



REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA DI TARANTO  
COMUNE DI CASTELLANETA



PROGETTO IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DA REALIZZARE NEL COMUNE DI  
CASTELLANETA, CONTRADA BORGO PINETO, E RELATIVE OPERE DI  
CONNESSIONE DA REALIZZARE NEL COMUNE DI GINOSA DI POTENZA PARI  
A 33.279,48 kWp DENOMINATO "CASTELLANETA"

PROGETTO DEFINITIVO

Calcolo delle fasce di rispetto e Dpa



livello prog.	codice pratica	N. Elaborato	DATA	SCALA
PD			21.06.2023	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE E PRODUTTORE

Gamma Orione S.r.l.

ENTE

PROGETTAZIONE

**HORIZONFIRM**

Viale Francesco Scaduto n.2/D - 90144 Palermo (PA)

Arch. A. Calandrino      Ing. D. Siracusa  
Arch. M. Gullo            Ing. A. Costantino  
Arch. S. Martorana      Ing. C. Chiaruzzi  
Arch. F. G. Mazzola      Ing. G. Schillaci  
Arch. G. Vella            Ing. G. Buffa

Il Progettista

Il Progettista



# **Relazione tecnica campi elettromagnetici**

## **Sommario**

1 Premessa .....	1
2 Riferimenti Normativi .....	4
3 Descrizione generale dell'impianto .....	5
4 Valutazione previsionale dei campi elettromagnetici .....	9
4.2 Cabine elettriche trasformazione MT/BT .....	9
4.2.1 Procedura di calcolo adottata .....	10
4.2.2 Individuazione delle sorgenti di emissione e calcolo della DPA.....	12
4.3 Linee elettriche di media tensione interne al campo.....	19
4.4 Dorsale a di media tensione di collegamento Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT .....	20
4.5 Sottostazione Elettrica di Utenza .....	21
5 Conclusioni .....	22

# 1 Premessa

La presente relazione tecnica è parte integrante del *Progetto Definitivo* di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile attraverso tecnologia fotovoltaica, che la Società “***Gamma Orione S.r.l.***” intende realizzare nel territorio comunale di Castellaneta, sul foglio di mappa n. 123 particelle n° 19, 21, 22, 25, 1742, 1743, 1744, 1745, 1746, 1747, 2049 e annesse opere di connessione nel territorio comunale di Ginosa su lotto di terreno distinto al N.C.T. Foglio n. 119 particella n° 219.

L'impianto oggetto di progettazione, ha una potenza di picco<sup>1</sup> pari a **33.279,48 kWp** e sarà integrato da un sistema di accumulo elettrico di tipo elettrochimico in configurazione AC-Coupling da **38 MW/76 MWh**.

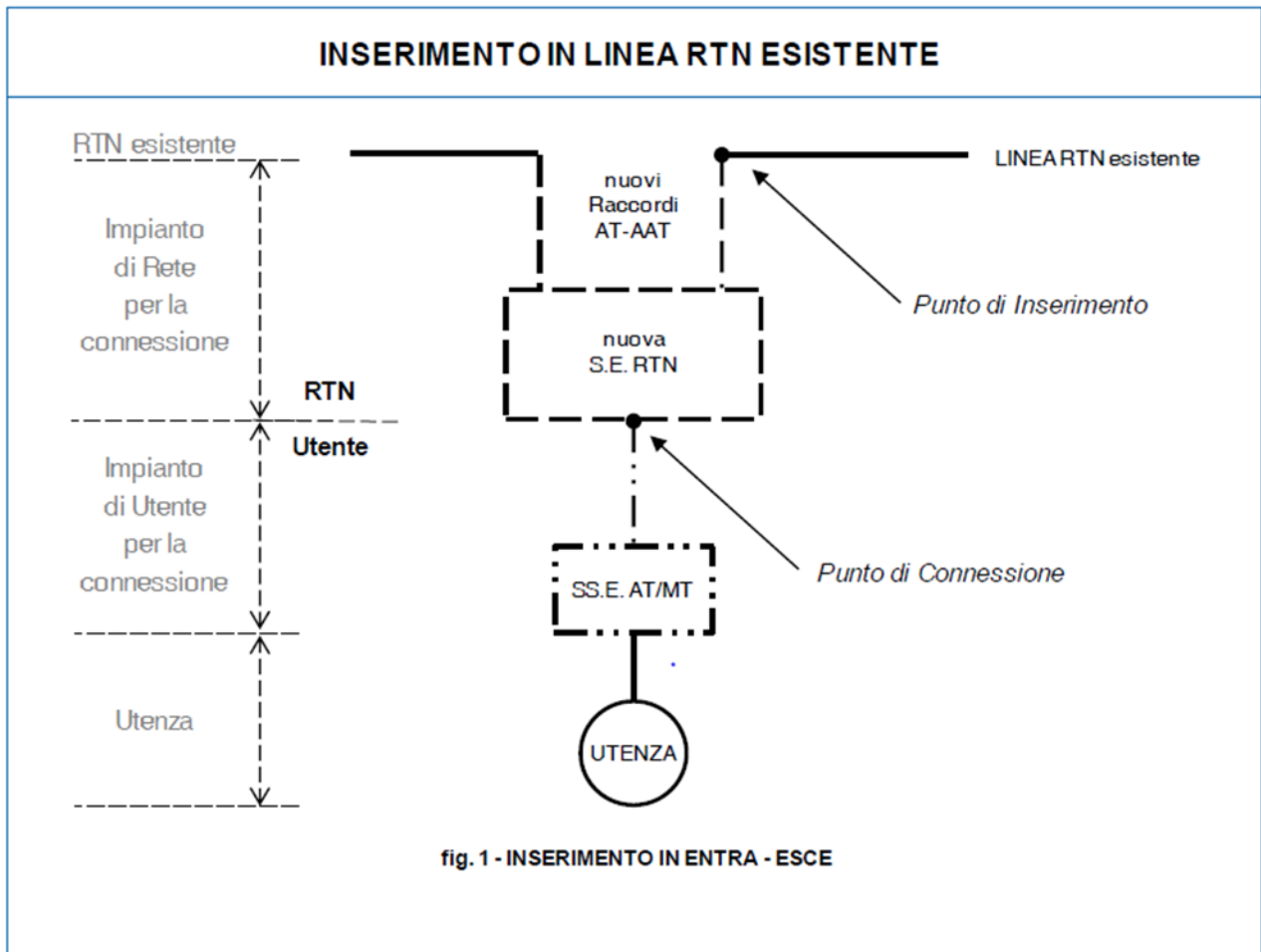
Lo schema di connessione alla Rete, prescritto dal Gestore della Rete Elettrica di Trasmissione con preventivo di connessione del 14/05/2020 e identificato con Codice Pratica 202000142 Prot. Terna P20200028959, prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN da collegare in entra-esce alle linee a 150 kV della RTN “Pisticci-Taranto N2” e “Ginosa-Matera”, previa realizzazione del potenziamento/rifacimento della linea a 150 kV della RTN “Ginosa Marina – Matera”, nel tratto compreso tra la nuova SE e la SE RTN a 380/150 kV di Matera.

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo collegamento a 150 kV costituisce ***Impianto di Utenza per la Connessione***, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce ***Impianto di Rete per la Connessione***. La restante parte di impianto, a valle dell'impianto di utenza per la connessione, si configura, ai sensi della Norma CEI 0-16, come ***Impianto di Utenza***.

