



Regione Lombardia



Provincia di Brescia



Comune di  
Bedizzole



Comune di Lonato  
del Garda

# AGRIVOLTAICO "LONATO"

*Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica e delle relative opere e infrastrutture connesse, della potenza elettrica di 23,2MW, da realizzare nei Comuni di Bedizzole e Lonato del Garda (BS)*

## PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

*Ai sensi del D.Lgs 50/2016 e s.m.i. e del D.P.R. 207/2010 e s.m.i.*

Num. elaborato

Scala disegno

01\_R12

## RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO

### REVISIONI, VERIFICHE E APPROVAZIONI

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
15/07/2022	prima emissione	SD Progetti	ANTHEMIS	ILOS

#### Proponente

**ILOS**

INE La Cassetta Srl  
A Company of ILOS New Energy Italy

**INE La Cassetta SRL**  
Piazza di Sant'Anastasia, n°7  
00186 ROMA  
inelacassettasrl@legalmail.it

**INE LA CASSETTA S.R.L.**

a company of ILOS New Energy Italy

P.IVA e C.F.: IT 11332661003

Sede legale: Piazza di Sant'Anastasia 7, 00186 Roma

inelacassettasrl@legalmail.it

*[Handwritten signature]*  
**Firmato Digitalmente**

#### Progettazione



**ANTHEMIS ENVIRONMENT SRL**  
Via Lombardore, n°207  
10040 Leini (TO)  
+39 011 9977387  
info@anthemisenvironment.it



#### Coprogettisti

**Electro Power S.a.s. di Rije Ugo & C.**  
Piazza Alfieri, n°45  
14100 Asti (AT)  
+39 011 9034805  
info@electro-power.net

**SD PROGETTI**  
Via Lenin Sormano, n°4  
10083 Favria (TO)  
+39 012 477537  
studio@sdprogetti.net



## Indice

<b>1.0</b>	<b>OGGETTO E SCOPO</b> .....	<b>1</b>
1.1	Riferimenti normativi e definizioni .....	1
1.1.1	Norme tecniche di riferimento .....	1
1.1.2	Norme legislative e guide.....	2
1.1.3	Definizioni.....	2
1.1.4	Valori Limite di Esposizione e Valori di Azione.....	3
1.1.5	Valori Limite di Esposizione VLE.....	4
1.1.6	Limiti di riferimento DPCM 8 luglio 2003 .....	4
1.1.7	Campi elettrici .....	5
1.1.8	Campi magnetici .....	5
1.1.9	Fascia di Rispetto.....	6
1.1.10	Distanza di prima approssimazione (DPA).....	6
1.2	Obiettivo.....	6
<b>2.0</b>	<b>CALCOLI SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO AGRIVOLTAICO</b> .....	<b>7</b>
2.1	Campi EM relativi ai moduli fotovoltaici.....	7
2.1.1	Campi EM Relativi agli inverter .....	7
2.1.2	Campi EM relativi alle linee elettriche in corrente alternata.....	8
2.1.3	Campi elettromagnetici relativi alle cabine elettriche di trasformazione .....	10
<b>3.0</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b> .....	<b>12</b>

## 1.0 OGGETTO E SCOPO

Oggetto della seguente relazione è la valutazione previsionale dei campi elettromagnetici generati dal futuro impianto agrivoltaico che verrà situato sui terreni agricoli ricadenti nei comuni di Lonato del Garda e Bedizzole, in provincia di Brescia, realizzato dalla Società Società "ILOS NEW ENERGY ITALY S.R.L." con sede legale in Piazza di Sant'Anastasia, 7, 00186, Roma.

L'impianto agrivoltaico di tipo grid connected da realizzare sarà alimentato dalla rete di distribuzione in alta tensione a 132 KV, in antenna dalla Stazione Elettrica (SE) RTN 380/132 kV di "Lonato", previo ampliamento della stessa.

