

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "SOLAR ENERGY"  
CON POTENZA NOMINALE DI 200 MVA  
E POTENZA INSTALLATA DI 202,07 MWp**

**REGIONE PUGLIA**

PROVINCIA di BRINDISI

COMUNI di BRINDISI E MESAGNE

OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN NEI COMUNI DI BRINDISI E MESAGNE

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:	Titolo:
R18	Relazione di verifica esposizione ai campi elettromagnetici

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
n.a.	A4	R18_DocumentazioneSpecialistica_18

Progettazione:	Committente:
 <b>Dott. Ing. Fabio CALCARELLA</b> Studio Tecnico Calcarella Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce Mob. +39 340 9243575 fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu	<b>SOLAR ENERGY &amp; PARTNERS S.R.L.</b> Indirizzo: Via Monte di Pietà, 19 - 20121 Milano (MI) P.IVA: 02257280749 - REA: MI - 2712139 PEC: solareenergypartners@gigapec.it
 	

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Febbraio 2024	Prima emissione	STC	FC	SOLAR ENERGY & PARTNERS s.r.l.

## *Sommario*

1	Oggetto.....	2
2	Compatibilità Elettromagnetica .....	3
2.1	Riferimenti normativi .....	3
2.2	Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite .....	3
2.3	Campo magnetico.....	4
2.4	Campo elettrico .....	6
3	Fonti di emissione.....	6
3.1	Elettrodotti MT 30 kV interrati .....	8
3.2	Gruppi di trasformazione (PCS).....	13
3.3	Cabine di Raccolta.....	15
3.4	SSE – Trasformatore 100 MW .....	16
3.5	SSE - Sbarre AT .....	18
3.6	Conclusioni e Distanze di prima approssimazione (DPA).....	19

## 1 Oggetto

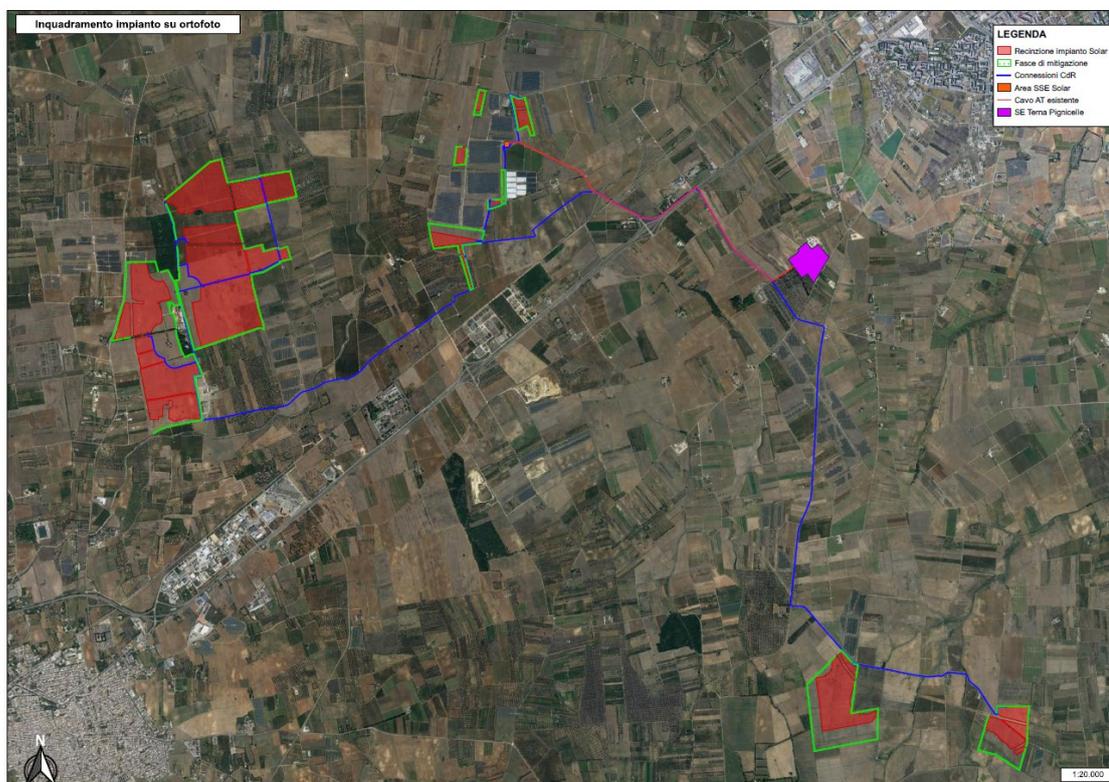
Per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico denominato "Solar Energy" da realizzare in agro di Brindisi (BR) è necessario realizzare dei cavidotti elettrici MT a 30 kV interrati. Nella fattispecie:

