GENNAIO 2026

LIO ENERGY TAURUS S.R.L.

Via Arrigo Boito 8, 20121 Milano
P.IVA/C.F.: 14219040962

IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO DENOMINATO "NOVI DI MODENA" DA 24 MW

COMUNE DI NOVI DI MODENA (MO)

ELABORATI TECNICI DI PROGETTO

ELABORATO 023000

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Coordinamento
Eleonora Lamanna
Simone Demonti

Codice elaborato
NOV-023000-R_Rel-Campi-Elettromag_REV1_Relazione

Montana S.p.A.
Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90
Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €
www.montanambiente.com

r_emiro.Giunta - Prot. 16/02/2026.0135526.E Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da PLUCHINO CORRADO

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
NOV-023000-R_Rel-Campi-Elettromag_REV1_Relazione	01/2026	Seconda emissione	G.Melis	E.Lamanna	C.Pluchino

Visto
Il Direttore Tecnico
Alberto Angeloni

SOMMARIO

1 OGGETTO 3
2 NORMATIVA 7
2.1 Legge Quadro n. 36 "22 Febbraio 2001" 7
2.2 D.P.C.M. "08 Luglio 2003" 8
2.3 D.M. AMBIENTE "29 Maggio 2008" 10
3 SORGENTI A BASSA FREQUENZA E.L.F. 11
4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO 17
5 DETERMINAZIONE DELLA D.P.A. 20
5.1 METODOLOGIA DI CALCOLO 20
5.1.1 FORMULA DI CALCOLO DELLA DPA PER CABINE ELETTRICHE 20
5.1.2 FORMULE DI CALCOLO DELLA DPA PER LINEE ELETTRICHE INTERRATE A SEMPLICE TERNA 20
5.1.3 SOFTWARE DI CALCOLO MAGIC® (BY BESHIELDING) 21
5.2 Elettrodotto di connessione in Alta tensione 36 kV 21
5.3 CALCOLO DELLE DPA PER I CAVIDOTTI INTERNI ALL'IMPIANTO 23
5.4 Cabine Elettriche BT/AT 25
6 CONCLUSIONI 27

1 OGGETTO

Il proponente e soggetto responsabile è la società **LIO ENERGY TAURUS S.R.L**., corrente in Milano (MI) – Via Arrigo Boito, 8 – n. iscrizione REA MI 2766635 – P.IVA 14219040962 – Amministratore Unico e Legale Rappresentante Sig. Luca Raineri.

Nello specifico il progetto presentato prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico composto da 29631 pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 810 Wp di potenza pari a **24 MW**; esteso su un'area catastale complessiva di circa 40,11 ha.

L'impianto sarà del tipo grid connected e l'energia elettrica prodotta sarà convogliata in antenna a 36 kV su un ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132 kV denominata "Carpi Fossoli", come da preventivo avente codice pratica n. 202501649.

Il progetto prevede le seguenti opere:

- Generatore fotovoltaico, suddiviso in n. 2 sottocampi
- Elettrodotto interrato MT 36 kV
- Raccordi con linea AT esistente "Carpi Fossoli"

In data 14/01/2026 sono pervenute alla scrivente le richieste di integrazione formulate da ARPAE nell'ambito del procedimento in corso di cui al protocollo n. 0005937.U di cui il seguente elaborato ne costituisce la **Relazione sui Campi Elettromagnetici.**

Contestualmente alle integrazioni richieste da ARPAE la proponente ha rivisto il tracciato del cavidotto di connessione con un percorso migliorativo rispetto al tracciato trasmesso in prima instanza che non interessa il centro abitato del Comune di Novi di Modena Figura 1.

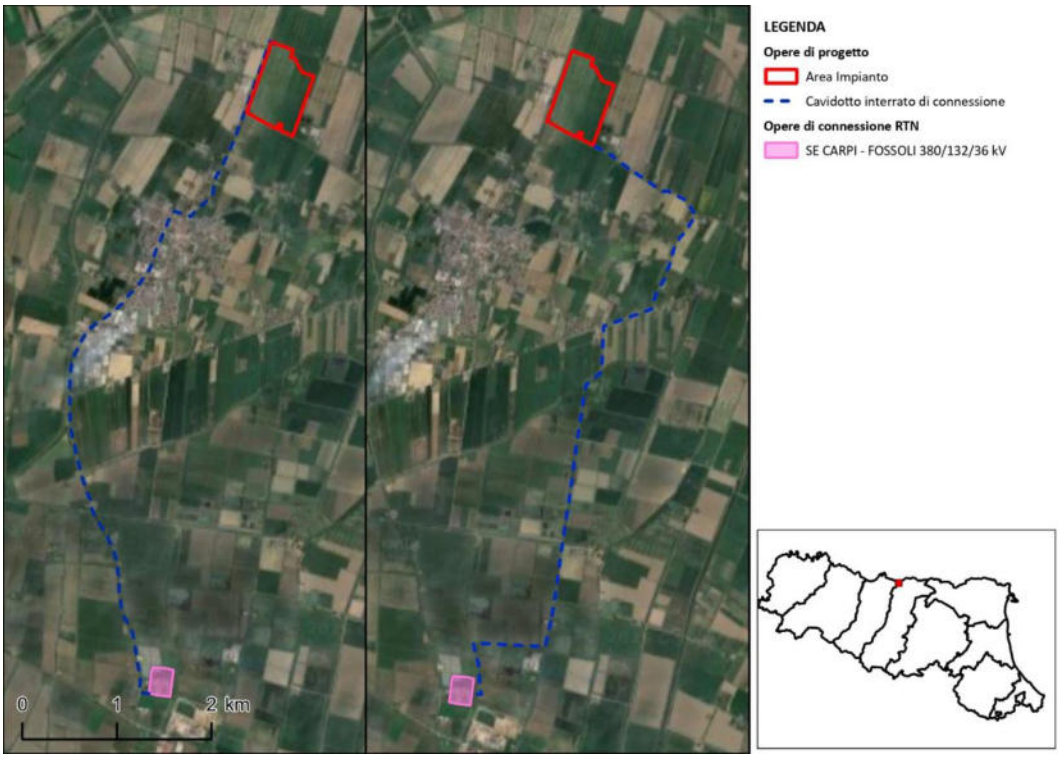


Figura 1: Confronto fra la prima e la seconda configurazione

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

Il progetto in esame è ubicato in alcuni terreni del Comune di Novi di Modena in provincia di Modena (MO). Le opere di connessione interesseranno, oltre al comune di Novi di Modena, anche il comune di Carpi.