Per una maggiore comprensione di quanto descritto, viene riportato lo schema tipico di inserimento in antenna riportato nel Codice di Rete Terna:

---

<sup>1</sup> Per potenza di picco del Campo Fotovoltaico si intende, ai sensi della Norma CEI 0-16, la somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici installati valutate in condizioni STC



**Figura 1: Schema tipico di inserimento in antenna di un impianto di produzione su Nuova Stazione Elettrica RTN da collegare in entra-esce su linea RTN esistente**

La presente relazione, è stata redatta al fine di valutare i campi elettromagnetici generati durante l'esercizio dalle apparecchiature e infrastrutture costituenti l'impianto di Utenza, ai fini della valutazione dell'esposizione umana.

Considerando che il Sistema Elettrico Nazionale è elettrificato in corrente alternata a 50 Hz, i campi elettrici e magnetici generati durante l'esercizio rientrano nella banda ELF (30 – 300 Hz, bassa frequenza) e quindi regolati dal D.P.C.M. 8 luglio 2008 per la determinazione delle fasce di rispetto.

In particolare, ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete generati da linee e cabine elettriche, il D.P.C.M. sopra citato fissa, in conformità alla Legge 36/2001:

- i **limiti di esposizione** del campo elettrico (**5 kV/m**) e del campo magnetico (**100  $\mu$ T**) per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il **valore di attenzione** (**10  $\mu$ T**) e l'obiettivo di qualità (**3  $\mu$ T**) del campo magnetico, da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da

possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

*Il valore di attenzione* si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti, mentre l'obiettivo di qualità si riferisce alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003, in attuazione della Legge 36/01 (articolo 4 comma 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008. Detta fascia, comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

*Al fine di agevolare/semplificare l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio di linee e cabine elettriche, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto, prevede una procedura semplificata di valutazione, con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA)<sup>2</sup>, la quale permette, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dall'esposizione ai campi magnetici.*

**Nella presente relazione tecnica, ai fini di una agevole verifica del rispetto dell'obiettivo di qualità di cui al D.P.C.M. 8 luglio 2003, vengono comunicati i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto per tutti gli elettrodotti di nuova costruzione del progetto in valutazione, intesi come linee elettriche in alta e media tensione, sottostazioni e cabine di trasformazione (definizione di cui alla Legge n. 36/2001) incluse le relative portate in corrente in servizio normale. Alla presente, vengono allegati altresì la corografia dettagliata di insieme, con planimetria catastale e ortofoto per tutti i nuovi elettrodotti e quelli già esistenti e pertinenti al progetto in esame, con indicazione grafica della relativa fascia di rispetto. Sulla stessa corografia, verrà fornita evidenza grafica della non interferenza degli elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori alle quattro ore.**

---

<sup>2</sup> Per le linee elettriche 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 della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le Cabine Secondarie è la distanza, in pianta sul livello suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

## 2 Riferimenti Normativi

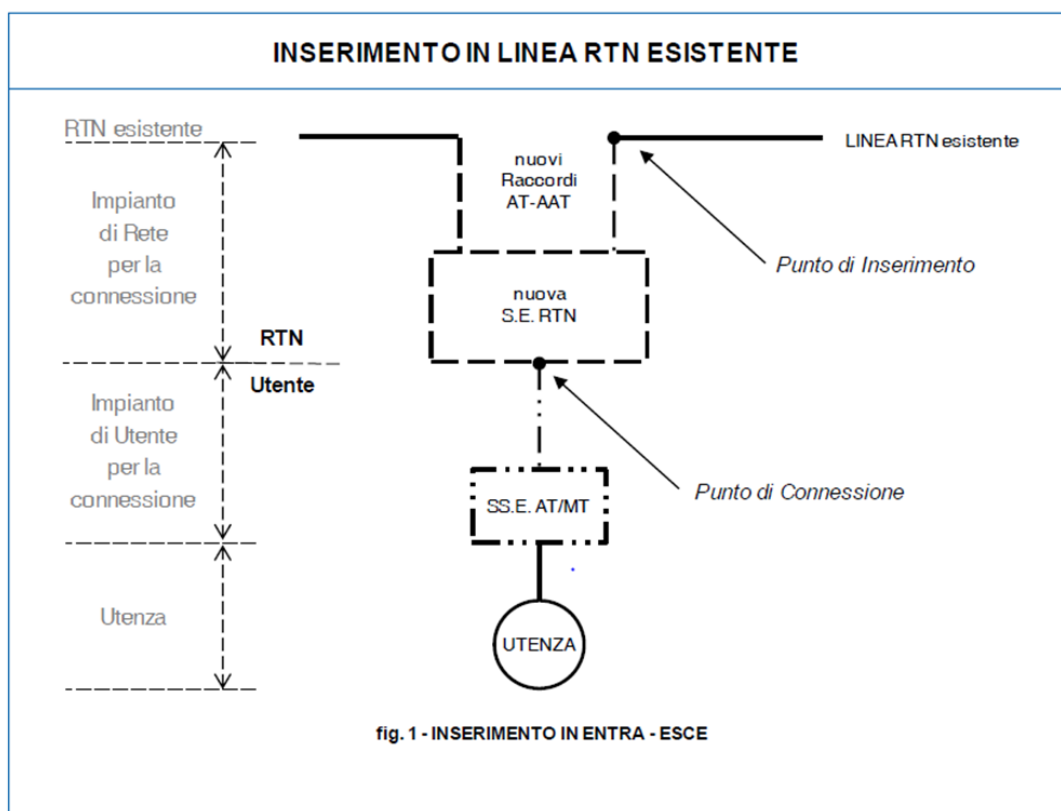
I principali riferimenti normativi da presi in considerazione per la progettazione, la costruzione e l'esercizio dell'intervento oggetto del presente documento, sono di seguito elencati:

- Norma CEI 106-11 (Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art.6));
- D.P.C.M. del 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”;
- Legge n.36 del 22 febbraio 2001;
- Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449;
- Guida e-Distribuzione Distanza di prima approssimazione da linee e cabine elettriche;
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- DM 29.05.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

### 3 Descrizione generale dell'impianto

L'impianto di produzione di energia elettrica oggetto dell'iniziativa intrapresa dalla Società "**Gamma Orione S.r.l**", ha una potenza di picco, intesa come somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici scelti in fase di progettazione definitiva, pari a **33.279,48 kWp** e, conformemente a quanto prescritto dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale, verrà collegato in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN da inserire in entra-esce alle linee a 150 kV della RTN "Pisticci-Taranto N2" e "Ginosa-Matera", previa realizzazione del potenziamento/rifacimento della linea a 150 kV della RTN "Ginosa Marina – Matera", nel tratto compreso tra la nuova SE e la SE RTN a 380/150 kV di Matera.

Per una maggiore comprensione di quanto descritto, viene riportato lo schema tipico di inserimento in antenna con nuova stazione elettrica RTN, riportato nella Guida agli schemi di connessione del Codice di Rete Terna:



**Figura 2: Schema tipico di inserimento in antenna di un impianto di produzione su Nuova Stazione Elettrica RTN da collegare in entra-esce su linea RTN esistente**

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il



collegamento della centrale alla stazione elettrica della RTN, costituisce ***Impianto di Utenza per la Connessione***, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce ***Impianto di Rete per la Connessione***. La restante parte di impianto, a valle dell'impianto di utenza per la connessione, si configura, ai sensi della Norma CEI 0-16, come ***Impianto di Utenza***.

