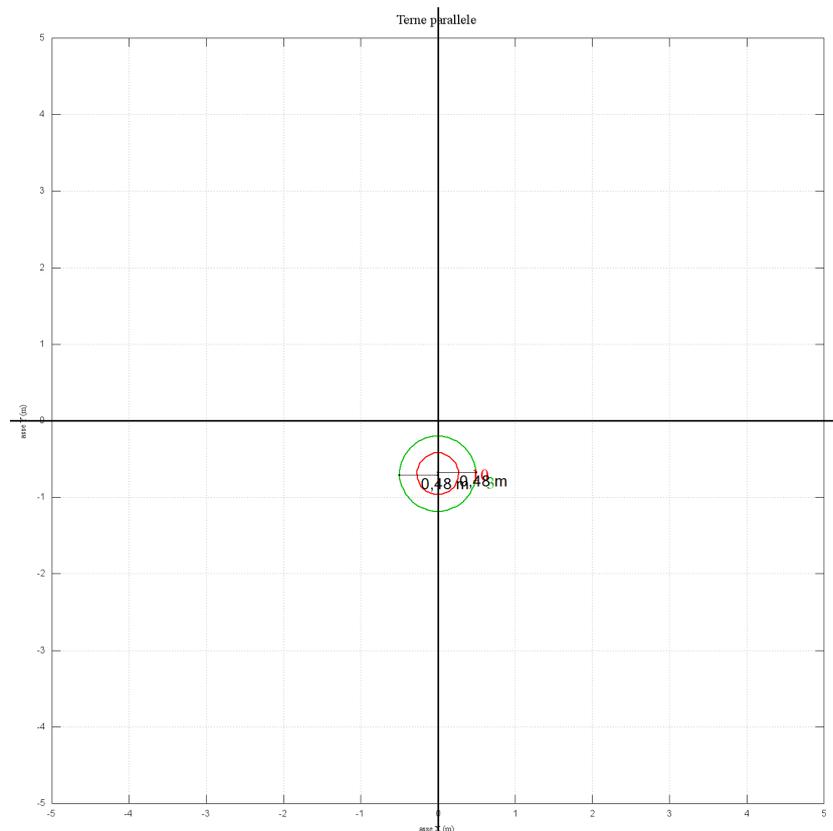


Figura 12 Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato dalla linea MT (tipologia 1 – una terne MT)

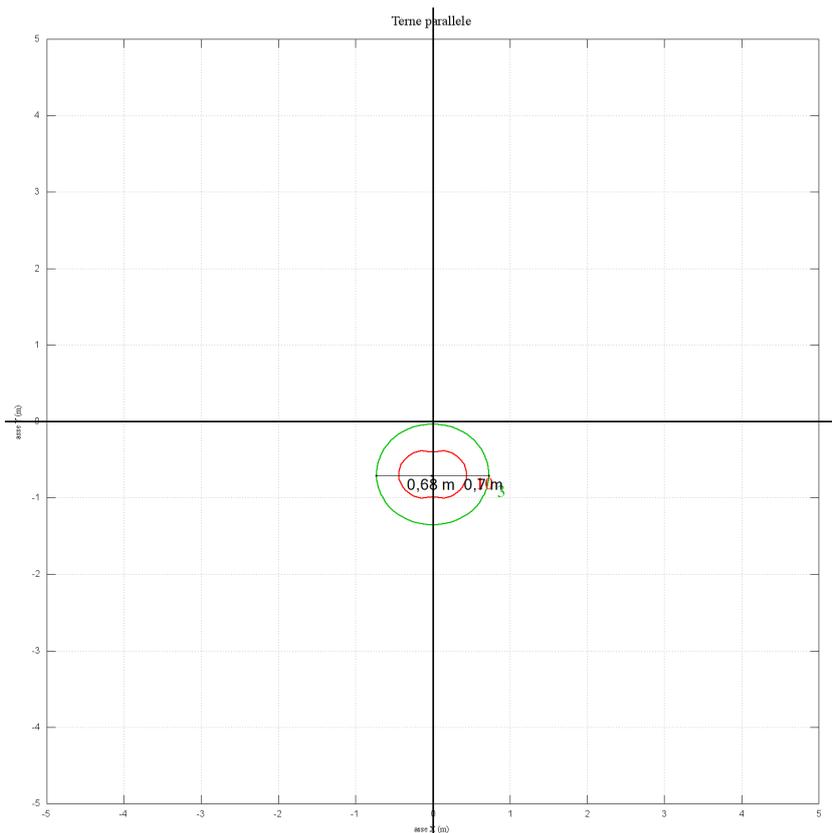


Figura 13: Curve di equivello per il campo di induzione magnetica generato dalla linea MT (tipologia 2 – due terne MT)

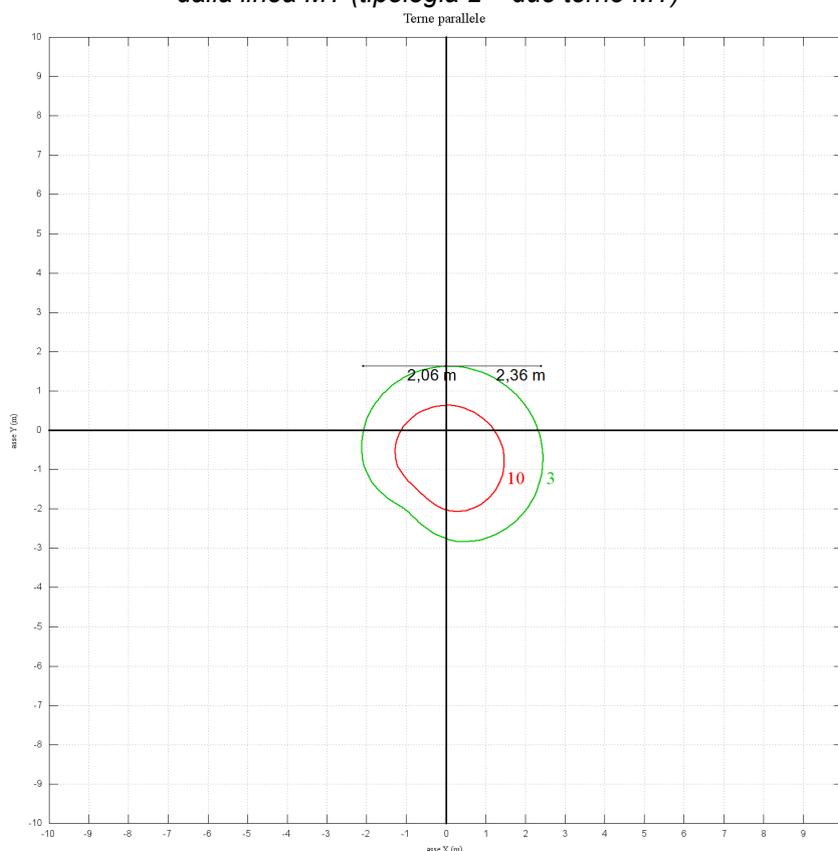


Figura 14: Curve di equivello per il campo di induzione magnetica generato dalla linea MT (Sezione 3 – tre terne MT)

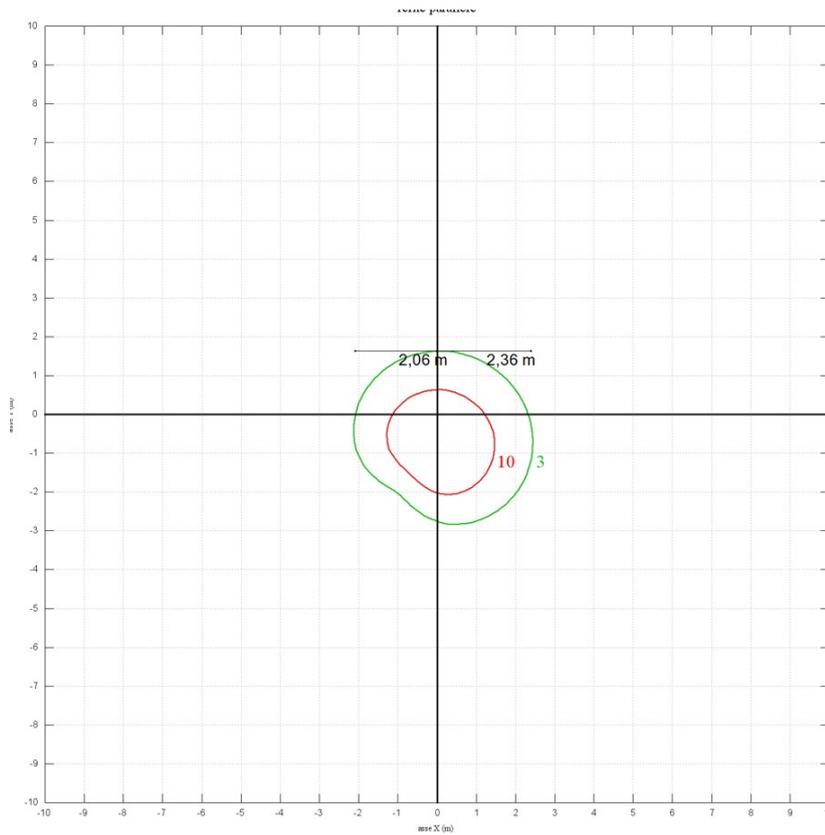


Figura 15 Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato dalla linea MT (Sezione 4 – quattro terne MT)