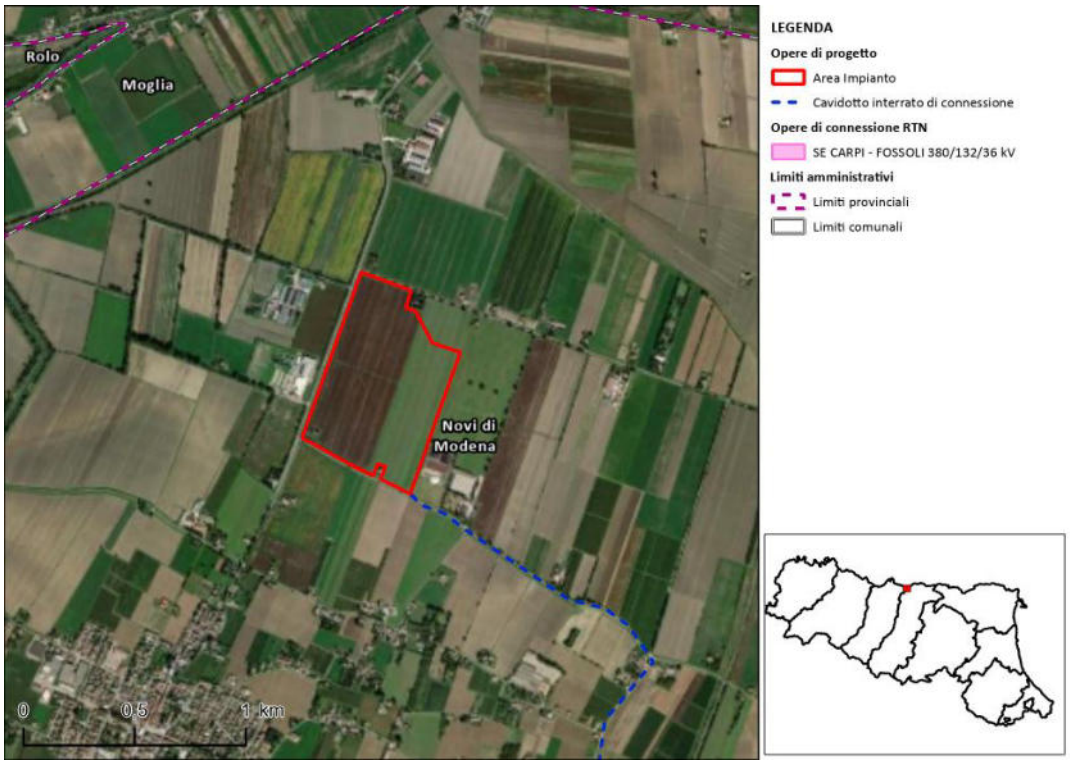


Figura 1.2: Localizzazione dell'impianto

Nello specifico nell'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta localizzata in località Via Valle Bassa. Il contesto territoriale è prevalentemente agricolo, caratterizzato da coltivazioni a seminativo, con assenza di nuclei abitati significativi e presenza limitata di edifici sparsi. I centri abitati più prossimi sono Fornace di Novi e Moglia.

1.2 INQUADRAMENTO CATASTALE IMPIANTO

Le aree oggetto del seguente studio sono censite al catasto terreni del Comune di Lonato del Garda (BS). Si riporta di seguito l'elenco delle particelle contrattualizzate.

Tabella 1.1: Inquadramento catastale del sito

FOGLIO	PARTICELLA	PORZIONE	SUPERFICIE CATASTALE			SUPERFICIE DISPONIBILE		
			ha	are	ca	ha	are	ca
13	2	AA	0	4	0	0	4	0
		AB	0	0	87	0	0	87
13	9		19	19	40	19	19	40
13	56		0	63	0	0	63	0
13	59		1	12	16	1	12	16
13	71		0	24	40	0	24	40
13	72		0	0	87	0	0	87
13	81		13	28	52	13	28	52
13	83		5	57	70	5	57	70

Il presente documento è parte della documentazione relativa al progetto per la costruzione e l'esercizio di un Impianto Agrivoltaico Avanzato conforme alle vigenti prescrizioni di legge con potenza di picco pari a **24.001,11 kW** da realizzare nel **Comune di Novi di Modena (MO)**.

L'impianto sarà del tipo grid connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, con allaccio in antenna a 36 kV alla rete elettrica di Terna S.p.a.

Gli apparati elettrici oggetto del presente studio sono:

- Campo Agrivoltaico (Moduli Fotovoltaici);
- Inverter;
- le cabine di trasformazione bt/AT;
- Gli elettrodotti di alta tensione (AT);

in quanto sorgenti di campo magnetico a bassa frequenza (ELF).

Dal punto di vista fisico le onde elettromagnetiche sono un fenomeno 'unitario', cioè i campi e gli effetti che producono si basano su principi del tutto uguali; la grandezza che li caratterizza è la frequenza.

In base ad essa è di particolare rilevanza, per i diversi effetti biologici che ne derivano e quindi per la tutela della salute, la suddivisione in:

- radiazioni ionizzanti, ossia le onde con frequenza altissima, superiore a 3 milioni di GHz, e dotate di energia sufficiente per ionizzare la materia;
- radiazioni non ionizzanti (NIR), ovvero le onde con frequenza inferiore a 3 milioni di GHz, che non trasportano un quantitativo di energia sufficiente a ionizzare la materia.

All'interno delle radiazioni non ionizzanti si adotta una ulteriore distinzione in base alla frequenza di emissione:

- campi elettromagnetici a bassa frequenza o ELF:
- (0 - 300 Hz), le cui sorgenti più comuni comprendono ad esempio gli elettrodotti e le cabine di trasformazione, gli elettrodomestici, i computer.
- campi elettromagnetici ad alta frequenza o a radiofrequenza RF:
- (300 Hz - 300 GHz), le cui sorgenti principali sono i radar, gli impianti di telecomunicazione, i telefoni cellulari e le loro stazioni radio base.

2 NORMATIVA

La Normativa di riferimento per la valutazione dell'Impatto Elettromagnetico è quella indicata nella Tabella 2.1

Tabella 2.1: Limiti di esposizione ai campi elettromagnetici

Normativa di Riferimento		
Legge n. 36	22 Febbraio 2001	Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
D.P.C.M.	08 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 (50Hz) generati dagli elettrodotti
D.M.	29 Maggio 2008	Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti
CEI 106-11	11 Feb. 2006	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

2.1 Legge Quadro n. 36 "22 Febbraio 2001"

La legge di riferimento per quanto attiene l'esposizione ai campi elettromagnetici è la **Legge 22 febbraio 2001 n.*36*** *"Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"* (G.U. n.55 del 7 marzo 2001), con il campo di applicazione riguardante gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possano comportare l'esposizione dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz. In particolare, la presente legge si applica agli elettrodotti ed agli impianti radioelettrici, compresi gli impianti per telefonia mobile, i radar e gli impianti fissi per radiodiffusione.

Tale legge ha introdotto i concetti di limite di esposizione, di valore di attenzione e di obiettivi di qualità: i primi due rappresentano i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico che rispettivamente non devono essere superati in situazione di esposizione acuta e di esposizione prolungata; l'obiettivo di qualità, invece, è stato introdotto al fine di garantire la progressiva minimizzazione dell'esposizione. La stessa legge ha anche introdotto la terminologia di fascia di rispetto in prossimità di elettrodotti, con questa intendendo un'area in cui non possono essere previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata oltre le quattro ore giornaliere.

Nella terminologia "elettrodotto" viene compreso l'insieme delle linee elettriche e delle cabine di trasformazione.

2.2 D.P.C.M. "08 Luglio 2003"

I primi decreti applicativi della LQ 36/2001 sono stati pubblicati nel 2003; in particolare, il **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 con frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz" (G.U. n.200 del 29-8-2003) dove si fissano i **limiti di esposizione** (art.3 comma 1), i **valori di attenzione** (art.3 comma 2) e gli **obiettivi di qualità** (art.4) per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (tab.2.2, 2.3, 2.4), escludendo cioè da tale normativa i lavoratori professionalmente esposti.

Tabella 2.2: Limiti di esposizione ai campi elettromagnetici

Limite di esposizione	Valore che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione
Limite di attenzione	Valore che non deve essere superato negli ambienti a permanenza prolungata
Obiettivi di qualità	Limite da rispettare per installazioni future

In funzione dell'intervallo di frequenza nel quale ricadono le emissioni, i limiti stabiliti sono riportati nelle tabelle 2.3 e 2.4 seguenti:

*Tabella 2.3: Limiti di esposizione alle **basse frequenze***

D.P.C.M. 8 Luglio 2003 – Basse Frequenze **(< 100 kHz)**		
	Campo elettrico	Induzione magnetica
Limite di esposizione	5000 V/m	100 μT
Valore di attenzione (media 24 h)	-	10 μT
Obiettivi di qualità (media 24 h)	-	3 μT

Il D.P.C.M. 08/07/2003 sancisce che 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 (μT),** per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

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 micro Tesla (μT),** da intendersi come *mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio*.