- Cavidotti MT 30 kV interni alle aree di impianto (dai PCS alle CdR);
- Cavidotti MT 30 kV per collegare elettricamente le Cabine di Raccolta (CdR) dei Campi tra di loro;
- Cavidotto di vettoriamento per la connessione dell'impianto alla SE Utente.

Nella presente Relazione sarà valutato il Campo di Induzione magnetica indotto da tali cavidotti e verificata il rispetto dei limiti imposti dalla Legge.

La società proponente è la Solar Energy & Partners s.r.l. (Gruppo HANWA):

- Sede: Via Monte di Pietà, 19 20121 Milano (MI)
- Numero REA: MI-2712139
- C.F. e P.IVA N.02257280749



***Inquadramento impianto su ortofoto***

---

## 2 Compatibilità Elettromagnetica

### 2.1 Riferimenti normativi

- D.M. del 29 maggio 2008;
- Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato A al DM 29.05.08;
- 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.

### 2.2 Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

- All'art.3 comma 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  $\mu\text{T}$**  per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;
- All'art.3 comma 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  $\mu\text{T}$** , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio;
- Art.4 comma 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 il **obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  per il valore dell'induzione magnetica**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio

- Lo stesso DPCM, all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ( $B=3\mu T$ ) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale *fascia di rispetto* lo spazio circostante l'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.
- Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

***Pertanto, obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento al limite di qualità di  $3\mu T$ . Tali Fasce sono definite DpA ovvero Distanze di prima Approssimazione.***

### 2.3 Campo magnetico

I campi elettromagnetici sono un insieme di grandezze fisiche misurabili, introdotte per caratterizzare un insieme di fenomeni osservabili indotti senza contatto diretto tra sorgente ed oggetto del fenomeno, vale a dire fenomeni in cui è presente un'azione a distanza attraverso lo spazio.

Esso è composto in generale da tre campi vettoriali, il *campo elettrico*, il *campo magnetico* e un terzo campo che spesso per semplicità viene escluso che è il "*termine di sorgente*". Questo significa che i vettori che caratterizzano il campo elettromagnetico hanno ciascuno un valore definito in ciascun punto del tempo e dello spazio.

I vettori che modellizzano le grandezze introdotte nella definizione del modello fisico dei campi elettromagnetici sono quindi:

***E***: Campo elettrico

***B***: Campo di induzione magnetica

parallelamente:

***D***: spostamento elettrico o induzione dielettrica

***H***: Campo magnetico

L'esposizione umana ai campi elettromagnetici è una problematica relativamente recente che assume notevole interesse con l'introduzione massiccia dei sistemi di telecomunicazione e dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. In realtà anche in assenza di tali sistemi siamo costantemente immersi nei campi elettromagnetici per tutti quei fenomeni naturali riconducibili alla natura elettromagnetica, primo su tutti l'irraggiamento solare.

Per quanto concerne i fenomeni elettrici si fa riferimento al campo elettrico, il quale può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica.

Per i fenomeni di natura magnetica si fa riferimento ad una caratterizzazione dell'esposizione ai campi magnetici, non in termini del vettore campo magnetico, ma in termini di induzione magnetica, che tiene conto dell'interazione con ambiente ed i mezzi materiali in cui il campo si propaga. Dal punto di vista macroscopico ogni fenomeno elettromagnetico è descritto dall'insieme di equazioni note come equazioni di Maxwell.

La normativa attualmente in vigore disciplina in modo differente i valori ammissibili di campo elettromagnetico, distinguendo così i "campi elettromagnetici quasi statici" ed i "campi elettromagnetici a radio frequenza".

