

**SOGGETTO PROPONENTE:**



SMARTENERGY

**SMARTENERGYIT2111 S.R.L.**  
P.zza Cavour n.1. 20121 Milano (MI)

**COMUNE DI GRAVINA IN PUGLIA (BA)**

**Località MASSERIA PELLICCIARI**

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO  
E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN  
POTENZA NOMINALE 35,09 MW  
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV\_Pellicciari**

**PROGETTO DEFINITIVO**

PROCEDURA DI AUTORIZZAZIONE UNICA REGIONALE di cui all'art.12 del D.lgs 387/2003 - Linee Guida Decr. MISE 10/09/2010  
PROCEDURA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE PRESSO IL MiTE ai sensi dell'art. 31, c.6 del DL 77/21  
PROGETTAZIONE AGRIVOLTAICA ai sensi dell'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1  
e delle LINEE GUIDA IMPIANTI AGRIVOLTAICI pubblicate dal MiTE il 06/06/2022

Serie documentazione specialistica

**Relazione campi elettromagnetici impianto  
Agrivoltaico**

codice interno

rev

**DS 004**

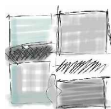
denominazione elaborato

2L7CDF0\_DocumentazioneSpecialistica\_04.pdf

2L7CDF0

**PROGETTAZIONE DELLE OPERE:**

***Progettazione civile e inserimento ambientale***



**Arch. Andrea Giuffrida**

Via Cannolaro, 33 - 89047 Roccella Ionica (RC)  
Via Gandino, 21 - 00167 Roma (RM)

Strutture e supporto tecnico opere civili:

**Studio La Monaca Srl**

Via Cilicia, 35 - 00179 Roma (RM)



***Agronomia e studi colturali***

**Dott. Agr. Gianfranco Giuffrida**

Via Cannolaro, 33 - 89047 Roccella Ionica (RC)

***Progettazione elettrica***



**Energy Cliet Service Srl**

Via F. Corridoni, 93  
24124 Bergamo

firma / timbro progettista

firma / timbro committente

02						COD. DOCUMENTO C477_DS_004 FOGLIO DI
01						
00	07/2022	prima emissione	AG	AG	AG	
REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	APPROVATO	AUTORIZZATO	



## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
1.1	INTRODUZIONE .....	3
1.2	COMPOSIZIONE SOMMARIA E INGEGNERIA DELL'IMPIANTO .....	3
1.3	CONFIGURAZIONE SOTTOCAMPI .....	6
1.4	CABINE DI CAMPO E TRASFORMATORI MT/BT .....	7
<b>3</b>	<b>SISTEMA DI DISTRIBUZIONE IN MT</b> .....	<b>9</b>
3.1	CAVI DI MT.....	9
3.2	DESCRIZIONE DEGLI ANELLI DI TRASMISSIONE .....	9
3.2.1	<i>Impianto fotovoltaico</i> .....	9
3.3	CAVITÀ MT DI CONNESSIONE DALL'IMPIANTO DI PRODUZIONE ALLA SSE DI CONNESSIONE ALLA RTN .....	13
3.3.1	<i>Introduzione</i> .....	13
3.3.2	<i>Scenari di esercizio in emergenza - Condizioni di esercizio previsti da progetto</i> .....	15
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTRICI</b> .....	<b>17</b>
4.1	PREMESSA .....	17
4.2	CAMPI ELETTRICI .....	17
4.3	DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	18
4.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E RICHAMI NORMATIVI .....	18
4.4.1	<i>Leggi e norme tecniche di riferimento</i> .....	18
4.4.2	<i>Terminologia</i> .....	19
4.4.3	<i>Legislazione italiana</i> .....	20
4.4.4	<i>Normativa Italiana CEI</i> .....	22
4.4.5	<i>Considerazioni</i> .....	23
4.5	ALGORITMI DI CALCOLO .....	24
4.5.1	<i>Principi di calcolo del campo elettrico</i> .....	25
4.5.2	<i>Principi di calcolo del campo magnetico</i> .....	26
4.5.3	<i>Valore della corrente utilizzata nel calcolo</i> .....	27
4.5.4	<i>Linee guida per il calcolo</i> .....	27
4.5.5	<i>Formule di calcolo indicate nella Norma CEI 106-11</i> .....	27
4.5.5.1	Conduttori in piano.....	27
4.5.5.2	Conduttori disposti a triangolo .....	28
4.5.6	<i>Calcolo delle DPA per le Cabine di trasformazione secondo D.M. 29 maggio 2008</i> .....	29
4.6	SOFTWARE DI CALCOLO .....	29



4.7	VALUTAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI GENERATI DAI COMPONENTI DELL'IMPIANTO .....	30
4.7.1	<i>Infrastrutture MT/BT alimentazione ausiliari 20/0,4 kV .....</i>	<i>30</i>
4.7.1.1	Premessa .....	30
4.7.1.2	Cabine di Campo – Trasformatori MT/BT alimentazione ausiliari 20/0,4 kV 250 kVA.....	30
4.7.1.3	Linee MT a 20 kV per alimentazione ausiliari .....	32
4.7.2	<i>Linee BT in arrivo dagli inverter alle Cabine di Campo.....</i>	<i>34</i>
4.7.3	<i>Cabina di campo di trasformazione MT/BT – Caso limite con Trasformatore 2.500 kVA.....</i>	<i>36</i>
4.7.4	<i>Cabine di Raccolta e smistamento .....</i>	<i>39</i>
4.7.5	<i>Cavidotti MT a 30 kV per connessione con la Cabina di Raccolta e di questa con la SSE.....</i>	<i>41</i>
4.7.5.1	Condizione di emissione con corrente di utilizzo pari alla portata al limite termico per ciascuna terna.....	42
4.7.5.2	Condizione di emissione con corrente di utilizzo pari alla corrente di esercizio normale prevista .....	43
4.7.5.3	Scenario funzionamento emergenza _ In Funzione le Linee L1, L4 .....	44
4.7.5.4	Scenario funzionamento emergenza _ In Funzione le Linee L1, L3 .....	46
4.7.5.5	Conclusioni per le DPA relative al cavidotto MT 30 kV .....	47
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>48</b>