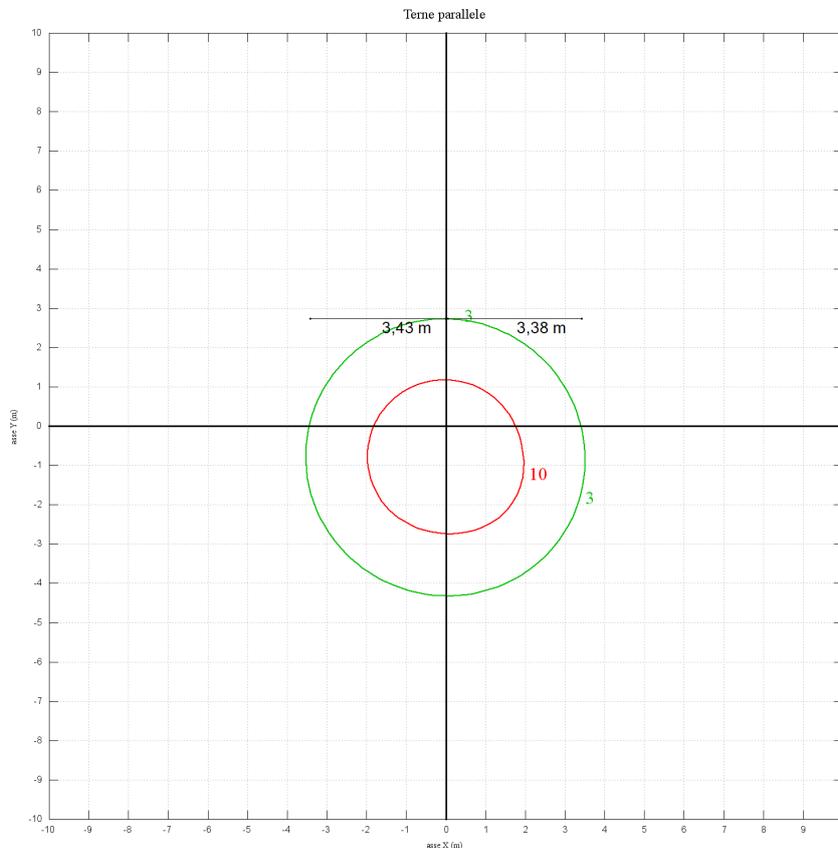


Figura 16: Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato dalla linea MT (Tipologia 5 – cinque terne MT)

Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto vari tra **0,50 m**, a cavallo dell'asse del cavidotto, nel caso della sezione con una terna fino a circa **3,43 m**, a cavallo dell'asse del cavidotto, nel caso della sezione con **5 terne**.

Come si può vedere dall'elaborato CV.1 "Inquadramento impianto su mappa catastale", non ci sono recettori sensibili all'interno delle fasce suddette.

### Stazione elettrica d'utenza

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

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

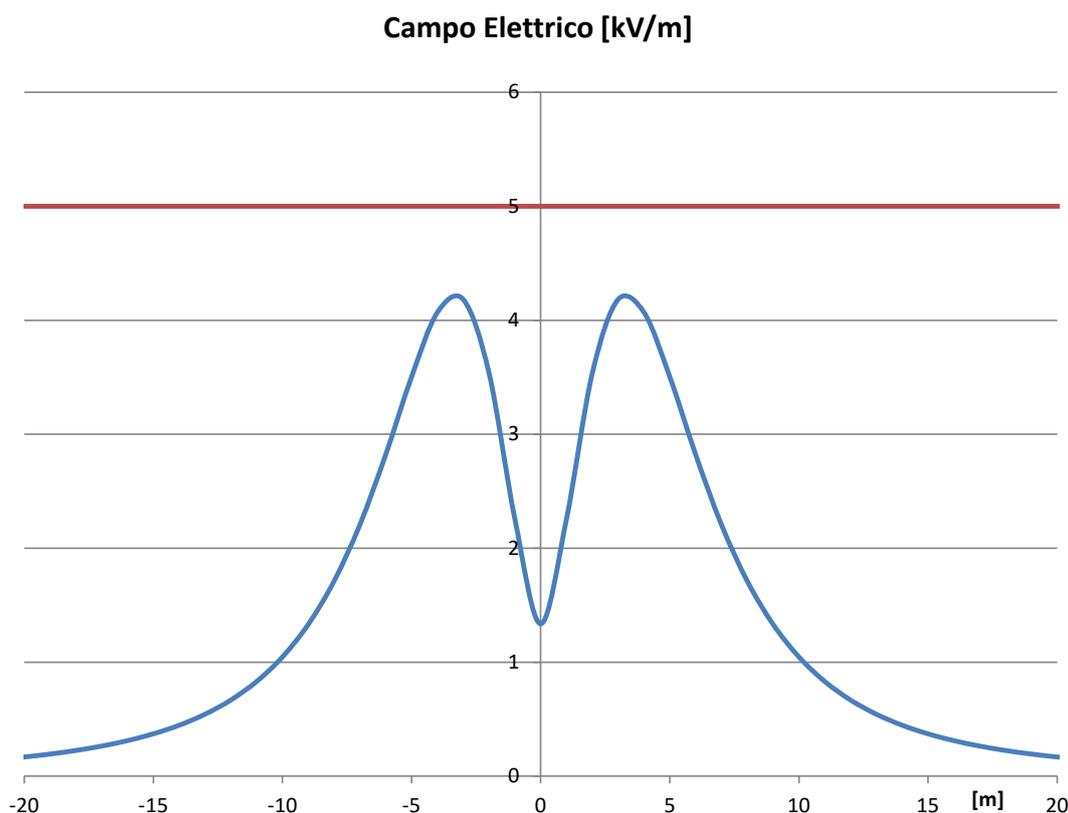


Figura 17: Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV

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

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

A titolo orientativo nel seguito si riporta il profilo di campo magnetico dovuto ad un sistema trifase con caratteristiche e disposizione dei conduttori analoghe a quelle dei condotti sbarre

presenti in stazione, considerando una corrente massima di 2000 A pari alla corrente massima sopportabile dalle sbarre stesse. Nella seguente figura è riportata la geometria di un sistema trifase con disposizione dei conduttori assimilabile a quella delle sbarre della stazione d'utenza.

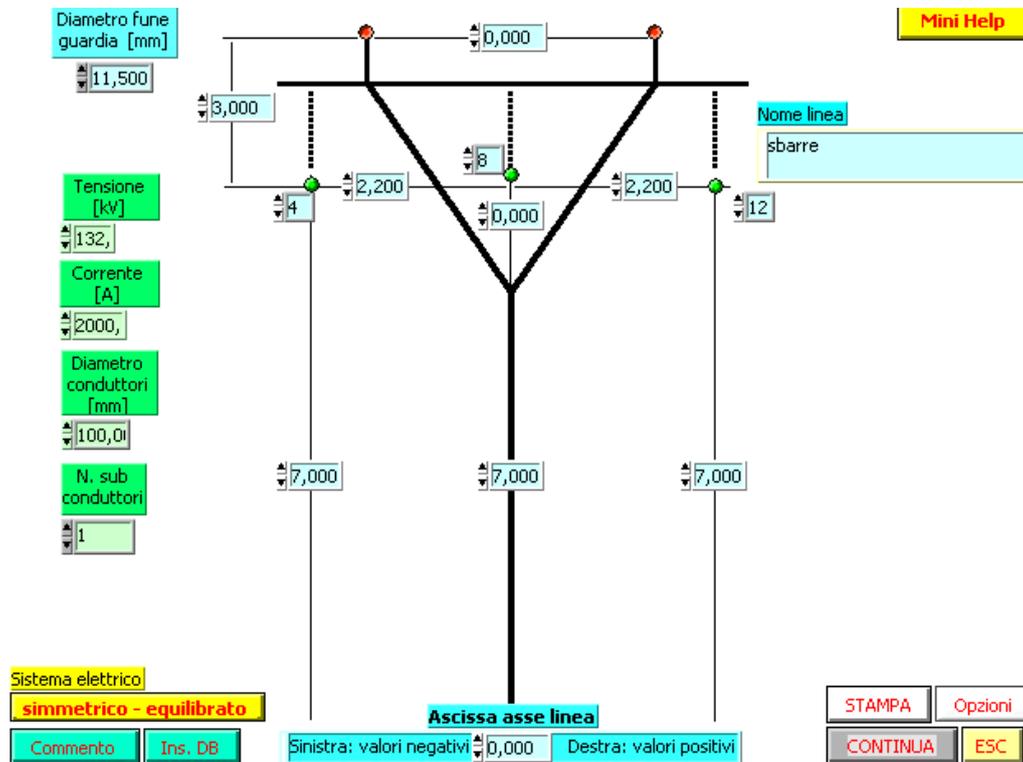


Figura 18: Linea AT con disposizione conduttori in piano assimilabile ad un sistema semplice sbarra a 132/150 kV

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

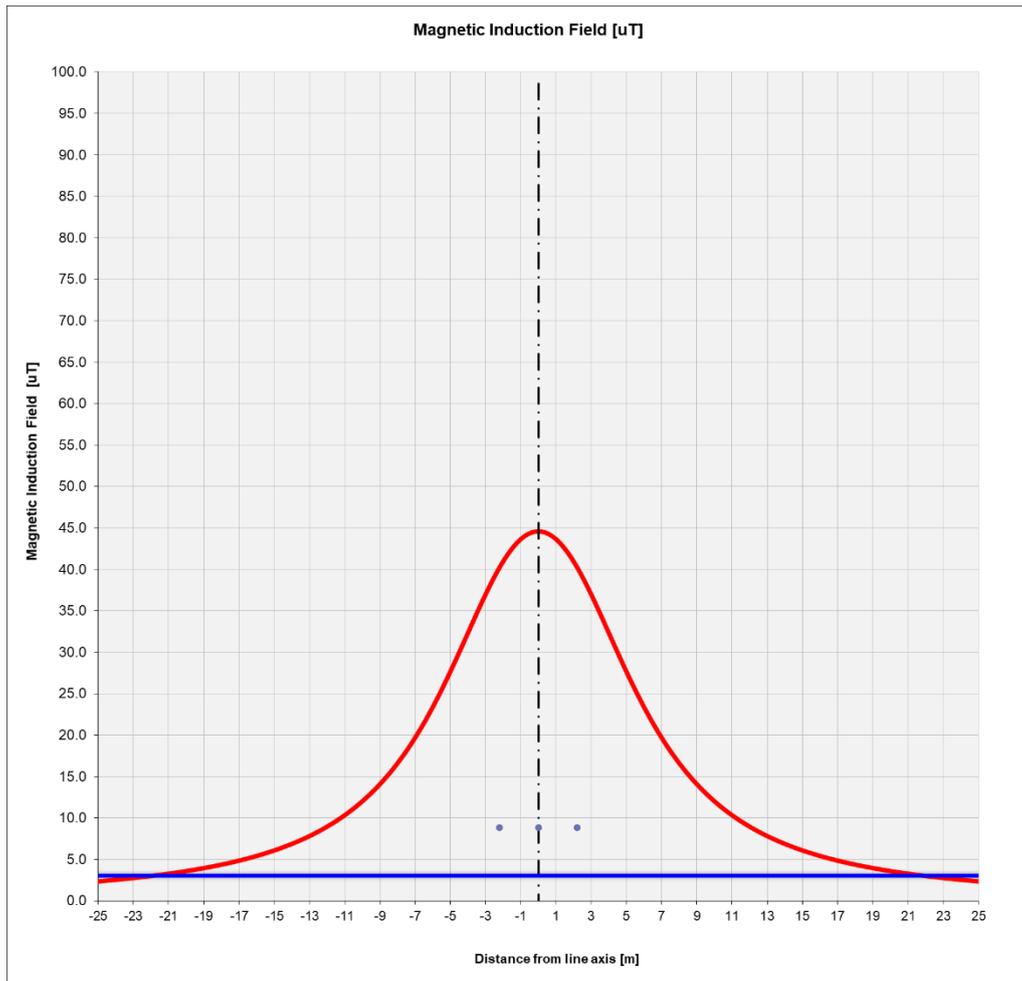


Figura 19: Andamento del campo di induzione magnetica per  $I = 2000\text{ A}$

Si può notare che ad una distanza di circa 22 m dall'asse del sistema di sbarre l'induzione magnetica è inferiore al valore di 3  $\mu\text{T}$ .