Il generatore fotovoltaico, è stato suddiviso in 10 sottocampi fotovoltaici le cui potenze sono quelle di seguito elencate:

- Sottocampo 1, da 3422,25 kWp;
- Sottocampo 2, da 3422,25 kWp;
- Sottocampo 3, da 3422,25 kWp;
- Sottocampo 4, da 3422,25 kWp;
- Sottocampo 5, da 3194,1 kWp;
- Sottocampo 6, da 3194,1 kWp;
- Sottocampo 7, da 3194,1 kWp;
- Sottocampo 8, da 3194,1 kWp;
- Sottocampo 9, da 3407,04 kWp;
- Sottocampo 10, da 3407,04 kWp;



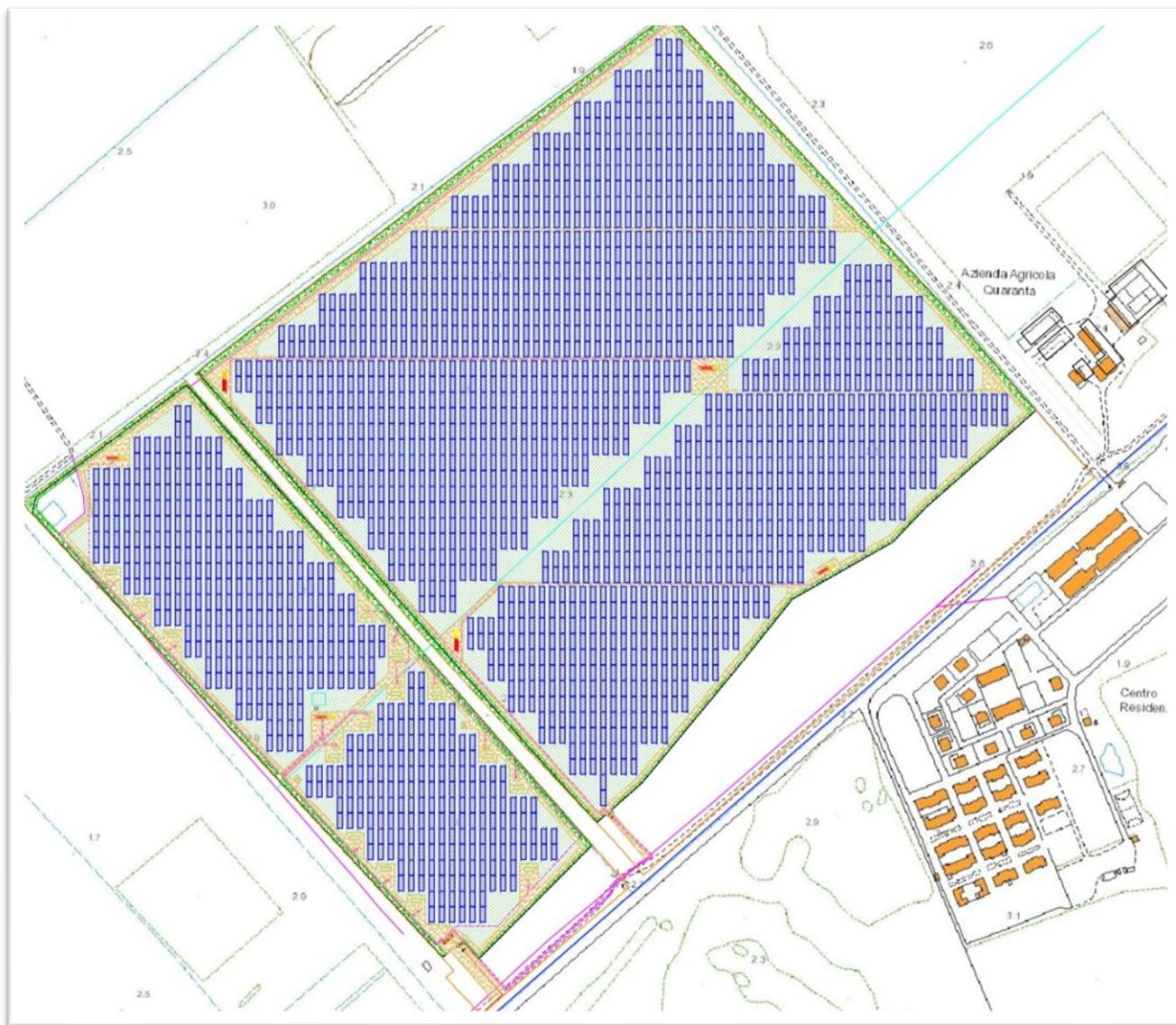
*Figura 3: sottocampi fotovoltaici*

Per ciascun sottocampo, si utilizzeranno 15 inverter multistringa della serie **HUAWEI SUN2000-215KTL-H0 da 200 kW** per una potenza complessiva di **30.000 kW**.

Gli inverter di uno stesso sottocampo verranno collegati ad un trasformatore elevatore BT/MT, attraverso il quale la tensione del generatore verrà elevata ad un livello ottimale per il vettoriamento dell'energia elettrica verso la Sottostazione Elettrica di Trasformazione MT/AT 30/150kV.

I trasformatori di campo, sono stati opportunamente dimensionati in funzione del numero di inverter sottesi, e verranno installati all'interno di appositi locali di dimensioni tali da consentire, oltre all'installazione dei quadri elettrici di media e bassa tensione, idonei corridoi di servizio e manutenzione.

Le cabine elettriche di trasformazione BT/MT, verranno interconnesse tra loro a mezzo di linee elettriche di media tensione in **cavo tripolare ad elica visibile ARE4H5EX 18/30 kV** per posa interrata e collegate al quadro elettrico generale di media tensione installato all'interno della cabina di raccolta:



**Figura 4: layout di impianto con indicazione del tracciato delle linee elettriche di media tensione**

Dalla cabina di raccolta partirà una linea elettrica di media tensione in **cavo tripolare ad elica visibile ARE4H5EX 18/30kV** in formazione  $2 \times [3 \times (1 \times 400)] \text{mm}^2$ , attraverso la quale l'energia prodotta dal campo verrà vettoriata verso la Sottostazione Elettrica di Utenza. Qui, a mezzo di un trasformatore MT/AT, verrà innalzato il livello di tensione al valore del punto di connessione alla RTN (150 kV). Il collegamento tra la Sottostazione Elettrica di Utenza e lo stallo arrivo produttore a 150 kV presso la futura SE di smistamento, verrà realizzato senza linea AT interposta (**inserimento in stazione adiacente**).



## **4 Valutazione previsionale dei campi elettromagnetici**

Lo scopo del presente elaborato è quello di stimare i campi elettromagnetici generati durante l'esercizio dalle varie apparecchiature elettriche facenti parte dell'Impianto di Utenza<sup>3</sup> ai fini della valutazione dell'esposizione umana, e dimostrare che i livelli di emissione non costituiranno rischi per la popolazione.