In questo documento si valuteranno solamente i campi elettrico e magnetico determinati dalle nuove opere oggetto dei lavori per l'area Produttore, a partire dalla linea MT in uscita dal nuovo stallo che verrà ubicato nei pressi della Stazione Elettrica (SE) RTN 380/132 kV di "Lonato".

Lo scopo è quello di effettuare la valutazione tramite modelli di calcolo dei livelli del campo elettrico e dell'induzione magnetica, indagando eventualmente in maniera più dettagliata ove è più elevata la permanenza di personale.

Verranno utilizzati i dati tecnici di progetto per la verifica previsionale con le distanze di prima approssimazione e di rispetto dei limiti normativi ai fini della protezione del personale di manutenzione, per effetto dell'esposizione ai campi elettromagnetici. In generale occorre riferirsi alla Direttiva 2013/35/UE, Direttiva EMF, che esamina l'esposizione ai Campi Elettromagnetici in tutto lo spettro delle frequenze, mentre per le basse frequenze (ELF), di fatto, è sufficiente riferirsi alla Direttiva quadro 89/391/CEE.

## 1.1 Riferimenti normativi e definizioni

### 1.1.1 Norme tecniche di riferimento

- CEI 211- 6. "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- CEI 211- 4. "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".
- CEI 106-10. Esposizione ai campi elettrico e magnetico nell'intervallo delle frequenze basse e intermedie - Metodi di calcolo della densità di corrente e del campo elettrico interno indotti nel corpo umano Parte 1: Aspetti generali
- CEI 106-11. "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo".
- CEI 106-12. Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT
- CEI 106-20 - CEI EN 50413 - Norma di base sulle procedure di misura e di calcolo per l'esposizione umana ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (0 Hz-300 GHz).
- CEI 106-23 - CEI EN 50499 - Procedura di valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici ▪ CEI 106-27 - CEI EN 62110 - Livelli di campo elettrico e magnetico generati da sistemi di potenza in c.a. - Procedure di misura con riferimento all'esposizione umana
- CEI 106-30 - CEI EN 50527-2-1. Procedura per la valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici dei lavoratori con dispositivi medici impiantabili attivi Parte 2-1: Valutazione specifica per lavoratori con stimolatore cardiaco (pacemaker)

### 1.1.2 Norme legislative e guide

- Linee guida ICNIRP 2010 (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection): GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS (1Hz TO 100 kHz);
- Direttiva 2013/35/UE - Disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (ventesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.
- Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici
  - Volume 1: Guida pratica - Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici
  - Volume 2: Studi di casi - Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici
- DLgs 159/2016 pubblicato nella GU 192 del 18/08/2016 entrato in vigore il 02/09/2016: recepisce la Direttiva UE 2013/35/UE
- D.Lgs. 81/08 (modifiche) Recepimento del DLgs 159/2019: con la sostituzione all'Allegato XXXVI degli articoli: 206, 207, 209, 210, 211, 212, 219, inserimento dell'art. 210 bis.
- Legge n. 36, del 22 febbraio 2001: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". G. U. n. 55 del 7 marzo 2001.
- 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"- G. U. n. 200 del 29 agosto 2003
- Decreto 29 maggio 2008. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. (Supplemento ordinario n.160 alla G.U. 5 luglio 2008 n. 156).
- Documento Enel - Linee Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Al legato al DM 29.05.2008

### 1.1.3 Definizioni

Per specificare i valori limite di esposizione relativi ai campi elettromagnetici, a seconda della frequenza, sono utilizzate le seguenti grandezze fisiche:

- Campi elettromagnetici: campi elettrici statici e campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo con frequenze sino a 300 GHz;
- Effetti biofisici diretti, effetti provocati direttamente nel corpo umano a causa della sua presenza all'interno di un campo elettromagnetico, che comprendono:
  - effetti termici, quali il riscaldamento dei tessuti a causa dell'assorbimento di energia dai campi elettromagnetici nei tessuti medesimi;
  - effetti non termici, quali la stimolazione di muscoli, nervi ed organi sensoriali.