Nel caso dei campi quasi statici, ha senso ragionare separatamente sui fenomeni elettrici e magnetici e ha quindi anche senso imporre separatamente dei limiti normativi alle intensità del campo elettrico e dell'induzione magnetica.

Il modello quasi statico è applicato per il caso concreto della distribuzione di energia, in relazione alla frequenza di distribuzione dell'energia della rete che è pari a 50Hz. In generale gli elettrodotti dedicati alla trasmissione e distribuzione di energia elettrica sono percorsi da correnti elettriche di intensità diversa, ma tutte alla frequenza di 50Hz, e quindi tutti i fenomeni elettromagnetici che li vedono come sorgenti possono essere studiati correttamente con il modello per campi quasi statici. Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz, costituiscono una sorgente di campi elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz.

DENOMINAZIONE		SIGLA	FREQUENZA	LUNGHEZZA D'ONDA
FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE		ELF	0 - 3kHz	> 100Km
FREQUENZE BASSISSIME		VLF	3 - 30kHz	100 - 10Km
RADIOFREQUENZE	FREQUENZE BASSE (ONDE LUNGHE)	LF	30 - 300kHz	10 - 1Km
	MEDIE FREQUENZE (ONDE MEDIE)	MF	300kHz - 3MHz	1Km - 100m
	ALTE FREQUENZE	HF	3 - 30MHz	100 - 10m
	FREQUENZE ALTISSIME (ONDE METRICHE)	VHF	30 - 300MHz	10 - 1m
MICROONDE	ONDE DECIMETRICHE	UHF	300MHz - 3GHz	1m - 10cm
	ONDE CENTIMETRICHE	SHF	3 - 30GHz	10 - 1cm
	ONDE MILLIMETRICHE	EHF	30 - 300GHz	1cm - 1mm
INFRAROSSO		IR	0,3 - 385THz	1000 - 0,78mm
LUCE VISIBILE			385 - 750THz	780 - 400nm
ULTRAVIOLETTO		UV	750 - 3000THz	400 - 100nm
RADIAZIONI IONIZZANTI		X	> 3000THz	< 100nm

### *Spettro elettromagnetico*

## 2.4 Campo elettrico

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, come l'inverso della distanza dai conduttori. I valori efficaci delle tensioni di linea variano debolmente con le correnti che le attraversano; l'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante.

La presenza di alberi, oggetti conduttori o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo elettrico, e in particolare all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno.

Per le linee elettriche aeree, l'intensità maggiore del campo elettrico si misura generalmente al centro della campata, ossia nel punto in cui i cavi si trovano alla minore distanza dal suolo. L'andamento e il valore massimo delle intensità dei campi dipenderanno anche dalla disposizione e dalle distanze tra i conduttori della linea.

## 3 Fonti di emissione

Le apparecchiature elettriche previste nella realizzazione dell'impianto in oggetto generano normalmente, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare per il presente progetto sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti:

- Per l'impianto fotovoltaico:
  - Elettrodotti interrati MT 30 kV;

- Gruppi di Conversione/Trasformazione (PCS);
- Cabine di Raccolta.
- Per la SSE Utente esistente:
  - Stalli MT/AT 30/150kV;
  - Sbarre AT.

A seguire la valutazione analitica del campo magnetico generato dalle fonti di emissione individuate, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

### 3.1 Elettrodotti MT 30 kV interrati

Per la valutazione del campo magnetico generato dagli elettrodotti dell'impianto in esame, occorre innanzitutto individuare i diversi casi sui quali effettuare la valutazione del campo.