Data la localizzazione della stazione non si rilevano recettori sensibili a distanze inferiori a quella sopra calcolata.

### Linee elettriche in corrente alternata in alta tensione

La linea elettrica di connessione tra la stazione Utente SSEU e la SE Terna di connessione si svilupperà in aereo.

Si rimanda alla relazione specialistica per la verifica dei valori dell'induzione magnetica e delle relative fasce di rispetto (DPA) e la rispondenza ai limiti di legge.

## **4.3 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) e per il livello 150 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione.

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, realizzati mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari al massimo a 3.43 m e con un minimo di 0,70 m, mentre per il cavidotto AT la semi-fascia calcolata è pari a 3,4m: 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 ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, nel caso peggiore (trasformatore da 3000 kVA), già a circa 3 m (DPA) dalla cabina stessa. Analogamente

ragionamento può essere fatto per la stazione di trasformazione, per cui i valori di campo magnetico al di fuori della recinzione sono sicuramente inferiori ai valori limite di legge. Comunque considerando che nelle cabine di trasformazione non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

**L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.**

## 5. Valutazione del rischio esposizione ai CEM nel luogo di lavoro

### 5.1 Metodologia di valutazione

Il Decreto Legislativo 81/08 ha fissato i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i Rischi per la salute e la sicurezza derivante dall'esposizione ai Campi Elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz) durante il lavoro. Le disposizioni del D.Lgs. riguardano la protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia, nonché da correnti di contatto, ma non disciplinano la protezione da eventuali effetti a lungo termine e non riguardano i rischi risultanti dal contatto con i conduttori in tensione.

Dal 1 Luglio 2016 è recepita la Direttiva 2013/35/UE in materia di disposizioni minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici.

#### *Definizioni ricorrenti*

**CAMPI ELETTROMAGNETICI:** campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo di frequenza inferiore o pari a 300 GHz;

**Corrente di contatto (I<sub>c</sub>):** la corrente di contatto tra una persona e un oggetto è espressa in Ampere (A). Un conduttore che si trova in un campo elettrico può essere caricato dal campo.

**Densità di corrente (J):** è definita come la corrente che passa attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. E' espressa in Ampere a metro quadro (A/mq).

**Intensità di campo elettrico (E):** è una grandezza vettoriale che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. E' espressa in Volt per metro (V/m).

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

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

**Assorbimento specifico di energia (SA):** si definisce come l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in Joule per chilogrammo (J/kg). Nella presente direttiva esso si impiega per limitare gli effetti non termici derivanti da esposizioni a microonde pulsate.

**Tasso di assorbimento specifico di energia (SAR):** si tratta del valore mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa di tessuto corporeo ed è espresso in Watt per chilogrammo (W/kg). Il SAR a corpo intero è una

misura ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi dell'esposizione a radiofrequenze (RF). Oltre al valore del SAR mediato su tutto il corpo, sono necessari anche valori locali del SAR per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a particolari condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo in contatto con la terra, esposto a RF dell'ordine di pochi MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

**VALORI DI AZIONE:** l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B), corrente indotta attraverso gli arti (IL), e densità di potenza (S), che determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nel presente capo. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.

**VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE:** limiti all'esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi a breve termine per la salute conosciuti;

Tra le grandezze sopra citate, possono essere misurate direttamente l'induzione magnetica, la corrente di contatto, le intensità di campo elettrico e magnetico, e la densità di potenza.

### ***Effetti dell'esposizione ai CEM nei luoghi di lavoro***

Un CEM si identifica con la propagazione nello spazio di campi elettrici e magnetici variabili nel tempo. Alcuni campi provocano la stimolazione degli organi sensoriali, dei nervi e dei muscoli, mentre altri causano riscaldamento. *È importante notare che tutti questi effetti hanno una soglia al di sotto della quale non vi è alcun rischio e le esposizioni inferiori alla soglia non sono in alcun caso cumulative. Gli effetti causati dall'esposizione sono transitori, essendo limitati alla durata dell'esposizione, e cessano o diminuiscono quando finisce l'esposizione. Ciò significa che non vi sono ulteriori rischi per la salute una volta terminata l'esposizione.*

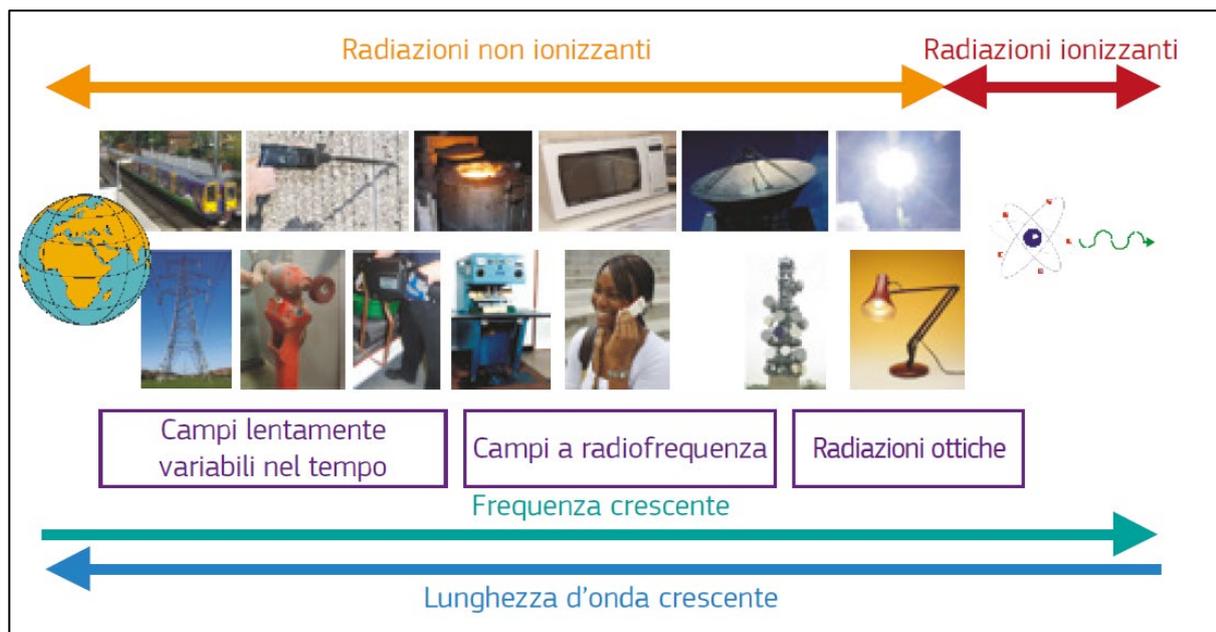
Il tipo di effetto che i CEM hanno sulle persone dipende sostanzialmente da:

- ✓ frequenza del CEM;
- ✓ intensità del CEM.

In funzione della frequenza, le radiazioni generate da un CEM si dividono in:

- ✓ Radiazioni Ionizzanti (IR) con frequenze superiori a 300 GHz (raggi UV, raggi gamma e raggi X);
- ✓ Radiazioni Non Ionizzanti (NIR) con frequenza fino a 300 GHz (campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, radiofrequenze, microonde, infrarosso, luce visibile).

Per una migliore comprensione si rimanda, a tal proposito, all'immagine appresso indicata:



*Grafico esplicativo della suddivisione delle radiazioni in non ionizzanti e ionizzanti*

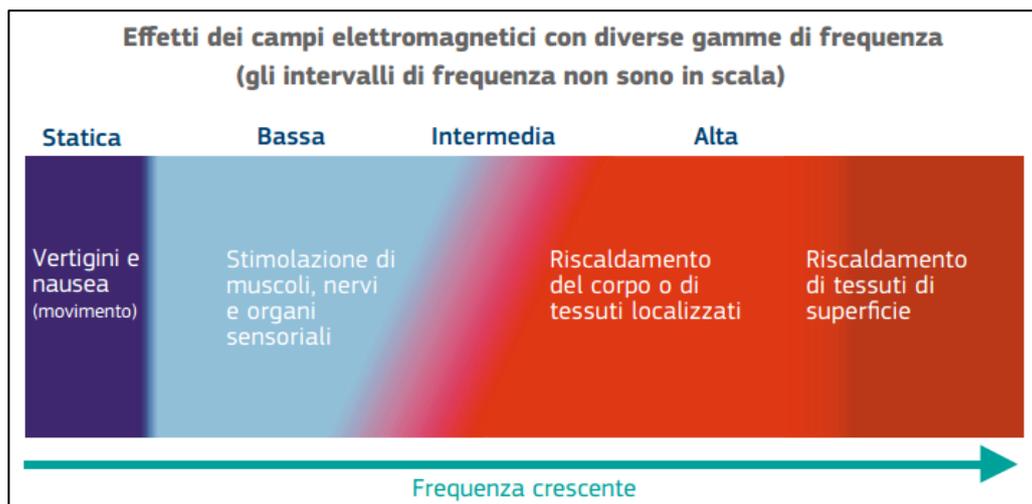
Nel caso in esame i CEM cui possono essere esposti i lavoratori sono riconducibili a campi a frequenze estremamente basse (Extremely Low Frequency, ELF); infatti, in Italia, linee elettriche, cabine di trasformazione, elettrodomestici funzionano a frequenza industriale costante, pari a 50 Hz.