*Tabella 2.4: Limiti di esposizione alle **alte frequenze***

D.P.C.M. 8 Luglio 2003 – Alte Frequenze **(100 kHz < f % 300 GH)**				
		Campo elettrico	Campo magnetico	Densità di potenza
Limite di esposizione	100 kHz < f % 3 MHz	60 V/m	0,2 A/m	-
	3 MHz < f % 3 GHz	20 V/m	0,05 A/m	1 W/m^2
	3 GHz < f % 300 GHz	40 V/m	0,01 A/m	4 W/m^2
Valore di attenzione (media 6 minuti)		6 V/m	0,016 A/m	0,1 W/ m^2
Obiettivi di qualità (media 6 minuti)		6 V/m	0,016 A/m	0,1 W/ m^2

Inoltre 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 microTesla (μT),** per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come *mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio*.

A titolo di esempio, sono riassunte nella *tabella 2.5* le fasce di rispetto relative a valori di induzione magnetica pari a *3 μT*:

In particolare all'art.6 "*Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti*" si prescrive che, alla frequenza di rete (50 Hz):

- per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal proprietario/gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV, e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I proprietari/gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

Tabella 2.5: Fasce di rispetto (in metri) relative a valori di induzione magnetica di 3 μT

Tensione	**Tipologia di linea**	fasce di rispetto 3 μT (m)	
		conduttore più diffuso	conduttore più cautelativo
132 kV	singola terna	36	42

	doppia terna non ottimizzata	48	56
	doppia terna ottimizzata	34	38
220 kV	singola terna	52	60
	doppia terna non ottimizzata	58	68
	doppia terna ottimizzata	42	46
380 kV	singola terna	94	94
	doppia terna non ottimizzata	138	138
	doppia terna ottimizzata	80	80

2.3 D.M. AMBIENTE "29 Maggio 2008"

La metodologia di cui sopra è stata definita *dal D.M. 29/05/2008* (G.U. 5 luglio 2008 n.156, S.O.) "*Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*" che, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08/07/03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate e delle cabine, esistenti e in progetto.

Al fine delle verifiche delle autorità competenti, tale metodologia di calcolo prevede due livelli di approfondimento:

1. Un procedimento semplificato (par. 5.1.3) basato sulla Distanza di prima approssimazione (**D.p.a.**), calcolata dal gestore e utile per la gestione territoriale e per la pianificazione urbanistica;
2. Il calcolo preciso della fascia di rispetto (par. 5.1.2), effettuato dal gestore e necessario per gestire i singoli casi specifici in cui viene rilasciata l'autorizzazione a costruire vicino all'elettrodotto.

La **D.p.a.** e la **Fascia di rispetto** sono così definite:

- **Distanza di prima approssimazione (D.p.a.)**: per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto; e per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra;
- **Fascia di rispetto**: spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μT). Rispetto al primo punto, è stato stabilito che al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione il proprietario/gestore deve:
  - calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco (la configurazione ottenuta potrebbe non corrispondere ad alcuna campata reale);
  - proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
  - comunicarne l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea: tale distanza (DPA) sarà

adottata in modo costante lungo tutto il tronco come prima approssimazione, cautelativa, delle fasce;

- qualora la linea, per alcune campate, corresse parallela ad altre (condividendo o meno i sostegni), lungo questo tratto dovrà essere calcolata la DPA complessiva.

Ancora ai fini della semplificazione, per il calcolo della D.p.a. è possibile anche applicare quanto previsto dalla norma CEI 106-11-Parte 1, in cui si fa riferimento ad un modello bidimensionale semplificato, valido per conduttori orizzontali paralleli.

Tale D.M. 29/05/2008 indica che la metodologia si applica a tutti gli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee interrate o aeree, ad esclusione delle seguenti:

- linee esercite a frequenze diverse da 50 Hz (esempio linee ferroviaria a 3 KV);
- linee di classe zero secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (quali linee telefoniche, segnalazione e comando a distanza);
- linee di prima classe secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (ovvero linee con tensione nominale inferiore a 1 KV e linee in cavo per illuminazione pubblica con tensione inferiore a 5 KV);
- linee AT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

In questi casi le fasce hanno infatti ampiezza ridotta inferiore alle distanze previste dal decreto 449/88 stesso e dal successivo DM 16/01/91.

Al fine di valutare quale sarà l'impatto sulla gestione del territorio del D.M. 29/05/2008, si riportano (Tabella 5 e 6) le indicazioni sull'estensione della D.p.a. per le configurazioni più diffuse delle linee per i vari gestori.

Si fa presente, inoltre, che per i casi complessi, come presenza di due o più linee (parallele o che si incrociano), presenza di un angolo di deviazione della linea, presenza di campata a forte dislivello e/o orografia complessa del territorio tali D.p.a. non sono più valide ed è necessario ricorrere al calcolo esatto della fascia di rispetto.

Nel caso delle cabine di trasformazione da AT a BT, le D.p.a. per le varie tipologie sono riportate come esempi nel D.M. 29 maggio 2008 e sono tipicamente entro i 3 metri da ciascuna parete esterna della struttura.

3 SORGENTI A BASSA FREQUENZA E.L.F.

Le basse frequenze, o ELF (Extremely Low Frequency), consistono in campi elettrici e magnetici di che si formano in corrispondenza di elettrodotti (a bassa, media ed alta tensione), e di tutti i dispositivi domestici alimentati a corrente elettrica, di intensità decisamente inferiore, quali elettrodomestici, videoterminali, etc.

Gli altri componenti del sistema di trasmissione e distribuzione che sono diffusi sul territorio, cioè le stazioni e le cabine, non sono in pratica delle importanti sorgenti di campo elettrico dal punto di vista dell'esposizione della popolazione.

Il campo elettrico generato dalle linee elettriche aeree in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea (altri fattori che influenzano l'intensità del campo elettrico sono poi la disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca).

Alle basse frequenze le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici rispetto a quelle dei

campi elettromagnetici veri e propri; è per questo che per le ELF il campo elettrico e il campo magnetico possono essere considerati e valutati come entità a sé stanti.

Si distinguono due principali tipologie di sorgenti in base alle diverse caratteristiche del campo emesso: quelle deputate al trasporto e distribuzione dell'energia elettrica e gli apparecchi che utilizzano energia elettrica.

In questo caso si tratta di elettrodotti cioè sorgenti di campo elettromagnetico a frequenza industriale (50 – 60 Hz). Per elettrodotto si intende l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

Le cabine di trasformazione rappresentano un problema molto minore dal punto di vista dell'inquinamento elettromagnetico, poiché a pochi metri di distanza i campi elettrici e magnetici sono già trascurabili.

Le linee elettriche portano energia elettrica dai centri di produzione agli utilizzatori (industrie, abitazioni, etc.) mentre le cabine di trasformazione trasformano la corrente prodotta dalle centrali in tensioni più basse per l'utilizzazione nelle applicazioni pratiche.

Le tensioni di esercizio delle linee elettriche in Italia si distinguono in 15 kV, 20 kV e 36kV per la bassa e alta tensione, 132, 220 e 380 kV per l'alta tensione.

In alcune aree urbane le linee elettriche sono interrate; tale modalità garantisce una diminuzione dell'intensità di campo elettrico nello spazio circostante ma presenta spesso costi elevati e può essere sviluppata solo per tratte limitate.

La figura seguente mostra l'andamento del valore efficace del campo elettrico a 1 metro da terra, calcolato nella sezione trasversale delle linee stesse in corrispondenza della minima distanza da terra dei conduttori.