## 1 Premessa

### 1.1 Introduzione

La società SMARTENERGYIT2111 S.R.L., con sede in Milano, Piazza Cavour n.1, codice fiscale e partita IVA 11814050966 (di seguito Produttore) è in procinto di realizzare un **impianto fotovoltaico di potenza complessiva pari a circa 35.092,08 kWp con potenza in immissione in rete pari a 40 MW** da installarsi nel comune di Gravina in Puglia (BA), località "Pellicciari".

Si precisa che la realizzazione di impianti alimentati a fonti rinnovabili e delle opere ed infrastrutture connesse è da intendersi di interesse pubblico, indifferibile ed urgente ai sensi di quanto affermato dall'art. 1 comma 4 della legge 10/91 e ribadito dall'art. 12 comma 1 del Decreto Legislativo 387/2003.

### 1.2 Composizione sommaria e ingegneria dell'impianto

L'impianto fotovoltaico sarà composto da **57.528** moduli fotovoltaici, con potenza unitaria pari a 610 Wp, installati su inseguitori monoassiali i cui pali di sostegno verranno infissi direttamente nel terreno.

I moduli fotovoltaici saranno raggruppati in stringhe da 24 moduli; gruppi di stringhe, in numero variabile a seconda delle varie configurazioni di sottocampo, saranno connesse a un inverter di stringa con potenza nominale di uscita pari a 200 kW mentre altri gruppi di stringhe, in numero variabile a seconda delle varie configurazioni di sottocampo, saranno connessi a inverter con potenza di uscita pari a 105 kW, in funzione delle potenze in gioco e comunque con un fattore di sovraccarico massimo degli inverter pari al 120%.

Gli inverter, installati e dislocati in campo, mediante delle linee in Bassa Tensione (BT) a 800 Vac posate entro tubi corrugati interrati, si attestano a un Quadro Generale BT di Campo (QG-BT-C) mediante il quale vengono posti in parallelo per la successiva trasformazione dell'energia prodotta da BT a MT (Media Tensione) a mezzo di un trasformatore MT/bt con tensione primaria pari a 30.000 V e tensione secondaria pari a 800 V; i QG-BT-C e i trasformatori MT/BT sono installati all'interno di Cabine di Campo del tipo monoblocco in calcestruzzo armato vibrato. All'interno delle Cabine di Campo sono installati anche i Quadri in MT necessari per la protezione dei trasformatori e per l'arrivo e la partenza delle linee interrate in MT che costituiscono le linee di alimentazione delle stesse nella modalità "in anello". Sarà presente infine una Cabina di Raccolta Generale a cui confluiscono le linee in MT in arrivo dalle Cabine di Campo e comunque dai vari sottocampi; la Cabina MT di Raccolta consiste in una apposita cabina elettrica in cav prefabbricata, insistente nell'area del Sottocampo C, baricentrica rispetto all'intero impianto agrovoltaico, a cui



confluiscono le linee elettriche in arrivo dai vari sottocampi e da cui partono le linee MT interrato verso il Locale "Quadri MT 30 kV Produzione" posto all'interno dell'Edificio Comandi della Sotto Stazione Elettrica di Utente (SSE), necessaria per l'elevazione dell'energia elettrica prodotta dal livello di Media Tensione a 30 kV al livello in Alta Tensione (AT) a 150 kV per la successiva consegna alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

L'impianto di generazione, nel suo complesso, è quindi costituito da:

- Moduli fotovoltaici bifacciali, di potenza nominale unitaria di picco pari a 610 Wp, connessi in serie di 24 moduli per la formazione di una stringa, i quali attuano la trasformazione dell'energia solare incidente sul piano dei moduli, e di quella riflessa dal terreno circostante, in corrente elettrica in Corrente Continua (c.c.) a massimi 1.500V;
  - Alcuni gruppi di stringhe verranno connessi a un inverter con potenza nominale di uscita pari a 200 kW;
  - Altri gruppi di stringhe verranno connessi a un inverter con potenza nominale di uscita pari a 105 kW;
- Inverter Fotovoltaici on-grid:
  - con potenza nominale di uscita pari a 105 kW e massima pari a 116 kW, conformi CEI 0-16, per la conversione dell'energia da Corrente Continua a 1.500 V a Corrente Alternata (c.c./a.c.) in Bassa Tensione a 800V;
  - con potenza nominale di uscita pari a 200 kW e massima pari a 215 kW, conformi CEI 0-16, per la conversione dell'energia da Corrente Continua a 1.500 V a Corrente Alternata (c.c./a.c.) in Bassa Tensione a 800V;
- Cavidotti in A.C. in Bassa Tensione a 800 V per il collegamento degli Inverter a dei quadri di parallelo inverter denominati QG-BT-C, installati all'interno di cabine denominate Cabine di Campo, per la successiva connessione ai trasformatori MT/BT;
- Cabine di Campo, all'interno dei quali sono alloggiati i quadri di parallelo inverter QG-BT-C, i trasformatori MT/BT per la trasformazione da Bassa tensione a 800 V a Media Tensione a 30 kV (BT/MT);
- Cavidotti interrati in cavo MT a 30 kV, interni e/o esterni all'impianto fotovoltaico, per il collegamento in entra-esce delle Cabine di Campo tra di loro e con la Cabina di Raccolta dell'energia prodotta,





nonchè per il successivo collegamento al locale Quadri MT a 30 kV nella SSE, i quali convogliano e trasmettono la totalità dell'energia elettrica prodotta;

