REGIONE PUGLIA

PROVINCIA DI FOGGIA

COMUNE DI FOGGIA

COMUNE DI SAN SEVERO

Proponente	SAGITTA SRL
Progettista:	GreenGo Partnered by: rea reliable energy advisors

Progettazione	**Ing. Fabio Domenico Amico** Via Milazzo, 17 40121 Bologna f.amico@greengo.net	Studio ambientale e paesaggistico	**Arch. Antonio Demaio** Via N. delli Carri, 48 - 71121 Foggia (FG) Tel. 0881.756251 | Fax 1784412324 Email: sit.vega@gmail.com VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY & URBAN PLANNING Via delli Carri, 48 - 71121 Foggia - Tel. 0881.756251 - Fax 1784412324 mail: info@studiovega.org - website: www.studiovega.org
Studio incidenza ambientale Flora fauna ed ecosistema	**Dott. Forestale Luigi Lupo** Corso Roma, 110 - 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it	Studio idraulico	**Ing. Antonella Laura Giordano** Viale degli Aviatori, 73/F14 - 71122 Foggia (Fg) Tel. 0881.331935 E-Mail: lauragioradano.ing@gmail.com
Studio agronomico	**Dott. Agronomo Giuseppe Caputo** Via Mazzini, 350 - 71010 Carpino (FG) E-Mail: Giuseppecpt92@gmail.com	Studio geologico	**Studio di Geologia Tecnica & Ambientale Dott.sa Geol. Giovanna Amedei** Via Pietro Nenni, 4 - 71012 Rodi Garganico (Fg) Tel./Fax 0884.965793 | Cell. 347.6262259 E-Mail: giovannaamedei@tiscali.it
Studio archeologico	**Dott. Antonio Bruscella** Piazza Alcide De Gasperi, 27 - 85100 Potenza (Pz) Tel. 340.5809582 E-Mail: antoniobruscella@hotmail.it		

Opera	Progetto di realizzazione di un impianto agrovoltaico e opere connesse nel comune di San Severo e Foggia (FG), denominato Antonacci
Oggetto	Folder: 5N95BX7_DocumentazioneSpecialistica.zip
	Identificativo file elaborato (pdf): 5N95BX7_DocumentazioneSpecialistica_08
	Codice elaborato interno - Titolo elaborato: NTNPD0R05-00 - RelazioneElettromagnetismo

Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
00	22/07/2022	Emissione per progetto definitivo	Ing. Filippo Virdis	Ing. Giovanna La Piana	Ing. Fabio Domenico Amico

Sommario

1. Introduzione 2
2. Norme e leggi di riferimento 2
3. Descrizione dell'impianto 6
4. Cenni teorici sul modello utilizzato 7
5. Analisi dell'impatto elettromagnetico dell'impianto 8

5.1 Moduli fotovoltaici 8

6. Fasce di rispetto 17
7. Conclusioni 20

1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato ha in oggetto la relazione di studio di impatto elettromagnetico relativo all'impianto agro fotovoltaico ed opere connesse, proposto dalla società Sagitta Srl, nel comune di San Severo e Foggia (FG). Tale impianto è provvisto di inseguitori mono assiali e moduli bifacciali, con potenza di immissione sulla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) pari a 46 MW (potenza di picco pari a 48,004 MWp).

L'impianto fotovoltaico sarà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale in virtù dell'STMG proposta da Terna (Codice Pratica 201901049), nella titolarità della società proponente. Lo schema di allacciamento prevede il collegamento alla RTN tramite la realizzazione di una sottostazione di trasformazione 30/150 kV collegata in antenna a 150 kV con l'allargamento della sottostazione elettrica (SE) di Foggia a 380/150 kV della RTN benestariata da Terna.

Lo studio in oggetto ha l'obiettivo di valutare il campo elettrico e magnetico generati dalla messa in opera del parco in esame, nei riguardi della popolazione, e definire una "fascia di rispetto". Quest'ultima, secondo il DM 29/05/2008, è lo spazio circostante un elettrodotto, 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. All'interno di tali aree non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore. Per la verifica della sicurezza dei lavoratori presenti nelle aree interessate sarà verificato il rispetto dei limiti di esposizione al fine di evitare l'insorgenza di effetti acuti o cronici.
Al calcolo della fascia di rispetto segue la verifica dell'assenza di ricettori sensibili secondo quanto riportato al DM sopra citato.

2. NORME E LEGGI DI RIFERIMENTO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radio base, ponti radio). In particolare, con l'approvazione della Legge 22 febbraio 2001, n.36 "Legge quadro sulla protezione delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", il legislatore ha previso la determinazione di tre decreti attuativi per la determinazione di:

- Limiti esposizioni a campi elettromagnetici a 50 Hz per la popolazione

- Limiti delle esposizioni a campi da 100 kHz a 3 GHz per la popolazione
- Limiti per i lavoratori

Da qui, sono stati definiti sia i limiti massimi di intensità di campo da nono superare in alcun caso, ovvero i *limiti di esposizione*, così come i *valori di attenzione* e *obiettivi di qualità*, di cui si riporta una definizione

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti, ovvero inteso come valore efficace istantaneo.
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 di lungo periodo. Questo valore è inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore.
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 di lungo periodo. Questo valore fa riferimento ai nuovi impianti ed è inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore.

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.8.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- *I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);*
- *I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);*
- *Le fasce di rispetto per gli elettrodotti in AT.*

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in seguito, confrontati con la normativa europea.