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva delle connessioni tra le 14 Cabine di Raccolta presenti sei sottocampi,

Tratto	Potenza cumulata (kW)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Portata (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Lunghezza (m)	Terne
CdR A1 - CdR A3	21.000	30	412	700	630	630,00	3x1x630
CdR A2 - CdR A5	15.000	30	295	700	630	1290,00	3x1x630
CdR A3 - CdR A4	30.000	30	589	700	630	850,00	3x1x630
CdR A4 - CdR A6	50.000	30	982	700	630	60,00	3x1x630
CdR A5 - CdR A6	21.600	30	424	700	630	700,00	3x1x630
CdR A6 - CdR B9	105.800	30	2078	700	630	1150,00	3x1x630
CdR B7 - CdR B8	21.000	30	412	700	630	80,00	3x1x630
CdR B8 - CdR B9	26.000	30	511	700	630	680,00	3x1x630
CdR B9 - SSE	157.800	30	3099	700	630	5905,00	6x3x1x630
CdR C11 - CdR C 10	1.800	30	35	700	630	1215,00	3x1x630
CdR C10 - SSE	4.800	30	94	700	630	920,00	3x1x630
CdR D14 - CdR D13	11.000	30	216	700	630	1995,00	3x1x630
CdR 13 - CdR 12	33.000	30	648	700	630	8833,00	3x1x630
CdR C12 - SSE	37.400	30	734	700	630	1215,00	2x3x1x630

#### *Tratti di connessione tra CdR*

Come si evince dalla tabella su riportata il caso di maggiore rilevanza è rappresentato dal tratto che va dalla CdR B9 alla SSE Utente, questo rappresenta, per le considerazioni successive, il nostro caso peggiore (worst-case) per cui successivamente al calcolo andremo ad applicare la relativa fascia di rispetto a tutti gli altri tratti di connessione, anche se la corrente che percorre il cavo è minore.

Calcoleremo, quindi, il campo di induzione magnetica indotto da una linea di connessione composta da 6 terne di cavi della sezione di 630 mmq che trasportano complessivamente una potenza nominale di 157.8 MW con corrente di 3.099 A ad una tensione di 30 kV.

Come affermato al paragrafo precedente il calcolo dell'induzione magnetica sarà effettuato con riferimento al tratto di connessione tra la CdR B9 e la SSE Utente dove avremo 6 terne posate in trincea su due livelli, 3 terne alla profondità di 1,2 m e 3 terne alla profondità di 1,5 m a tensione 30 kV, potenza complessiva trasportata 157 MW circa e corrente 3.099 A.

In linea generale, nel caso di cavidotti in cui sono posate più terne di cavi, è possibile fare ricorso ad un modello matematico che tenga conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right] \quad B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{x_i - x}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello, che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna, della quale sono note le caratteristiche geometriche. Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati: in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema, essendo il campo magnetico generato dal un cavo elicordato meno intenso di quello di una terna posata a trifoglio.

Per terna di cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S * I}{R^2}$$

Per terna di cavi unipolari posati in piano (uno affiancato all'altro) è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

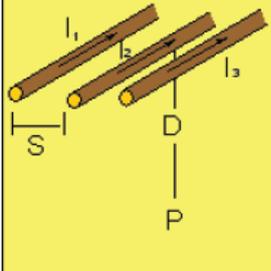
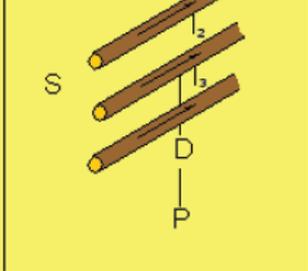
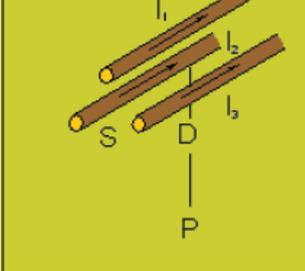
$$B = 0,346 * \sqrt{6} \frac{S * I}{R^2}$$

dove:

**B** [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante;

$R$  [m] è la distanza dal conduttore centrale;

$S$  [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a  $I$  [A].

conduttori in piano	conduttori in verticale	conduttori a triangolo
		
$B_P (\mu T) = 0,346 \times I/D \times S/D$		$B_P (\mu T) = 0,245 \times I/D \times S/D$

*Induzione magnetica generata nel punto P da una linea trifase con conduttori rettilinei, paralleli correnti equilibrate e simmetriche (CEI 106-12)*

Per il nostro calcolo faremo riferimento al caso peggiore ovvero a terne di cavi posati in piano. In maniera ancora conservativa considereremo il valore  $R_{considerato}$  come la proiezione in piano della distanza massima dal conduttore centrale, al livello del suolo, quindi a quota 0.