- Cabine elettriche di alimentazione dei servizi ausiliari della SSE, delle Cabine di Campo e del Campo Fotovoltaico in generale;
- Cavidotti interrati in cavo MT a 30 kV per la connessione dell'impianto agrovoltaico alla SSE di trasformazione Utenza AT/MT 150/30 kV;
- Cavidotti interrati in cavo MT a 20 kV per l'alimentazione dei servizi ausiliari della SSE Utente e del Campo Agrovoltaico in generale;
- Sottostazione utente AT/MT 150/30 kV (SSE);
- SSE Condivisa di Utenza, comprendente le opere di rete di utenza in AT a 150 kV per la connessione di vari impianti di produzione alla SE Terna "Gravina 380";
- Cavidotto AT Condiviso di Utenza a 150 kV per la connessione della SSE condivisa 150 kV alla SE Terna "Gravina 380";
- Impianto di rete per la connessione di proprietà di Terna S.p.A.





1.3 Configurazione sottocampi

Sottocampo	Cabina	Potenza del trasformatore MT/BT [kVA]	N. totale inverter sottesi SUN2000-215KTL-H0 [200 kW cad.]	N. totale inverter sottesi SUN2000-105KTL-H1 [105 kW cad.]	Potenza nominale uscita inverter [kW]	Configurazione inverter [Inv. x (stringhe x moduli)] SUN2000-215KTL-H0 [200 kW cad.]	stringhe totali Inv. 215KTL-H0	Configurazione inverter [Inv. x (stringhe x moduli)] SUN2000-105KTL-H0 [105 kW cad.]	stringhe totali Inv. 105KTL-H1	Potenza nominale uscita inverter [kW]	Potenza nominale picco lato c.c. installata inverter [kWp]	Potenza totale sottocampo [kWp]
A	A1	2.500	12	0	2.400	12x (15s x 24p)	180	-	-	2.400	2.635,20	17.816,88
	A2	2.500	12	0	2.400	12x (15s x 24p)	180	-	-	2.400	2.635,20	
	A3	2.500	12	0	2.400	12x (15s x 24p)	180	-	-	2.400	2.635,20	
	A4	2.500	12	0	2.400	12x (15s x 24p)	180	-	-	2.400	2.635,20	
	A5	2.500	12	0	2.400	12x (15s x 24p)	180	-	-	2.400	2.635,20	
	A6	2.500	11	0	2.200	11x (14s x 24p)	154	-	-	2.200	2.254,56	
	A7	2.500	11	0	2.200	9x (15s x 24p) + 2x (14s x 24p)	135 + 28	-	-	2.200	2.386,32	
B	B1	400	1	1	305	(14s x 24p)	14	1x (7s x 24p)	7	305	307,44	5.182,56
	B2	1.250	6	0	1.200	2x (13s x 24p) + 4x (14s x 24p)	26 + 56	-	-	1.200	1.200,48	
	B3	2.000	9	0	1.800	1x (13s x 24p) + 8x (14s x 24p)	13 + 112	-	-	1.800	1.830,00	
	B4	2.000	9	0	1.800	9x (14s x 24p)	126	-	-	1.800	1.844,64	
C	C1	630	2	1	505	2x (15s x 24p)	30	1x (8s x 24p)	8	505	556,32	7.276,08
	C2	800	3	0	600	2x (15s x 24p) + 1x (16s x 24p)	30 + 16	-	-	600	673,44	
	C3	1.600	7	0	1.400	4x (14s x 24p) + 3x (13s x 24p)	56 + 39	-	-	1.400	1.390,80	
	C4	800	3	1	705	3x (15s x 24p)	45	1x (7s x 24p)	7	705	761,28	
	C5	1.600	7	0	1.400	7x (15s x 24p)	105	-	-	1.400	1.537,20	
	C6	2.500	11	0	2.200	7x (15s x 24p) + 4x (14s x 24p)	105 + 56	-	-	2.200	2.357,04	
D	D1	1.250	6	0	1.200	4x (14s x 24p) + 2x (13s x 24p)	56 + 26	-	-	1.200	1.200,48	1.200,48
E	E1	2.000	8	1	1.705	7x (15s x 24p) + 1x (14s x 24p)	105 + 14	1x (7s x 24p)	7	1.705	1.844,64	3.616,08
	E2	2.000	8	1	1.705	2x (15s x 24p) + 6x (14s x 24p)	30 + 84	1x (7s x 24p)	7	1.705	1.771,44	
<b>SOMMANO</b>												<b>35.092,08</b>

Progettazione civile e inserimento ambientale



Arch. Andrea Giuffrida



Agronomia e studi colturali

Dott. Agr. Gianfranco Giuffrida



IMPIANTI FOTOVOLTAICI, EDUCI E TECNOLOGICI

Progettazione elettrica





#### 1.4 Cabine di Campo e Trasformatori MT/BT

Ogni area è asservita a diverse cabine di Campo, ognuna equipaggiata con un trasformatore MT/BT avente potenza correlata al numero degli inverter ad essa connessa, ovvero in un range di potenza che va da 400 kVA fino a 2.500 kVA.