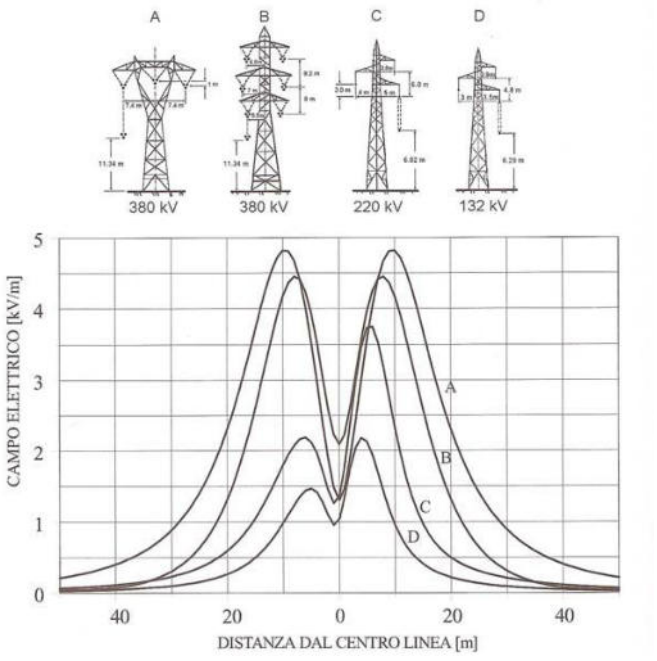


Figura 3.1: Profili laterali campo elettrico linee elettrica alta tensione

Come è possibile notare nella *Figura n.3.1*, il campo elettrico presenta un massimo nella zona sottostante la linea, ma decresce abbastanza rapidamente all'allontanarsi dell'asse dalla linea stessa.

Tabella 3.1

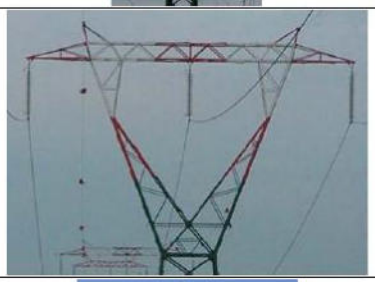
GESTORE	TENSIONE	CONFIGURAZIONE	TESTA SOSTEGNO	DPA (m)
Terna	380 kV	Doppia terna		77
Terna	380 kV	Singola terna		51
Terna	220 kV	Doppia terna		35
Terna	220 kV	Singola terna		30
Terna	220 kV	Singola terna		28

Tabella 3.2

GESTORE	TENSIONE	CONFIGURAZIONE	TESTA SOSTEGNO	DPA (m)
Terna Enel Distribuzione	132 kV	Doppia terna		32
Terna Enel Distribuzione	132 kV	Singola terna		22
R.F.I.	132 kV	Singola terna		16
R.F.I.	132 kV	Singola terna		18
Enel Distribuzione	15 kV	Singola terna		9

L'intensità dei campi elettrici e magnetici diminuisce con l'aumentare della distanza dal conduttore, dipende dalla disposizione geometrica e dalla distribuzione delle fasi della corrente dei conduttori stessi e anche dal loro numero.

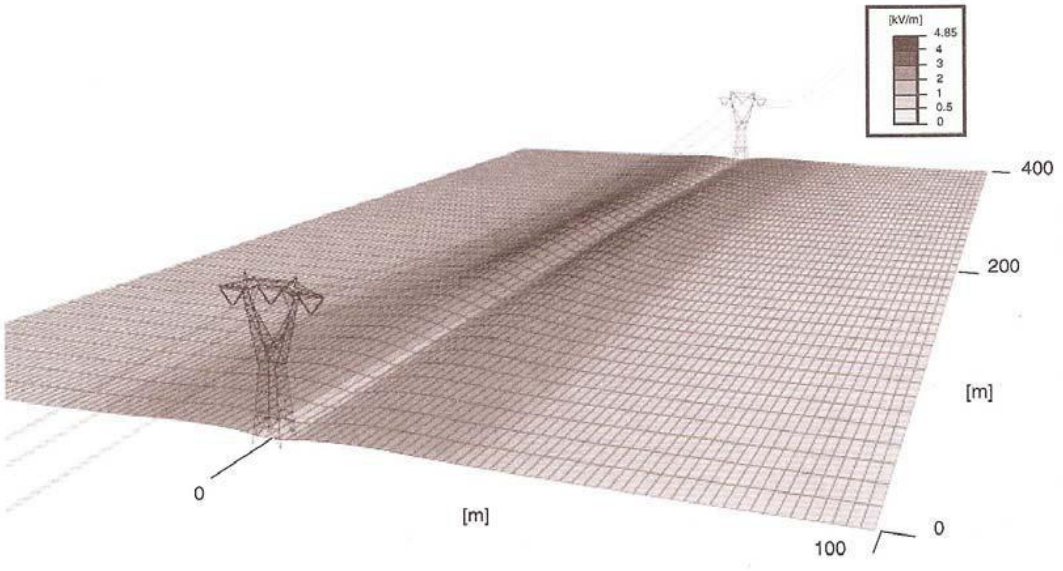


Figura 3.2: Distribuzione del campo elettrico a 1m dal suolo

Fonte: Inquinamento da campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, Maggioli Editore

In realtà le situazioni precedentemente riportate in figura si riferiscono ad una ipotetica situazione in cui il terreno sotto la linea è piano e senza ostacoli: in pratica però il campo elettrico al livello del suolo è spesso ridotto nelle vicinanze di oggetti quali alberi, recinzioni, veicoli, ecc.

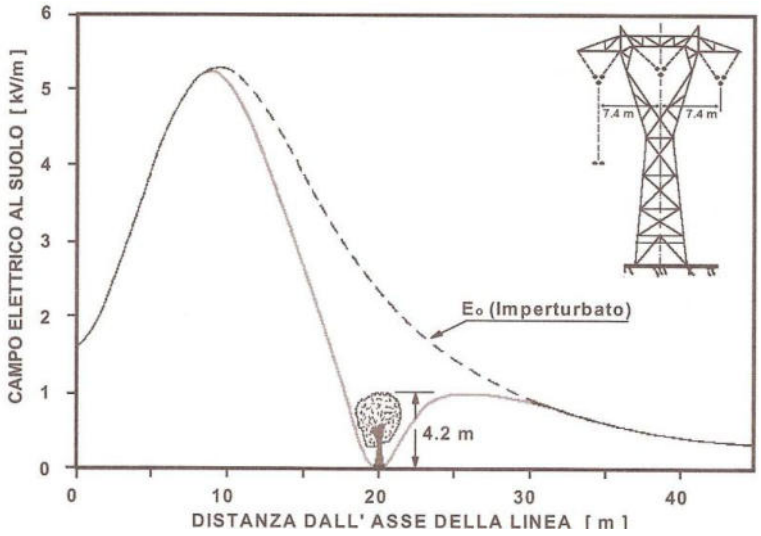


Figura 3.3: Effetto schermante della presenza di un albero sul campo elettrico

A differenza di quanto detto a proposito dei campi elettrici, le linee elettriche aeree non sono le uniche sorgenti significative dei campi magnetici ma esistono, sia in ambienti industriali, sia in ambienti domestici e pubblici numerosissime sorgenti che determinano condizioni di esposizione al campo magnetico. Ad esempio, misure effettuate nell'intorno di alcuni elettrodomestici hanno indicato che il campo magnetico può raggiungere intensità anche di alcune decine e centinaia di microtesla a breve distanza (<10 cm) dalla sorgente; peraltro, con l'aumentare della distanza, esso

decresce molto più rapidamente di quanto non succeda per gli elettrodotti, raggiungendo a circa 1m dalla sorgente valori uguali o inferiori a 1 μT.