Gli elementi di impianto oggetto di valutazione, sono quelli di seguito elencati:

- Cabine di trasformazione MT/BT;
- Linee elettriche MT;
- Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT 30/150 kV;

I risultati ottenuti, vengono riportati nei successivi paragrafi.

### **4.2 Cabine elettriche trasformazione MT/BT**

Per ciascun sottocampo fotovoltaico, verrà realizzata una cabina elettrica di conversione e trasformazione dell'energia elettrica prodotta, all'interno della quale saranno installati i quadri elettrici di media e bassa tensione, i gruppi di conversione dell'energia elettrica e il trasformatore di potenza, la cui funzione è quella di innalzare la tensione del campo di generazione al valore del punto di inserimento in rete.

L'indagine del campo magnetico generato all'interno e nelle immediate vicinanze delle cabine elettriche di trasformazione esula dagli scopi della presente relazione, trattandosi di siti interclusi alla libera circolazione e nei quali il tempo di permanenza agli addetti ai lavori è tale da non costituire significativo rischio per la salute. Ciò nonostante, se ne riporta uno studio in condizioni di portata di corrente in servizio normale, intesa, ai sensi della Norma CEI 11-60, come la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento, in quanto, ai sensi dell'art. 6 del D.P.C.M. 8 luglio 2008, i proprietari devono comunicare non solo l'ampiezza delle fasce di rispetto ma anche i dati per il calcolo delle stesse ai fini delle verifiche delle Autorità Competenti.

---

<sup>3</sup> Ai sensi della Norma CEI 0-16 si definisce Impianto di Utenza l'impianto di produzione nella disponibilità dell'Utente.

### 4.2.1 Procedura di calcolo adottata

Dato che le cabine scelte non sono classificabili come standard (box con dimensioni mediamente di 4 x 2,4 m e altezze di 2,4 e 2,7 m, equipaggiati con trasformatore da 250-400-630 kVA), la procedura di calcolo prescritta dal DM 29/05/2008, in prima analisi, non può essere applicata.

Le sorgenti di campo presenti all'interno delle cabine sono di diverso tipo, alcune semplici da analizzare, altre di più difficile rappresentazione. Tuttavia, ai fini della valutazione delle emissioni generate durante l'esercizio dalle apparecchiature ivi contenute, sono state considerate alcune configurazioni elementari, in cui scomporre idealmente l'impianto, a mezzo delle quali è possibile definire i principali parametri elettrici e geometrici da cui dipende il campo magnetico generato da un impianto reale.

Le configurazioni elementari prese in considerazione sono le seguenti:

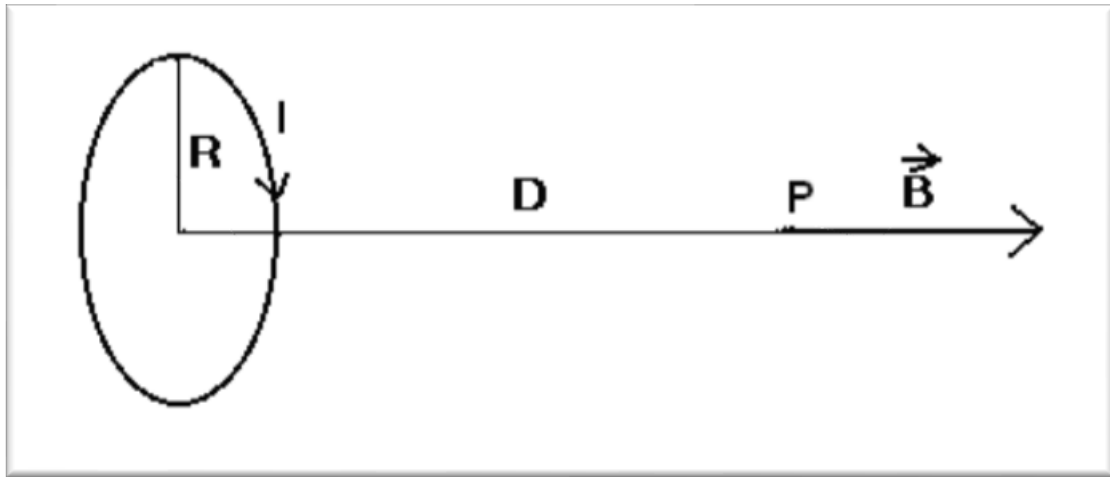
- la “*sorgente puntiforme*” cioè di piccole dimensioni rispetto alle distanze di interesse, schematizzata a mezzo di una spira circolare percorsa da corrente;
- la “*sorgente sistema di conduttori*” costituita da conduttori paralleli singoli, in coppia e in terna.

La sorgente puntiforme intende simulare apparecchiature o componenti di apparecchiature, mentre il sistema di conduttori in diverse configurazioni rappresenta i diversi tipi di percorsi di conduttori e cavi presenti nell'impianto.

#### 4.2.1.1 Sorgente puntiforme

Una sorgente di campo magnetico può essere considerata puntiforme quando le dimensioni del suo circuito elettrico sono piccole se paragonate alla distanza tra la sorgente e la regione di spazio in cui si considera il campo.

Una sorgente puntiforme può essere schematizzata con una spira di raggio  $R$  (m) percorsa da una corrente  $I$  (A):



*Figura 5: rappresentazione di una sorgente puntiforme di campo magnetico a mezzo di una spira circolare percorsa da corrente*

A frequenza industriale (50 Hz) ai fini del calcolo del campo magnetico generato dalla spira, si può ricorrere alla legge di Biot e Savart, la quale porta alla seguente formula analitica per l'induzione magnetica  $B$  (T) nel punto  $P$  alla distanza  $D$  (m) dal centro della spira lungo l'asse passante per tale centro e ortogonale al piano della spira:

$$B(\mu\text{T}) = \frac{\pi}{5} \cdot \frac{I \cdot R^2}{D^3}$$

*Figura 6: formula per il calcolo dell'induzione magnetica generata da una spira circolare percorsa da corrente in un punto  $P$  a distanza  $D$  dal centro della spira lungo l'asse passante per tale centro e ortogonale al piano della spira*

dove:

- $R$  è il raggio della spira (m);
- $I$  è la corrente che la percorre (A);
- $D$  è la distanza dal punto di esplorazione (m).

### 4.2.1.2 Sorgenti filiformi rettilinei

Le sorgenti filiformi rettilinei che si riscontrano in una cabina elettrica di trasformazione sono fondamentalmente sistemi trifase di conduttori percorsi da un sistema di correnti normalmente equilibrato. Per una linea trifase percorsa da un sistema di correnti equilibrato, l'intensità del campo magnetico ad una distanza D dal centro di tale sistema può essere calcolato con le formule approssimate di seguito riportate:

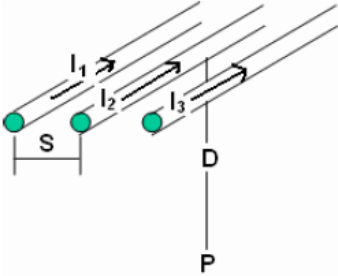
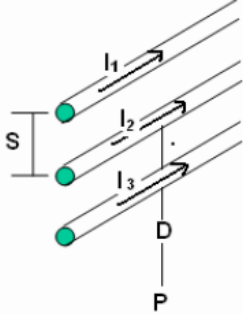
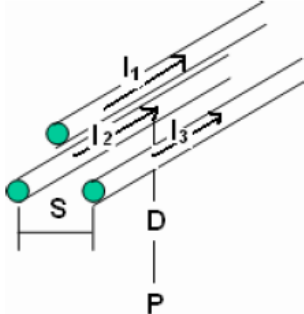
a) Terna trifase di conduttori in piano	b) Terna trifase di conduttori in verticale	c) Terna trifase di conduttori a triangolo
		