Nello specifico si ha quanto riassunto nella seguente tabella:

Sottocampo	Cabina	Potenza del trasformatore MT/BT	N. totale inverter sottesi SUN2000-215KTL-H0 [200 kW cad.]	N. totale inverter sottesi SUN2000-105KTL-H1 [105 kW cad.]	Sommatoria Potenza nominale uscita inverter [kW]	Fattore sovraccarico trafo MT/BT
A	A1	2.500	12	0	2.400	0,96
	A2	2.500	12	0	2.400	0,96
	A3	2.500	12	0	2.400	0,96
	A4	2.500	12	0	2.400	0,96
	A5	2.500	12	0	2.400	0,96
	A6	2.500	11	0	2.200	0,88
	A7	2.500	11	0	2.200	0,88
B	B1	400	1	1	305	0,76
	B2	1.250	6	0	1.200	0,96
	B3	2.000	9	0	1.800	0,90
	B4	2.000	9	0	1.800	0,90
C	C1	630	2	1	505	0,90
	C2	800	3	0	600	0,75
	C3	1.600	7	0	1.400	0,88
	C4	800	3	1	705	0,88
	C5	1.600	7	0	1.400	0,88
	C6	2.500	11	0	2.200	0,88
D	D1	1.250	6	0	1.200	0,96
E	E1	2.000	8	1	1.705	0,86
	E2	2.000	8	1	1.705	0,86





Il riepilogo delle Cabine di campo da realizzare, come sintetizzato in precedenza, è sintetizzato nella seguente tabella.

I trasformatori utilizzati hanno isolamento in resina. Essi avranno rapporto di trasformazione 30/0,8 kV e apparterranno tutti al gruppo vettoriale Dyn11, ovvero con primario a triangolo e secondario a stella con neutro accessibile. Le tensioni di corto circuito saranno pari al 4% per trasformatori fino a 500 kVA, pari al 6% per le potenze superiori. I trasformatori saranno dotati di sensori PT100 inglobati negli avvolgimenti di bassa tensione; tali sonde termometriche verranno connesse a una centralina che controllerà il funzionamento degli estrattori e, con superamento di soglie di temperatura massime sopportabili dalle macchine, al distacco dell'alimentazione lato MT e l'invio di segnalazione di allarme al sistema di supervisione centrale. Per ulteriori dettagli si faccia riferimento al Disciplinare degli elementi tecnici.

Sottocampo	Cabina	Potenza del trasformatore MT/BT	N. totale inverter sottesi SUN2000-215KTL-H0 [200 kW cad.]	N. totale inverter sottesi SUN2000-105KTL-H1 [105 kW cad.]	Potenza nominale uscita inverter [kW]
A	A1	2.500	12	0	2.400
	A2	2.500	12	0	2.400
	A3	2.500	12	0	2.400
	A4	2.500	12	0	2.400
	A5	2.500	12	0	2.400
	A6	2.500	11	0	2.200
	A7	2.500	11	0	2.200
B	B1	400	1	1	305
	B2	1.250	6	0	1.200
	B3	2.000	9	0	1.800
	B4	2.000	9	0	1.800
C	C1	630	2	1	505
	C2	800	3	0	600
	C3	1.600	7	0	1.400
	C4	800	3	1	705
	C5	1.600	7	0	1.400
	C6	2.500	11	0	2.200
D	D1	1.250	6	0	1.200
E	E1	2.000	8	1	1.705
	E2	2.000	8	1	1.705



### 3 Sistema di distribuzione in MT

#### 3.1 Cavi di MT

Gli elettrodotti MT 30 kV che hanno il compito di collegare le Cabine di Campo con la SSE e quindi di convogliare a quest'ultima l'energia prodotta dall'impianto, saranno realizzati con cavi ad elica visibile con isolamento estruso, tipo ARE4H1RX o avente caratteristiche similari, con conduttore in alluminio e tensione nominale di isolamento 18/30 kV; i cavi previsti sono conformi alla norma IEC 60502-2.

Ogni terna è costituita dalla riunione di tre cavi unipolari cordati fra loro a elica, con conduttori di alluminio rivestito da un primo strato di semiconduttore, da un isolante primario in polietilene reticolato (E4), da un successivo strato di semiconduttore, da uno schermo a fili di rame e da una guaina esterna protettiva in PVC rosso. Sia il semiconduttore (che ha la funzione di uniformare il campo elettrico) che l'isolante primario sono di tipo estruso. Il semiconduttore è asportabile a freddo.

Il cavo suddetto è definito a campo radiale in quanto, essendo ciascuna anima rivestita da uno schermo metallico, le linee di forza elettriche risultano perpendicolari agli strati dell'isolante.

Le terne di cavi saranno infilate singolarmente in tubazioni corrugate in PVC di diametro 200 mm.

Per ulteriori dettagli si veda lo schema elettrico unifilare allegato al presente progetto e quanto riportato di seguito.