Nel caso in cui si abbiano due o più terne affiancate, considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Possiamo quindi riscrivere la formula nella maniera seguente:

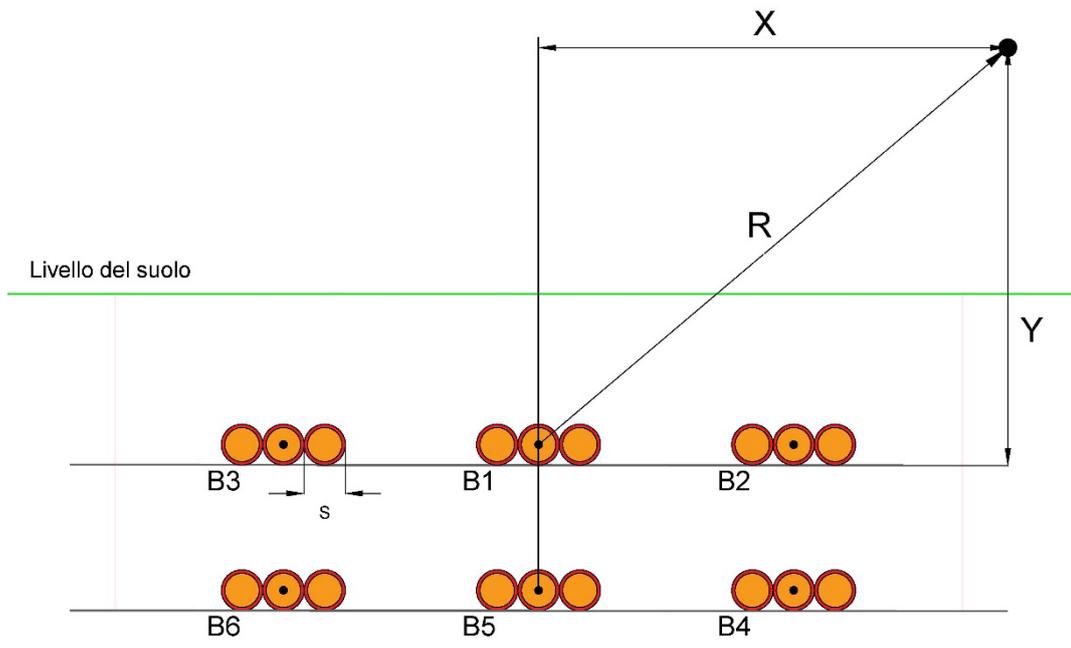
$$B_i = 0,346 * \sqrt{6} \frac{S_i * I_i}{(x - x_i)^2 + (y - d)^2}$$

Dove

$x=$  è la distanza dal baricentro delle terne, baricentro che si assume come punto da cui viene calcolato il campo di induzione magnetica

$d=$  è la profondità di posa

Dal punto di vista geometrico il calcolo viene eseguito considerando la disposizione delle terne dei cavi sotto riportata.



**Geometria di calcolo della trincea con 6 terne**

A seguire le tabelle di calcolo riassuntive dei valori di B,

<b>B1</b>	5,36	1,34	0,60	0,44	0,34	0,21
x	1	2	3	3,5	4	5
y	1	2	3	3,5	4	5
R	1,41	2,83	4,24	4,95	5,66	7,07
<b>B2</b>	6,54	1,48	0,64	0,46	0,35	0,22
x	1	2	3	3,5	4	5
y	1	2	3	3,5	4	5
R	1,41	2,83	4,24	4,95	5,66	7,07

<b>B3</b>	6,54	1,48	0,64	0,46	0,35	0,22
x	1	2	3	3,5	4	5
y	1	2	3	3,5	4	5
R	1,41	2,83	4,24	4,95	5,66	7,07

<b>B4</b>	4,60	1,26	0,57	0,42	0,33	0,21
x	1	2	3	3,5	4	5
y	1	2	3	3,5	4	5
R	1,41	2,83	4,24	4,95	5,66	7,07

<b>B5</b>	3,99	1,15	0,54	0,40	0,31	0,20
x	1	2	3	3,5	4	5
y	1	2	3	3,5	4	5
R	1,41	2,83	4,24	4,95	5,66	7,07