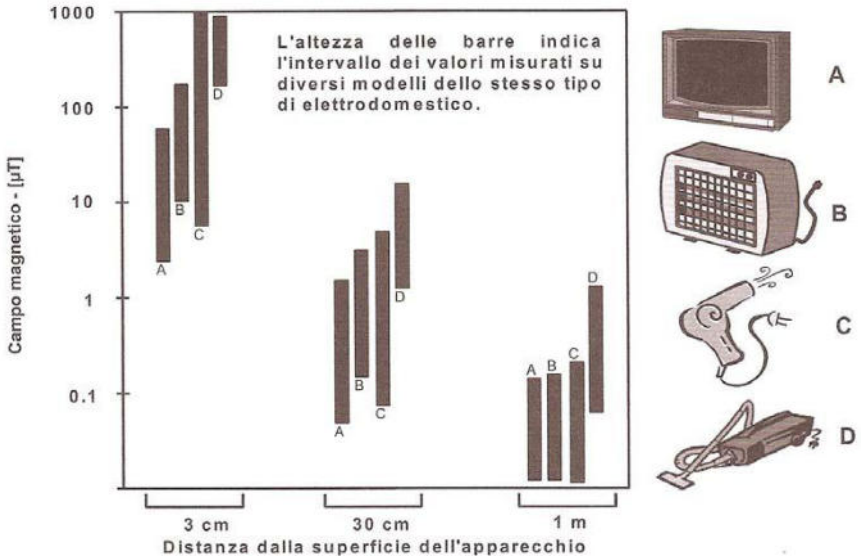


Figura 3.4: Livelli tipici di campo magnetico di alcuni elettrodomestici

Fonte: Inquinamento da campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, Maggioli Editore

Bisogna poi ricordare che il campo magnetico, dipendendo dalla corrente, varia a seconda della richiesta di energia e quindi è fortemente influenzato dalle condizioni di carico delle linee stesse.

Come per il campo elettrico, anche il campo magnetico diminuisce con l'aumentare da terra dei conduttori, per cui la situazione che si riscontra nella fascia di terreno sottostante la campata è quella illustrata nella figura seguente. A differenza del campo elettrico però il campo magnetico non può generalmente essere schermato da oggetti presenti in prossimità della linea.

Per quanto riguarda le linee di distribuzione a media e bassa tensione, l'induzione magnetica al suolo, a causa delle minori correnti transitanti, è più bassa rispetto a quella riscontrabile nelle linee ad alta tensione.

4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento prevede l'installazione di n. **29.631** pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 81**0 Wp** per una potenza di picco complessiva pari a **24.001,11 kW**. I moduli saranno installati su strutture ad inseguimento monoassiale (trackers).

L'impianto sarà del tipo grid connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, con allaccio in Alta Tensione alla rete di elettrica di TERNA S.p.a.:

- STMG – Codice Pratica **202406858**;

I Moduli Fotovoltaici saranno installati su strutture ad inseguimento monoassiale (tracker orientabili) di tipo modulare, assemblabili per ospitare da 7 fino a 28 moduli.

L'impianto sarà corredato da n.**8** Power Station, n. **2** Cabine di Parallelo, n.**2** Control Room e n.**2** Vano Tecnico, tutte ubicate all'interno dell'area di impianto.

Il generatore agrivoltaico sarà formato da n. **4.233** stringhe ognuna costituita da **7** moduli collegati in serie.

Saranno installate le Power Station, ognuna comprensiva di n. 1 Quadro AT (QAT), di n. 1 Trasformatore con rapporto di trasformazione 36/0,8 kV, n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari, il tutto montato e cablato su apposita cabina predisposta.

Le stringhe di moduli fotovoltaici saranno cablate direttamente sugli inverter di stringa opportunamente predisposti.

Le linee in corrente alternata, in uscita da ogni inverter di stringa (inverter installati nel campo agrivoltaico), saranno convogliati al rispettivo quadro dislocato sulla Power Station di Competenza.

La linea trifase a 800 V in AC in uscita dal quadro presente nella power station che raccoglie ingressi dagli inverter di stringa, sarà trasformata in AC a 36.000 Volt dal trasformatore.

All'uscita del trasformatore è posto il quadro QAT (partenza linea AT).

La linea elettrica in AT in uscita dal Quadro AT posto nella Power Station è convogliata alla cabina di consegna (Delivery Cabin) dotata delle opportune apparecchiature di Sezionamento e Protezioni.

Nella Tabella sottostante sono evidenziate le principali caratteristiche dell'Impianto Agrivoltaico e dei relativi sottocampi.

Tabella 4.1: Scheda di Sintesi delle Caratteristiche dell'Impianto Agrivoltaico

Proponente	LIO ENERGY TAURUS S.R.L.

Denominazione Impianto	NOVI DI MODENA
Comune (Provincia)	Novi di Modena (MO)
Superficie di impianto (Lorda)	40,1092 ha
Superficie di impianto (Netta)	27,7079 ha
Potenza di picco Totale (CC)	24.001,11 kW
Regime di esercizio	Cessione Totale
Tipologia di impianto	Strutture ad inseguimento Monoassiale
Moduli	N° 29.631 in silicio monocristallino da 810 Wp
Inverter	N°83 inverter di Stringa per installazione Outdoor
Azimuth	0°
Cabine	N°2 Cabina di Parallelo N°8 Power Station N°2 Control Room N°2 Vano Tecnico

A servizio dell'impianto agrivoltaico è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

1. Impianto di produzione di energia elettrica solare fotovoltaica (le cui caratteristiche sono dettagliatamente descritte nell'elaborato tecnico dedicato);
2. Trasformazione dell'energia elettrica BT/AT (Attraverso Power Station appositamente Dedicate);
3. Impianto di connessione alla rete elettrica AT;
4. Distribuzione elettrica BT;
5. Impianto di alimentazione utenze in continuità assoluta;
6. Impianti di servizio: illuminazione ordinaria, locali tecnici ed illuminazione esterna;
7. Impianti di servizio: impianto di allarme (antintrusione ed antincendio) e videosorveglianza;
8. Impianto di terra;

Più specificatamente la realizzazione dell'impianto comprenderà la realizzazione delle seguenti opere:

a. Posa in opera delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici su adeguate strutture di fondazione (Pali ad Infissione);
b. Posa in opera dei Moduli Fotovoltaici;
c. Posa in opera di n. **8** Power Stations poste in campo, ognuna comprensiva di:

- n. 1 Cabina Prefabbricata in CLS comprensiva dei Quadri AT (QAT);

- n. 1 Cabina Prefabbricata in CLS comprensiva dei Quadri BT di Parallelo Inverter (QBT);
- n. 1 Trasformatore con rapporto di Trasformazione 36/0,80 kV;
- n. 1 Quadro BT per i servizi Ausiliari, n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari.

d. Posa in Opera n.**2** Control Room;
e. Posa in Opera n. **2** Vano Tecnico;
f. realizzazione di tutte le condutture principali di distribuzione elettrica per l'alimentazione dei sistemi ausiliari b.t.;
g. scavi, rinterri e ripristini per la posa della conduttura di alimentazione principale BT ed AT interne al campo agrivoltaico, dei cavidotti energia, segnali e per il dispersore di terra, comprensivi della fornitura e posa in opera di pozzetti in c.a. con chiusino carrabile (ove previsto);
h. realizzazione dell'impianto di terra ed equipotenziale costituito da una corda di rame interrata lungo il perimetro dell'edificio ed integrata con picchetti, dai collettori di terra, dai conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali e da tutti i collegamenti PE ed equipotenziali;
i. realizzazione antintrusione comprensivo della centrale allarmi, delle barriere e delle condutture ad essi relativi;
j. Realizzazione dell'impianto di videosorveglianza comprensivo della centrale, delle videocamere, dei pali di sostegno e delle condutture ad essi relativi;
k. Realizzazione di n. **2** Cabine di Parallelo;
l. Realizzazione della Linea AT (Cavidotto Interrato) dal Generatore Agrivoltaico fino alle Stazione di Elevazione di Utenza (SEU).