#### 3.2 Descrizione degli anelli di trasmissione

##### 3.2.1 Impianto fotovoltaico

Le cabine di campo sono connesse con la "CABINA RACCOLTA E SMISTAMENTO GENERALE LINEE 30 kV" mediante delle reti in MT in cavo interrato con tensione 30 kV gestite ad anello aperto; La "CABINA RACCOLTA E SMISTAMENTO GENERALE LINEE 30 kV" è a sua volta connessa con la SSE mediante delle reti in MT in cavo interrato con tensione 30 kV gestite ad anello aperto. In condizioni di emergenza si possono avere perciò delle distribuzioni di tipo "radiale semplice", con ogni tronco dimensionato per sopportare la trasmissione dell'intera potenza prodotta dall'insieme delle cabine sottese.

Sono stati infatti previste, nelle Cabine di Raccolta, dei congiuntori capaci di isolare l'eventuale tronco guasto e deviare l'energia prodotta e normalmente trasmessa da questo, verso un'altra linea allo scopo adeguatamente dimensionata.



La portata al limite termico indicata di seguito è desunta dalla relativa tabella fornita dal produttore per la posa interrata a trifoglio in tubo, considerato un fattore di declassamento di progetto pari a 0,6 ove non siano stati condotti studi specifici mediante software CYMCAP.

Gli anelli che perciò verranno realizzati sono sintetizzati nella tabella seguente, ove vengono riportati i parametri di utilizzo normale.





Sottocampo		A							B		C		D		E		F		
Cabina		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3	B4	Potenza nominale uscita inverter [kW]		Corrente uscita max da cabina [A]		Connessione a:		
Potenza del trasformatore MT/BT		2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	400	1.250	2.000	2.000					CABINA RACCOLTA E SMISTAMENTO LINEE 30 kV PRODUZIONE CAMPI A+B		
N. totale inverter sottesi SUN2000-215KTL-H0 [200 kW cad.]		12	12	12	12	12	11	11	1	6	9	9					CABINA RACCOLTA E SMISTAMENTO GENERALE LINEE 30 kV PRODUZIONE CAMPO AGROVOLTAICO VERSO SSE		
N. totale inverter sottesi SUN2000-105KTL-H1 [105 kW cad.]		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0					QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE		
		2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	2.200	2.200	305	1.200	1.800	1.800							
		50	50	50	50	50	46	46	6,5	25	38	38							
		L17 3x1x 150mmq [I <sub>b</sub> =100A] [I <sub>i</sub> =280A]		L16 3x1x 150mmq [I <sub>b</sub> =100A] [I <sub>i</sub> =280A]		L15 3x 1x 95mmq [I <sub>b</sub> =100A] [I <sub>i</sub> =220A]		L14 3x 1x 95mmq [I <sub>b</sub> =50A] [I <sub>z</sub> =220A]		L13 3x 1x 70mmq [I <sub>b</sub> =44,5A] [I <sub>z</sub> =180A]		L12 3x 1x 70mmq [I <sub>b</sub> =63A] [I <sub>z</sub> =180A]		Semiquadro 6		Semiquadro 5		Semiquadro 3	
		Den. Linea [formazione] [Corrente utilizzo] [Portata]		Den. Linea [formazione] [Corrente utilizzo] [Portata]		Den. Linea [formazione] [Corrente utilizzo] [Portata]		Den. Linea [formazione] [Corrente utilizzo] [Portata]		Den. Linea [formazione] [Corrente utilizzo] [Portata]		Den. Linea [formazione] [Corrente utilizzo] [Portata]		Den. Linea [formazione] [Corrente utilizzo] [Portata]		Den. Linea [formazione] [Corrente utilizzo] [Portata]		Den. Linea [formazione] [Corrente utilizzo] [Portata]	
		Den. Circuito di Arrivo/Smistamento		Den. Circuito di Arrivo/Smistamento		Den. Circuito di Arrivo/Smistamento		Den. Circuito di Arrivo/Smistamento		Den. Circuito di Arrivo/Smistamento		Den. Circuito di Arrivo/Smistamento		Den. Circuito di Arrivo/Smistamento		Den. Circuito di Arrivo/Smistamento		Den. Circuito di Arrivo/Smistamento	
		LINEA L9 (3x1x630 mmq) [I <sub>b</sub> =200A] [I <sub>i</sub> =579A]		LINEA L5 (3x1x630 mmq) [I <sub>b</sub> =261A] [I <sub>z</sub> =579A]		LINEA L3 (3x1x630 mmq) [I <sub>b</sub> =200A] [I <sub>z</sub> =579A]		LINEA L1 (3x1x630 mmq) [I <sub>b</sub> =263A] [I <sub>z</sub> =579A]		LINEA L1 (3x1x630 mmq) [I <sub>b</sub> =263A] [I <sub>z</sub> =579A]		LINEA L1 (3x1x630 mmq) [I <sub>b</sub> =263A] [I <sub>z</sub> =579A]		Semiquadro 1		Semiquadro 1		Semiquadro 1	
		Semiquadro 6		Semiquadro 5		Semiquadro 3		Semiquadro 1		Semiquadro 1		Semiquadro 1		Semiquadro 1		Semiquadro 1		Semiquadro 1	
		QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE		QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE		QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE		QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE		QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE		QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE		QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE		QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE		QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE	