$B(\mu T) = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I S}{D D}$		$B(\mu T) = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{I S}{D D}$

Figura 7: formule approssimate per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta da un sistema trifase di conduttori rettilinei disposti tra loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti ( $I_1, I_2, I_3$ ) equilibrate e simmetriche

### 4.2.2 Individuazione delle sorgenti di emissione e calcolo della DPA

Ai fini del calcolo delle Distanze di Prima Approssimazione delle cabine elettriche trasformazione, sono state considerate le seguenti sorgenti di emissione:

- quadri elettrici di bassa tensione;
- trasformatore di potenza;
- quadro elettrico di media tensione;
- cavi elettrici di BT;

- cavi elettrici di media tensione.
- cavi elettrici a 36 kV.

Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, si possono distinguere le seguenti tipologie di cabine:

- **cabine elettriche di trasformazione di tipo 1**, equipaggiate con n° 2 trasformatori di potenza MT/BT da **4000 kVA**, un quadro elettrico di media tensione e n° 2 quadri elettrici di bassa tensione;
- **cabine elettriche di trasformazione di tipo 2**, equipaggiate con un trasformatore di potenza MT/BT da **4000 kVA**, un quadro elettrico di media tensione e un quadro elettrico di bassa tensione;
- **cabine servizi ausiliari di tipo 1**, equipaggiate con un trasformatore di potenza da **315 kVA**, un quadro elettrico di media tensione e un quadro elettrico di bassa tensione;
- **cabine servizi ausiliari di tipo 2**, equipaggiate con un trasformatore di potenza da **160 kVA**, un quadro elettrico di media tensione e un quadro elettrico di bassa tensione;
- **cabina elettrica di raccolta**, equipaggiata con un trasformatore di potenza da **50 kVA**, un quadro elettrico generale di media tensione e un quadro elettrico di bassa tensione;
- **cabine elettriche storage**, equipaggiate con un trasformatore di potenza da **2500 kVA**, N° 2 gruppi di conversione DC/AC, un quadro elettrico MT ed un quadro elettrico di bassa tensione.

Per la disposizione delle apparecchiature all'interno delle diverse tipologie di cabine, si rimanda alle tavole allegate.

**Cautelativamente, il calcolo della DPA è stato condotto con riferimento alle cabine elettriche di trasformazione di tipo 1, dato che esse risultano equipaggiate con n° 2 trasformatori di potenza da 4000 kVA. Per le altre tipologie di cabine previste da progetto, le DPA risulteranno sicuramente inferiori.**

Considerando che l'impianto verrà esercito in corrente alternata a frequenza industriale, ciascuna delle sorgenti di emissione verrà percorsa da un sistema trifase di corrente supposte equilibrate:

$$i_1(t) = I_{\max} \sin \omega t$$

$$i_2(t) = I_{\max} \sin (\omega t - 120^\circ)$$

$$i_3(t) = I_{\max} \sin (\omega t - 240^\circ)$$



dove i valori efficaci delle correnti considerate ai fini del calcolo sono quelli di seguito riportati:

$I_n$  quadri BT = 2166 A

$I_n$  avvolgimento BT trasformatori = 2891 A

$I_n$  quadro MT = 630 A

Per la valutazione del campo magnetico generato durante l'esercizio, i trasformatori di potenza e i quadri elettrici, sono stati schematizzati a mezzo di una "sorgente puntiforme", mentre i cavi elettrici di bassa tensione e media tensione sono stati assimilati a delle "sorgenti filiformi" (terna trifase di conduttori disposti in piano) e, per tenere conto della contemporanea presenza di più sorgenti, è stato applicato il "principio di sovrapposizione degli effetti".

Applicando il procedimento sopra descritto, è stata determinata la "Distanza di Prima Approssimazione" ovvero la distanza in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa, oltre la quale l'induzione magnetica assume valori inferiori all'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 pari a  $3\mu\text{T}$ :

**DPA = 19 m**

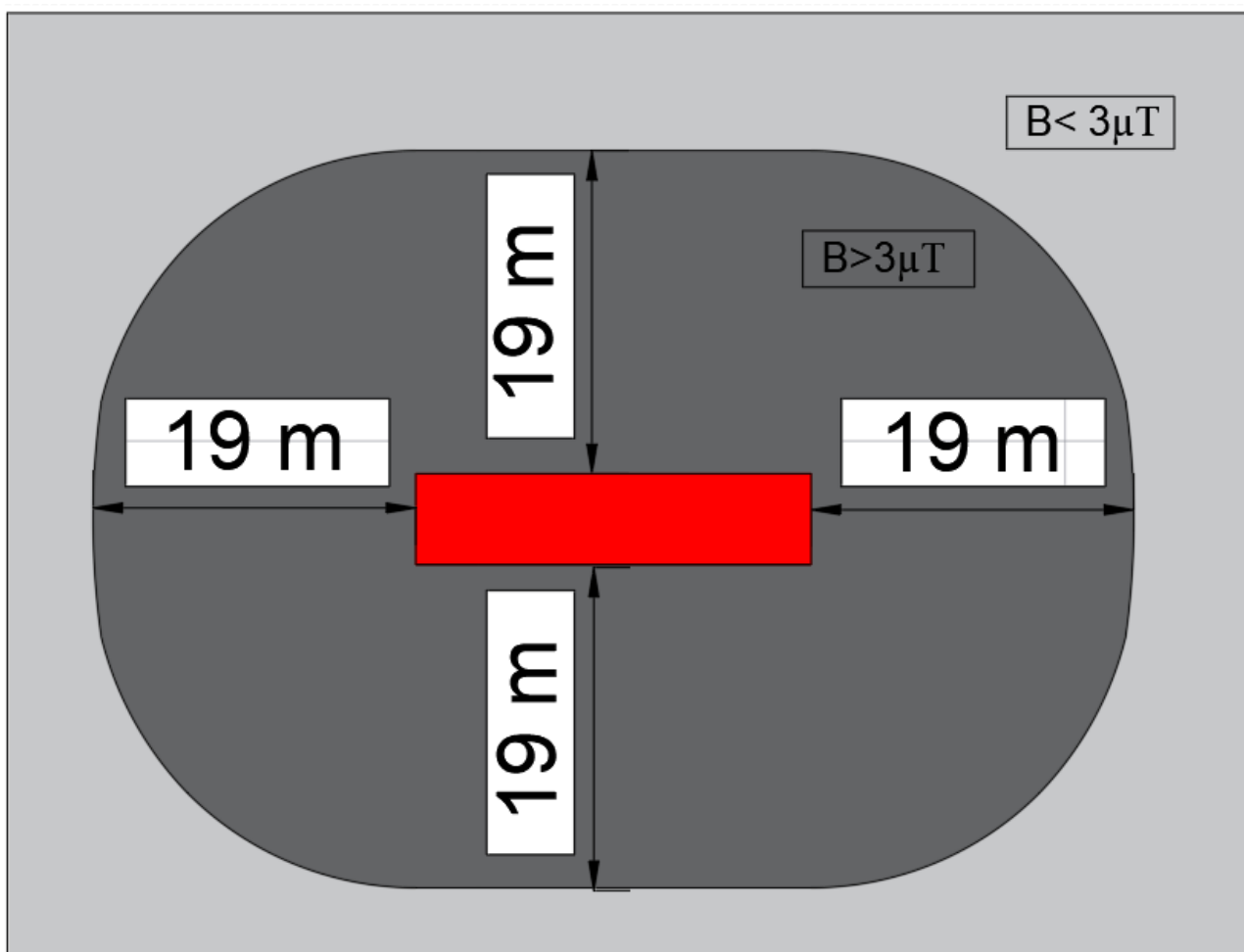


Figura 8: rappresentazione grafica della Dpa delle Cabine Elettriche di Trasformazione di tipo 1 – procedura di calcolo descritta dalla Norma CEI 211-4