Questi effetti possono essere di detrimento per la salute mentale e fisica dei lavoratori esposti. La stimolazione degli organi sensoriali può inoltre comportare sintomi transitori quali vertigini e fosfeni. Inoltre, tali effetti possono generare disturbi temporanei o influenzare le capacità cognitive o altre funzioni cerebrali o muscolari e possono, pertanto, influire negativamente sulla capacità di un lavoratore di operare in modo sicuro;

<b>PROGETTISTA: SD PROGETTI</b>	<b>RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO</b>
<b>CODICE ELABORATO: 01_R12</b>	<b>PAG. 2</b>

- Correnti negli arti.

effetti indiretti, effetti provocati dalla presenza di un oggetto in un campo elettromagnetico, che potrebbe essere causa di un pericolo per la salute e sicurezza, quali:

- interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici, compresi stimolatori cardiaci e altri impianti o dispositivi medici portati sul corpo;
- rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di campi magnetici;
- innesco di dispositivi elettro-esplosivi (detonatori);
- incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili a causa di scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche;
- correnti di contatto.

Valori limite di esposizione (VLE), valori stabiliti sulla base di considerazioni biofisiche e biologiche, in particolare gli effetti diretti acuti e a breve termine scientificamente accertati, ossia gli effetti termici e la stimolazione elettrica dei tessuti;

VLE relativi agli effetti sanitari, VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a effetti nocivi per la salute, quali il riscaldamento termico o la stimolazione del tessuto nervoso o muscolare;

VLE relativi agli effetti sensoriali, VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a disturbi transitori delle percezioni sensoriali e a modifiche minori delle funzioni cerebrali;

Valori di azione (VA), livelli operativi stabiliti per semplificare il processo di dimostrazione della conformità ai pertinenti VLE e, ove appropriato, per prendere le opportune misure di protezione o prevenzione specificate nel presente capo.

Con riferimento al Dlgs 81/08 aggiornato, nell'allegato XXXVI, parte II:

- per i campi elettrici, per VA inferiori e VA superiori s'intendono i livelli connessi alle misure specifiche misure di protezione o prevenzione stabilite nel presente capo;
- per i campi magnetici, per VA inferiori s'intendono i valori connessi ai VLE relativi agli effetti sensoriali e per VA superiori i valori connessi ai VLE relativi agli effetti sanitari.

#### **1.1.4 Valori Limite di Esposizione e Valori di Azione**

Le seguenti grandezze fisiche sono utilizzate per descrivere l'esposizione ai campi elettromagnetici:

- Intensità di campo elettrico  $E$  è una quantità vettoriale che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt a metro (V/m).
- Corrente di contatto  $I_c$  è la corrente di contatto tra una persona e un oggetto è espressa in Ampere (A). Un conduttore che si trovi in un campo elettrico può essere caricato dal campo.
- La corrente attraverso gli arti  $I_L$  è la corrente che attraversa gli arti di una persona esposta a campi elettromagnetici nella gamma di frequenza compresa tra 10MHz e 110 MHz a seguito del contatto con un oggetto in un campo elettromagnetico o del flusso di correnti capacitive indotte nel corpo esposto. È espressa in ampere (A).
- Intensità di campo magnetico  $H$  è una grandezza vettoriale che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere a metro [A/m].

<b>PROGETTISTA: SD PROGETTI</b>	<b>RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO</b>
<b>CODICE ELABORATO: 01_R12</b>	<b>PAG. 3</b>

- Induzione magnetica B è una grandezza vettoriale che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla [T]. Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione  $1 \text{ A/m} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$ .
- Densità di potenza S. Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in Watt per metro quadro è [W/m<sup>2</sup>].
- Assorbimento specifico di energia SA. È l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in Joule per chilogrammo (J/kg). Nel presente decreto 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 a 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.

Tra le grandezze sopra citate, possono essere misurate direttamente: l'induzione magnetica B, la corrente di contatto I<sub>c</sub>, la corrente attraverso gli arti I<sub>L</sub> le intensità di campo elettrico E e magnetico H e la densità di potenza S.