Normativa	**Limiti previsti**	**Induzione magnetica B (μT)**	**Intensità del campo elettrico E (V/m)**
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Race. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

Il valore di attenzione di 10 μT si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3 μT si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Oltre alle norme legislative esistono dei rapporti informativi dell'Istituto superiore della sanità (ISTISAN 95/29 ed ISTISAN 96/28) che approfondiscono la problematica e mirano alla determinazione del principio cautelativo. Questi rapporti definiscono la cosiddetta Soglia di Attenzione Epidemiologia (SAE) per l'induzione magnetica, che è posta pari a 0.2 μT (microTesla): un valore limite, cautelativo, al di sotto del quale è dimostrata la non insorgenza di patologie.

In merito alla tutela della salute dei lavoratori che opereranno sull'impianto si fa riferimento al D.Lgs. n. 159 del 1° agosto 2016 "Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE" il quale apporta modifiche al già esistente D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
In particolare, nel suddetto D.Lgs. 159/2016 vengono indicati, nelle tabelle B1 e B2, i valori di azione (VA) per esposizione rispettivamente ai campi elettrici e ai campi magnetici.

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

Tabella B1: VA per i campi elettrici ambientali

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

Tabella B2: VA per i campi magnetici ambientali

Nel caso degli impianti a frequenza industriale (50 Hz), i valori da rispettare sono dunque per il campo elettrico:

- $5 \times 10^5 / 50 = 1\,000$ V/m

E per il campo magnetico:

- $1 \times 10^3 = 1\,000$ μT

I valori di azione (VA), consentono una valutazione semplificata delle conformità ai pertinenti VLE (valori limite di esposizione). In particolare, il rispetto dei VA garantisce il rispetto dei pertinenti VLE, mentre il superamento dei VA medesimi corrisponde all'obbligo di adottare le pertinenti misure di prevenzione e protezione di cui all'articolo 210.

Infine, in questa sede, si richiamano le principali Norme CEI:

- *CEI 211-7 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana";*
- *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".*

In particolare, per quanto riguarda il calcolo dell'induzione magnetica e la determinazione delle fasce si è tenuto conto delle indicazioni tecniche previste nel decreto del 29 maggio 2008 e nelle Norme CEI 106-11 e CEI 106-12 nelle quali viene ripreso il modello di calcolo normalizzato della Norma CEI 211-4 e vengono proposte, in aggiunta, delle formule analitiche approssimate che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data di stanza dal centro geometrico della linea elettrica.

3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Nell'esercizio degli impianti fotovoltaici, i campi elettromagnetici si manifestano a 50 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz).

Le componenti dell'impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettromagnetico sono:

- Moduli fotovoltaici;
- Gli inverter;
- Trasformatori BT/MT;
- I cavidotti per il trasporto dell'energia elettrica;

- La sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT.

4. CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO

Ogni apparecchiatura che produce o che viene attraversata da una corrente elettrica (dinamo, cavi elettrici, elettrodomestici, etc.) è caratterizzata da un *campo elettromagnetico*. Il campo elettromagnetico presente in un dato punto dello spazio è definito da due vettori: il *campo elettrico* e l'*induzione magnetica*.

Il primo è prodotto dalle cariche elettriche e la sua intensità viene misurata in Volt al metro (V/m). I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in Ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in Tesla (T), milliTesla (mT) o microTesla (μT). L'intensità di entrambi i campi è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Tuttavia, mentre la maggior parte dei materiali di uso comune riesce a schermare il campo elettrico, il campo magnetico li attraversa facilmente.

La diffusione del campo elettromagnetico nello spazio avviene nello stesso modo in tutte le direzioni allor quando non esista la presenza di ostacoli che, a seconda della loro natura, inducono sul campo elettromagnetico riflessioni, rifrazioni, diffusioni, assorbimento, ecc. Inoltre, la diffusione del campo elettromagnetico può essere alterata anche dalla presenza di un altro campo elettromagnetico.

In generale le correlazioni tra campo elettrico e campo magnetico sono assai complesse, dipendono dalle caratteristiche della sorgente, dal mezzo di propagazione, dalla presenza di ostacoli nella propagazione, dalle caratteristiche del suolo e dalle frequenze in gioco.

Nel presente documento verranno esaminate le apparecchiature e le infrastrutture necessarie alla realizzazione del progetto proposto, con particolare riguardo alla generazione di campi elettromagnetici a bassa frequenza.

Campo elettrico

Come suggerito precedentemente, la natura stessa del cavo interrato fa sì che il campo elettrico da esso generato risulti pressoché nullo in ogni punto circostante all'impianto.

Campo magnetico

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- Distanza dalle sorgenti (conduttori);
- Intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- Disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- Presenza di sorgenti compensatrici;
- Suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

I valori di campo magnetico risultano notevolmente abbattuti mediante interramento degli elettrodotti. Questi, posti a circa 1 m di profondità e generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei. L'intensità del campo magnetico, però, rispetto alle linee aeree, si riduce molto più rapidamente con la distanza. Confrontando quindi il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si rileva che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata.

5. ANALISI DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO

5.1 MODULI FOTOVOLTAICI

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

5.2 INVERTER

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

5.3 CAVIDOTTI

Si fa presente che nella scelta della soluzione tecnica per il collegamento sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre, la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo nelle immediate prossimità dei cavi.
Si fa presente inoltre che, per i calcoli effettuati, sono state considerate le correnti a potenza nominali, ovvero massime circolanti sull'elettrodotto in esame. Vista la natura della sorgente primaria di energia, questa potenza non verrà erogata dall'impianto continuativamente.