**La Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici** - Commissione Europea - Direzione Generale per l'Occupazione, gli Affari Sociali e l'Inclusione - Unità B 3, identifica gli effetti diretti e indiretti accertati che sono provocati dai CEM.

Gli effetti diretti sono i cambiamenti provocati in una persona dall'esposizione a un CEM. La Direttiva prende in considerazione solo gli effetti noti che si basano su meccanismi conosciuti, ma opera una distinzione fra effetti sensoriali ed effetti sulla salute, considerati più gravi. Gli effetti diretti sono i seguenti:

- ✓ vertigini e nausea provocati da CEM statici (associati di norma al movimento, ma possibili anche in assenza di movimento);
- ✓ effetti su organi sensoriali, nervi e muscoli provocati da campi a bassa frequenza (fino a 100 kHz);
- ✓ riscaldamento di tutto il corpo o di parti del corpo causato da campi ad alta frequenza (pari o superiore a 10 MHz); in presenza di valori superiori a qualche GHz il riscaldamento si limita in misura sempre maggiore alla superficie del corpo;
- ✓ effetti su nervi e muscoli e riscaldamento causato da frequenze intermedie (100 kHz-10 MHz).

L'immagine seguente, tratta dalla Guida, sintetizza quanto prima riportato:



Gli effetti diretti possono, quindi, suddivisi in:

- ✓ **effetti non termici**, come la stimolazione di nervi, muscoli ed organi sensoriali,
- ✓ **effetti termici**, come il riscaldamento dei tessuti.

Con riferimento agli effetti indiretti si ravvisa quanto segue. Possono essere provocati dalla presenza, nel campo elettromagnetico, di oggetti che possono determinare pericoli per la sicurezza o la salute. Gli effetti indiretti sono i seguenti:

- ✓ interferenze con apparecchiature e altri dispositivi medici elettronici;
- ✓ interferenze con apparecchiature o dispositivi medici impiantabili attivi, per esempio stimolatori cardiaci o defibrillatori;
- ✓ interferenze con dispositivi medici portati sul corpo, per esempio pompe insuliniche;
- ✓ interferenze con dispositivi impiantabili passivi (per esempio protesi articolari, chiodi, fili o piastre di metallo);
- ✓ effetti su schegge di metallo, tatuaggi, body piercing e body art;
- ✓ rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici non fissi in un campo magnetico statico;
- ✓ innesco involontario di detonatori;
- ✓ innesco di incendi o esplosioni a causa di materiali infiammabili o esplosivi;
- ✓ scosse elettriche o ustioni dovute a correnti di contatto quando una persona tocca un oggetto conduttore in un campo elettromagnetico e uno dei due non è collegato a terra.

Alla luce delle considerazioni effettuate, atteso che la frequenza dei CEM è di 50 Hz, andranno presi in considerazione:

- ✓ effetti diretti non termici;
- ✓ effetti indiretti connessi direttamente con la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Con riferimento all'intensità, la Guida definisce:

- ✓ Livelli di Azione (LA): sono fissati in termini di grandezze di campo esterne, rilevabili

con relativa facilità tramite misurazioni o calcoli.

- ✓ Valori Limite di Esposizione: sono definiti in termini di grandezze presenti nel corpo che non possono essere misurate o calcolate facilmente.

La direttiva definisce anche **livelli di azione (LA)** fissati in termini di grandezze di campo esterne, rilevabili con relativa facilità tramite misurazioni o calcoli. Questi LA sono ottenuti dai VLE sulla base di ipotesi prudenziali, e pertanto la conformità ai LA pertinenti garantisce sempre la conformità al VLE corrispondente. Tuttavia, è possibile mantenere la conformità al VLE pur avendo superato un LA.

## 5.2 Procedura di valutazione del rischio

L'iter seguito per la valutazione del caso in esame, in conformità alle norme in vigore, contempla le seguenti attività:

1. Identificazione delle fasi di lavoro e dei lavoratori a rischio.
2. Identificazione delle sorgenti di CEM nei luoghi di lavoro.
3. Controllo dei Livelli di Azione, LA, e del superamento degli stessi.
4. Controllo dei Valori Limite di Esposizione, VLE, e del superamento degli stessi.
5. Verifica dei livelli di riferimento di cui alla Raccomandazione 1999/519/CE (0 - 300 GHz).
6. Esito della valutazione del rischio.
7. Identificazione delle misure di sicurezza.

La valutazione del rischio Campi elettromagnetici parte da un censimento iniziale di sorgenti ed apparati presenti nel luogo di lavoro ed oltre alla Direttiva 2013/35/UE prende in considerazione la **“Guida non vincolante di buone prassi per l’attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici” elaborata dalla Commissione Europea**”.

La maggior parte delle sorgenti dei campi elettromagnetici presenti nelle case e negli ambienti di lavoro produce livelli di esposizione estremamente bassi, tanto che la maggior parte delle attività lavorative comuni difficilmente causa esposizioni superiori ai livelli di azione o ai valori limite di esposizione stabiliti dalla direttiva EMF.

La guida elenca (in Tabella 3.2) molte attività lavorative, apparecchiature e luoghi di lavoro comuni e indica la necessità o meno di effettuare una valutazione per:

- i lavoratori con dispositivi impiantabili attivi;
- altri lavoratori particolarmente a rischio;
- lavoratori non particolarmente a rischio.

**Se per tutte le attività svolte in un luogo di lavoro viene apposto un «No» nelle tre colonne, non è necessario effettuare una valutazione specifica in relazione alla direttiva EMF, dato che non dovrebbero esserci rischi di questo tipo.**

In genere, in queste situazioni non sono necessari ulteriori provvedimenti. Sarà comunque necessario effettuare una valutazione generale del rischio in conformità alle prescrizioni della direttiva quadro. Conformemente a tale direttiva, i datori di lavoro dovranno tener conto dei mutamenti di circostanze e riesaminare la necessità di una valutazione specifica dei campi elettromagnetici alla luce di eventuali cambiamenti.

Un «si» nella colonna 1 non significa quindi che il campo accessibile è decisamente superiore a un valore limite di esposizione, bensì che non è possibile essere certi che il valore limite di esposizione sia sempre rispettato, tenendo presente il margine di variazione che può verificarsi sul luogo di lavoro. Si consiglia quindi di effettuare una valutazione specifica per ciascun luogo di lavoro per confrontare i valori calcolati/misurati con i **Limiti di azione (LA)** ed **Limiti di esposizione (VLE)**.

Sulla base delle indicazioni della Guida, nel seguito verrà eseguita la valutazione specifica per ciascun luogo di lavoro per confrontare i valori attesi delle grandezze in gioco con i Limiti di Azione (LA) e i Valori Limite di Esposizione (VLE).

### 5.3 Fasi di lavoro e caratterizzazione dei lavoratori sensibili

Il Parco Fotovoltaico in oggetto, interessa diverse categorie di lavoratori esposti a potenziali CEM per tutta la durata della vita dell'opera, e quindi nelle fasi di realizzazione, collaudo, esercizio e manutenzione, ed in ultimo la dismissione.

Nel seguito sono tabellati, per ogni fase del ciclo dell'opera la tipologia dei lavoratori interessati.

Fase di Lavoro	Categorie di lavoratori
Costruzione	Operai Edili Operai elettrici Professionisti tecnici
Collaudo e avviamento	Operai elettrici Professionisti tecnici
Esercizio e manutenzione	Manutentori Professionisti tecnici
Dismissione	Operai Edili Operai elettrici Professionisti tecnici

Appare opportuno precisare che la norma identifica due tipologie di lavoratori sensibili al rischio di esposizione ai CEM:

- Lavoratori non particolarmente a rischio;
- Lavoratori particolarmente a rischio, così come specificati dalla tabella seguente:

Lavoratori esposti a particolari rischi	Esempi
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili attivi (Active Implanted Medical Devices, AIMD)	Stimolatori cardiaci, defibrillatori cardiaci, impianti cocleari, impianti nel tronco encefalico, protesi dell'orecchio interno, neurostimolatori, codificatori della retina, pompe impiantate per l'infusione di farmaci
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili passivi contenenti metallo	Protesi articolari, chiodi, piastre, viti, clip chirurgiche, clip per aneurisma, stent, protesi valvolari cardiache, anelli per annuloplastica, impianti contraccettivi metallici e tipi di dispositivi medici impiantabili attivi
Lavoratori portatori di dispositivi medici indossati sul corpo	Pompe esterne per infusione di ormoni
Lavoratrici in gravidanza	

Tabella 5 Lavoratori esposti a particolari rischi secondo la direttiva relativa ai campi elettromagnetici

Per i lavoratori particolarmente a rischio la valutazione è di solito più complessa. È possibile che i LA per gli effetti diretti non garantiscano una protezione adeguata a questi lavoratori, rendendo necessaria una valutazione separata. I lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili o dispositivi medici indossati sul corpo talvolta ricevono informazioni specifiche sui livelli di sicurezza dell'intensità di campo. In questo caso tali informazioni costituiranno criteri di valutazione e dovranno quindi essere anteposte a qualsiasi altra informazione più generale eventualmente disponibile. Per esempio, la valutazione relativa a un portatore di pacemaker, analizzata nello studio del caso dei dispositivi al plasma a radiofrequenza (RF) si avvale dei dati del fabbricante. Laddove non siano disponibili informazioni specifiche per i dispositivi medici impiantabili o i dispositivi medici indossati sul corpo, e per le lavoratrici in gravidanza i datori di lavoro devono far riferimento agli orientamenti contenuti nell'appendice E della guida non vincolante di attuazione della direttiva 2013/35/UE.