<b>B6</b>	3,43	1,06	0,51	0,38	0,30	0,19
x	1	2	3	3,5	4	5
y	1	2	3	3,5	4	5
R	1,41	2,83	4,24	4,95	5,66	7,07

	2	4	6	7	8	10
	1	2	3	3,5	4	5
<b>Btot</b>	30,46	7,78	3,49	2,57	1,97	1,27

In definitiva al livello del suolo **alla distanza di 3,5 m** dal baricentro del sistema di terne di cavi abbiamo un campo di induzione magnetica complessiva indotto pari a 2,57  $\mu\text{T}$  minore di 3  $\mu\text{T}$ , ovvero inferiore al valore definito come obiettivo di qualità dal DPCM 8 luglio 2003.

Pertanto sarà considerata una **DpA di 3.5 m sia a destra sia a sinistra** rispetto al baricentro del sistema di terne posate in trincea. In pratica dovrà essere considerata una **fascia DPA di 7 m**, centrata sull'asse geometrico della posizione di posa delle 6 terne.

Inoltre, sempre relativamente al cavidotto di connessione che si attesta alla SSE, nel tratto finale, dove convergono le 3 dorsali provenienti dai sottocampi e per un tratto di circa 1.200 m verrà applicata una fascia di rispetto di 8 metri, 4 a destra e 4 a sinistra dall'asse del conduttore.

Dalla tavola allegata si evince che lungo il percorso del cavidotto nella fascia DPA di 7 m (8m per il tratto da 9 terne) non ci sono luoghi ove è prevista la presenza continuativa di persone per oltre quattro ore (abitazioni, uffici, scuole, ecc.).

Per quanto attiene i cavidotti nell'ambito delle aree di progetto non si prevedono comunque, nelle fasi di esercizio e manutenzione dell'impianto, tempi di permanenza di personale addetto nelle aree di impianto per oltre 4 ore.

Per tempi che dovessero prospettarsi superiori, si prevede comunque la disalimentazione di parte o di tutto l'impianto, a seconda della zona sulla quale si andrà ad operare, in modo da non generare campi elettromagnetici dannosi per la salute degli stessi addetti.

### 3.2 Gruppi di trasformazione (PCS)

Nell'ambito della componente fotovoltaica dell'impianto agrivoltaico sono presenti 54 unità PCS con inverter e trasformatori BT/MT a servizio dell'impianto.

Per i PCS i componenti che generano un campo elettromagnetico di maggiore intensità sono i trasformatori BT/MT, per cui andremo a determinare il valore della **DPA**.

La **DPA**, **Distanza di Prima Approssimazione**, è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti dell'elemento considerato, che garantisce che ogni punto che disti dal perimetro dello stesso elemento più della DPA, si trovi all'esterno della fascia di rispetto, e quindi il valore del campo di induzione elettromagnetica sia inferiore al limite di 3  $\mu\text{T}$ .

Per fascia di rispetto s'intende, in questo caso, lo spazio circostante il Trasformatore BT/MT, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica d'intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (**3 $\mu\text{T}$** ).

Per le unità PCS previste dal presente progetto nell'ambito dell'impianto fotovoltaico si prevede di utilizzare trasformatori BT/MT 0,630/30 kV aventi potenza nominale da 2.000 kVA a 5.000 kVA.

Calcoleremo, quindi, il campo di induzione magnetica indotto da un trasformatore di potenza pari a 5.000 kVA per l'innalzamento di tensione BT/MT 0,6/30 kV, questo rappresenta il nostro caso peggiore (worst-case) per cui successivamente al calcolo andremo ad applicare la relativa DPA a tutti gli altri trasformatori, anche se la potenza dell'unità è minore.

I PCS sono composti da un inverter accoppiato ad un trasformatore, la taglia di inverter massima è 4.600 kVA, questa relativamente alla configurazione con il trasformatore da 5.000 kVA, pertanto la corrente nominale lato BT è calcolata con la formula:

$$I_{b\_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi}$$

Ed è pari a circa **4.302 A** circa (con  $\cos\varphi = 0,98$ ),

Ai sensi del *DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1*, la **DPA** si determina applicando la formula di seguito riportata.