La designazione dettagliata delle opere, le loro caratteristiche e dimensioni sono desumibili dagli elaborati grafici di progetto.

5 DETERMINAZIONE DELLA D.P.A.

Si è proceduto al calcolo della Distanze di Prima Approssimazione (DPA) per gli elementi d'impianto costituenti possibili fonti di inquinamento elettromagnetico:

- Elettrodotto di connessione di Alta tensione (AT 36 kV);
- Elettrodotti interni all'impianto di Alta tensione (AT 36 kV);
- Power Station;

Gli elementi sopra descritti sono tutti caratterizzati da una tensione nominale di 36 kV (a frequenza 50 Hz). Tale valutazione si riferisce esclusivamente alla fase di normale esercizio dell'impianto.
In riferimento alla normativa vigente dovranno essere valutati i seguenti limiti:

- 100 μT esposizione istantanea, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- 3 μT obiettivo di qualità imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4 nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze 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 negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere).

All'interno dei confini di proprietà relative alle opere d'impianto i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità fissati dal DPCM 8 luglio 2003 non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali. Dalle informazioni ricevute dalla committenza, non risultano esistenti aree accessibili da popolazione all'interno della proprietà.

5.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Si riportano di seguito diversi strumenti per il calcolo delle DPA.

5.1.1 Formula di calcolo della DPA per cabine elettriche

La DPA è stata valutata impiegando la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". La DPA va quindi calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale di maggior valore in ingresso/uscita dalla cabina elettrica (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) mediante la seguente formula di calcolo:

$$DPA = 0{,}40942 \cdot x^{0{,}5241} \cdot \sqrt{I} \qquad (1)$$

5.1.2 Formule di calcolo della DPA per linee elettriche interrate a semplice terna

La stima delle DPA per le linee interrate è stata valutata secondo il DM 29 maggio 2008 preliminarmente attraverso l'utilizzo del metodo semplificato riportato al paragrafo 6.2 della norma CEI 106-11.
Il metodo semplificato per il calcolo dell'induzione magnetica per linee in cavo interrato a semplice terna, riportato al

paragrafo 6.2.3 della norma CEI 106-11, prevede l'utilizzo della seguente relazione (specifica per cavi interrati a trifoglio):

$$B = 0{,}1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T] \tag{2}$$

Dove:

- I è la corrente circolante nel conduttore espressa in ampere [A];
- S è la distanza tra le fasi che, in analogia a quanto previsto dal DM 29/05/2008, può essere considerata pari al diametro esterno dei cavi (conduttore + isolante) [m];
- R è la distanza del punto nel quale si desidera valutare il valore di campo magnetico indotto [m].

Da tale formula si ricava il valore della distanza per la quale è garantita un'induzione magnetica inferiore ai 3 μT che coincide con l'obiettivo di qualità imposto dalla norma per gli effetti a lungo termine:

$$R' = 0{,}286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m] \tag{3}$$

Per cavi interrati il valore del raggio a induzione magnetica costante pari a 3 μT calcolato al livello del suolo è pari a:

$$R_0 = \sqrt{0{,}082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m] \tag{4}$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:

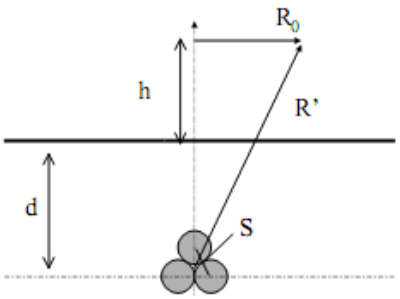


Figura 5.1: Tipico posa cavo con indicazione delle distanze di riferimento

Le premesse al calcolo sono:

- La corrente considerata è quella massima relativa alla portata del cavo
- La profondità massima di posa (d) è quella di progetto
- Le correnti si considerano equilibrate tra loro

5.1.3 Software di calcolo Magic® (By BeShielding)

Per i cavidotti costituiti da più terne, le formule precedenti non sono applicabili e si è ricorso all'ausilio del software di calcolo Magic® (By BeShielding). Attraverso tale software è possibile effettuare un calcolo preciso e puntuale per l'induzione magnetica. Il software consente di produrre grafici con curve isolivello dell'induzione magnetica e di stimare le Distanze di Prima Approssimazione.

5.2 Elettrodotto di connessione in Alta tensione 36 kV

Si riporta di seguito la valutazione della DPA per Il cavidotto di connessione tra la SE RTN e La Cabina di Parallelo 1.
Il tratto di connessione presenta complessivamente le seguenti caratteristiche:

- Tipologia di cavo: RG7H1R;
- Formazione: 1x[3x(1x400)];

Nella seguente Tabella sono riepilogate le caratteristiche considerate nella verifica delle DPA.

Tabella 5.1: Cavidotto a 2 terne parallele

COLLEGAMENTO	DISTANZA TRA LE FASI [MM]	DISTANZA TRA LE TERNE [MM]	PROFONDITÀ DEI CAVI DAL PIANO DI CALPESTIO [M]	CORRENTE TOTALE CAVIDOTTO [A]
Da Cabina di Parallelo 1 a SE Terna	52	250	1,2	246

Nella Figura di seguito si riporta il tipologico di scavo del caso in esame.