I campi elettromagnetici possono provocare interferenze con il corretto funzionamento delle apparecchiature mediche elettroniche così come possono interferire con qualsiasi altra attrezzatura elettronica. Tuttavia, poiché tali attrezzature possono avere una funzione vitale per le cure mediche, le conseguenze delle interferenze possono essere gravi.

L'interferenza pertanto non dovrebbe verificarsi a condizione che i campi, diversi dai campi magnetici statici, non superino i valori istantanei dei livelli di riferimento della raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. L'AIMD deve inoltre rimanere esente dall'influenza dei campi magnetici statici inferiori a 0,5 mT.

Premesso ciò, la norma effettua una ulteriore distinzione, così articolata:

- ✓ Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi (AIMD);
- ✓ Altri lavoratori particolarmente a rischio (che includono lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili passivi contenenti metallo, lavoratori portatori di dispositivi medici indossati sul corpo, lavoratrici in gravidanza);

- ✓ Lavoratori non particolarmente a rischio.

Tale articolazione viene utilizzata nella tabella 3.2 della Guida, in cui viene indicato, in funzione del tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro e in funzione della tipologia di lavoratori, di cui al precedente elenco, la necessità o meno di effettuare una valutazione dei CEM:

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Lavoratori non particolarmente a rischio	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi)	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi
	(1)	(2)	(3)

Tabella 6 Estratto dalla tabella 3.2 della Guida

In relazione alle indicazioni della Guida, se per tutte le attività svolte in un luogo di lavoro viene apposto un “No” nelle tre colonne (relative ai lavoratori), non è necessario effettuare una valutazione specifica in relazione alla direttiva EMF, dato che non dovrebbero esserci rischi di questo tipo.

Pertanto, la valutazione andrà effettuata laddove sarà apposto un “Si”.

Per i lavoratori particolarmente a rischio la valutazione è di solito più complessa. È possibile che i LA per gli effetti diretti non garantiscano una protezione adeguata a questi lavoratori, rendendo necessaria una valutazione separata che dovrà essere effettuata in fase esecutiva, confrontando i valori misurati in campo o desunti dai dati del fabbricante, con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/519/CE.

I lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili o dispositivi medici indossati sul corpo dovranno pertanto ricevere informazioni specifiche sui livelli di sicurezza dell'intensità di campo. In questo caso tali informazioni costituiranno criteri di valutazione e dovranno, quindi, essere anteposte a qualsiasi altra informazione più generale eventualmente disponibile.

**L'interferenza pertanto non dovrebbe verificarsi a condizione che i campi, diversi dai campi magnetici statici, non superino i valori istantanei dei livelli di riferimento della raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. L'AIMD deve inoltre rimanere esente dall'influenza dei campi magnetici statici inferiori a 0,5 mT.**

Per le lavoratrici in gravidanza, il datore di lavoro dovrà fare riferimento agli orientamenti contenuti nell'appendice E della Guida per l'attuazione della Direttiva EMF.

#### 5.4 Identificazione delle apparecchiature e/o luoghi di lavoro

Il progetto, come detto nei capitoli precedenti, prevede la realizzazione di un Parco Fotovoltaico, al cui interno, oltre le caratteristiche dei luoghi di lavoro e delle attrezzature propri dell'ingegneria infrastrutturale, comprende impianti ed attrezzature riconducibili a quelle

elencate nella Tabella 3.2 della Guida, da cui è possibile ricavare oltre la definizione delle fonti anche la necessità di procedere alla valutazione del rischio per i lavoratori addetti.

Estrapolando le indicazioni dalla suddetta guida per la parte riguardante i circuiti elettrici e l'edilizia leggera, le indicazioni che si sono ricavate risultano dalla tabella seguente:

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Lavoratori non particolarmente a rischio	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi)	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi
<b>Alimentazione elettrica</b>			
Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta pari o inferiore a 100 A – compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. – esposizione a campi magnetici	No	No	No
Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta superiore a 100 A – compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. – esposizione a campi magnetici	Sì	Sì	Sì
Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale pari o inferiore a 100 A per un singolo circuito – compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. – esposizione a campi magnetici	No	No	No
Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A – compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. – esposizione a campi magnetici	Sì	Sì	Sì
Generatori e generatori di emergenza – lavori con	No	No	Sì
Inverter, compresi quelli su sistemi fotovoltaici	No	No	Sì
Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV ( 1 ), sopra il luogo di lavoro – esposizione a campi elettrici	Sì	Sì	Sì
Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale – esposizione a campi elettrici	No	No	No
<b>Industria leggera</b>			
Utensili (elettrici portatili e trasportabili) – luoghi di lavoro contenenti	No	No	No

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Lavoratori non particolarmente a rischio	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi)	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi
Utensili (elettrici portatili e trasportabili per esempio trapani, levigatrici, seghe circolari e smerigliatrici angolari) – utilizzo di	No	No	Si
<b>Edilizia</b>			
Macchinari per cantieri (per esempio betoniere, vibratori, gru ecc.) – lavoro in stretta prossimità	No	No	Si

Sulla base di quanto riportato in tabella si sono identificate le fonti CEM da tenere in considerazione per l'impianto in argomento nelle diverse fasi di vita e cioè nella fase di realizzazione ed in quella di collaudo, esercizio, manutenzione e dismissione.

Tali fonti, risultano di seguito indicate, per le diverse fasi di lavoro:

#### ❖ Fase di costruzione e dismissione

- Luogo di lavoro Parco fotovoltaico
  - ◆ Sorgente CEM : Macchinari per cantieri (gru, vibratori, betoniere ecc..)
  - ◆ Utensili (elettrici portatili e trasportabili)
- luoghi di lavoro Sottostazione elettrica di Trasformazione 150/30 kV
  - ◆ Sorgente CEM : Macchinari per cantieri (gru, vibratori, betoniere ecc..)
  - ◆ Utensili (elettrici portatili e trasportabili)

#### ❖ Fase di Collaudo, avviamento ed esercizio dell'impianto

- Luogo di lavoro Parco fotovoltaico
  - ◆ Sorgente CEM :
    - ◆ Inverter
    - ◆ Cabine di trasformazioni MT/BT
    - ◆ Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale
- Luogo di lavoro Parco fotovoltaico- Elettrodotta in MT di vettoriamento dell'energia prodotta dai generatori fotovoltaici (Cabine di Trasformazione MT/BT) verso la cabina di trasformazione Sottostazione elettrica di Trasformazione 150/30 kV
  - ◆ Sorgente CEM : Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale — esposizione a campi elettrici
- luoghi di lavoro Sottostazione elettrica di Trasformazione 150/30 kV
  - ◆ Sorgente CEM : Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale —

- esposizione a campi elettrici
- ◆ Sorgente CEM : Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV), sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici
  - ◆ Sorgente CEM : Conduttori nudi aerei con qualsiasi tensione — esposizione a campi magnetici

## 5.5 I livelli di azione ed il controllo del loro superamento

I Livelli di azione LA sono definiti negli allegati II e III della direttiva relativa ai campi elettromagnetici.

La direttiva definisce una serie di LA differenti, alcuni dei quali applicabili simultaneamente. I LA riguardano gli effetti diretti o indiretti. Alle basse frequenze, i campi elettrici e magnetici possono essere considerati indipendenti (la cosiddetta «approssimazione quasi-statica») ed entrambi inducono campi elettrici nel corpo. Pertanto, alle basse frequenze esistono LA per i campi elettrici e magnetici. Ci sono anche LA per la corrente di contatto.

Con l'aumentare della frequenza, i campi provocano un accoppiamento più intenso e l'interazione con il corpo si modifica, producendo una deposizione di energia che a sua volta provoca effetti termici. Per queste frequenze ci sono LA per i campi elettrici e magnetici. A frequenze superiori a 6 GHz, esiste un LA supplementare per la densità di potenza, che è correlato all'intensità dei campi elettrici e magnetici. Ci sono anche LA per le correnti indotte attraverso gli arti, a loro volta correlati agli effetti termici, e per le correnti di contatto.

Se i LA non sono superati, si può ipotizzare che le esposizioni siano conformi ai VLE e che non sono necessarie ulteriori valutazioni. In talune circostanze il superamento di alcuni LA può essere accettabile.

Se i livelli di azione sono superati si dovrebbe proseguire con il controllo dei VLE. Il Datore di lavoro può però decidere di adottare specifiche misure per ridurre l'esposizione.

### 5.5.1 Valori di azione

Nella nuova Direttiva vengono fissati:

- Livelli di azione inferiori e superiori per l'intensità del campo elettrico - LA(E)
- Livelli di azione inferiori e superiori per l'induzione magnetica B – LA(B)
- Livelli di azione per le correnti di contatto – LA(Ic)
- Livelli di azione per l'induzione magnetica di campi magnetici statici – LA(B0)

Sia i livelli di azione inferiori che i superiori sono espressi in termini di campo elettrico (unità

di misura V/m) e sono rappresentati dai valori efficaci della intensità del campo elettrico nel punto di misura, la loro espressione varia al variare della frequenza.

Per quanto riguarda invece il campo magnetico i livelli di azione inferiori sono derivati dai limiti per gli effetti sensoriali per le frequenze fino a 400 Hz, oltre questa frequenza derivano dagli effetti sanitari per il campo elettrico interno. I livelli superiori invece derivano dai valori limite relativi agli effetti sanitari per un campo elettrico interno correlato alla stimolazione elettrica dei tessuti nervosi periferici e autonomi nella testa e nel tronco.