#### 4.2.2.1 Calcolo della fascia di rispetto secondo il D.M. 29/05/2008

Nonostante le cabine elettriche di conversione e trasformazione scelte in fase di progettazione definitiva non siano classificabili come standard (box con dimensioni mediamente di 4 x 2,4 m e altezze di 2,4 e 2,7 m equipaggiati con trasformatore da 250-400-630 kVA), poiché la disposizione delle apparecchiature ivi contenute è analoga a quella delle Cabine Elettriche di Distribuzione di proprietà di e-distribuzione, è stata determinata la Distanza di Prima Approssimazione applicando la procedura di calcolo definita dal Decreto Ministeriale 29 maggio 2008. Attualmente infatti il calcolo della DPA per le cabine fuori standard rimane un problema aperto<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Fonte ARPAT “Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana” – Nuova edificazione in prossimità di un elettrodotto esistente – Guida pratica per le informazioni sulle fasce di rispetto per gli elettrodotti.

La struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali), è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso.

Sotto queste ipotesi, l'espressione che consente di determinare la DPA è quella di seguito riportata:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 X^{0,5241} \quad (1)$$

dove:

- DPA è la distanza di prima approssimazione [m];
- I è la corrente nominale dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore [A];
- X è il diametro dei cavi BT in uscita dal trasformatore [m].

Le cabine elettriche di trasformazione di tipo 1, risultano equipaggiate con n° 2 trasformatori di potenza da 4000 kVA, i quali hanno un rapporto di trasformazione nominale pari a 30 kV/0,8kV. Conseguentemente, le correnti nominali degli avvolgimenti di bassa tensione da prendere in considerazione ai fini del calcolo della Dpa secondo la procedura prevista dal DM 19 maggio 2008, valgono:

$$I_{BT\ 1} = 2891\ A$$

$$I_{BT\ 2} = 2891\ A$$

Considerando che ciascuna fase BT sarà costituita da **12 cavi unipolari da 240 mm<sup>2</sup> in parallelo**, utilizzando la tabella sotto riportata, è stato determinato il diametro equivalente del cavo da prendere in considerazione ai fini dell'applicazione della (1) per il calcolo della *Distanza di Prima Approssimazione*:

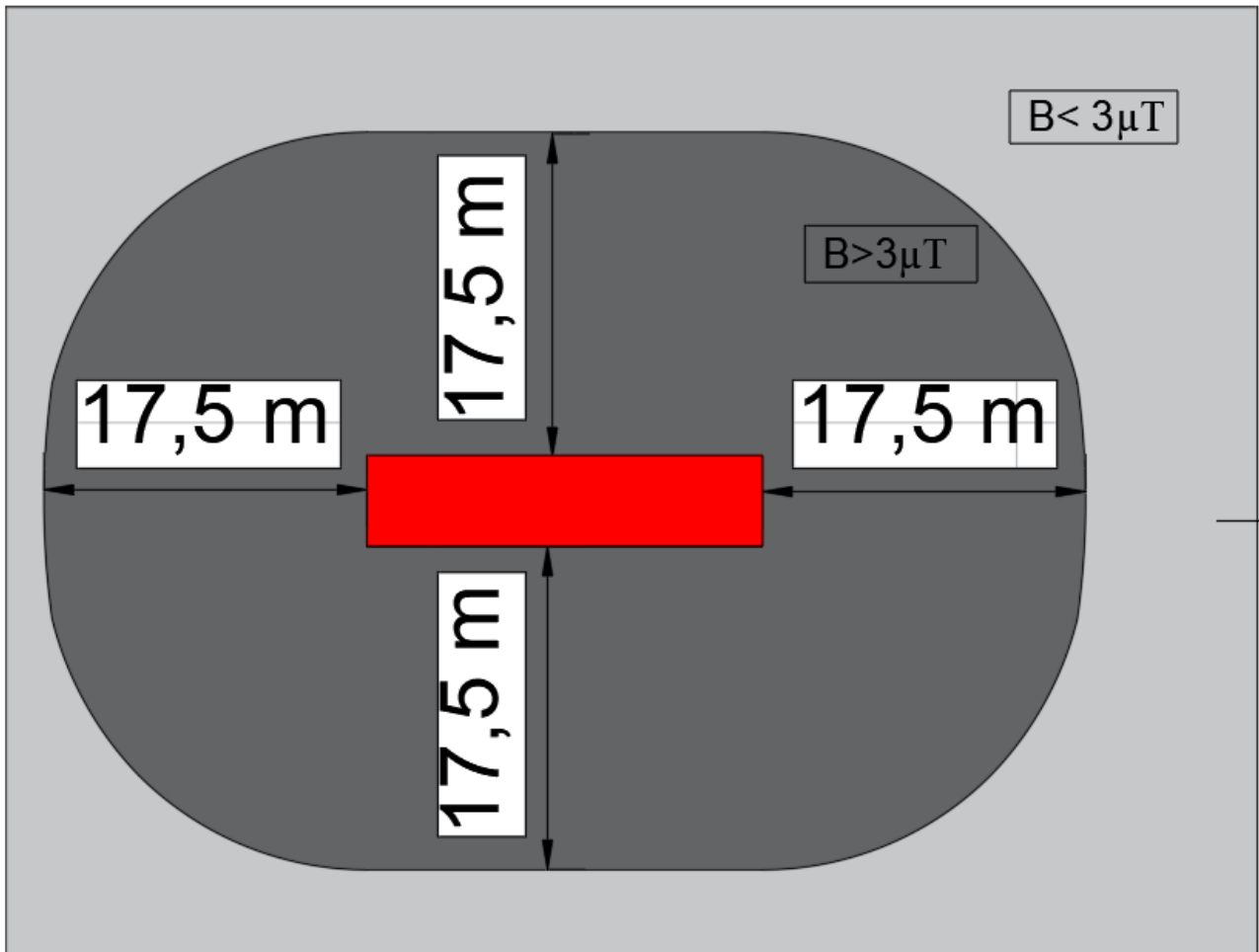
Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Diametro est. indicativo di produzione	Peso indicativo del cavo	Resistenza Elettrica a 20°C	Portate di corrente (A)	
Cores number	Cross section	Approx conductor diameter	Insulation medium thickness	Approx external production diameter	Approx cable weight	Electric resistance at 20°C	Current carrying capacities (A)	
(N°)	(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	30°C In tubo o in aria In air or pipe	(*) 20°C Interrato In ground
<b>1x</b>	1.5	1.6	0.7	6.05	51	13.3	20	21
	4	2.6	0.7	7.15	84	4.95	37	35
	6	3.4	0.7	7.5	104	3.3	48	44
	10	4.4	0.7	7.99	152	1.91	66	59
	16	5.7	0.7	9.1	211	1.21	88	77
	25	6.9	0.9	10.4	301	0.78	117	100
	35	8.1	0.9	11.7	396	0.554	144	121
	50	9.8	1	14.05	556	0.386	175	150
	2.5	2	0.7	6.5	63	7.98	28	27
	70	11.6	1.1	15.9	761	0.272	222	184
	95	13.3	1.1	17.59	991	0.206	269	217
	120	15.1	1.2	19.9	1219	0.161	312	259
	150	16.8	1.4	22.01	1517	0.129	355	287
	185	18.6	1.6	24.2	1821	0.106	417	323
	240	21.4	1.7	26.88	2366	0.0801	490	379
	300	23.9	1.8	31.7	2947	0.0641	-	429
400	27.5	2	35.1	3870	0.0486	-	541	
<b>2x</b>	1.5	1.6	0.7	9.6	125	13.3	22	23
	2.5	2	0.7	10.1	151	7.98	30	30
	4	2.6	0.7	11.9	210	4.95	40	39
	6	3.4	0.7	12.7	260	3.3	51	49
	10	4.4	0.7	14.27	395	1.91	69	66
	16	5.7	0.7	16.3	576	1.21	91	86
	25	6.9	0.9	19	806	0.78	119	111
	35	8.1	0.9	21.4	1052	0.554	146	136
	50	9.8	1	25.5	1465	0.386	175	168
	70	11.6	1.1	30.8	2282	0.272	221	207
	95	13.3	1.1	33.9	2917	0.206	265	245
	120	15.1	1.2	37.9	3678	0.161	305	284
150	16.8	1.4	42	4028	0.129	-	324	
<b>3x</b>	1.5	1.6	0.7	9.9	142	13.3	19.5	19
	2.5	2	0.7	11	185	7.98	26	25
	4	2.6	0.7	12.5	246	4.95	35	32
	6	3.4	0.7	13.5	317	3.3	44	41
	10	4.4	0.7	16.5	503	1.91	60	55
	16	5.7	0.7	18.5	690	1.21	80	72
	25	6.9	0.9	21.9	991	0.78	105	93
	35	8.1	0.9	23.99	1370	0.554	128	114
	50	9.8	1	29.5	1941	0.386	154	141
	70	11.6	1.1	33.9	2680	0.272	194	174
	95	13.3	1.1	37.8	3487	0.206	233	206
	120	15.1	1.2	42.66	4406	0.161	268	238
	150	16.8	1.4	46.87	5440	0.129	300	272
	185	18.6	1.6	53.5	6750	0.106	340	306
240	21.4	1.7	60.65	8778	0.0801	398	360	