La norma CEI 106-12 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT" definisce la formula da utilizzare nel caso di cavidotto trifase percorso da corrente quando i conduttori siano disposti in piano (verticale o orizzontale) oppure a triangolo.
In particolare, sarà:

Terna trifase di conduttori in piano	*Terna trifase di conduttori a triangolo*
$B = 0.2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I \cdot S}{D^2}$	$B = 0.1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{I \cdot S}{D^2}$
Dove: *B = induzione magnetica [μT]* *I = corrente che percorre i conduttori [A]* *S = distanza tra le fasi [m]* *D = distanza tra la terna di conduttori e il punto in cui si vuole calcolare il valore di induzione magnetica [m]*	

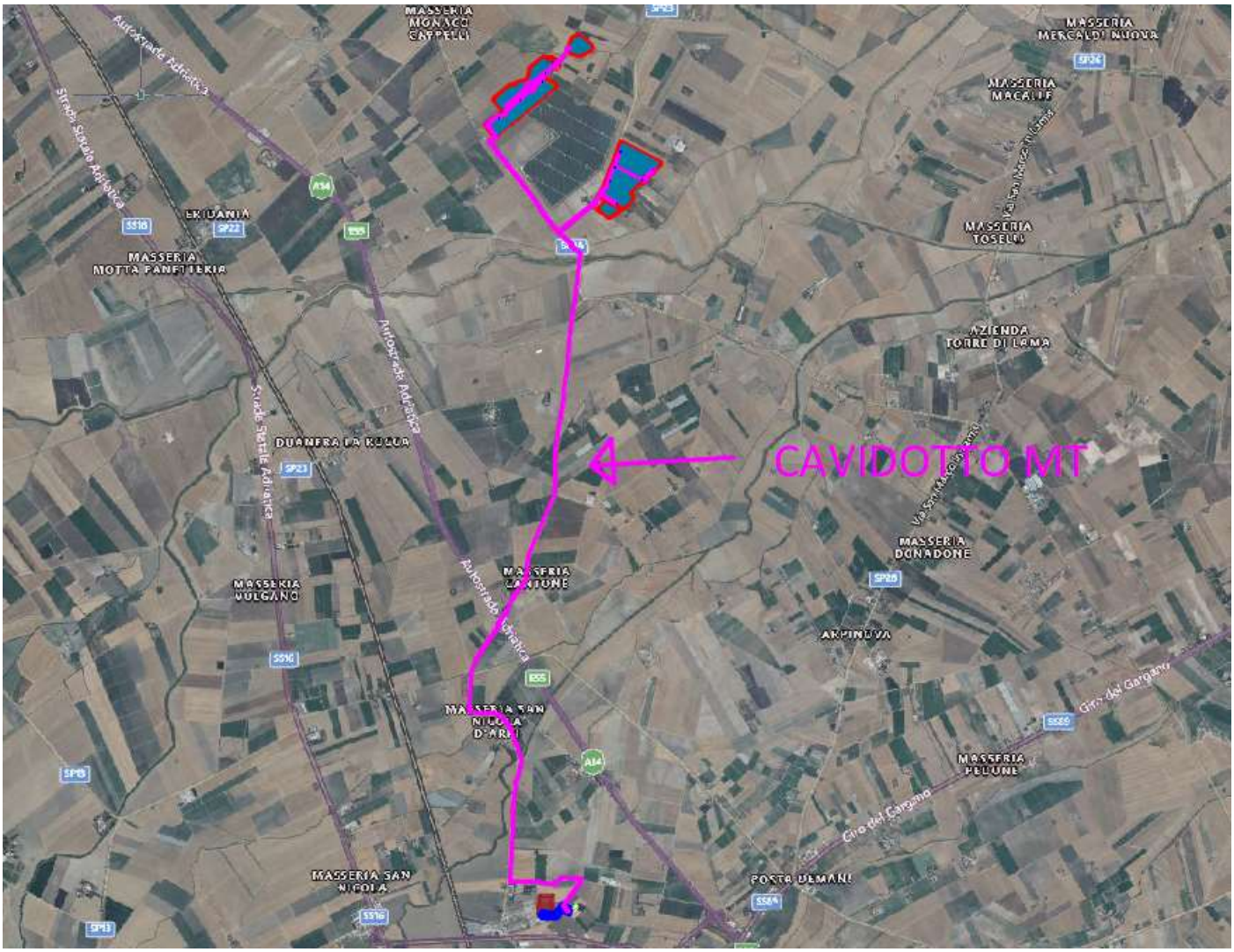


Figura 1 - Layout di impianto su base ortofoto

In base alle scelte progettuali e al layout impiantistico, vengono identificati tre sottocampi di simile potenza nominale, ai quali fanno capo tre terne MT utili al trasporto dell'energia prodotta dall'intero impianto sino alla Sottostazione Utente, per una lunghezza di circa 13 km. Per tale lunghezza, le tre terne condivideranno il medesimo percorso e scavo.
In base alle scelte progettuali, si è ipotizzato per tutte le linee una sezione pari a 500 mm^2.

La scelta di operare con linee interrate, come detto, permette di eliminare l'effetto dovuto al campo elettrico, soprattutto in virtù dell'effetto schermante del terreno.