Nel seguito si prenderanno in considerazione solo i campi magnetici a bassa frequenza

### **CAMPI MAGNETICI STATICI – 0 Hz**

Se la frequenza inserita è compresa tra 0 ed 1 Hz occorre verificare il rispetto del LA rispetto ai campi magnetici statici, in particolare ai limiti dell'induzione magnetica imposti nella seguente tabella:

<b>LA per induzione magnetica di campi magnetici statici</b>	
<b>Rischi</b>	<b>LA(B0)</b>
Interferenza con dispositivi impiantati attivi, ad esempio stimolatori cardiaci	0,5 mT
Rischio di attrazione e propulsivo nel campo periferico di sorgenti ad alta intensità (> 100 mT)	3 mT

Tabella B4 Allegato II Direttiva 2013/35/UE

*Nota 1: la frequenza  $f$  è espressa in Hertz (Hz)*

*Nota 2: i valori limite sono espressi in termini di induzione magnetica*

### **CAMPI A BASSA FREQUENZA: 1 Hz – 10 MHz**

Nella Direttiva 2013/35/EU i valori limite per gli effetti sanitari vengono espressi in funzione del campo elettrico interno inteso come valore di picco spaziale per l'intero corpo del soggetto esposto. Per gli effetti sensoriali viene fissato un limite solo per il range di frequenze compreso tra 1 Hz e 400 Hz per una azione di protezione dagli effetti del campo elettrico sul sistema nervoso centrale e da effetti transitori quali l'induzione di fosfeni retinici e modifiche minori di determinate funzioni cerebrali che si manifestano solo per gli intervalli di frequenza considerati nel quadro normativo. Anche in questo caso la quantità dosimetrica considerata è il campo elettrico interno limitato ai valori di picco spaziale nella testa del soggetto esposto.

<b>LA per esposizione a campi elettrici compresi tra 1 Hz e 10 MHz</b>		
<b>Gamma di frequenza</b>	<b>Intensità di campo elettrico LA(E) inferiori [Vm-1] (RMS)</b>	<b>Intensità di campo elettrico LA(E) superiori [Vm-1] (RMS)</b>
$1 \leq f < 25$ 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 B1 Allegato II Direttiva 2013/35/UE

*Nota 1: la frequenza  $f$  è espressa in Hertz (Hz)*

Nota 2: i valori limite sono espressi come intensità di campo elettrico

LA per esposizione a campi magnetici compresi tra 1 Hz e 10 MHz			
Gamma di frequenza	Induzione magnetica LA (B) inferiori [ $\mu\text{T}$ ] (RMS)	Induzione magnetica LA (B) superiori [ $\mu\text{T}$ ] (RMS)	Induzione magnetica LA per esposizione arti a campo magnetico localizzato [ $\mu\text{T}$ ] (RMS)
$1 \leq f < 8 \text{ Hz}$	$2,0 \times 105/f^2$	$3,0 \times 105/f$	$9,0 \times 105/f$
$8 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,5 \times 104/f$	$3,0 \times 105/f$	$9,0 \times 105/f$
<b><math>25 \leq f &lt; 300 \text{ Hz}</math></b>	<b><math>1,0 \times 103</math></b>	<b><math>3,0 \times 105/f</math></b>	<b><math>9,0 \times 105/f</math></b>
$300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$3,0 \times 105/f$	$3,0 \times 105/f$	$9,0 \times 105/f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,0 \times 102$	$1,0 \times 102$	$3,0 \times 102$

Tabella B2 Allegato II Direttiva 2013/35/UE

Nota 1: la frequenza  $f$  è espressa in Hertz (Hz)

Nota 2: i valori limite sono espressi come intensità di campo elettrico

I LA per corrente di contatto IC	
Frequenza	LA (IC) corrente di contatto stazionaria [mA] (RMS)
<b>fino a 2,5 kHz</b>	<b>1,0</b>
$2,5 \leq f < 100 \text{ kHz}$	0,4 f
$100 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ 000 kHz}$	40

Tabella B3 Allegato II Direttiva 2013/35/UE

Nota 1: la frequenza  $f$  è espressa in Hertz (Hz)

Nota 2: i valori limite sono espressi in termini di induzione magnetica

VLE relativi agli effetti sensoriali per un'intensità di campo elettrico interno compresa tra 1 Hz e 400 Hz	
Gamma di frequenza	VLE relativi agli effetti sensoriali
$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7/f \text{ Vm}^{-1}$ (picco)
$10 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	$0,07/f \text{ Vm}^{-1}$ (picco)
$25 \text{ Hz} \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028 f \text{ Vm}^{-1}$ (picco)

Tabella A3 Direttiva 2013/35/UE

Nota 1: la frequenza  $f$  è espressa in Hertz (Hz)

Nota 2: i valori limite sono espressi come intensità di campo elettrico

### 5.5.2 Lavoratori particolarmente a rischio CE

È obbligatorio tener conto dei lavoratori particolarmente a rischio e la direttiva identifica specificamente quattro gruppi di lavoratori che rientrano in questa categoria:

- lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili attivi;
- lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili passivi;
- lavoratori con dispositivi medici portati sul corpo;

- lavoratrici in gravidanza.

Per i lavoratori particolarmente a rischio la valutazione è di solito più complessa. È possibile che i LA per gli effetti diretti non garantiscano una protezione adeguata a questi lavoratori, rendendo necessaria una valutazione separata. I lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili o dispositivi medici indossati sul corpo talvolta ricevono informazioni specifiche sui livelli di sicurezza dell'intensità di campo. In questo caso tali informazioni costituiranno criteri di valutazione e dovranno quindi essere anteposte a qualsiasi altra informazione più generale eventualmente disponibile. Per esempio, la valutazione relativa a un portatore di pacemaker, analizzata nello studio del caso dei dispositivi al plasma a radiofrequenza (RF) si avvale dei dati del fabbricante. Laddove non siano disponibili informazioni specifiche per i dispositivi medici impiantabili o i dispositivi medici indossati sul corpo, e per le lavoratrici in gravidanza i datori di lavoro devono far riferimento agli orientamenti contenuti nell'appendice E della guida non vincolante di attuazione della direttiva 2013/35/UE.

I campi elettromagnetici possono provocare interferenze con il corretto funzionamento delle apparecchiature mediche elettroniche così come possono interferire con qualsiasi altra attrezzatura elettronica. Tuttavia, poiché tali attrezzature possono avere una funzione vitale per le cure mediche, le conseguenze delle interferenze possono essere gravi.

L'interferenza pertanto non dovrebbe verificarsi a condizione che i campi, diversi dai campi magnetici statici, non superino i valori istantanei dei livelli di riferimento della raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. L'AIMD deve inoltre rimanere esente dall'influenza dei campi magnetici statici inferiori a 0,5 mT.

Per i lavoratori particolarmente a rischio (portatori di dispositivi medici, lavoratrici in gravidanza, ecc.) è possibile che i LA non garantiscano una protezione adeguata, rendendo necessaria una valutazione separata che si esegue confrontando i valori misurati o desunti dai dati del fabbricante con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/519/CE.

Intervallo di frequenza	Intensità di campo E (V/m)	Intensità di campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densità di potenza ad onda piana equivalente Seq (W/m <sup>2</sup> )
0-1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	-
1-8 Hz	10000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	-
8-25 Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	-
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	-
3-150 kHz	87	5	6,25	-
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2 000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Tabella 2 Raccomandazione 1999/516/CE - Livelli di riferimento per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (0 Hz-300 GHz, valori efficaci (rms) non perturbati)

Gamma di frequenza	Corrente di contatto massima (mA)
--------------------	-----------------------------------

0 Hz - 2,5 kHz	0,5
2,5 KHz - 100 kHz	0,2 f
100 KHz - 110 MHz	20

Tabella 3 Raccomandazione 1999/516/CE - Livelli di riferimento per le correnti di contatto da oggetti conduttori

## 5.6 Sorgenti CEM presenti

Premesso che nel caso in esame, la corrente è a 50 Hz, quindi a bassa frequenza, si riporta nel seguito i valori dell'intensità di campo magnetico e di induzione magnetica per le sorgenti CEM per le quali risulta necessario procedere alla valutazione ed il controllo della L.A.

### *Cabine di trasformazioni MT/BT*

Le cabine, soprattutto quelle di progetto, così come i circuiti elettrici all'interno di esso, da misure sperimentali dedotte dalla letteratura, per potenze di 4,8 MW, hanno i seguenti valori di riferimento:

Punto di misura	Intensità campo elettrico [V/m]	Induzione magnetica [mT]
Area Trasformatore	5,90	79,00
Area Convertitore	316,00	53,00

Per il prosieguo delle verifiche, si assumeranno i valori massimi e cioè per l'intensità del campo elettrico **316,00 V/m** e per l'induzione magnetica **79,00 mT**.

### *Linee aeree*

Per quanto riguarda il campo elettrico di linee elettriche aeree, misure sperimentali evidenziano quanto segue:

Tipologia di linea aerea	Range di campo elettrico misurato a terra [V/m]
Linea 380 kV	da 7.000 a 8.000
Linea 220 kV	da 2.000 a 3.000
Linea 132 kV	da 1.000 a 2.000
Linea 15 kV	da 100 a 150

Fonte <https://www.overtec.it/articoli/campi-elettromagnetici/campi-elettromagnetici-generati-da-elettrodotti>

In maniera prudenziale si assume come valore atteso quello di **2.000 V/m** per linea a 220 kV.

Per quel che concerne l'induzione magnetica, sempre le misure sperimentali danno i seguenti valori:

Tipologia di linea aerea	Range di induzione magnetica misurata a terra [mT]
Linea 380 kV	da 20 a 22
Linea 220 kV	da 16 a 18
Linea 132 kV	da 14 a 16
Linea 15 kV	da 1 a 3,6

Fonte <https://www.overtec.it/articoli/campi-elettromagnetici/campi-elettromagnetici-generati-da-elettrodotti>

Si assume, in termini prudenziali, come valore atteso quello di **16 mT** per linea a 220 kV.

Con riferimento alle macchine da cantiere e agli utensili da lavoro si fanno le seguenti riflessioni.

L'approvazione della Direttiva europea 2012/11/CE (modifica della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici) ha posto l'attenzione sul problema delle emissioni di campi elettromagnetici in ambiente lavorativo e della conseguente esposizione da parte dei lavoratori.

Il testo unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro (D. Lgs. 81/2008) obbliga il datore di lavoro alla valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza, con specifico riferimento alla **valutazione dei rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici e, fra questi, ai campi elettromagnetici**.

Per fare questo il datore di lavoro deve valutare l'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici conformemente alle norme di riferimento e sulla base delle tipologie di apparecchiature, impianti e macchine presenti nel luogo di lavoro e, dove necessario, deve procedere con misurazioni strumentali per verificare il rispetto dei limiti previsti dalla normativa.