Figura 9: scheda tecnica cavi BT

Tenendo conto del diametro del singolo cavo e del numero di cavi costituenti ciascuna fase BT, si ricava un diametro equivalente del fascio di cavi in uscita dal singolo trasformatore di circa 323 mm circa pertanto, applicando la (1), si ottiene una DPA, arrotondata al mezzo metro superiore, pari a:

$$DPA = 17,5 \text{ m}$$

La Dpa valutata con la procedura semplificata prevista dal DM 29 maggio 2008, risulta essere molto prossima al valore ricavato attraverso l'applicazione del procedimento di calcolo descritto al paragrafo precedente.



*Figura 10: indicazione della DPA delle cabine elettriche di conversione e trasformazione dell'energia elettrica prodotta valutata applicando la procedura prevista dal DM 29 maggio 2008*

### 4.3 Linee elettriche di media tensione interne al campo

Come descritto nella relazione tecnica generale, è prevista la realizzazione di n° 5 linee elettriche di campo, a mezzo delle quali le cabine elettriche di trasformazione verranno interconnesse in entra-esce e collegate al quadro elettrico generale a 30 kV installato all'interno della cabina di raccolta.

**In fase di progettazione definitiva, per la realizzazione delle linee elettriche a 36 kV si è scelto di utilizzare cavi ad elica visibile ARE4H5EX adatti per posa interrata.** Ai sensi della normativa tecnica vigente in materia, *l'utilizzo di cavi ad elica visibile fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3\mu T$  fissato dal D.P.C.M. 08/07/2003 venga raggiunto già a brevissima distanza dall'asse del cavo stesso ( $50\div 80$  cm), grazie alla ridotta distanza tra le fasi e alla loro continua trasposizione dovuta alla cordatura. Inoltre, considerando che la profondità di posa minima prevista è di 1,20 m, a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a  $3\mu T$ , **pertanto per questa tipologia di cavi non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque.** Quanto affermato, trova riscontro nella "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" pubblicata da e-distribuzione:*