Attraverso il software Magic v1.8.4.0 (MAGnetic Induction Calculation) della BEShielding, è stato possibile eseguire la simulazione relativa all'impatto elettromagnetico nel percorso in cui le terne condividono il medesimo scavo, ovvero nelle condizioni più gravose, a potenza nominale.

Si riporta di seguito la mappa 2D dell'induzione magnetica su un piano (Figura 3) ipotizzando la posizione delle terne disposte a triangolo e ad una inter-distanza pari al loro diametro, collocate come in figura seguente (Figura 2).

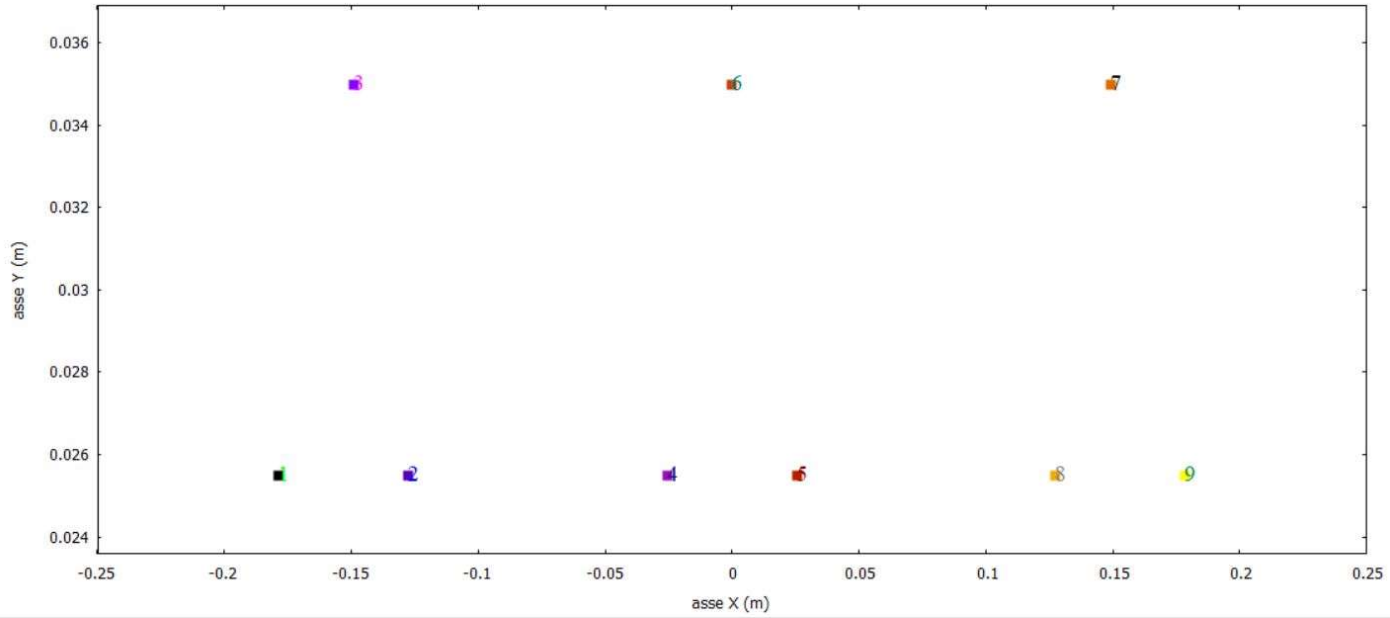


Figura 2 - Disposizione terne su mappa 2D.