Sia la direttiva 2004/40/CE che il D. Lgs. 81/2008 prevedono che i datori di lavoro mettano a disposizioni dei lavoratori macchine ed apparecchiature sicure e, nel caso specifico, che non comportino rischi di esposizione a campi elettromagnetici per i lavoratori esposti.

Il requisito essenziale di sicurezza e di tutela della salute 1.5.10 della direttiva 2006/42/CE (Direttiva Macchine) stabilisce che *“le emissioni indesiderabili di radiazioni da parte della macchina (comprese quelle non ionizzanti, di cui i campi elettromagnetici fanno parte) devono essere eliminate o essere ridotte a livelli che non producono effetti negativi sulle persone”*. Si aggiunge inoltre che *“ogni emissione di radiazioni non ionizzanti funzionali durante la regolazione, il funzionamento e la pulitura deve essere ridotta a livelli che non producono effetti negativi sulle persone”*.

È quindi necessario, da parte del fabbricante, valutare se la macchina dia origine a campi elettromagnetici potenzialmente pericolosi per le persone esposte, con particolare riferimento alle postazioni in cui è prevista la presenza dell'operatore.

Bisogna sottolineare che, come previsto dal requisito essenziale di sicurezza e di tutela della

salute 1.7.4.2 (contenuto delle istruzioni), la Direttiva Macchine prevede che il manuale di istruzioni debba contenere:

- ✓ *le informazioni in merito ai rischi residui che permangono, malgrado siano state adottate le misure di protezione integrate nella progettazione della macchina e malgrado le protezioni e le misure di protezione complementari adottate;*
- ✓ *le istruzioni sulle misure di protezione che devono essere prese dall'utilizzatore, incluse, se del caso, le attrezzature di protezione individuale che devono essere fornite;*
- ✓ *se la macchina può emettere radiazioni non ionizzanti che potrebbero nuocere alle persone, in particolare se portatrici di dispositivi medici impiantabili attivi o non attivi, le informazioni riguardanti le radiazioni emesse per l'operatore e le persone esposte.*

Inoltre, il requisito essenziale di sicurezza e di tutela della salute, della direttiva macchine, 1.7.4.3 prescrive che *“le pubblicazioni illustrative o promozionali che descrivono le caratteristiche delle prestazioni della macchina devono contenere le stesse informazioni delle istruzioni per quanto concerne le emissioni”*. Quindi, in presenza di campi elettromagnetici significativi, bisognerebbe indicare nel manuale di istruzioni anche il valore rilevato dalle misure strumentali e la relativa classificazione.

Risulta evidente che tali prescrizioni hanno il duplice obiettivo di incentivare la riduzione di emissioni di radiazioni da parte delle macchine (campi elettromagnetici, radiazioni ottiche, ecc.) e di fornire gli strumenti necessari, al datore di lavoro, per adempiere ai propri obblighi in materia di salute e sicurezza negli ambienti di lavoro in cui la macchina verrà installata.

La valutazione delle radiazioni elettromagnetiche, emesse dal macchinario, effettuata dal fabbricante (con riferimento alla norma UNI EN 12198, armonizzata ai sensi della Direttiva Macchine 2006/42/CE) permette di definire la corretta classificazione della macchina. La valutazione delle radiazioni elettromagnetiche, se necessario, consente anche di prendere idonee misure di protezione per l'eliminazione o la riduzione dei rischi connessi con l'esposizione a tali emissioni.

Se è vero che la valutazione dei rischi presenti sul luogo di lavoro compete al datore di lavoro, che ha installato la macchina, è anche vero che detta valutazione potrebbe essere stata fatta sulla base delle informazioni fornite dal fabbricante, che devono essere complete e corrette.

A tal proposito la norma UNI EN 12198 stabilisce che, nella procedura per la valutazione del rischio dovuto all'emissione di radiazioni da un macchinario, è possibile ignorare alcune tipologie di emissioni definite “trascurabili” basandosi sull'esperienza, sui calcoli e sulle misurazioni di tecnici esperti. Un aiuto in tal senso viene dato dalla norma CEI EN 50499, che fornisce un **elenco apparecchiature considerate “conformi a priori”** in quanto le emissioni originate sono inferiori ai limiti minimi della Raccomandazione 1999/519/CE sulle esposizioni a campi elettromagnetici per la popolazione.

Fanno parte di questo elenco:

- apparecchiatura di illuminazione (escluse le illuminazioni speciali alimentate in RF);
- computer e apparecchiature IT;
- telefoni mobili e telefoni senza filo;

- caricabatterie per il normale uso domestico, destinati all'utilizzo in garage, nei negozi, nell'industria leggera e nelle fattorie (trattati nella norma CEI EN 60335-2-29);
- apparecchiature audio e video (esclusi i tipi speciali, che utilizzano trasmettitori radio usati tipicamente nel settore delle radiodiffusioni);
- antenne delle stazioni base (solo per distanze dall'antenna superiori a quelle di sicurezza definite per l'esposizione della popolazione);
- apparecchiature portatili alimentate a batteria, esclusi i trasmettitori a radio frequenza;
- apparecchiature elettriche per il riscaldamento di locali (esclusi i riscaldatori a microonde);
- strumentazione, apparecchiature di misura e controllo;
- 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; in questo caso le esposizioni ai campi elettrici e magnetici devono essere considerate separatamente.

I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi magnetici:

- 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.

I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi elettrici:

- 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;
- le linee aeree non superiori a 125 kV che sorvolano il luogo di lavoro;
- le linee aeree che sorvolano il luogo di lavoro di qualsiasi tensione, se il luogo di lavoro è all'interno.

Se la macchina non ricade fra queste tipologie sarà necessario procedere con le misurazioni strumentali al fine di valutare il livello di emissione di radiazioni, assegnare la corretta categoria di emissione, determinare le misure di protezione appropriate e fornire le informazioni necessarie agli utilizzatori della macchina.

Pertanto, si ritiene più corretto rinviare la definizione quantitativa dei CEM elettromagnetici prodotti dagli inverter, macchine e utensili da lavoro nell'ambito delle valutazioni preliminari del datore di lavoro prima che inizino le attività.

Si può comunque, ipotizzare, che i valori di campo elettrico e induzione magnetica di macchinari da cantiere e utensili elettrici siano paragonabili a quelli definiti per le cabine di trasformazioni e linee elettriche aeree.

## 5.7 Valutazioni del rischio

Sulla base delle considerazioni prima riportate, si è proceduto alla valutazione del rischio CEM per le sorgenti ed i luoghi di lavoro individuati.

### STEP 1: Identificazione sorgenti Campi Elettromagnetici

<b>Denominazione:</b>	Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A – compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. – esposizione a campi magnetici
<b>Valutazione richiesta per:</b>	- Lavoratori non a rischio - Lavoratori a rischio - Lavoratori con dispositivi impiantabili adattabili
<b>Presenza di lavoratori non a rischio:</b>	Sì
<b>Presenza di lavoratori a rischio:</b>	Sì
<b>Presenza di lavoratori con disp. impiantabili attivi:</b>	Sì

<b>Denominazione:</b>	Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV ( 1 ), sopra il luogo di lavoro – esposizione a campi elettrici
<b>Valutazione richiesta per:</b>	- Lavoratori non a rischio - Lavoratori a rischio - Lavoratori con dispositivi impiantabili adattabili
<b>Presenza di lavoratori non a rischio:</b>	Sì
<b>Presenza di lavoratori a rischio:</b>	Sì
<b>Presenza di lavoratori con disp. impiantabili attivi:</b>	Sì

### STEP 2: Controllo superamento livelli di azione

<b>Denominazione sorgente:</b>	Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A – compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. – esposizione a campi magnetici		
<b>Frequenza F (Hz):</b>	50,00		
<b>Campi a bassa frequenza (1 Hz - 10 MHz)</b>			
	<b>Valore atteso</b>	<b>Valore calcolato</b>	<b>Controllo L.A.</b>
Intensità Campo Elettrico LA(E) inferiori [V/m]	316,00	10.000,00	≤ L. A.
Intensità Campo Elettrico LA(E) superiori [V/m]	316,00	20.000,00	≤ L. A.
Induzione Magnetica LA(B) inferiori [μT]	79,00	1.000,00	≤ L. A.
Induzione Magnetica LA(B) superiori [μT]	79,00	6.000,00	≤ L. A.
Induzione Magnetica LA esp. arti a C.M. localizzato [μT]	<18.000,00	18.000,00	≤ L. A.
Corrente di contatto I <sub>c</sub> [mA]	<1,00	1,00	≤ L. A.

**Risultato controllo superamento L. A. sorgente:** ≤ L. A.

<b>Denominazione sorgente:</b>	Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV ( 1 ), sopra il luogo di lavoro – esposizione a campi elettrici
<b>Frequenza F (Hz):</b>	50,00

Campi a bassa frequenza (1 Hz - 10 MHz)			
	Valore atteso	Valore calcolato	Controllo L.A.
Intensità Campo Elettrico LA(E) inferiori [V/m]	3.000,00	10.000,00	≤ L. A.
Intensità Campo Elettrico LA(E) superiori [V/m]	3.000,00	20.000,00	≤ L. A.
Induzione Magnetica LA(B) inferiori [μT]	18,00	1.000,00	≤ L. A.
Induzione Magnetica LA(B) superiori [μT]	18,00	6.000,00	≤ L. A.
Induzione Magnetica LA esp. arti a C.M. localizzato [μT]	<18.000,00	18.000,00	≤ L. A.
Corrente di contatto I <sub>c</sub> [mA]	<1,00	1,00	≤ L. A.