### 1.1.5 Valori Limite di Esposizione VLE

Il VLE relativo agli effetti sensoriali è quello applicabile in condizioni di lavoro normali ed è correlato alla prevenzione di nausea e vertigini dovute a disturbi sull'organo dell'equilibrio, e di altri effetti fisiologici, conseguenti principalmente al movimento del soggetto esposto all'interno di un campo magnetico statico.

Il VLE relativo agli effetti sanitari in condizioni di lavoro controllate è applicabile su base temporanea durante il turno di lavoro, ove giustificato dalla prassi o dal processo, purché siano state adottate misure di prevenzione di cui all'art.208 c.4 del decreto. I VLE per frequenze inferiori a 1Hz sono limitati per il campo magnetico statico, la cui misurazione non è influenzata dalla presenza del soggetto esposto.

### 1.1.6 Limiti di riferimento DPCM 8 luglio 2003

Ove i VLE non vengano superati, non è necessario verificare l'assorbimento tramite il controllo tasso di assorbimento specifico SAR, in tali casi vale ancora la direttiva quadro 89/391/CEE, in questo caso rimangono validi i riferimenti legislativi facenti capo alla direttiva quadro.

Il DPCM dell'8 luglio 2003 stabilisce diversi criteri di valutazione dei campi elettromagnetici in prossimità di linee elettriche ad alta tensione e fissa i limiti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz. In particolare, viene fissato il valore di attenzione di 10 μT (microtesla) ovvero il valore di induzione magnetica che non deve essere superato nei luoghi definiti "a permanenza prolungata di persone". Questo valore è da intendersi con riferimento alla mediana nelle 24 ore.

Per una migliore composizione di quanto sintetizzato è importante distinguere il significato dei seguenti termini:

- La determinazione dei livelli di campo, elettrico e magnetico (CEM), in un luogo è elemento chiave per stabilire se il rischio esiste o no. Per dimostrazione le misure strumentali possono dare conferma di questo.

<b>PROGETTISTA: SD PROGETTI</b>	<b>RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO</b>
<b>CODICE ELABORATO: 01_R12</b>	<b>PAG. 4</b>

- L'intensità del CEM dipende dalla distanza dalla sorgente e di norma diminuisce rapidamente allontanandosi da quest'ultima. Per questo spesso, per assicurare la sicurezza delle persone, si utilizzano recinzioni, barriere o altre misure protettive che impediscano l'accesso non autorizzato ad aree dove i limiti di esposizione possono essere superati.
- In genere i limiti di esposizione sono diversi per il personale generico, in transito o presente occasionalmente e per i lavoratori specifici del settore elettrico.

Nella tabella e nei paragrafi seguenti sono indicate alcune definizioni fondamentali che tengono in conto queste considerazioni.

*Tabella 1.1: Limiti di riferimento DPCM 8 luglio 2003*

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

I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali. L'impatto magnetico dovuto alle linee elettriche aeree percorse da corrente è determinato dai seguenti fattori:

- La corrente circolante nei conduttori;
- La disposizione delle fasi;

Le distanze per il rispetto dei limiti sono determinate singolarmente. Il DPCM 8 Luglio 2003 e gli altri riferimenti legislativi, fissano i limiti seguenti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz.

### 1.1.7 Campi elettrici

Limiti di esposizione per i campi elettrici di 5 kV/m da non superare mai in alcuna condizione di presenza della popolazione civile.

### 1.1.8 Campi magnetici

100  $\mu$ T sono i limiti di esposizione per i campi magnetici da non superare mai in alcuna condizione di contiguità con la popolazione;

10  $\mu$ T è il valore di attenzione, che si assume per l'induzione magnetica 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, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio (Rif. D. p. c. m. 3 Luglio 2003).

3  $\mu$ T sono i limiti di esposizione per i campi magnetici nelle aree con permanenze di persone di almeno 4 ore giornaliere (valore di attenzione) per i nuovi elettrodotti (obiettivo di qualità).

### 1.1.9 Fascia di Rispetto

È lo spazio circostante un generico elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del suolo, caratterizzati da un valore di induzione magnetica maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ( $3\mu\text{T}$ ).