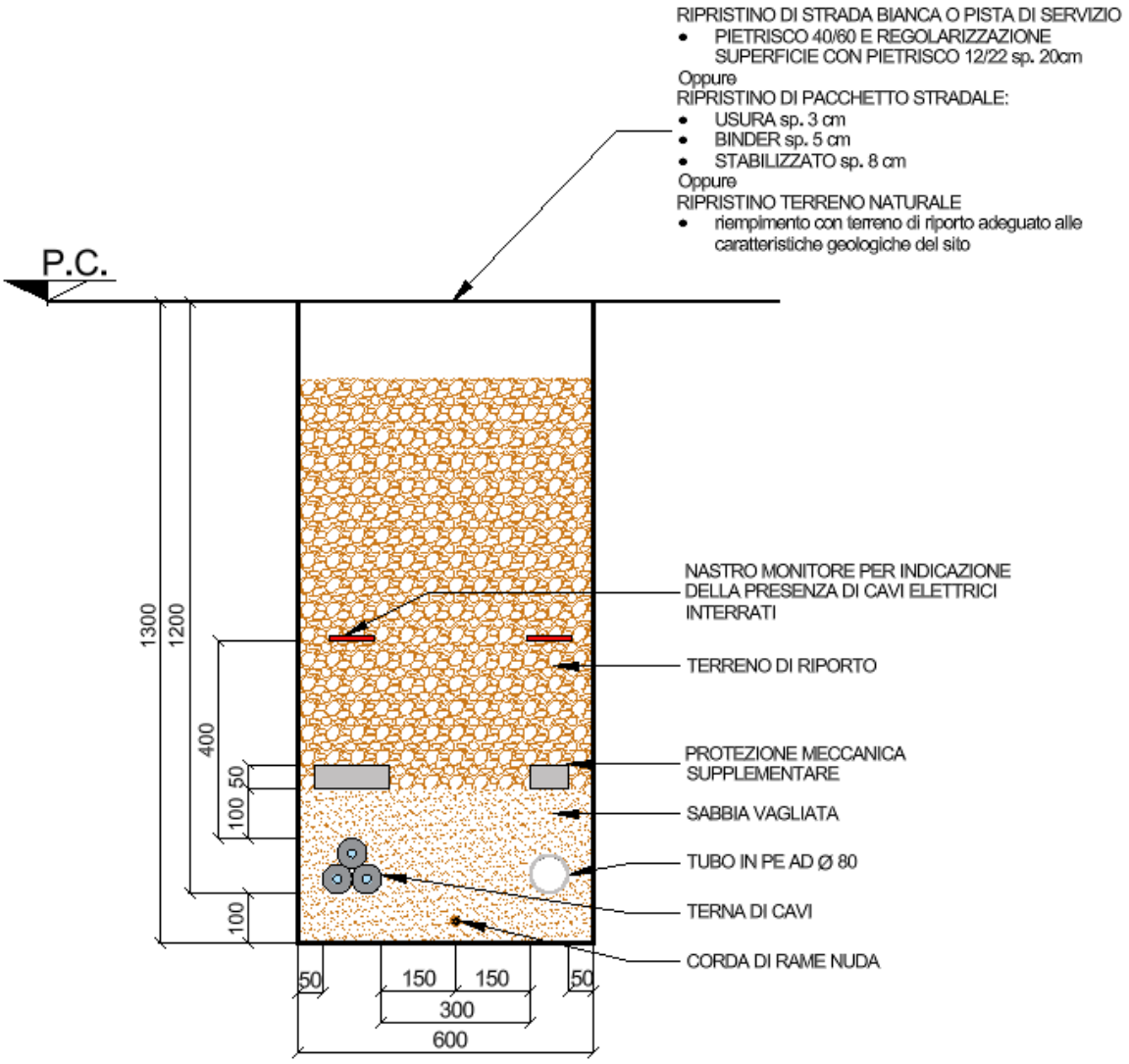


Figura 5.2: Tipologico dello scavo del cavidotto in oggetto

Date le caratteristiche e le modalità di posa del cavidotto di connessione, la DPA può essere valutata in maniera semplificata tramite la formula riportata in (4).

Dall'applicazione di tale formula si evince che l'obiettivo di qualità è garantito ad una distanza R' = 1,00 m, misurata dal dal centro del cavidotto. Tale valore risulta inferiore alla profondità di interramento del cavidotto, pertanto, si evince come

l'obiettivo di qualità venga raggiunto ad una quota inferiore al piano di calpestio. Benché non sarebbe necessario introdurre alcuna DPA lungo il tracciato del cavidotto, in ottica puramente cautelativa si può introdurre lungo il tracciato degli elettrodotti una DPA pari a 1,0 m centrata sulla proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μT.

5.3 CALCOLO DELLE DPA PER I CAVIDOTTI INTERNI ALL'IMPIANTO

Per quanto riguarda i cavidotti interni all'impianto si è analizzato il caso più critico dal punto di vista dell'impatto elettromagnetico. La DPA risultante in questo caso è stata estesa a tutti i cavidotti interni all'impianto, con un approccio cautelativo.

Come caso più rappresentativo si è deciso di analizzare il parallelismo tra i cavidotti interni al sottocampo 1 che collegano le Power Station alla Cabina di Parallelo 1. Il tratto di distribuzione interna dell'impinto presenta varie sezioni di linea, aventi complessivamente le seguenti caratteristiche:

- Tipologia di cavo: ARG7H1R;
- Formazione: 1x[3x(1x240)];

Nella seguente Tabella sono riepilogate le caratteristiche considerate nella verifica delle DPA.

Tabella 5.2: Cavidotto 36 kV interno all'impianto a 2 circuiti separati entro medesimo scavo

COLLEGAMENTO	DISTANZA TRA LE FASI [MM]	DISTANZA TRA LE TERNE [MM]	PROFONDITÀ DEI CAVI DAL PIANO DI CALPESTIO [M]	CORRENTE TOTALE CAVIDOTTO [A]
Cabina di Parallelo 1 a Power Station 1	47,9	250	1,2	130
Cabina di Parallelo a Power Station 5	47,9	250	1,2	98

Di seguito si riportano i risultati di calcolo delle DPA del parallelismo definito nella precedente tabella.

Nella Figura di seguito si riporta il tipologico di scavo del caso in esame.

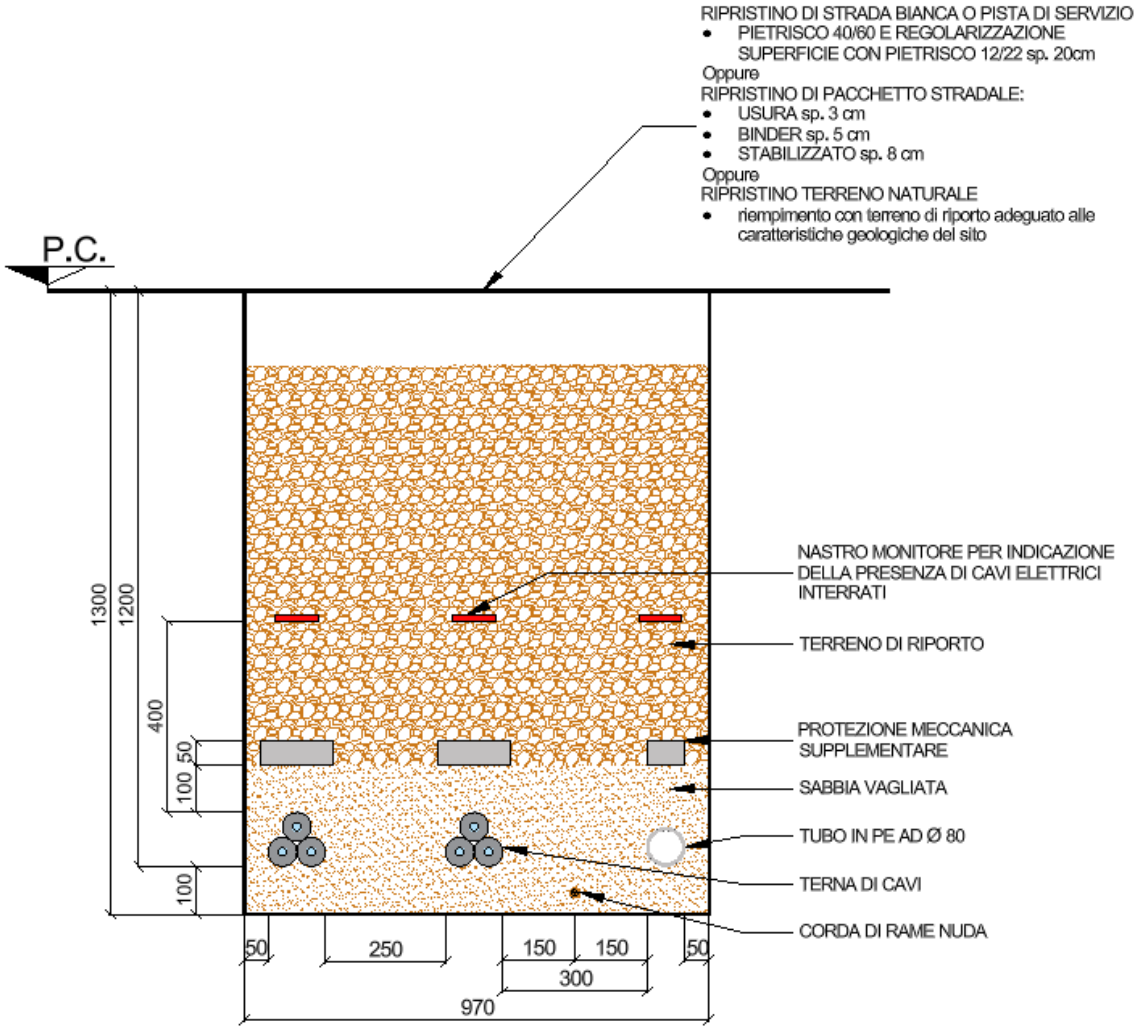


Figura 5.3: Tipologico dello scavo del cavidotto in oggetto

Il grafico seguente riporta le curve isolivello di induzione magnetica a 3, 10 e 100 μT nel piano perpendicolare all'asse della linea. L'origine del piano è posta nel punto di proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio.