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0.40942 * x^{0.5241}$$

Dove:

**I** è la corrente nominale di bassa del trasformatore in (A);

**x** il diametro dei cavi in (m).

La struttura semplificata sulla base della quale si calcola la **DPA** è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso. Quindi i dati necessari per il calcolo delle **DPA** sono:

- corrente nominale di bassa tensione del trasformatore;
- diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

---

Per trasportare **4.302 A** di corrente a 0,63 kV sono necessarie 3 terne di cavi di sezione pari a 240 mmq. Considerando che ciascun cavo ha un diametro di circa 2 cm, 9 cavi potranno essere circoscritti in un cerchio di diametro pari a 18 cm (0,18 m),

Pertanto, applicando i valori

$I = 4.302 \text{ A}$

$x = 0,18 \text{ m}$

Alla formula sopra riportata abbiamo:

$$\text{DPA} = 3,27 \text{ m}$$

che arrotondata per eccesso all'intero superiore fissa il valore della **Distanza di Prima Approssimazione** pari a **4 m**.

Andremo pertanto a considerare una **DPA di 4 m** intorno alle unità PCS, queste sono posizionate all'interno delle aree di progetto pertanto le DPA rimarranno confinate all'interno di queste aree o nell'immediato intorno (aree agricole). Anche in questo caso si tratta di aree in cui non è prevista la presenza continuativa di persone con tempi di permanenza superiore a 4 ore.

### **3.3 Cabine di Raccolta**

Per quanto concerne le Cabine di Raccolta presenti nell'ambito dell'impianto fotovoltaico, queste possono essere assimilate a Cabine Secondarie alimentate in cavo interrato.

Nell'Allegato al DM 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" sono indicate per Cabine Secondarie le DPA riportate in Tabella.

Diametro dei cavi (m)	Tipologia trasformatore (kVA)	Corrente (A)	Dpa (m)
0.010	250	361	1
	400	578	1
	630	909	1.5
0.012	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.014	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.018	250	0.947	1.5
	400	1.199	1.5
	630	1.503	2
0.022	250	361	1.5
	400	578	1.5
	630	909	2
0.027	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5
0.035	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5

Considerando il caso peggiore ed approssimando all'intero superiore possiamo considerare con ampio margine di sicurezza una **DpA di tutte le Cabine di Raccolta** presenti nelle aree di impianto **una estensione di 3 m**, misurata a partire dal perimetro esterno delle pareti delle Cabine stesse.

Le Cabine di Raccolta sono posizionate all'interno delle aree di progetto pertanto le DPA rimarranno confinate all'interno di queste aree e si tratta in ogni caso di aree in cui non è prevista la presenza continuativa di persone con tempi di permanenza superiore a 4 ore.

### 3.4 SSE – Trasformatore 100 MW

Nell'ambito dell'ampliamento della Sottostazione Elettrica, si prevede di realizzare 2 nuovi stalli MT/AT 30/150 kV con 2 trasformatori da 100 MW ciascuno.

Come già detto, i trasformatori sono componenti che generano un campo elettromagnetico di maggiore intensità, per cui andremo a determinare il valore della **DPA**.

La **DPA**, **Distanza di Prima Approssimazione**, è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti dell'elemento considerato, che garantisce che ogni punto che disti dal perimetro dello stesso elemento più della DPA, si trovi all'esterno della fascia di rispetto, e quindi il valore del campo di induzione elettromagnetica sia inferiore al limite di 3  $\mu$ T.

Per fascia di rispetto s'intende, in questo caso, lo spazio circostante il Trasformatore MT/AT, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica d'intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (**3μT**).

Calcoleremo, quindi, il campo di induzione magnetica indotto da un trasformatore di potenza pari a 100 MVA per l'innalzamento di tensione MT/AT 30/150 kV.

La corrente nominale lato MT è calcolata con la formula:

$$I_{b,max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi}$$

Ed è pari a circa **1.963 A** circa (con  $\cos \varphi = 0,98$ ),

Ai sensi del *DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1*, la **DPA** si determina applicando la formula di seguito riportata.