### 1.1.10 Distanza di prima approssimazione (DPA)

È la distanza in pianta, al livello del suolo, della proiezione, a partire dal centro della linea, della regione in cui l'induzione magnetica raggiunge il valore di  $3\mu\text{T}$ ; tale zona può essere vista in sezione come una ellisse o un cerchio a seconda della disposizione geometrica dei conduttori.

## 1.2 Obiettivo

Ci fissiamo l'obiettivo quindi di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai  $3\mu\text{T}$  come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, questo in riferimento alla potenza massima erogabile dall'impianto fotovoltaico.

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 seguenti 1 e 2.

*Tabella 1.2: Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003.*

Intervallo di FREQUENZA [MHz]	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO E [V/m]	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO H [A/m]	DENSITÀ DI POTENZA dell'onda piana equivalente D [W/mq]
0.1-3	60	0.2	-
3 – 3000	20	0.05	1
3000 – 300000	40	0.01	4

*Tabella 1.3: 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 E [V/m]	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO H [A/m]	DENSITÀ DI POTENZA dell'onda piana equivalente D [W/mq]
Valori di attenzione (0,1 MHz < f <= 300 GHz)	6	0.016	0,10 (3MHz-300 GHz)

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

<b>PROGETTISTA: SD PROGETTI</b>	<b>RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO</b>
<b>CODICE ELABORATO: 01_R12</b>	<b>PAG. 6</b>

## 2.0 CALCOLI SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO AGRIVOLTAICO

### 2.1 Campi EM relativi ai moduli fotovoltaici

Nei moduli fotovoltaici i campi elettromagnetici si limitano ad una brevissima durata e riguardano solo alcuni circuiti integrati, in quanto lavorano a corrente e tensione continua. I campi elettromagnetici sono quindi irrilevanti.

#### 2.1.1 Campi EM Relativi agli 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 garantire 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).

Gli inverter selezionati rispettano tutta la normativa vigente che prevede tra le varie cose l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, e ridottissime emissioni per evitare interferenze con altre apparecchiature o con la rete elettrica.

Tali normative di compatibilità elettromagnetica sono:

- 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%;
- 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.

## 2.1.2 Campi EM relativi alle linee elettriche in corrente alternata

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori. Le uniche situazioni significative sono:

1 - cavo interrato elicordato di collegamento in media tensione a 30 KV tra il nuovo stallo/sottostazione costruito presso la Stazione Elettrica (SE) RTN 380/132 kV di "Lonato" e la cabina di trasformazione principale dell'impianto agrivoltaico, denominata "cabina A";

1 - cavo interrato elicordato di interconnessione in media tensione a 30 KV tra le cabine di trasformazione A-B-C-D-E-F-G-H-I;

Nel nostro progetto si tratta di linee interrate, quindi il valore del CAMPO ELETTRICO è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto trattati i risultati del solo calcolo del campo magnetico. Nel nostro progetto sono presenti tratte costituite da una terna di cavi MT interrati con posa a trifoglio isolati a 30 kV.

Il valore della induzione magnetica è proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata quindi presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio del tipo elicordato, ad una profondità di 1,5 m, con portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21.

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

Nella figura 4 sotto è riportato l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto saranno posate come detto, una terna di cavi nella medesima trincea.

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a 3  $\mu$ 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 recettori all'interno della fascia calcolata.

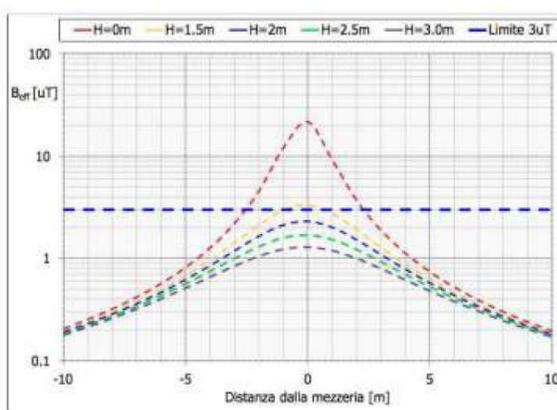


Figura 2.1: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

Come anticipato, per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è considerato il limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a 3  $\mu$ T.