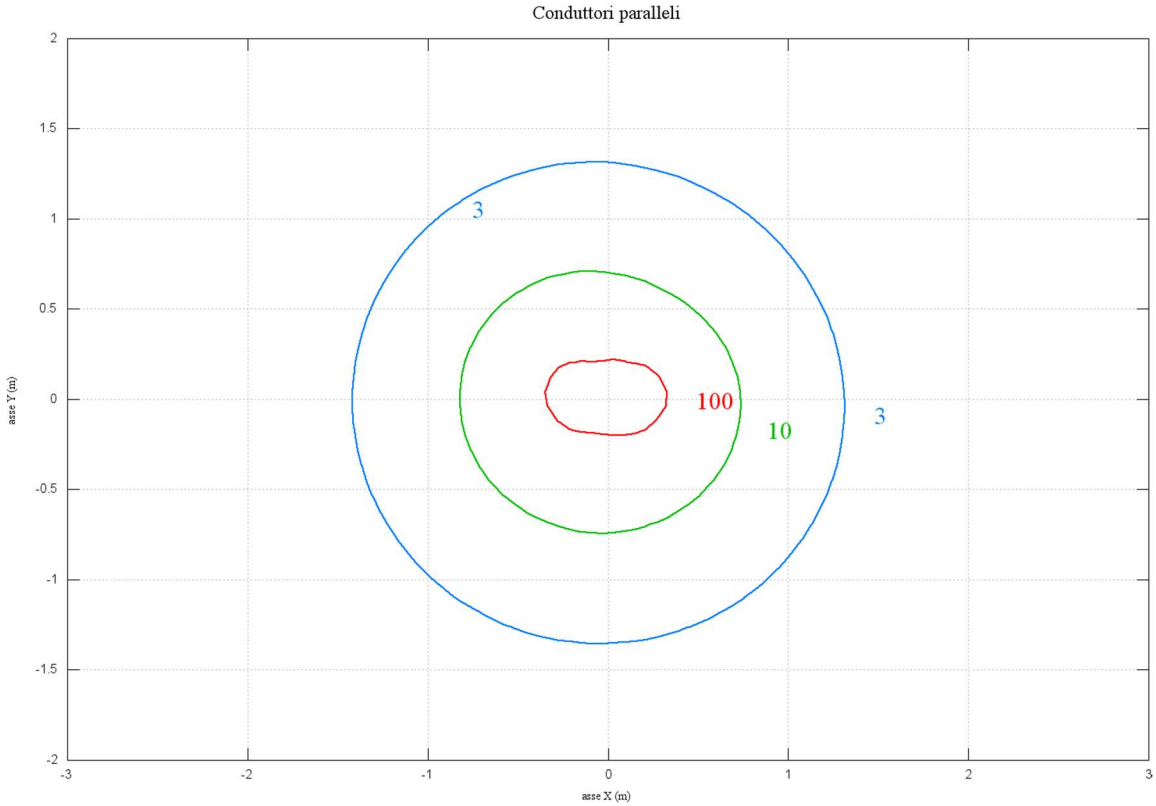


Figura 3 - Induzione magnetica su piano 2D. Curve isolivello. Conduttori disposti nell'intorno del punto 0,0

Considerando la Come è possibile constatare dalle immagini sopra, quindi, il valore di induzione magnetica al suolo, ovvero ad 1.2 m dall'asse del cavidotto, risulta inferiore a 10 μT, valore indicato nel DPCM 08/07/2003 come limite di attenzione previsto per le aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Inoltre, il valore di induzione magnetica a 10 cm dal suolo risulta rispettare anche il valore obiettivo di qualità di 3 μT.

Infine, come è possibile constatare dall'inquadramento ortofoto proposto in precedenza (Figura 1), si sottolinea che la posa dei cavidotti è prevista in luoghi non adibiti a permanenze prolungate della popolazione e tanto meno negli ambienti particolarmente protetti, quali scuole, aree di gioco per l'infanzia etc, correndo per la gran parte del loro percorso lungo la rete viaria secondaria o ai margini delle strade di impianto. Si sottolinea quindi come quest'ultimo si trovi a distanza sempre maggiore di 1 m da qualsiasi elemento sensibile ad ora individuato.

Per tutti i cavidotti MT sono dunque rispettati anche i valori di azione indicati nel D.Lgs. 159/2016, pari a 1 00 μT per il campo magnetico.

La Distanza di Prima Approssimazione per i cavidotti MT nel caso più sfavorevole, risulta essere quindi pari a 0,1 m.

5.4 TRASFORMATORI BT/MT

Il valore dell'induzione magnetica B decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore. Per distanze comprese tra 1 e 10m, nei trasformatori in resina l'induzione magnetica può essere calcolata attraverso la seguente formula (sviluppo tridimensionale del campo):

$$B = 0.72 * u_{cc} * \frac{\sqrt{S_r}}{d^{2.8}}$$

dove:

u_{cc}: tensione di corto circuito [%], pari a 4 fino a 400 kVA, 6 oltre;

S_r: potenza apparente nominale del trasformatore [kVA];

d: distanza dal trasformatore [m].

Otteniamo quindi i valori di induzione magnetica riportati nella seguente tabella, al variare della distanza dal trasformatore, considerando il trasformatore con potenza massima dell'impianto, pari a 4200 kVA:

Distanza (m)	1	5	10
B (μT)	287	3,2	0,45

A titolo di esempio, di seguito (Figura 5) si riporta l'andamento dell'induzione magnetica su un piano di un trasformatore MT/BT isolato in resina da 4000 kVA a pieno carico, su un piano ad altezza

di 1.5 m, ottenuto mediante software Magic v 1.8.4.0 (MAGnetic Induction Calculation) della BEShielding. Il trafo è posizionato nello spazio come in Figura 4.