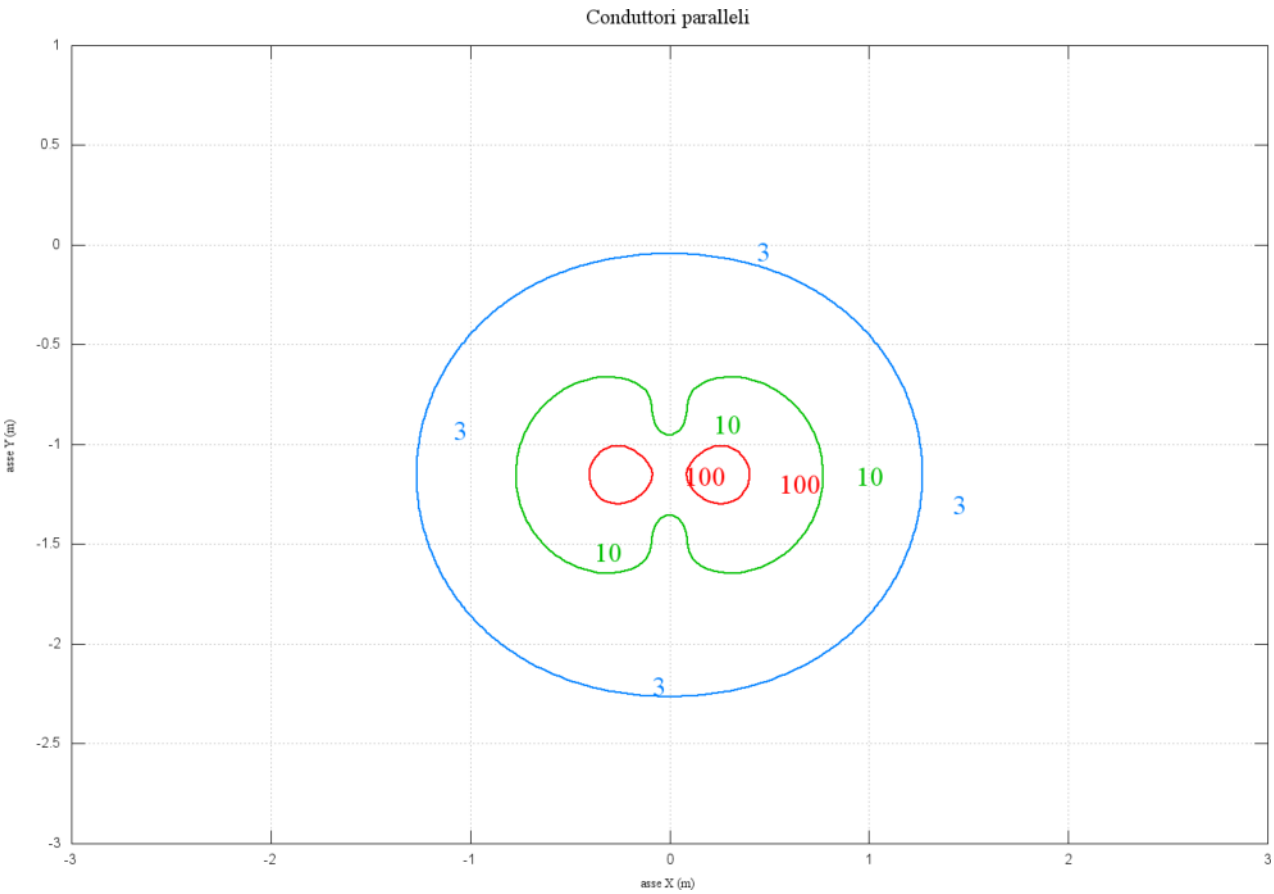


Figura 5.4: Curve isolivello d'induzione magnetica calcolate su un piano XY (distanze espressi in metri)

Si evince che l'obiettivo di qualità è garantito ad una distanza R' di poco inferiore alla profondità di posa, misurata dal centro del cavidotto. Pertanto, l'obiettivo di qualità viene raggiunto ad una quota inferiore al piano di calpestio. Benché non sarebbe necessario introdurre alcuna DPA lungo il tracciato del cavidotto, in ottica puramente cautelativa si può introdurre lungo il tracciato degli elettrodotti una DPA pari a 1,0 m centrata sulla proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio, oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 μT.

5.4 Cabine Elettriche BT/AT

All'interno del Campo Agrivoltaico sono presente n.**8** Power Station ognuna comprensiva di n. **1** Quadro AT (QAT), di n. 1 Trasformatore con rapporto di Trasformazione 36/0,80 kV, n.1 Quadro Elettrico Generale BT, n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari.

In merito alla valutazione della distanza di prima approssimazione per le power station si considera la distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) dei cabinati in quanto le stesse al loro interno non sono considerate luogo di lavoro stabile ma occupato dal personale tecnico in modo saltuario per una durata giornaliera inferiore alle 4 ore o durante i momenti in cui la tensione è assente.

La DPA è stata valutata impiegando la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" e riportata in (1).

Per le Power Station, la DPA da considerare è quella relativa alle linee elettriche collegate all'inverter (lato BT_{DC}).
Per le Power Station si è preso come riferimento il diametro dei cavi in ingresso agli inverter pari a circa 30 mm e la corrente massima in BT_{DC}, e cioè pari a 2.200 A
La corrispondente DPA sarà pertanto pari a circa 3,0 m; oltre tale distanza dalla Power Station il livello di induzione magnetica è sicuramente inferiore all'obiettivo di qualità di 3 µT.

Per le Cabine di Parallelo, la DPA da considerare è quella relativa alle linee elettriche in ingresso alla cabina (lato AT_{AC}).
Per le Cabine di Parallelo si è preso come riferimento il diametro dei cavi in ingresso pari a 52,00 mm e la corrente massima pari a 247 A
La corrispondente DPA sarà pertanto pari a circa 1,40 m; oltre tale distanza dalle Cabine di Parallelo il livello di induzione magnetica è sicuramente inferiore all'obiettivo di qualità di 3 µT.

6 CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati delle simulazioni di campo magnetico, è possibile notare che:

- Per le Cabine di Parallelo 36 kV viene associata una fascia di rispetto pari a circa 1,40 m dal perimetro della cabina, oltre la quale e garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 µT. Entro questa fascia, non è stata considerata una presenza continuativa di persone per una permanenza superiore alle 4 ore giornaliere e in ogni caso le persone addette ad interagire con gli elementi presenti in prossimità della cabina e al suo interno sono operai specializzati e opportunamente informati e formati secondo quanto stabilito dalla legge.
- Per le Power Station viene associata una fascia di rispetto pari a circa 3,00 m dal perimetro della cabina, oltre la quale e garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 µT.
- Lungo il tracciato del cavidotto di connessione a 36 kV viene associata una DPA di larghezza pari a 1,0 m centrata nel punto di proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio, oltre la quale e garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 µT.
- Lungo il tracciato deli cavidotti 36 kV interni all'impianto viene associata una DPA di larghezza pari a 1,0 m centrata nel punto di proiezione del centro del cavidotto sul piano di calpestio, oltre la quale e garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3 µT.

A valle di tali considerazioni, qualsiasi violazione dei vincoli precedentemente elencati o variazione di caratteristiche elettriche e/o geometriche potrebbe determinare una variazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni, pertanto si rimanda alla fase esecutiva per successivi e definitivi calcoli in merito.

Si segnala che, nel caso non si rispettasse l'obbiettivo di qualità dei 3 µT, in fase esecutiva dovrà essere predisposta la schermatura dei cavi, secondo la tecnica di posa che prevede di inserire i cavi in apposite canalette di materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata. Le canalette dovranno essere utilizzate nei tratti di elettrodotto caratterizzati dalla vicinanza a strutture potenzialmente sensibili per le quali si ha la necessita di ridurre i valori assunti dal campo magnetico, e sono realizzate con acciai di diverso spessore, con differente capacità di attenuazione del campo magnetico.