I cavidotti che saranno presenti nell'impianto prevederanno l'utilizzo di soli cavi elicordati, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

<b>PROGETTISTA: SD PROGETTI</b>	<b>RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO</b>
<b>CODICE ELABORATO: 01_R12</b>	<b>PAG. 8</b>

Come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3\mu\text{T}$ , anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza ( $80\div 90\text{ cm}$ ) dall'asse del cavo stesso.

Di seguito si riporta il grafico sul piano dell'induzione magnetica di una terna di cavi elicordati interrati avente le seguenti caratteristiche:

tipo conduttore: Rame

Sezione conduttore: 240 mmq

Tipo di posa: 1 terna di cavi elicordati, interrata

Portata: 375 A

Tensione: 30 KV

Tale linea si assume come condizione peggiorativa per le situazioni di studio, in quanto le linee interessate avranno sezione uguale o inferiore.

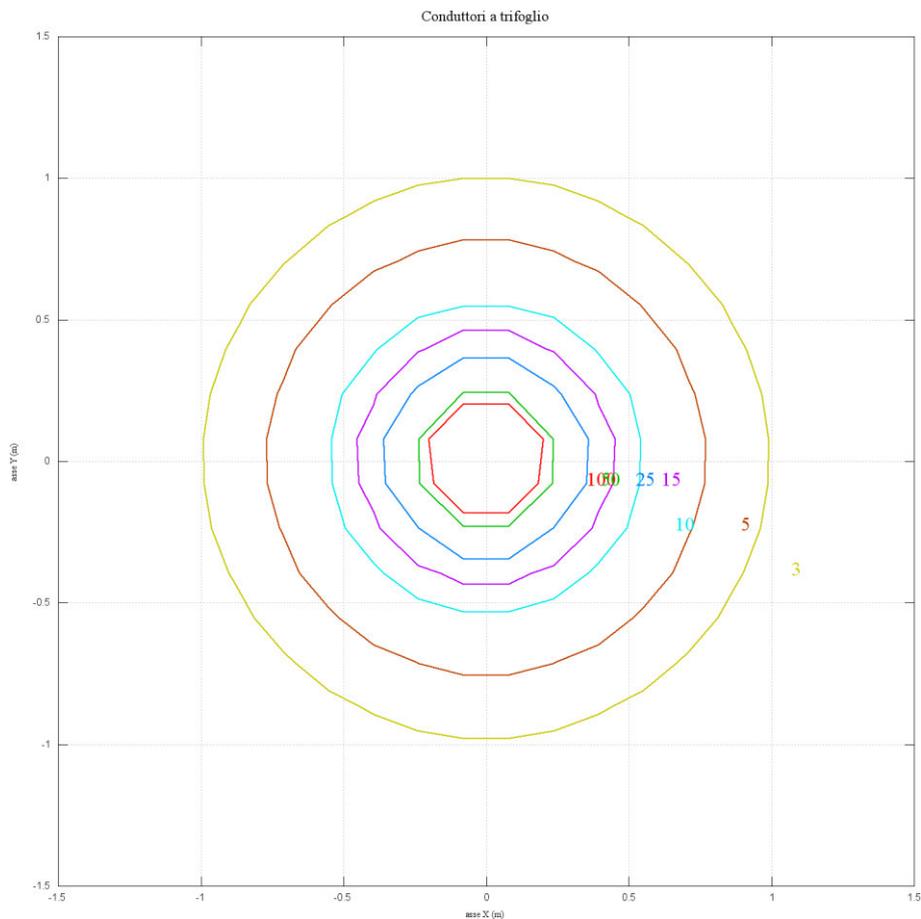


Figura 2.2: Curve di equilivello per il campo magnetico linea MT in cavo elicordato interrata, calcolata con il software Magic prodotto da Be-Shielding s.r.l.