Sottocampo	Cabina	Potenza del trasformatore MT/BT	N. totale inverter sottesi SUN2000-215KTL-H0 [200 kW cad.]	N. totale inverter sottesi SUN2000-105KTL-H1 [105 kW cad.]	Potenza nominale uscita inverter [kW]	Corrente uscita max da cabina [A]	CABINA RACCOLTA E SMISTAMENTO GENERALE LINEE 30 kV PRODUZIONE CAMPO AGROVOLTAICO VERSO SSE		QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE		
							Den. Linea [formazione] [Corrente utilizzo] [Portata]	Den. Circuito di Arrivo/Smistamento	Den. Linea [formazione] [Corrente utilizzo] [Portata]	Den. Circuito di Arrivo/Smistamento	
C	C1	630	2	1	505	11	L11 3x 1x 120mmq [lb=91A] [lz=220A]	Semiquadro 4	LINEA L4 (3x1x630 mmq) [lb=153A] [lz=579A]	QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE	
	C2	800	3	0	600	12,5					
	C3	1.600	7	0	1.400	30					
	C5	1.600	7	0	1.400	30					
	C4	800	3	1	705	15					L10 3x 1x 120mmq [lb=65A] [lz=220A]
	C6	2.500	11	0	2.200	46					
D	D1	1.250	6	0	1.200	25	L8 3x 1x 50mmq [lb=25A] [lz=150A]	Semiquadro 2	LINEA L2 (3x1x630 mmq) [lb=105A] [lz=579A]	QUADRO MT 30 kV PRODUZIONE in SSE	
E	E1	2.000	8	1	1.705	36	L7 3x 1x 50mmq [lb=40A] [lz=150A]				
	E2	2.000	8	1	1.705	36	L6 3x 1x 50mmq [lb=40A] [lz=150A]				



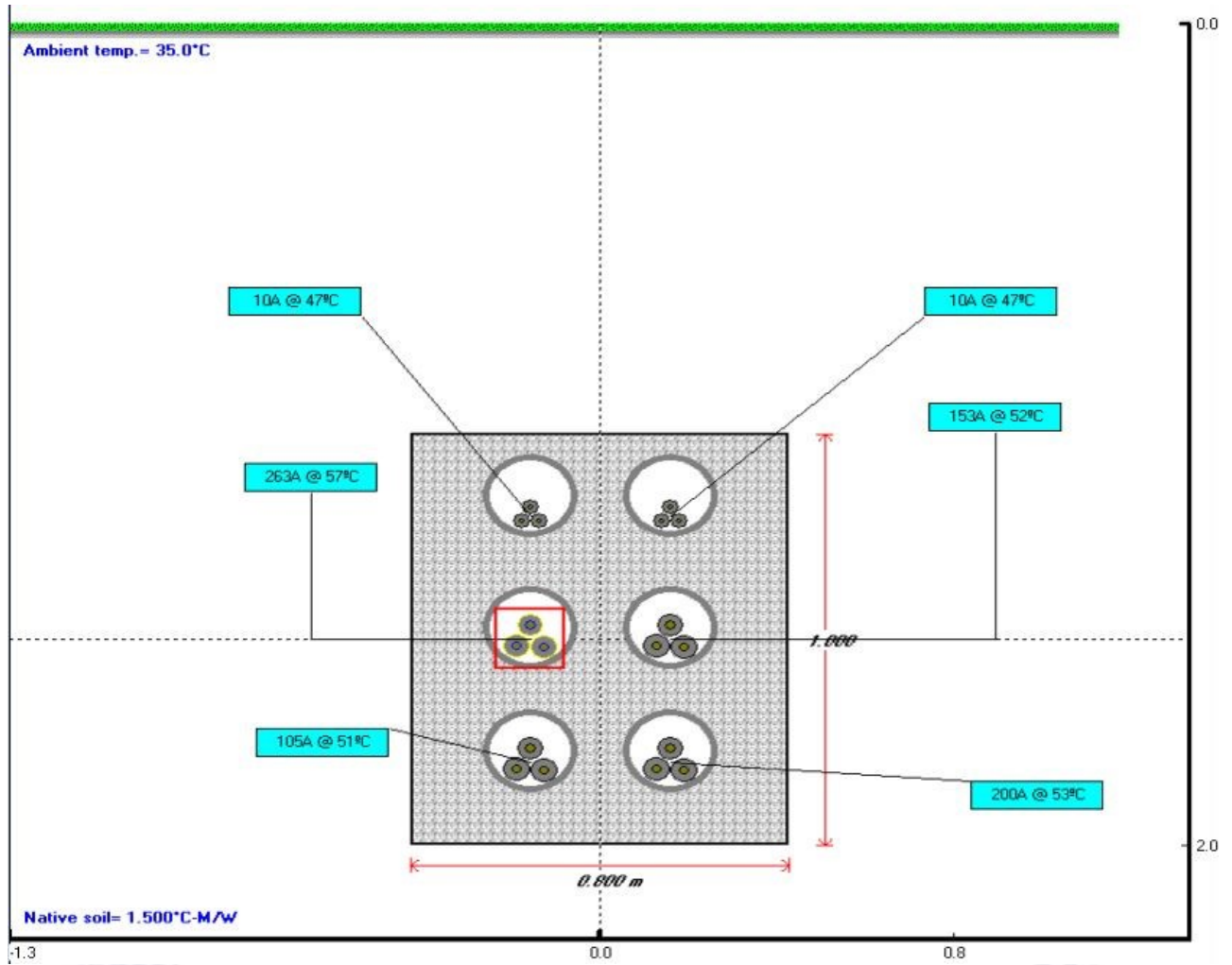
### 3.3 Cavidotti MT di connessione dall'impianto di produzione alla SSE di connessione alla RTN

#### 3.3.1 Introduzione

Le linee MT a 30 kV provenienti dai circuiti asserviti ai singoli sottocampi e/o a gruppi di sottocampi, così come meglio evidente soprattutto nello schema elettrico unifilare di impianto, sono connesse a una "Cabina di Raccolta e Smistamento Generale" da cui partono n.4 linee elettriche in cavo MT interrato verso la SSE AT/MT di Utenza e quindi verso il punto di consegna alla RTN; da questa partono n.4 linee elettriche in cavo interrato in formazione  $3 \times (1 \times 630 \text{ mm}^2)$  le quali, a mezzo di opportuni collegamenti elettrici suddivisi in "Semiquadri", sono predisposte per la trasmissione della totalità dell'energia elettrica prodotta dai sottocampi nello scenario di esercizio normale nonché la trasmissione della totalità dell'energia elettrica prodotta dai sottocampi nello scenario di funzionamento in emergenza, ovvero con diverse linee di trasmissione in MT verso la SSE, e non solo, fuori servizio.

Sono infatti state simulate, per i vari scenari di esercizio, le condizioni di lavoro dei cavidotti previsti, verificandone l'idoneità al funzionamento delle varie condizioni di lavoro possibili.



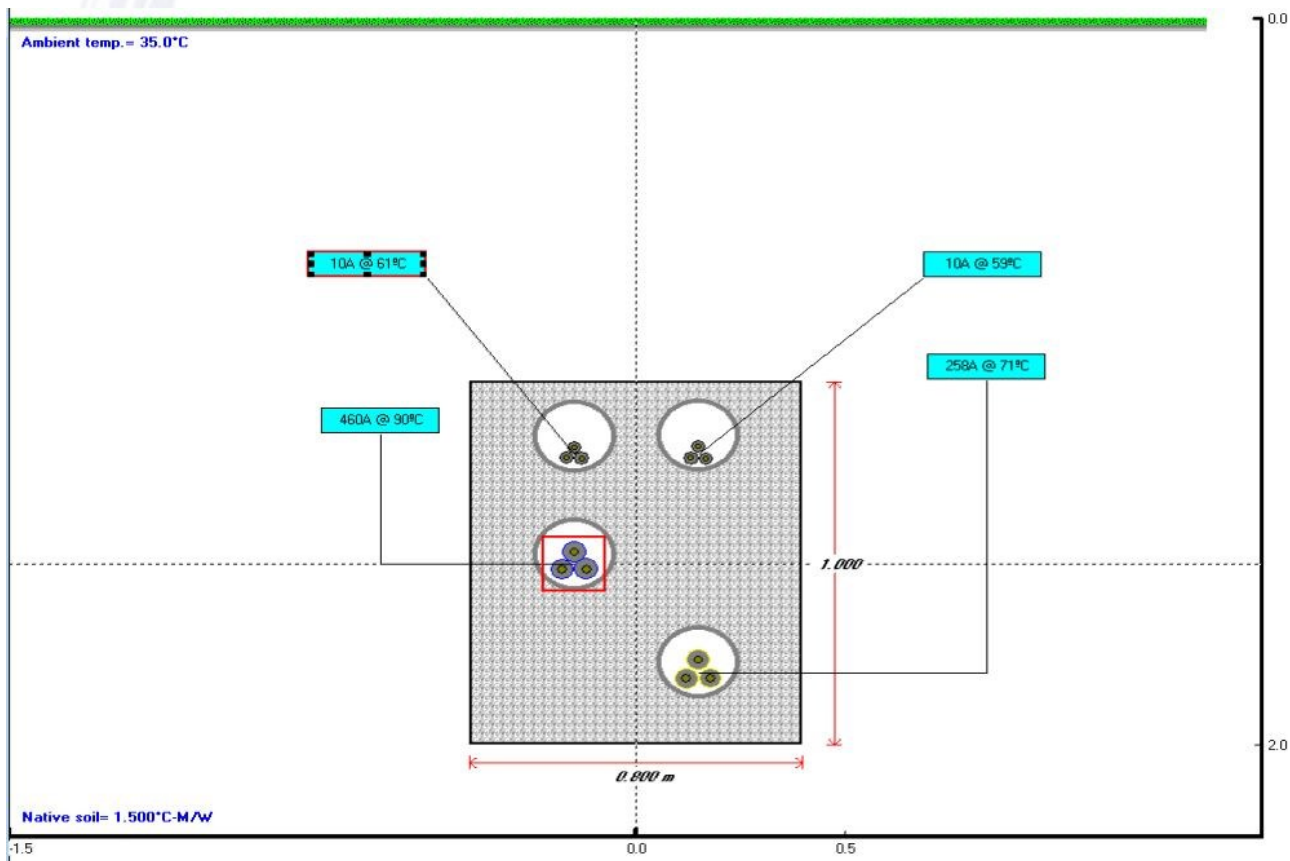




### 3.3.2 Scenari di esercizio in emergenza - Condizioni di esercizio previsti da progetto

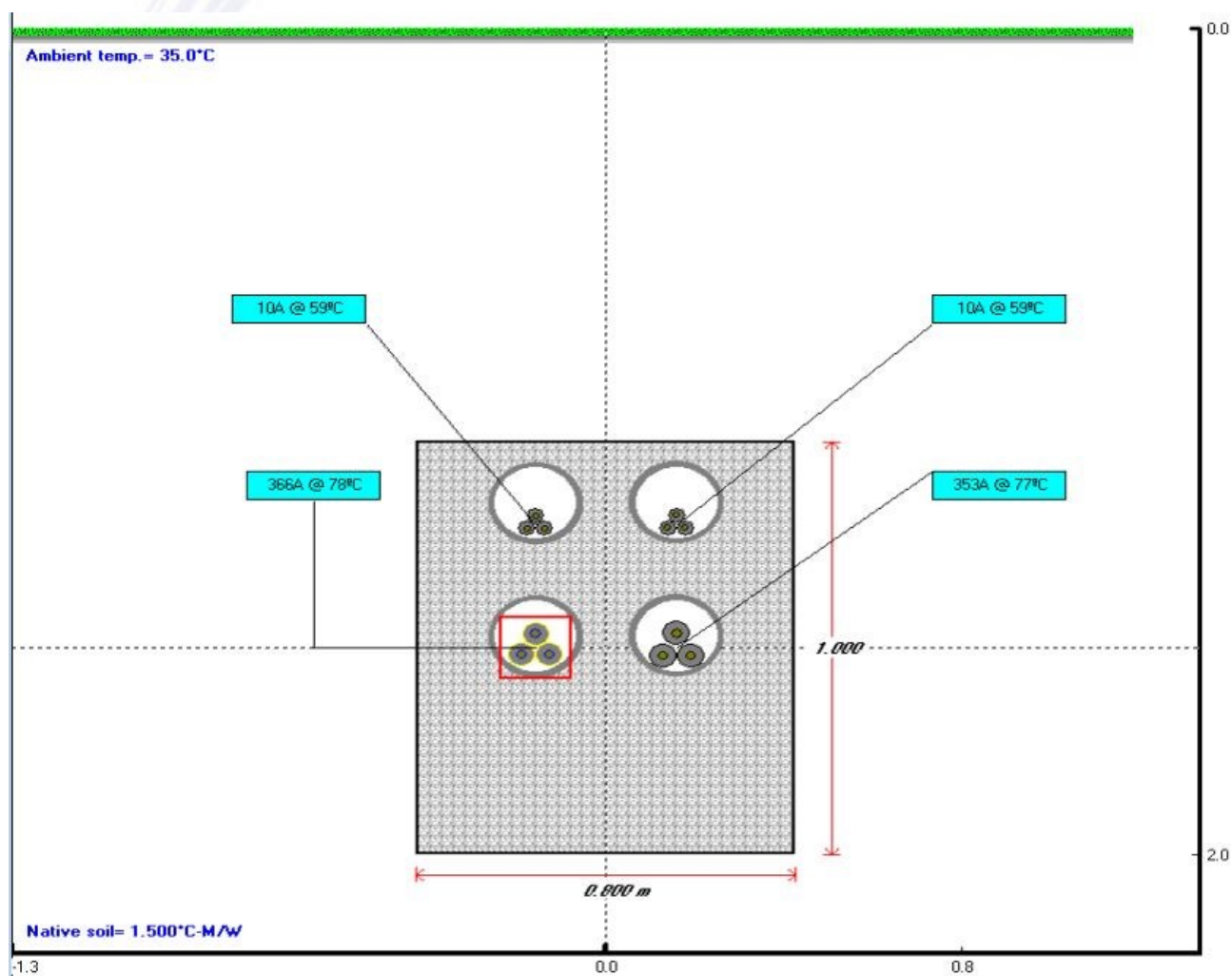
Lo scenario di esercizio più gravoso, prevede:

Denominazione linea	Corrente di esercizio	Condizione
L1	461A	In esercizio (L9, C1 Fuori servizio)
L2	0	Fuori servizio
L3	258A	In esercizio
L4	0	Fuori servizio (L2, L4 Fuori servizio)