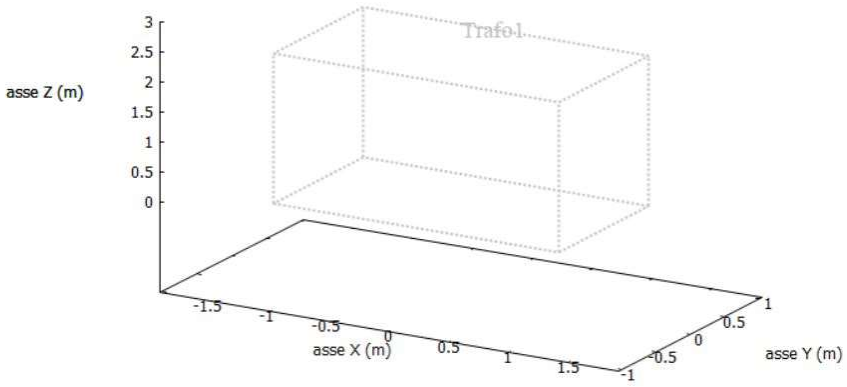


Figura 4 - Posizione nello spazio tridimensionale del trafo MT/BT studiato

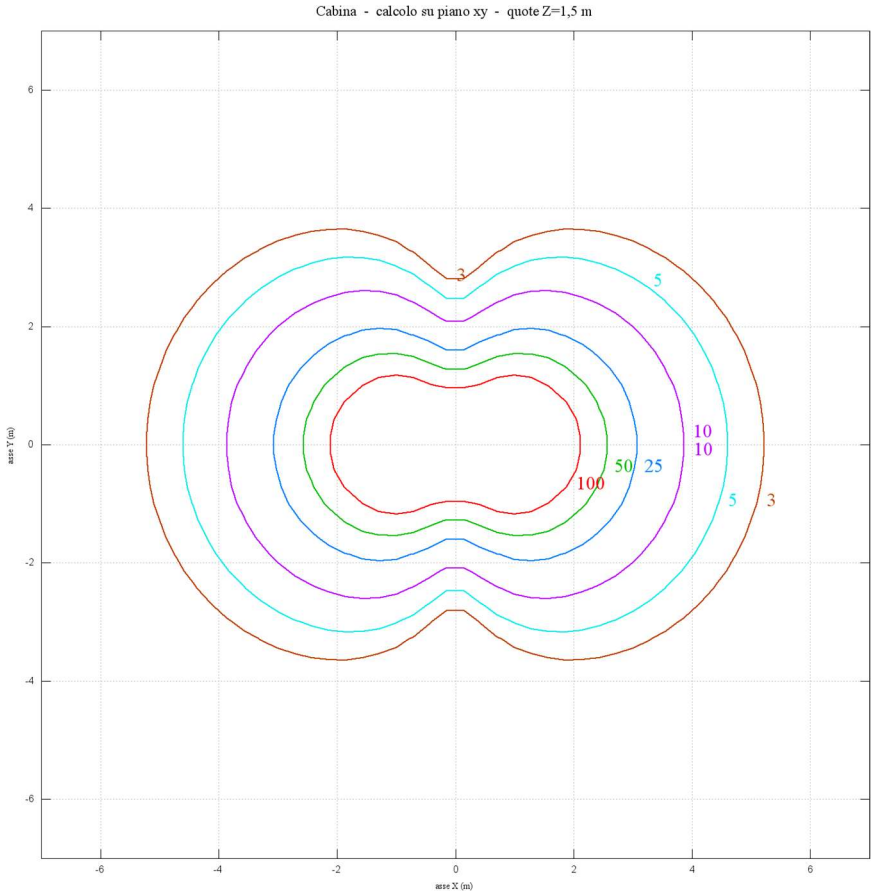


Figura 5 - Andamento del campo di induzione magnetica del trasformatore MT/BT (4000 kVA) preso in esempio.

Si può osservare, analizzando i valori precedenti, che una distanza di poco più di 5 m dal trasformatore è sufficiente per raggiungere un valore di induzione magnetica che garantisce il rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μT. Si ricorda che tale limite si applica per la realizzazione di nuove cabine in prossimità di linee ed installazioni elettriche esistenti, di aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 h al giorno.
In definitiva, poiché le cabine si configurano tutte all'interno della recinzione d'impianto non accessibile a persone non autorizzate e poiché l'area all'esterno della cabina in cui l'obiettivo di qualità non è raggiunto risulta esigua si può escludere pericolo per la salute pubblica.

5.5 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA MT/AT

In generale, i contributi maggiori al campo elettromagnetico intorno ad una sottostazione derivano dalle linee di potenza entranti ed uscenti dalla sottostazione stessa. L'entità del campo elettromagnetico dovuto ai trasformatori diminuisce rapidamente con la distanza; oltre la recinzione della sottostazione i campi elettromagnetici prodotti dagli equipaggiamenti dentro la sottostazione sono tipicamente indistinguibili dai livelli del fondo ambientale.
L'ARPA di Rimini ha effettuato nel 1994 delle misure in alcune cabine primarie (v. Inquinamento Elettromagnetico, P. Bevitori et al. - Maggioli Editore, 1997 - pagg. 188-190). Il campo elettrico misurato lungo il perimetro di recinzione di cabine primarie è risultato sempre inferiore a 5 V/m; si ricorda che i limiti di legge per il campo elettrico sono di 5000 V/m per lunghe esposizioni e di 10000 V/m per brevi esposizioni. Il livello di induzione magnetica è sempre risultato minore di 0.2 μT, valore che soddisfa anche la SAE.

Nella seguente tabella sono riportati, invece, i valori del campo elettrico e del campo magnetico rilevato a seguito di misurazioni effettuate dall'ASL su campi funzionanti.

Luogo di misura	**Valore di intensità di campo elettrico (V/m)**	**Valore di intensità di induzione magnetica (10^{-6} T)**
Porta ingresso sottostazione	350	0,7
Interno alla sottostazione	179	4,2
Vicino ad una linea alta tensione a 150 kV	435	0,3

La misura è stata effettuata vicino la porta di ingresso della sottostazione, all'interno della sottostazione e vicino ad una linea alta tensione a 150 kV
Si nota come tutti i valori sono molto al di sotto della soglia di attenzione mentre solo il valore misurato all'interno della sottostazione è superiore a 3 μT, obiettivo di qualità nel DPCM 08/07/2003, mentre tutte le altre misure soddisfano anche tale valore.
In tutta la sottostazione sono dunque rispettati anche i valori di azione indicati nel D.Lgs. 159/2016, pari a 1.000 V/m per il campo elettrico e 10 μT per il campo magnetico.

6. FASCE DI RISPETTO

Per "fasce di rispetto" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT, sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti. L'Enel ha unificato sul territorio nazionale le fasce di rispetto in caso di opere elettriche esercite in alta tensione dopo prolungate misure presso i propri impianti.