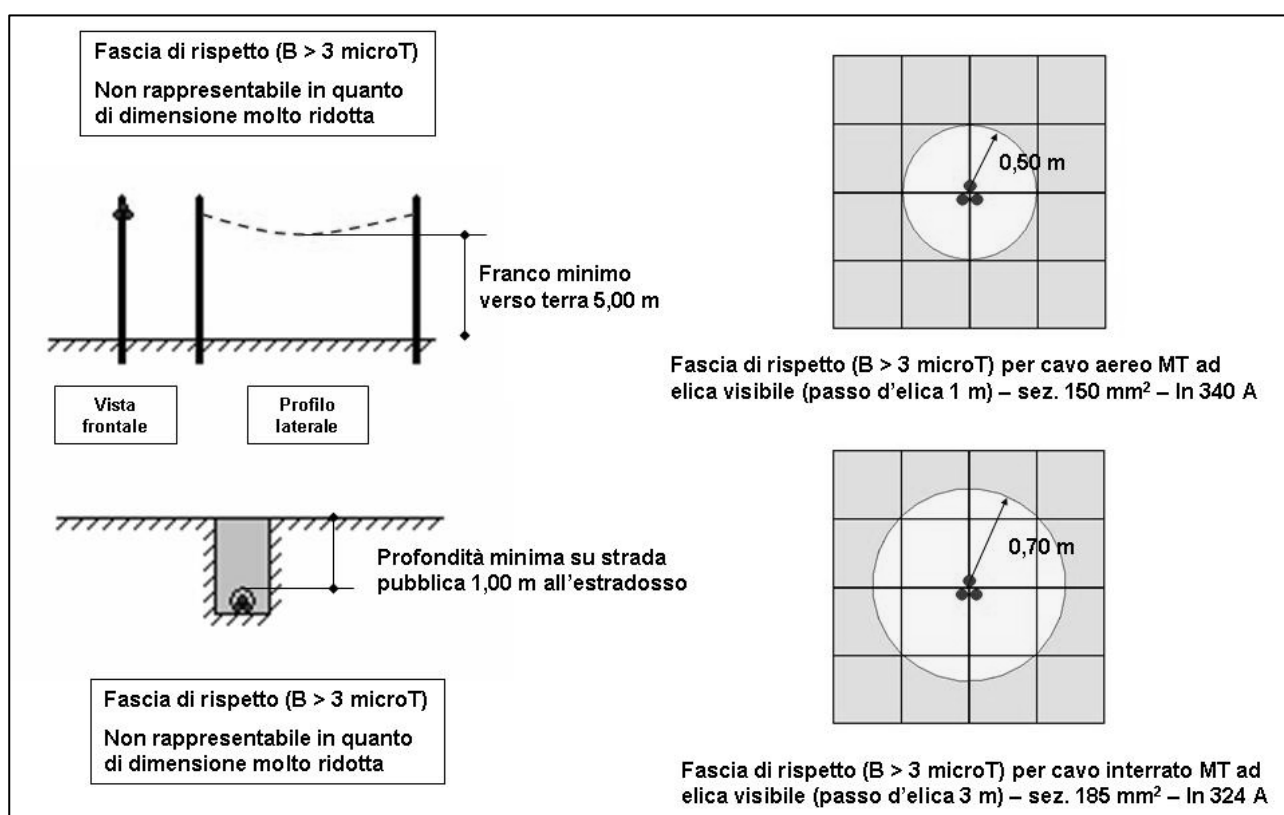


Figura 11: curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con il modello tridimensionale "Elico" della piattaforma "EMF Tools", che tiene conto del passo d'elica

#### **4.4 Dorsale a di media tensione di collegamento Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT**

L'impianto di produzione verrà collegato con la Sottostazione Elettrica di Utenza, a mezzo di una dorsale in **cavo interrato ad elica visibile ARE4H5EX adatto per posa interrata.**

Ai sensi della normativa tecnica vigente in materia, *l'utilizzo di cavi ad elica visibile fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3\mu T$  fissato dal D.P.C.M. 08/07/2003 venga raggiunto già a brevissima distanza dall'asse del cavo stesso ( $50\div 80$  cm), grazie alla ridotta distanza tra le fasi e alla loro continua trasposizione dovuta alla cordatura. Inoltre, considerando che la stessa si sviluppa su strada di pertinenza pubblica e che la profondità di posa prevista è di 1,40 m, a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a  $3\mu T$ , **pertanto per questa tipologia di cavi non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque.***

## 4.5 Sottostazione Elettrica di Utanza

Per questa tipologia di impianti la DPA e, quindi, la fascia di rispetto, rientrano generalmente, nei confini di pertinenza dell'impianto stesso. Quanto affermato, trova riscontro nella **“Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche”**, elaborata da Enel Distribuzione S.p.A. quale supporto tecnico all'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29 maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”:

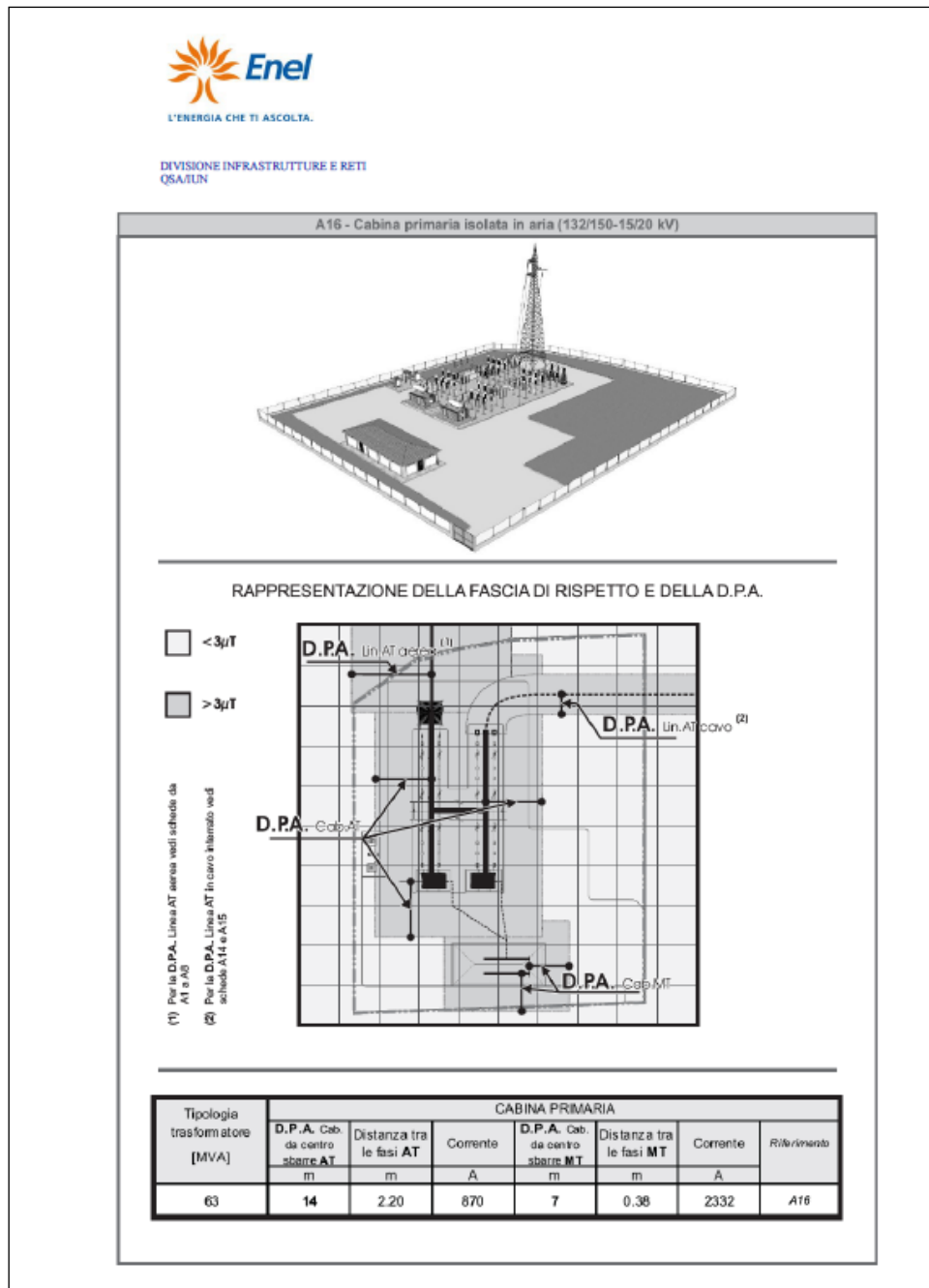


Figura 12: Dpa Cabine Primarie Enel equipaggiate con n° 2 trasformatori da 63 MVA



## 5 Conclusioni

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano particolari problematiche relative all'impatto elettromagnetico generato dalle infrastrutture elettriche costituenti l'impianto di produzione, infatti:

- le DPA delle cabine di conversione e trasformazione rientrano nei confini di pertinenza dell'impianto fotovoltaico;
- le linee elettriche di media tensione verranno realizzate in cavo cordato pertanto, ai sensi della normativa tecnica vigente, non è necessario definire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque;
- la DPA della Sottostazione Elettrica di Utenza rientra nei confini di pertinenza dell'impianto stesso.

Ciò nonostante, a lavori ultimati si potranno eseguire delle prove in sito che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte ed adottare opportuni interventi di mitigazione qualora i livelli di emissione dovessero risultare superiori agli obiettivi di qualità fissati dal D.P.C.M. 8 luglio 2003.