**Risultato controllo superamento L. A. sorgente:** ≤ L. A.

### STEP 3: Controllo superamento valori limite di esposizione

*Non sono presenti sorgenti per cui occorre verificare il superamento dei valori limite di esposizione.*

### Livelli di riferimento Raccomandazioni 1999/519/CE (0 - 300 GHz)

*Per i lavoratori particolarmente a rischio (portatori di dispositivi medici, lavoratrici in gravidanza, ecc.) è possibile che i LA non garantiscano una protezione adeguata, rendendo necessaria una valutazione separata che si esegue confrontando i valori misurati o desunti dai dati del fabbricante con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/519/CE.*

<b>Denominazione sorgente:</b>	Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A – compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. – esposizione a campi magnetici		
<b>Frequenza F (Hz):</b>	50,00		
<b>Condizioni di rischio:</b>	Dispositivi medici		
	<b>Valore atteso</b>	<b>Valore calcolato</b>	<b>Controllo V.R.</b>
Intensità di campo E [V/m]	316,00	5.000,00	≤ L. R.
Intensità di campo H [A/m]	< 80,00	80,00	≤ L. R.
Campo B [μT]	< 100,00	100,00	≤ L. R.
Densità di potenza ad onda piana equivalente Seq [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	-	-
Corrente di contatto massima [mA]	< 0,5	0,50	≤ L. R.

**Risultato controllo superamento V. R. sorgente:** ≤ L. R.

<b>Denominazione sorgente:</b>	Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV ( 1 ), sopra il luogo di lavoro – esposizione a campi elettrici		
<b>Frequenza F (Hz):</b>	50,00		
<b>Condizioni di rischio:</b>			
	<b>Valore atteso</b>	<b>Valore calcolato</b>	<b>Controllo V.R.</b>
Intensità di campo E [V/m]	3.000,00	5.000,00	≤ L. R.
Intensità di campo H [A/m]	<80,00	80,00	≤ L. R.
Campo B [μT]	<100,00	100,00	≤ L. R.

<b>Denominazione sorgente:</b>	Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV ( 1 ), sopra il luogo di lavoro – esposizione a campi elettrici		
Densità di potenza ad onda piana equivalente Seq [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	-	-
Corrente di contatto massima [mA]	<0,50	0,50	≤ L. R.

**Risultato controllo superamento V. R. sorgente:** ≤ L. R.

### 5.7.1 Esito della valutazione del rischio

Poiché tutti i valori risultano inferiori rispetto ai LA, il rischio viene valutato **BASSO**: pertanto, il rischio risulta **ACCETTABILE**, e non è necessario procedere alla valutazione successiva (superamento dei VLE).

Si possono pertanto escludere rischi relativi alla salute dei lavoratori nei confronti della esposizione a CEM.

Si precisa, tuttavia, che, la valutazione dei CEM va effettuata certamente per i lavoratori con dispositivi impiantabili attivi che utilizzeranno macchine da cantiere o utensili da lavoro elettrici. In questo caso sarà cura del datore di lavoro procedere con la valutazione prima di consentirne l'uso.

Il datore di lavoro deve assicurarsi che l'esposizione dei lavoratori ai CEM non superi i VLE relativi agli effetti sanitari e i VLE relativi agli effetti sensoriali, di cui all'Allegato XXXVI del D. Lgs. 81/2008.

Qualora l'esposizione dei lavoratori ai CEM superi uno qualsiasi dei VLE, il datore di lavoro dovrà adottare misure immediate in conformità all'articolo 210, comma 7 del D. Lgs. 81/2008.

D'altra parte, si considera che i VLE siano rispettati qualora il datore di lavoro dimostri che i pertinenti LA di cui all'allegato XXXVI del D. Lgs. 81/2008 non siano stati superati. Il rispetto dei LA garantisce, infatti, il rispetto dei pertinenti VLE.

Nel caso in cui l'esposizione superi i LA, il datore di lavoro dovrà adottare misure in conformità all'articolo 210 del D. Lgs. 81/2008, salvo che la valutazione effettuata ai sensi dell'articolo 209, comma 1 del D. Lgs. 81/2008, dimostri che non siano superati i pertinenti VLE e che possono essere esclusi rischi per la sicurezza.

Va in ultimo puntualizzato che la valutazione del rischio **BASSO** per tutte le mansioni e senza alcuna limitazione di accesso alle parti elettriche o alle cabine, deve essere convalidata dal Medico Competente in quanto, se ci fossero lavoratori con limitazioni (es. patologie cardiache, portatori di elettrostimolatori impiantati, ecc..) questi dovrebbero essere allertati e gestiti di conseguenza in modo da non essere sottoposti al rischio.

### 5.7.2 Identificazione delle misure di sicurezza

La valutazione dei rischi ha evidenziato che risultano rispettati i LA ed il rischio di esposizione ai CEM sia stato definito **BASSO**. Pur tuttavia di seguito si riportano alcune misure di mitigazione del rischio.

Il personale dovrà essere adeguatamente formato, informato ed addestrato in merito a:

- misure adottate in applicazione alle normative di riferimento
- entità e al significato dei VLE e dei LA, nonché ai possibili rischi associati e alle misure preventive adottate;
- eventuali effetti indiretti dell'esposizione;
- risultati della valutazione, della misurazione o del calcolo dei livelli di esposizione ai CEM rilevati;
- eventuali sintomi e sensazioni temporanei dovuti a effetti sul sistema nervoso centrale o periferico;
- diritto a una sorveglianza sanitaria;
- procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione.

La formazione dovrà essere particolarmente curata per lavoratori esposti a rischi particolari, ovvero per coloro che sono dotati di dispositivi medici impiantati attivi o passivi o dispositivi medici portati sul corpo e le lavoratrici in gravidanza che abbiano segnalato la propria condizione al datore di lavoro.

Inoltre, ai fini della prevenzione degli effetti indiretti dell'esposizione, il personale dovrà essere formato in particolare sui seguenti elementi, relativi ai macchinari individuati come fonti di campi elettromagnetici:

- casi di controindicazione all'esposizione ai campi elettromagnetici emessi dai macchinari;
- corrette modalità comportamentali da adottare in prossimità dei macchinari, che in genere comprendono il divieto di introdurre oggetti metallici di qualsiasi tipo ed apparecchiature elettriche all'interno dell'area, se non espressamente autorizzate dal responsabile della sicurezza.

Nell'utilizzo delle attrezzature, dovranno essere seguite sempre le informazioni contenute nel manuale di istruzioni e nelle istruzioni operative. Nel caso di attrezzature particolarmente complesse, l'utilizzo è effettuato solo se si è abilitati e si è seguito il relativo corso di formazione.

Il datore di lavoro, nell'ambito della valutazione del rischio, dovrà anche prendere in considerazione la possibilità di rischi indiretti per la salute quali:

- interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici (compresi stimolatori cardiaci e altri dispositivi impiantati);
- rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici per campi magnetici statici con induzione magnetica superiore a 3 mT;
- incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili provocata da

scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche.

Nelle attività lavorative ove siano presenti macchinari o impianti emettitori di CEM, il datore di lavoro dovrà:

- ✓ prevenire l'esposizione di individui con controindicazioni assolute o relative ai livelli di emissione degli apparati;
- ✓ ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori ai CEM irradiati da tali apparati.

È necessario che gli apparati emettitori di CEM siano installati in aree di lavoro adibite ad uso esclusivo degli stessi e ad idonea distanza dalle altre aree di lavoro, ove il personale stazioni per periodi prolungati. Inoltre, per prevenire effetti indiretti, problemi interferenziali e per evitare esposizioni inutili, è importante evitare che in prossimità delle sorgenti di CEM vengano posizionati, se non previa idonea valutazione tecnica, oggetti metallici di qualsiasi tipo ed apparecchiature elettriche.

In generale la distanza di rispetto tra l'area di installazione dell'apparato, definita area ad accesso controllato, e le altre aree di lavoro, ad accesso libero, dipende dalle caratteristiche tecnologiche dell'apparecchiatura, e dovrà essere stimata dal datore di lavoro che effettua la valutazione del rischio.

Le aree di lavoro ove i valori di esposizione possono risultare superiori ai livelli di riferimento dovranno essere delimitate con cartelli di segnalazione di presenza di campi elettromagnetici, conformi alle normative vigenti in materia di segnaletica di sicurezza.

L'accesso a tali aree sarà consentito solo a personale autorizzato, previa valutazione dell'assenza di controindicazioni fisiche all'esposizione. L'accesso al personale non autorizzato dovrà essere interdetto possibilmente mediante barriere fisiche.

## 5.8 conclusioni rischio CEM sui luoghi di lavoro

La presente relazione, in conformità alle disposizioni normative, è stata redatta al fine di condurre uno studio quali-quantitativo volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare sui lavoratori e, sulla base delle risultanze, individuare eventuali misure di prevenzione da porre in atto; ciò al fine di garantire la tutela dei lavoratori dalle esposizioni ai CEM.

Una volta individuate le possibili sorgenti dei CEM, per ciascuna di esse è stata condotta una valutazione di tipo analitico, volta a determinare i valori previsti da confrontare con Livelli di Azione, LA, e le classi di lavoratori soggette alle sorgenti, verificando per ciascuna di esse la compatibilità.

Dallo studio è risultato che tutti i valori previsti risultano inferiori ai LA e, pertanto, il rischio è stato valutato **BASSO** e il rischio è risultato **ACCETTABILE**.

Ciò ha determinato nello scrivente la consapevolezza che non risulta necessario procedere ad ulteriori adempimenti, oltre a quanto identificato nell'elenco delle misure di sicurezza.

Si possono, quindi, escludere rischi relativi alla salute dei lavoratori nei confronti della esposizione a CEM.

Si rimanda, comunque, alla fase esecutiva con le misure effettive di campo, prima di autorizzare l'ingresso dei lavoratori particolarmente a rischio nelle aree interessate dall'emissione dei CEM di cui alle sorgenti individuate.

Il presente documento dovrà essere oggetto di revisione da parte del datore di lavoro prima della fase realizzativa dell'opera, dettagliando i contenuti all'interno del Documento di Valutazione dei Rischi aziendale, con particolare attenzione alla valutazione del rischio CEM, e quindi nel Piano Operativo della Sicurezza, POS.

La valutazione dovrà essere condotta ai sensi del D. Lgs. 81/2008, e dovrà essere soggetta ad aggiornamento periodico, ove si verificano significative variazioni normative che potrebbero renderla superata.

La valutazione dei rischi dovrà essere condotta dal datore di lavoro e dal Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione, con la collaborazione del Medico Competente, per quanto di sua competenza e con il coinvolgimento preventivo del Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza.