



REN  **176 SRL**

REN-176 S.r.l.

Comune di Poirino (TO)

Fattoria Solare “Paradiso”

Relazione Impatto Elettromagnetico

Doc. No. REN-176-R.03 – Novembre 2022

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Prima Emissione	M.Vanti	A.Puppo	M.Giannettoni	Novembre 2022

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di Renergetica S.p.A.



INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	3
1 SCOPO DEL DOCUMENTO	4
2 RIFERIMENTI E STANDARD	5
3 COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA	6
4 QUADRO NORMATIVO	7
5 VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTROMAGNETICO	10
5.1 CAMPO MAGNETICO	10
5.1.1 Elementi da analizzare	10
5.1.2 Impianto in corrente continua	10
5.1.3 Converteri DC/AC	10
5.1.4 Quadri a 36 kV all'interno di Cabine e Stazione Utente	11
5.1.5 Trasformatori da BT a 36 kV	11
5.1.6 Linee in corrente alternata a 36 kV	11
5.1.7 Interventi in SSE RTN Casanova 150 kV e 36 kV	13
5.2 CAMPO ELETTRICO	16
6 CONCLUSIONI	17



LISTA DELLE TABELLE

Tabella 4.1:	Limiti CEM fissati dal DPCM 8 Luglio 2003	7
Tabella 4.2:	Livelli di riferimenti ICNIRIP	8
Tabella 4.3:	Estratto documento ICNIRP relativo ai limiti di esposizione dei lavoratori	8
Tabella 4.4:	Limiti applicabili all'impianto a progetto	8

LISTA DELLE FIGURE

Figura 5.1:	Campo di induzione magnetica generato da 2.400 A DC su 3 linee interrate a 80 cm	10
Figura 5.2:	Modalità di posa cavidotto a 36 kV su terreno, strada in terra battuta e asfaltata	11
Figura 5.3:	Campo magnetico a livello del suolo con indicazione dell'obiettivo di qualità	12
Figura 5.4:	Misure campo elettrico e campo di induzione magnetica da rilievi sperimentali	14
Figura 5.5:	Tipico DPA Cabine Primarie e-distribuzione	15



ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

AAT	Altissima Tensione
AC	Corrente Alternata (Alternative Current)
ARERA	Autorità di Regolazione per Energia, Reti ed Ambiente
AT	Alta Tensione
ATECO	Attività Economiche
BT	Bassa Tensione
CEM	Compatibilità Elettromagnetica
CI	Construction and Installation
DC	Corrente Continua (Direct Current)
DG	Dispositivo Generale (CEI-016)
DHI	Diffuse Horizontal Irradiance
DI	Dispositivo di Interfaccia (CEI-016)
DL	Decreto Legge
DLs	Decreto Legislativo
DM	Decreto Ministeriale
DPCM	Decreto Presidente del Consiglio dei Ministri
EF	Employment Factor
ENEA	Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
FV	Fotovoltaico
GHI	Global Horizontal Irradiance
GSE	Gestore dei Servizi Energetici
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
LPS	Lighting Protection System
LR	Legge Regionale
MITE	Ministero della Transizione Ecologica
MPPT	Maximum Power Point Tracking
MT	Media Tensione
O&M	Gestione e Manutenzione
PV	PhotoVoltaics
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
PWM	Pulse With Modulation
QBT	Quadro Bassa Tensione
QMT	Quadro Media Tensione
QPI	Quadro Parallelo Inverter
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
STC	Standard Test Conditions
STMG	Soluzione Tecnica Minima Generale
TICA	Testo Integrato Connessioni Attive
ULA	Unità Lavorative Annuali
UTM	Universal Transversal of Mercator
WGS	World Geodetic System



1 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento è finalizzato alla valutazione dell'impatto e della rispondenza alle normative vigenti, dei campi elettromagnetici generati dall'esercizio dell'impianto di generazione agrivoltaico integrato con sistema di accumulo a progetto, denominato “Fattoria Solare Paradiso” ed avente potenza installata pari a $46,7 \text{ MW}_p$ (20 MW_{ac} e 80 MWh per l'accumulo) da realizzarsi nel comune di Poirino e collegato in antenna a 36 kV alla SER RTN “Casanova” di TERNA S.p.A.

La valutazione di compatibilità elettromagnetica è stata effettuata sia per l'impianto in progetto che per tutte le opere connesse ossia l'impianto di utenza costituito dal cavidotto di interconnessione a doppia terna a 36 kV da realizzarsi, interamente su strada, tra il suddetto impianto e la SE RTN “Casanova” e la nuova sezione $150/36 \text{ kV}$ da realizzarsi all'interno della SE esistente.

Come illustrato nel dettaglio nei paragrafi seguenti, si anticipa che la realizzazione della nuova centrale fotovoltaica in esame non comporterà rischi per la salute della popolazione e dei lavori dovuti ai campi elettromagnetici.



2 RIFERIMENTI E STANDARD

Rif.	Documento	Descrizione
[1]	D.M. 5 agosto 1988	Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione esecuzione delle linee elettriche aeree esterne
[2]	Linee guida ICNIRP 1988	Limitazione esposizione CEM
[3]	Raccomandazione Consiglio dell'U.E. 12 luglio 1999	Quadro protezione della popolazione dai CEM
[4]	Legge quadro 36/2001	Identificazione livelli di esposizione (art.3)
[5]	D.P.C.M. 08 luglio 2003	Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità
[6]	Sentenza 7 ottobre 2004 Corte Costituzione	Illegittimità leggi regionali in materia di tutela dai CEM
[7]	D.M. 29 maggio 2008	Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto

Rif.	Documento	Descrizione
[1]	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
[2]	CEI 211-4	Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche
[2]	CEI 11-60	Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione superiore a 100 kV
[3]	CEI EN 50341-1	Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata Parte 1: Prescrizioni generali - Specifiche comuni
[4]	CEI EN 50341-2-13	Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 2-13: Aspetti Normativi Nazionali (NNA) per l'Italia (basati sulla EN 50341-1:2012)



3 COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA

I campi elettromagnetici sono costituiti da campo elettrici (\vec{E}) e campi magnetici (\vec{H}) che interagiscono tra loro. Sono caratterizzati da una frequenza f (misurata in Hertz [Hz]) e da una lunghezza d'onda λ (misurata in metri [m]) e si propagano alla velocità della luce.

Tuttavia, nel caso di campi elettromagnetici con frequenze minori di 300 Hz (Extremely Low Frequency – EMF) e con variazioni di tensione non significative, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in maniera indipendente e pertanto possono essere valutati separatamente.

Il **campo elettrico** \vec{E} può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica. Si tratta quindi di una grandezza vettoriale che, in ogni punto di una data regione di spazio, rappresenta il rapporto fra la forza esercitata \vec{F} su una carica elettrica q di prova ed il valore della carica medesima.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

L'unità di misura del campo elettrico è il Volt per metro [V/m]. L'intensità del campo elettrico è proporzionale alla tensione della sorgente ed è massima vicino alla sorgente stessa e diminuisce con la distanza.

Il campo elettrico è facilmente schermabile da parte di materiali quali legno o metalli, ma anche alberi o edifici.

Il **campo magnetico** \vec{H} può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale generata dal moto di una carica elettrica (ovvero una corrente) o da un campo elettrico variabile nel tempo o dalla presenza di un magnete. Il campo magnetico è quindi una quantità vettoriale pari al rapporto tra l'induzione magnetica \vec{B} e la permeabilità magnetica μ che caratterizza le proprietà magnetiche del mezzo che attraversa il campo magnetico.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu}$$

L'intensità del campo magnetico si misura in Ampere al metro [A/m] ma è spesso espressa in termini dell'induzione magnetica Tesla [T], considerando a fini pratici la permeabilità magnetica come una costante essendo tale valore non significativamente variabile da un mezzo all'altro. L'intensità del campo magnetico è proporzionale alla corrente che scorre nella sorgente ed è massima nei pressi della sorgente e diminuisce con la distanza. Il campo magnetico è difficilmente schermabile dalla maggior parte dei materiali di uso comune (li attraversa facilmente).

Considerando le caratteristiche delle grandezze in gioco dell'impianto fotovoltaico in esame (tensioni fino a 36 kV e frequenza 50 Hz), i campi elettrici e magnetici, come già accennato, saranno da valutarsi separatamente poiché disaccoppiati.



4 QUADRO NORMATIVO

Il riferimento di legge in materia dei campi elettromagnetici è la **Legge del 22 febbraio 2001, n.36** "Legge quadro sulla protezione dell'esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", pubblicata sulla GU n.55 del 7 marzo 2001.

La Legge citata ha lo scopo di dettare i principi fondamentali diretti a:

- a) **assicurare la tutela della salute** dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- b) **assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio** e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

Inoltre la Legge definisce le competenze di Stato, Regioni, Province, e Comuni in materia di campi elettromagnetici, e rimanda per la definizione dei limiti di esposizione per la popolazione al **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 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" (pubblicato su GU n.200 del 29-8-2003).

In merito ai limiti di esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici a 50 Hz il **D.P.C.M. 8 luglio 2003** recita:

Art.3 - Limiti di esposizione e valori di attenzione

1. 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 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
2. 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 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art.3 – Obiettivi di qualità

1. 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 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Tabella 4.1 riassume i limiti fissati dal **D.P.C.M. 8 luglio 2003**.

Tabella 4.1: Limiti CEM fissati dal DPCM 8 Luglio 2003

Normativa	Limiti previsti	Campo magnetico [μ T]	Campo elettrico [kV/m]
DPCM 08/07/2003	Limite di esposizione	100	5
	Valori di attenzione (24 h di esposizione)	10	-
	Obiettivo di qualità	3	-



Per quanto attiene ai campi elettrici e magnetici in corrente continua (frequenza 0 Hz), occorre fare riferimento alla **Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 (direttiva 1999/159/CE)** relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 Hz.

La direttiva (che recepisce la pubblicazione ICNIRP) indica, nell'Allegato III, i “Livelli di riferimento” espressi in funzione della frequenza f e riportati in Tabella 4.2.

Tabella 4.2: Livelli di riferimenti ICNIRIP

Intervallo di frequenza [Hz]	Campo elettrico E [V/m]	Campo magnetico B [μ T]
0 - 1	-	40.000
1 - 8	10.000	40.000/f
8 - 25	10.000	5.000/f
25 - 800	250/f	5.000/f (100 μ T a 50 Hz)
800 - 3000	250/f	6,25

Il limite per la frequenza industriale (50 Hz) risulta pari a 100 μ T, identico al valore identificato dal **D.P.C.M. 8 luglio 2003** per gli elettrodotti.

La direttiva non si applica ai lavoratori esposti professionalmente ai campi EM, per i quali rinvia al documento ICNIRP “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 Ghz)” che indica invece i valori riportati in Tabella 4.3. Si osserva che in corrente continua il limite di campo elettrico non è definito, mentre l'induzione magnetica massima è pari a 200 mT, pari a 5 volte il valore massimo accettabile per la popolazione.

Tabella 4.3: Estratto documento ICNIRP relativo ai limiti di esposizione dei lavoratori

Table 6. Reference levels for occupational exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).^a

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μ T)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m ⁻²)
up to 1 Hz	—	1.63×10^5	2×10^5	—
1–8 Hz	20,000	$1.63 \times 10^5/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$	—
8–25 Hz	20,000	$2 \times 10^4/f$	$2.5 \times 10^4/f$	—
0.025–0.82 kHz	$500/f$	$20/f$	$25/f$	—
0.82–65 kHz	610	24.4	30.7	—
0.065–1 MHz	610	$1.6/f$	$2.0/f$	—
1–10 MHz	$610/f$	$1.6/f$	$2.0/f$	—
10–400 MHz	61	0.16	0.2	10
400–2,000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$	$f/40$
2–300 GHz	137	0.36	0.45	50

La Tabella 4.4 riassume tutti i limiti applicabili all'impianto in progetto.

Tabella 4.4: Limiti applicabili all'impianto a progetto

	Campo elettrico E [V/m]		Campo magnetico B [μ T]	
	DC	AC (50 Hz)	DC	AC (50 Hz)
popolazione	-	5.000	40.000	3 (obiettivo qualità)
lavoratori	-	10.000	200.000	500



Al fine di dare seguito operativo alla verifica ad al perseguimento degli obiettivi fissati, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha emanato nel maggio 2008 il **Decreto Ministeriale 29 maggio 2008** “*Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti*” (GU n. 156 del 5-7-2008 - Suppl. Ordinario n.160).

Lo scopo della metodologia indicata nel Decreto è quello di fornire una precisa procedura da adottare al momento della determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee aeree ed interrate esistenti ed in progetto, aiutando così le amministrazioni territoriali nella stesura dei piani strutturali, e anche nelle valutazioni di impatto ambientale degli elettrodotti.

Il **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, etc.);
- 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 MT 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.

Dall'allegato al Decreto si ricavano in particolare le seguenti definizioni:

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'*obiettivo di qualità*. Come prescritto dall'articolo 4, comma 1 lettera h della Legge Quadro n.36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

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

Il Decreto prevede in sostanza che per ogni elettrodotto o impianto esistente o in progetto, si verifichi il rispetto della distanza di prima approssimazione (calcolata con un metodo semplificato basato su modelli bi-dimensionali) rispetto ad edifici (o luoghi destinati alla permanenza di persone non inferiore alle 4 ore giornaliere) siano essi esistenti o in progetto.

Qualora la DPA sia rispettata, non sono richieste ulteriori analisi.

Se la DPA (che si estende oltre la distanza di rispetto) non risulta rispettata, è in generale necessario procedere al calcolo delle distanze di rispetto con l'impiego di modelli di calcolo tridimensionali, fatta eccezione per le configurazioni particolari individuate dal Decreto stesso.



5 VALUTAZIONE DEL CAMPO ELETTROMAGNETICO

5.1 CAMPO MAGNETICO

5.1.1 Elementi da analizzare

L'impianto agrivoltaico e le opere ad esso connesse possono essere suddivise nelle seguenti sezioni, ognuna delle quali elettro-magneticamente distinta dalle altre:

- sistemi in DC (impianto fotovoltaico e sistema di accumulo);
- power-station equipaggiate con:
 - convertitori ossia inverter DC/AC;
 - trasformatori BT/36 kVT (potenza fino a 5.000 kVA),
- quadri a 36 kV installati all'interno di cabine dedicato o della Stazione Utente;
- linee in cavo interrate a 36 kV interne all'impianto e di connessione con la RTN;

5.1.2 Impianti in corrente continua

Gli impianti DC sono caratterizzati da correnti continue variabili dai pochi Ampere del singolo modulo fotovoltaico o di una batteria, ai circa 500 A in uscita dalle DC combiner box del campo fotovoltaico e fino ai circa 2.400 A in uscita da un container di accumulo (worst case rappresentato in Figura 5.1).

Il valore delle correnti in gioco, la realizzazione delle linee mediante due conduttori positivo/negativo posati adiacenti e le modalità di posa fanno sì che il **campo magnetico risultante ovunque notevolmente inferiore ai limiti ammissibili** (40 μ T popolazione e 100 μ T lavoratori). In ogni caso, comunque, le aree interessate dai suddetti campi magnetici ricadono sempre all'interno di aree interne all'impianto prive di recettori sensibili e per le quali non è prevista la presenza di personale per periodi significativi.

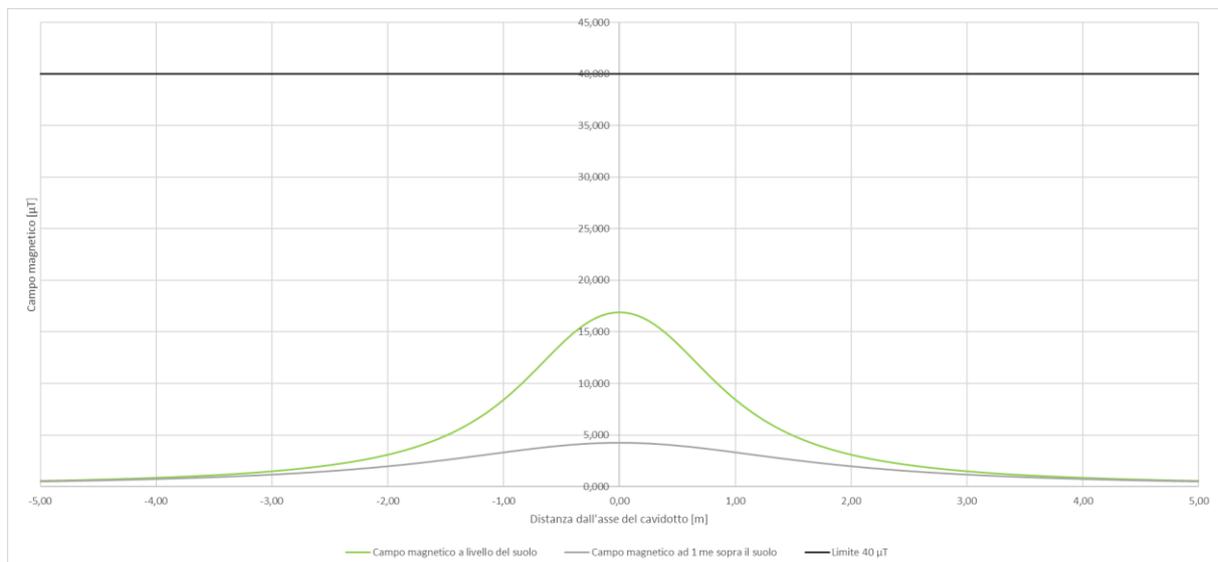


Figura 5.1: Campo di induzione magnetica generato da 2.400 A DC su 3 linee interrate a 80 cm

5.1.3 Convertitori DC/AC

I convertitori (inverter DC/AC) sono apparecchiature racchiuse entro quadri metallici e pertanto presentano **emissioni all'esterno praticamente trascurabili**. I fornitori dei convertitori certificano inoltre queste apparecchiature affinché siano conformi a tutte le normative applicabili che prevedono, tra le altre cose, l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni e le ridotte emissioni sia radiate che condotte.



5.1.4 Quadri a 36 kV all'interno di Cabine e Stazione Utente

I quadri elettrici sono apparecchiature racchiuse entro quadri metallici e pertanto presentano **emissioni all'esterno praticamente trascurabili**.

5.1.5 Trasformatori da BT a 36 kV

Il D.M. del 29/05/2008 stabilisce che la DPA per le cabine di trasformazione è determinata utilizzando la seguente relazione:

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

dove:

- DPA distanza di prima approssimazione [m]
- I corrente nominale lato BT del trasformatore [A]
- x diametro dei cavi lato BT [m]

Considerando che trasformatori in oggetto hanno una potenza nominale di 5.000 kVA e lavorano ad una tensione non inferiore ai 550 V, la corrente nominale lato BT risulta essere pari a 5.250 A. Assumendo conservativamente che il diametro dei cavi lato BT sia pari a 35 mm, si ottiene una DPA approssimata per eccesso pari a 5,5 m. Si tratta di un valore fortemente cautelativo in quanto sia perché viene applicato al perimetro esterno della cabina ossia in questo caso della power-station.

In tutti i casi la DPA riferita alle power-station ricade all'interno del perimetro dell'impianto fotovoltaico e coinvolge aree nelle quali non è prevista la permanenza di persone per periodi significativi. In nessun caso ricadono all'interno della DPA aree ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di quattro ore al giorno.

5.1.6 Linee in corrente alternata a 36 kV

La distribuzione elettrica a 36 kV è realizzata mediante due dorsali ad anello che collegano la Stazione Utente rispettivamente le 10 Power Station dell'impianto fotovoltaico e le 12 Power Station dell'impianto di accumulo tutte inserite in entra-esce ed una line di connessione a doppia terna che connette la suddetta Stazione Utente alla SE RTN “Casanova” avente uno sviluppo complessivo di circa 7,3 km.

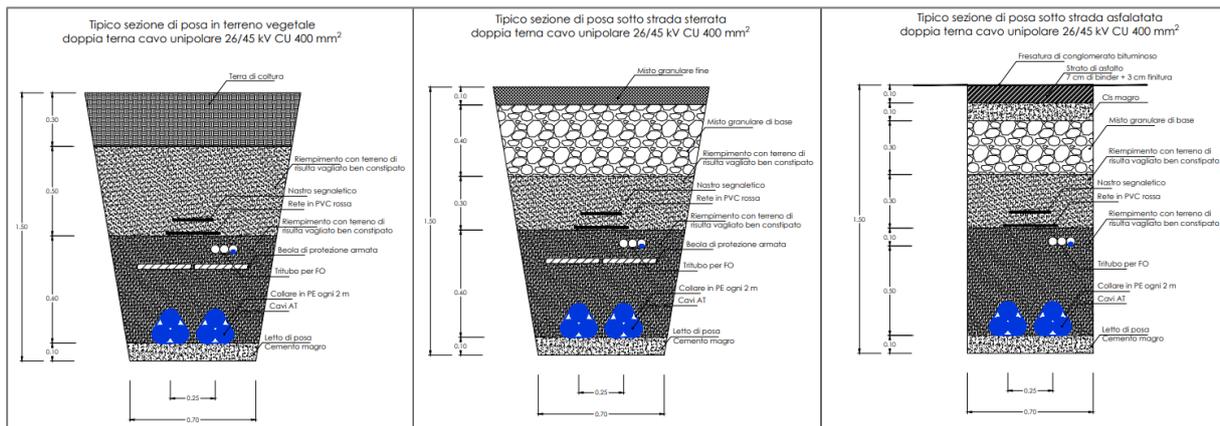


Figura 5.2: Modalità di posa cavidotto a 36 kV su terreno, strada in terra battuta e asfaltata

Tutte le linee a 36 kV sono realizzate in trincea sotto strada pubblica, strade interpoderali in terra battuta o su terreni agricoli nelle disponibilità della proponente, utilizzando cavi unipolari da 26/45 kV in corda di rame isolati in gomma ad alto modulo G7 conformi alla norma IEC 60840 ed aventi una sezione di 400 mm².



Non è prevista la posa di più di due linee all'interno dello stesso scavo e sono previsti brevi parallelismi tra due trincee solo per brevissimi tratti all'interno dell'area di impianto e lontano da qualsiasi recettore sensibile.

Figura 5.2 riporta le modalità di posa della linea con doppia terna stesso scavo relativamente alle diverse tipologie di terreno. La sezione dei conduttori, la loro posizione relativa e la profondità di posa risultano essere comune a tutte le tratte a 36 kV che quindi hanno anche la stessa DPA.

Elettrodotti aventi le caratteristiche sopra riportate saranno realizzati all'interno di aree di impianto dedicate alla Stazione Utente, al Sistema di Accumulo e al Generatore Fotovoltaico, in corrispondenza di alcuni attraversamenti di strade interpoderali, strade comunali ed aree agricole necessari a collegare i diversi sottocampi costituenti l'impianto a progetto e lungo Strada Comunale Ternavasso, S.P. n°134, via Tetto Fratti, S.P. n°135, S.P. n°129 e via Molinasso per quello che riguarda l'impianto di utenza per la connessione alla RTN.

Il DPCM 8 luglio 2003 stabilisce che la corrente da utilizzare nel calcolo del campo di induzione magnetica è la portata in corrente di servizio normale. Relativamente alle linee in cavo, il DM 29 maggio 2008 specifica che tale valore è dato dalla portata in regime permanente come definito dalla norma CEI 11-17.

La portata nominale di un cavo da 400 mm² in rame, isolato a 40,5 kV e direttamente interrato con $\rho = 1^\circ C m/W$ è pari a 590 A da catalogo. A questo valore, vanno applicate i seguenti coefficienti correttivi definiti in base alle modalità di posa:

- profondità di posa pari a 1,50 m $k_p = 0,96$
- terreno o sabbia normalmente umidi $k_t = 1,00$
- due terne in parallelo direttamente interrate con posa a trifoglio a distanza di 25 cm $k_f = 0,86$

sulla base di questi dati è possibile identificare la portata di regime permanente complessiva per il cavidotto di connessione a 36 kV che costituisce la sezione più gravosa dal punto di vista delle correnti e quindi dei campi elettromagnetici generati:

$$I_{sez2} = (2 \cdot 590) \cdot 0,96 \cdot 1,00 \cdot 0,86 = 974 A \quad \text{corrispondenti a } 60,7 \text{ MVA}$$

Si utilizza come riferimento ai fini del calcolo della DPA la presenza di due conduttori in parallelo posati secondo le modalità sopra indicate, aventi una corrente di regime permanente complessiva pari a 974 A (487 A su ciascun conduttore) ed una disposizione delle fasi RST SRT al fine di una corretta ripartizione delle correnti sulle tre fasi.

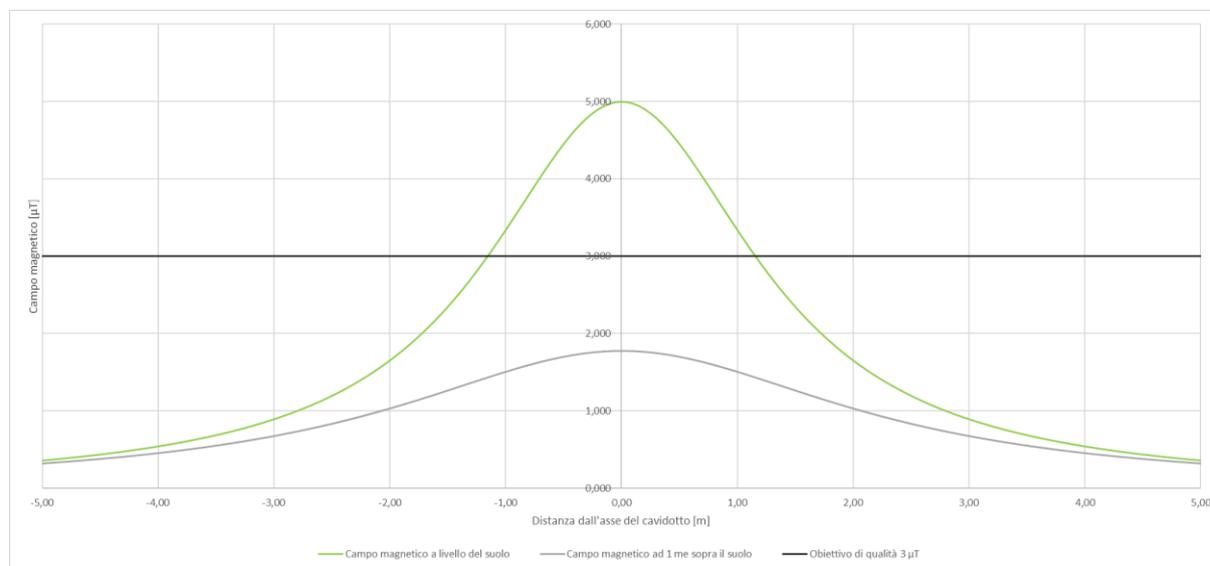


Figura 5.3: Campo magnetico a livello del suolo con indicazione dell'obiettivo di qualità

Figura 5.3 riporta l'andamento del campo di induzione magnetica per la configurazione considerata, valutato in funzione della distanza dall'asse dell'elettrodotta a livello del suolo ed un metro al disopra di esso.



Sulla base dei valori di campo di induzione magnetica riportati e riferiti alla portata di corrente in servizio normale, è possibile osservare come, in ottemperanza al D.P.C.M. 8 luglio 2003 e al D.M. 29 maggio 2008:

- il limite di legge dei 100 μT sia sempre rispettato a livello del terreno;
- il limite di legge dei 10 μT sia sempre rispettato a livello del terreno;

la DPA ai fini del rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μT sia approssimabile ad 1,2 m rispetto all'asse dell'elettrodotto.

È possibile concludere che, essendo sia la linea di connessione tra la RTN e la Stazione Utente che le linee di collegamento di questa con i sottocampi fotovoltaici e il sistema di accumulo realizzati al di sotto della viabilità stradale (provinciale, comunale o interpodereale) o in aree agricole, **non sono presenti all'interno della DPA degli elettrodotti a 36 kV ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa comunque soggiornare per più di 4 ore al giorno**. Anche nelle aree facenti parte dell'impianto e ricadenti all'interno della suddetta DPA non è presumibile la presenza di personale per periodi significativi.

5.1.7 Interventi in SSE RTN Casanova 150 kV e 36 kV

La connessione dell'impianto agrivoltaico con sistema di accumulo alla RTN avverrà attraverso un collegamento "in antenna a 36 kV a con la futura sezione a 36 kV della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/220/132 kV della RTN denominata "Casanova", in maniera conforme a quanto previsto dalla STMG identificata da TERNA tramite il preventivo di connessione avente numero pratica n°202001366 emesso in data 25 febbraio 2022.

Questi interventi a livello di RTN consisteranno nella realizzazione di una nuova sezione di trasformazione della SE RTN "Casanova" equipaggiata con tre nuovi trasformatori trifase 132/36 kV da 125 MVA collegati a tre stalli a 132 kV attualmente disponibili, una cabina quadri a 36 kV e le bobine Petersen necessarie alla gestione dello stato del neutro del sistema a 36 kV. Tutti le opere dovranno essere conformi al Codice di Rete, alle normative ed a tutta la legislazione vigente. L'intervento, interamente a carico di TERNA S.p.A., sarà realizzato interamente all'interno delle aree attualmente già nella disponibilità del Gestore di Rete e rientranti nel perimetro della SSE esistente.

Tutte gli impianti RTN, essendo realizzati secondo gli standard progettuali unificati di TERNA S.p.A., avranno una DPA che ricade all'interno dei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso in maniera conforme a quanto riportato dal paragrafo 5.2.2. del DM 29 maggio 2008. A titolo informativo si riporta in Figura 5.4 i risultati di misure di campo elettrico e di campo di induzione magnetica effettuate su una sottostazione 380/132 kV realizzata secondo i suddetti standard.

La modularità, la standardizzazione e la disposizione geometrica fanno sì che le suddette misure siano sufficienti a caratterizzare in modo abbastanza dettagliato tutta la stazione, con particolare attenzione alle zone di più probabile accesso da parte del personale.

Per quello che riguarda nello specifico le sezioni a 36 kV, pur non avendo ad oggi TERNA reso disponibili specifiche costruttive di dettaglio, in considerazione del fatto che le correnti in gioco sul secondario di uno stallo di trasformazione 132/36 kV da 100 MVA (circa 1,6 kA) sono inferiori a quelle di uno stallo di trasformazione 132/15 kV da 63 MVA tipico delle CP di e-distribuzione (circa 2,3 kA), per analogia tra questi due casi è possibile ritenere a titolo cautelativo che le DPA di questi due casi siano comparabili. In tal caso la DPA per la sezione a 36 kV sarebbe intorno ai 7 m (vedi Figura 5.5) e quindi ricadrebbe ampiamente all'interno della SSE.

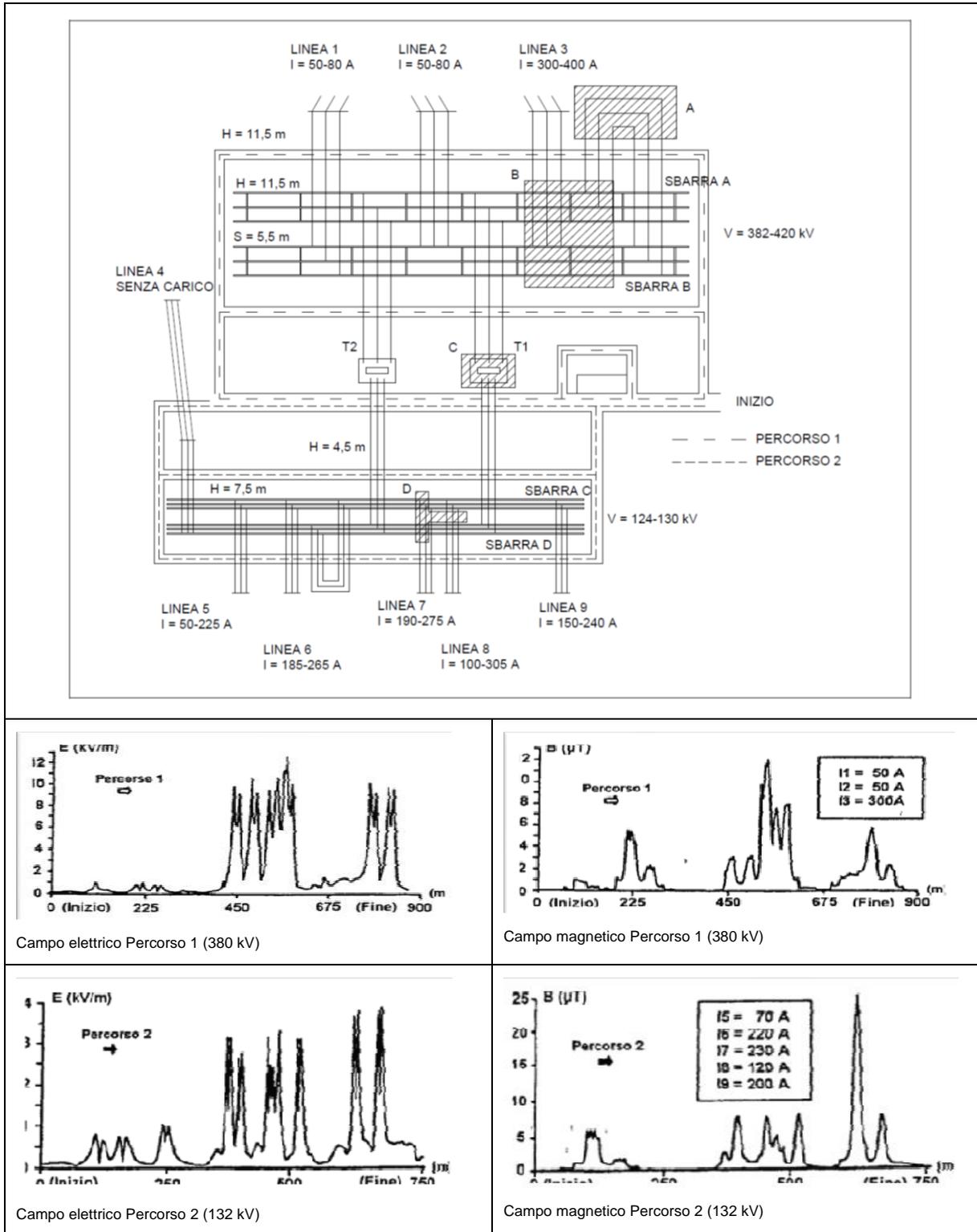


Figura 5.4: Misure campo elettrico e campo di induzione magnetica da rilievi sperimentali

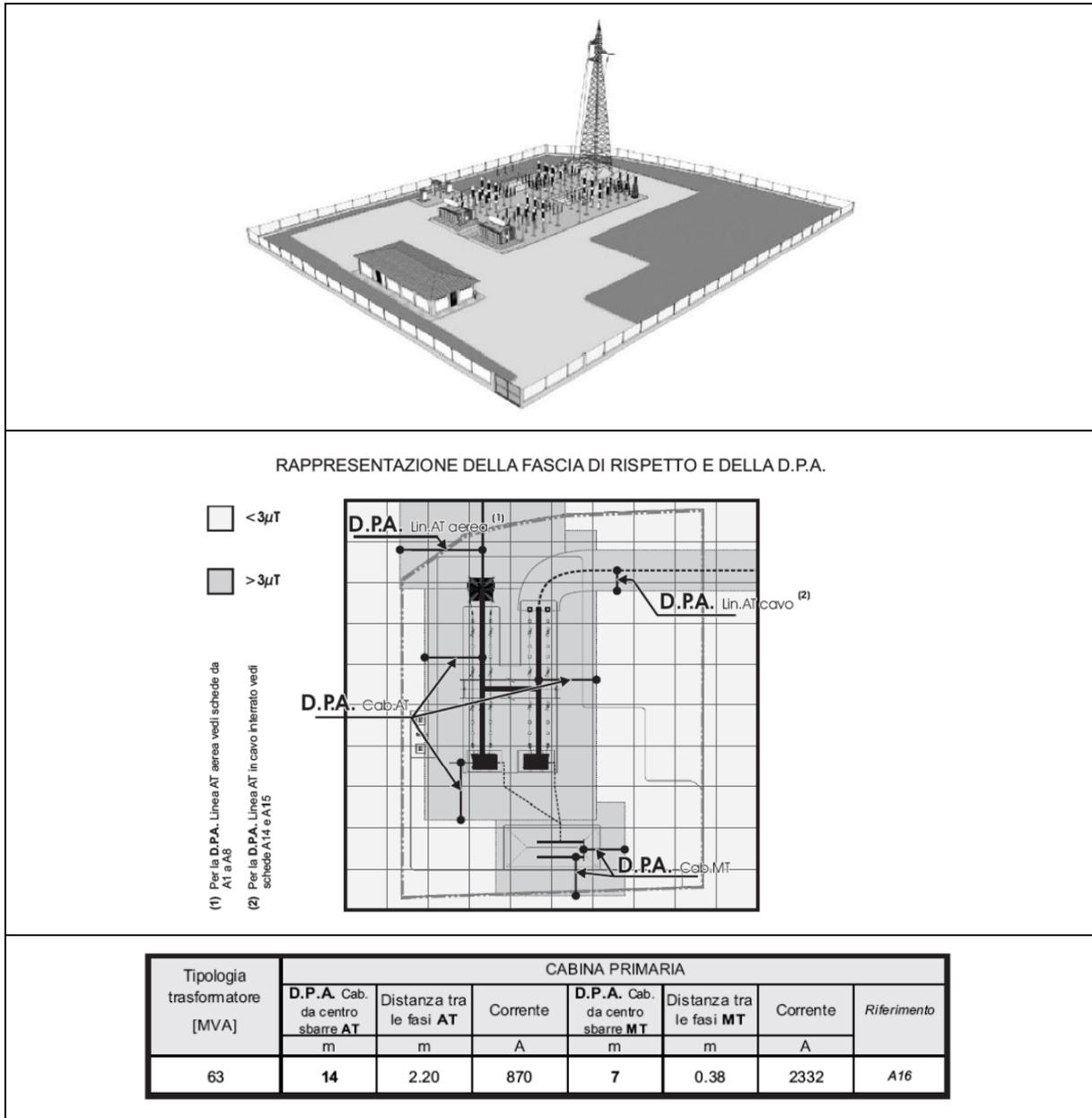


Figura 5.5: Tipico DPA Cabine Primarie e-distribuzione



5.2 CAMPO ELETTRICO

Le tensioni che caratterizzano la Centrale fotovoltaica in esame sono dell'ordine di:

- **qualche centinaio di Volt DC** relativamente a:
 - parco fotovoltaico (moduli, stringhe, cablaggi e quadro parallelo stringhe)
 - sistema di accumulo (batterie, cablaggi ed armadi)
- **36 kV AC a 50 Hz** relativamente a:
 - power station contenenti inverter e trasformatori dell'impianto fotovoltaico,
 - power station contenenti inverter e trasformatori dell'impianto di accumulo,
 - quadri per la connessione in entra-esce delle power station,
 - dorsali di interne all'impianto fotovoltaico e di accumulo,
 - stazione utente,
 - cavidotto di connessione con SE RTN “Casanova”
 - edificio quadri a 36 kV e bobine di Petersen della nuova sezione a 36 in SE RTN “Casanova”;
- **150 kV AC a 50 Hz** relativamente a:
 - primario dei trasformatori 132/36 kV della nuova sezione a 36 kV in SE RTN “Casanova”
 - stalli AT di trasformazione della nuova sezione a 36 kV in SE RTN “Casanova”.

Il campo elettrico prodotto da un apparato elettrico o elettronico dipende dal livello di tensione e dalla configurazione geometrica. I campi elettrici a bassa frequenza sono influenzati dalla presenza di oggetti, anche se scarsamente conduttori, come alberi, pareti, abiti, o la stessa pelle. Gli effetti sul corpo umano dei campi elettrici a bassa frequenza sono per questi motivi del tutto trascurabili nelle sezioni BT ed AT a 36 kV.

Anche relativamente alla sezione di impianto a 150 kV 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 nelle diverse condizioni di esercizio e si è verificato che il valore del campo elettrico scende al di sotto della soglia dei 5 kV/m a pochi metri di distanza dal conduttore. A livello del suolo i valori di campo elettrico risultano sempre inferiori ai limiti di legge.

Le emissioni di campo elettrico sono quindi non significative.



6 CONCLUSIONI

Gli impianti oggetto della presente relazione sono esclusivamente associabili alla presenza di radiazioni di tipo non ionizzante costituite dal campo elettrico e dal campo magnetico a 50 Hz. I limiti di riferimento per l'esposizione della popolazione a questi campi sono fissati dal D.P.C.M. 8 luglio 2008.

Il campo elettrico presenta valori sempre inferiori al limite di legge di 5 kV/m se non in prossimità dei conduttori AT dove ovviamente non è possibile la presenza di persone.

Il campo di induzione magnetica generato non rappresenta un fattore di rischio per la salute umana, in quanto è esclusa, all'interno delle fasce DPA identificate con il presente documento, la presenza di “recettori sensibili” ossia di ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di 4 ore al giorno. Non solo, a maggior tutela della popolazione, grazie alle soluzioni progettuali adottate, tutti gli impianti sono recintati o realizzati all'interno di aree agricole non abitate o al di sotto di sedi di viabilità stradale, ragion per cui non è presumibile in nessun modo la permanenza di persone per periodi di tempo significativi anche inferiori alle 4 ore.

In considerazione dei valori di campo elettrico e magnetico calcolati non si evidenziano fattori di rischio per i lavoratori, la cui presenza all'interno degli impianti è prevista per altro solo in occasione di manutenzione e controlli o per le periodiche attività di coltivazione dei terreni e quindi saltuariamente e per periodi di tempo limitati.

In conclusione, il progetto non evidenzia problematiche di compatibilità elettromagnetica e rispetta tutte i limiti e le prescrizioni di legge applicabili per la tutela della popolazione e dei lavoratori.



RENERGETICA
BETTER ENERGY - BETTER WORLD

Renergetica S.p.A.

Salita di Santa Caterina 2/1
16123 – Genova
ITALY

Ph. +39 010 6422384
Mail: info@renergetica.com
Pec: renergetica@legalmail.it

C.F. e P.IVA 01825990995
Cap. Soc. € 1.105.829,73 i.v
www.renergetica.com