Si sottolinea che si asservirà una fascia di 1,5 metri per le linee. Considerando quindi che anche il decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata, ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto inferiore alla fascia di asservimento della linea.

### **2.1.3 Campi elettromagnetici relativi alle cabine elettriche di trasformazione**

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto, le principali sorgenti da considerare sono le cabine elettriche di trasformazione. La principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT e quindi nel nostro caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori collocati nelle cabine di trasformazione stesse.

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 cap.5.2.1 e cioè:

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

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

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 microTesla per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

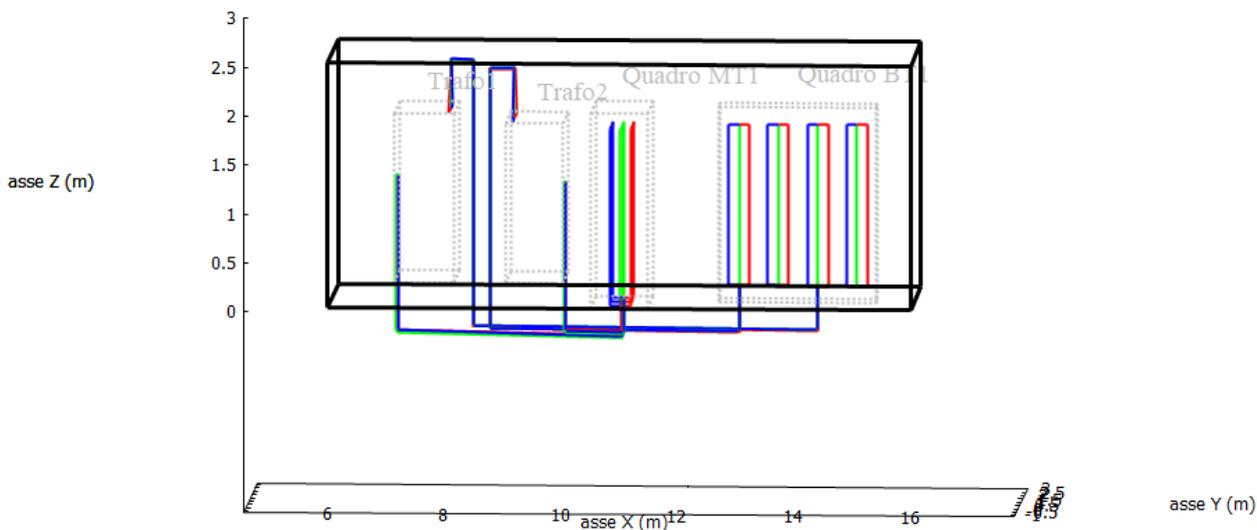
Nel calcolo allegato si evidenzia come:

- 1) – il limite di esposizione al campo magnetico risulta inferiore a 100 microTesla su tutto il perimetro della cabina;
- 2) La distanza di prima approssimazione (DPA), considerato il limite di qualità dei campi magnetici a 3  $\mu$ T, risulta pari a 3 metri.

Si sottolinea comunque che nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto, a grandi distanze dai confini dell'impianto e normalmente non è permanentemente presidiata (e comunque lo sarebbe solo da personale formato, e sono chiuse a chiave).