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0.40942 * x^{0.5241}$$

Dove:

**I** è la corrente nominale di bassa del trasformatore in (A);

**x** il diametro dei cavi in (m).

La struttura semplificata sulla base della quale si calcola la **DPA** è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso. Quindi i dati necessari per il calcolo delle **DPA** sono:

- corrente nominale di bassa tensione del trasformatore;
- diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

Per trasportare **1.963 A** di corrente a 30 kV sono necessarie 2 terne di cavi di sezione pari a 630 mmq. Considerando che ciascun cavo ha un diametro di circa 6 cm, 6 cavi potranno essere circoscritti in un cerchio di diametro pari a 36 cm (0,36 m),

Pertanto, applicando i valori

$I = 4.302 \text{ A}$

$x = 0,36 \text{ m}$

Alla formula sopra riportata abbiamo:

**DPA = 10,62 m**

che arrotondata per eccesso all'intero superiore fissa il valore della **Distanza di Prima Approssimazione pari a 11 m.**

In maniera conservativa andremo a considerare una **DPA di 14 m** in applicazione di quanto previsto dalle *Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08* redatto da e-distribuzione S.p.A. per le sbarre AT. La DPA è applicata intorno ai trasformatori a partire dal perimetro della vasca di fondazione delle unità verso l'esterno.

Inoltre, i trasformatori AT da 100 MVA sono installati all'interno della SSE che è localizzata all'interno delle aree in disponibilità e pertanto le DPA rimarranno confinate all'interno di queste aree (aree agricole) nell'immediato intorno del perimetro della struttura.

Si rammenta che anche in questo caso si tratta di aree in cui non è prevista la presenza continuativa di persone con tempi di permanenza superiore a 4 ore.

### 3.5 SSE - Sbarre AT

Per quanto riguarda la DPA relativa alle sbarre AT presenti nella SSE Utente esistente, si fa riferimento al paragrafo 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 e come definito nelle *Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08* redatto da e-distribuzione S.p.A. la fascia DPA per le sbarre AT è di 14 metri per fasi distanziate di 2,20 metri tra loro.

<b>CABINA PRIMARIA ISOLATA IN ARIA (132/150kV - 15/20kV) Trasformatori 63MVA</b>  <b>Scheda A16</b>	Distanza tra le fasi $AT = 2.20 \text{ m}$		870	14	A16
	Distanza tra le fasi $MT = 0.37 \text{ m}$		2332	7	

Pertanto si andrà ad applicare una **DPA di 14 metri** dal centro sbarre verso l'esterno del perimetro occupato.

### 3.6 Conclusioni e Distanze di prima approssimazione (DPA)

Alla luce dei calcoli eseguiti e delle considerazioni fatte, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti che caratterizzano l'impianto fotovoltaico e l'ampliamento della SSE Utente in progetto, ed in particolare di cavidotti, cabine di raccolta, PCS, trasformatori e sbarre AT, in merito all'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici.

A conforto di ciò che è stato fin qui detto, a lavori ultimati si potranno eseguire prove sul campo che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte.

Lo studio condotto conferma la conformità dell'impianto dal punto di vista degli effetti del campo elettromagnetico sulla salute umana.

Per quanto concerne le opere in progetto si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

Le opere elettriche in progetto e relative DPA non interessano aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici o luoghi adibiti a permanenze di persone superiori a quattro ore, rispondendo pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall'art.4 del D.P.C.M 8 luglio 2003.

Inoltre, sono rispettate ampiamente le distanze da fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza prolungati, previste dal D.P.C.M. 23 aprile 1992 "*Limiti massimi di esposizione al campo elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*".

In definitiva, volendo riassumere, si sono assunte le seguenti **Distanze di Prima Approssimazione:**

<u>Cavidotti MT interni ed esterni all'impianto</u>	<b>7 m</b> , 3.50 m a destra e sinistra dell'asse del cavidotto (8 nel caso del tratto in comune)
<u>CdR (Cabine di Raccolta)</u>	<b>3 m</b> in tutto il loro intorno
<u>PCS con Trasformatori BT/MT</u>	<b>4 m</b> in tutto il loro intorno
<u>SSE - Sbarre AT</u>	<b>14 m</b> in tutto il loro intorno
<u>SSE - Trasformatori MT/AT</u>	<b>14 m</b> in tutto il loro intorno