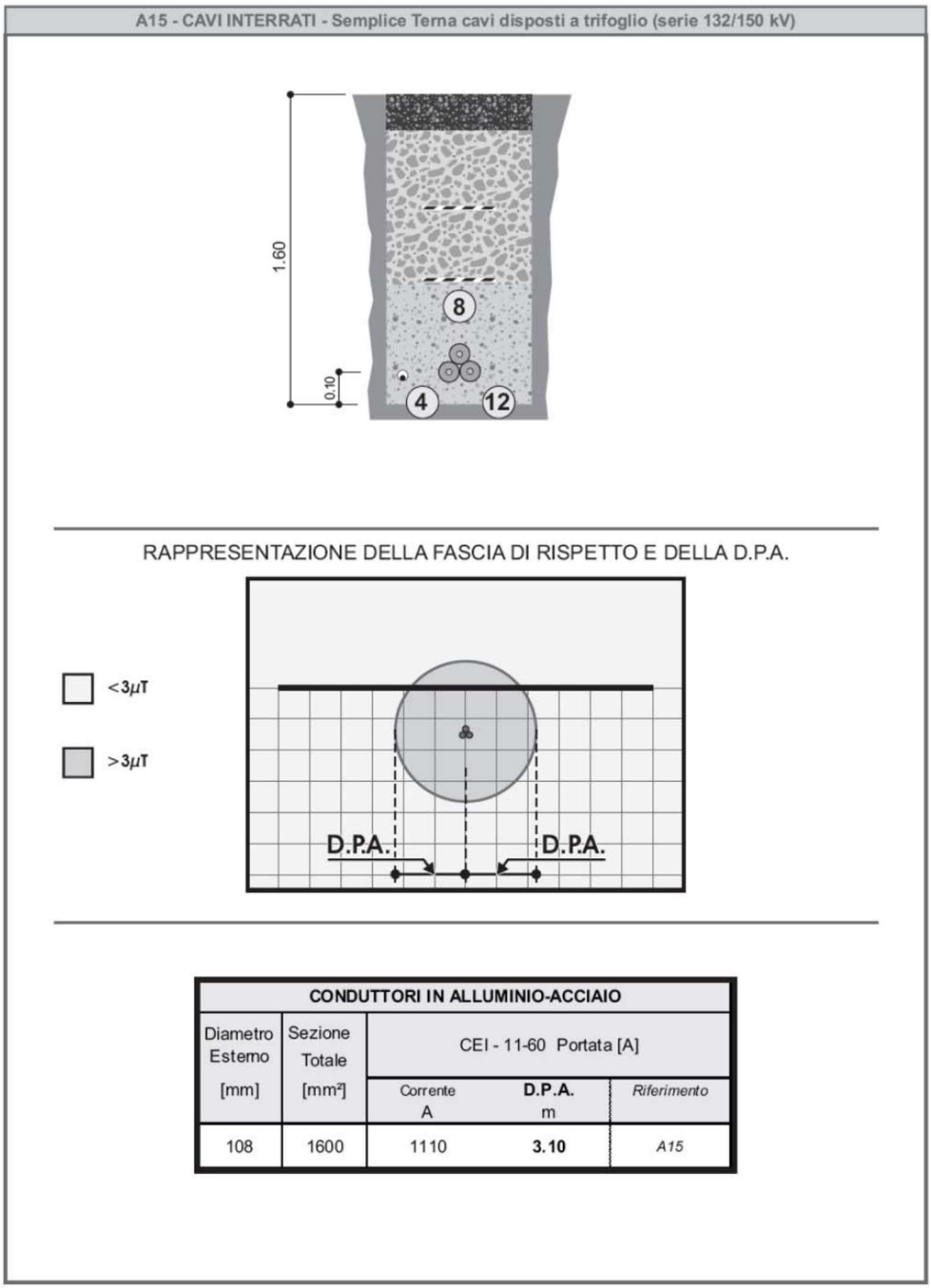
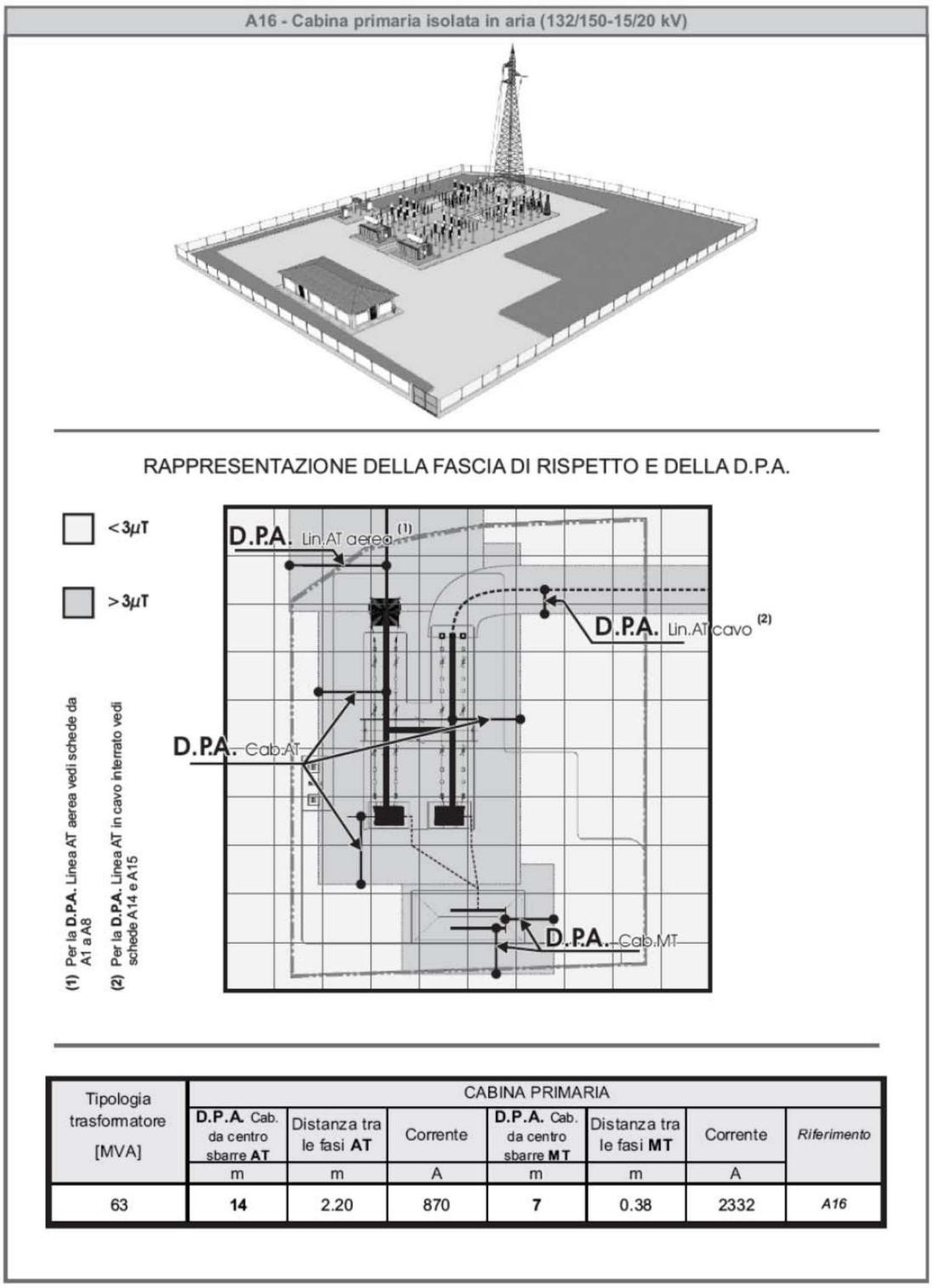