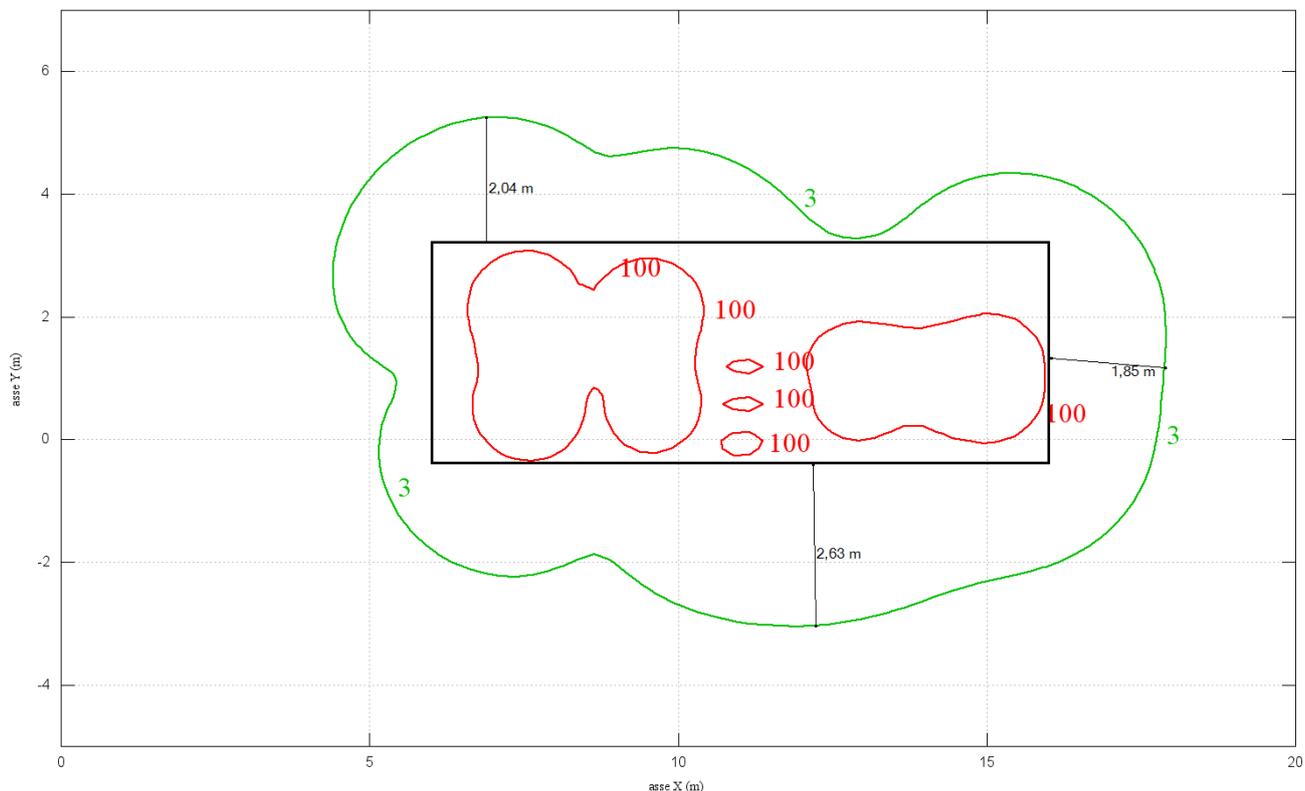
Di seguito si riportano le curve di livello calcolate con il software Magic prodotto da Be-Shielding s.r.l., prendendo in considerazione la cabina di trasformazione avente le condizioni più sfavorevoli, ovvero la cabina denominata "I".

<b>PROGETTISTA: SD PROGETTI</b>	<b>RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO</b>
<b>CODICE ELABORATO: 01_R12</b>	<b>PAG. 10</b>



Posizionamento apparecchiature e passaggi linee MT/BT in Cabina "I" (output ottenuto con software Magic prodotto da Be-Shielding s.r.l.)

Cabina - calcolo su piano xy - quote Z=1 m



Curve isolivello Cabina "I" (output ottenuto con software Magic prodotto da Be-Shielding s.r.l.)

### **3.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Nel presente documento si è dimostrato che gli unici punti in cui si "può" riscontrare un valore superiore a 3  $\mu$ T è solo in corrispondenza delle cabine dei trasformatori (per un massimo di 3 metri di fascia), che sono in area protetta e chiuse a chiave, e in prossimità del cavidotto MT, entro però una fascia estremamente limitata. Si esclude quindi la presenza di recettori sensibili entro le fasce descritte sopra.

Si soddisfa quindi l'obiettivo qualità fissato dal DPCM 8/08/2003.

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

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo e conforme agli standard per quanto concerne questo tipo di opere.