Fig. 2 - Fascia di rispetto cavi interrati 150kV. Fonte: ENEL



Tipologia trasformatore [MVA]	CABINA PRIMARIA						
	D.P.A. Cab. da centro sbarre **AT**	Distanza tra le fasi **AT**	Corrente	D.P.A. Cab. da centro sbarre **MT**	Distanza tra le fasi **MT**	Corrente	*Riferimento*
	m	m	A	m	m	A	
63	**14**	2.20	870	**7**	0.38	2332	*A16*

Fig. 3 - Fascia di rispetto cabina primaria 150kV. Fonte: ENEL

7. CONCLUSIONI

La determinazione delle Distanza di Prima Approssimazione è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 e quindi riportando per ogni opera elettrica il valore relativo. Da quanto riportato nei precedenti paragrafi, nonché nei calcoli sopra eseguiti, risulta evidente che i campi generati sono tali da rientrare nei limiti di legge. Dalla verifica di tutta la linea elettrica interrata e in prossimità della Sottostazione Elettrica utente 30/150 kV non esistono recettori sensibili all'interno delle fasce di rispetto come sopra definite.

In particolare, non si ravvisano pericoli per la salute dei lavoratori eventualmente presenti nelle aree interessate in quanto le zone che rientrano nel limite di attenzione ma non nell'obiettivo di qualità non richiedono la presenza umana per più di 4 h giornaliere, rientrando quindi nei limiti di legge. Si fa inoltre presente che, in fase di costruzione dell'impianto le linee saranno fuori tensione, pertanto i lavoratori non saranno esposti a nessun campo elettromagnetico; nelle fasi di collaudo e manutenzione ordinaria e/o straordinaria invece, come precedentemente descritto, per tutte le componenti dell'impianto vengono rispettati i valori di azione (e pertanto i valori limite di esposizione) indicati nel D.Lgs. 159/2016.

Non si ritiene pertanto necessario adottare misure di salvaguardia particolari in quanto il parco agrovoltaico in oggetto si trova in zona agricola e sia i moduli che le opere connesse (linee elettriche interrate e stazioni elettriche isolate in aria) sono state posizionate in modo da limitare l'impatto elettromagnetico.

Si sottolinea, peraltro, che tutte le componenti dell'impianto e le opere connesse sono state posizionate in luoghi che non sono adibiti a permanenze prolungate della popolazione e tanto meno negli ambienti particolarmente protetti, quali scuole, aree di gioco per l'infanzia, ecc.

Dai risultati della simulazione si evince che i valori elevati di campo magnetico sono confinati all'interno della stazione elettrica ed in prossimità delle stessa decresce rapidamente. Si ricorda inoltre che tali opere sono posizionate a distanza di centinaia di metri da abitazioni e quindi a distanze considerevoli dal punto di vista elettromagnetico. Si evidenzia inoltre che sia il limite di attenzione di 10 μT che l'obiettivo di qualità di di 3 μT sono valori intesi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio; ciò significa che i valori precedentemente calcolati in base ai valori nominali sono di gran lunga superiori e cautelativi rispetto a quelli effettivi, in quanto gli impianti eolici lavorano alla loro potenza nominale solo per brevi periodi della giornata mentre nelle restanti ore lavorano a potenza ridotta o addirittura nulla.

Pertanto, si può concludere che per il parco agrovoltaico e le infrastrutture di rete elettrica in esame non si ravvisano pericoli per la salute pubblica per quanto riguarda i campi elettromagnetici.