AUX1	10A	In esercizio
AUX2	10A	In esercizio



Lo scenario di esercizio in emergenza più equilibrato, prevede:

Denominazione linea	Corrente di esercizio	Condizione
L1	366A	In esercizio (L2, C2 Fuori servizio)
L2	0	Fuori servizio
L3	0	Fuori servizio
L4	353A	In esercizio (C2,C4,L2, L3 Fuori servizio)



## 4 Valutazione preventiva dei campi elettromagnetici

### 4.1 Premessa

La presente sezione riguarda la valutazione di impatto elettromagnetico relativa alle infrastrutture elettriche in media e alta tensione necessarie per la realizzazione e il collegamento alla RTN della centrale agrovoltaica in oggetto e delle ulteriori centrali di produzione con le quali è stato e/o sarà sottoscritto apposito atto di condivisione opere, quindi con specifico riferimento alle opere necessarie e connesse alla connessione in AT a 150 kV delle stesse alla RTN.

Nel documento si valuterà l'intensità dei campi elettromagnetici e si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le fasce di rispetto delle infrastrutture sopra dette.

La stessa intende:

- verificare i campi elettromagnetici relativamente alle opere sopra dette nel rispetto dei limiti di esposizione di cui al DPCM 8 luglio 2003 e sue modifiche e integrazioni;
- valutare l'intensità dei campi elettromagnetici ed individuare, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le fasce di rispetto ad esse relative.

### 4.2 Campi elettromagnetici

A ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, anche se non acceso, è associato un campo elettrico che è proporzionale alla tensione della sorgente cui è collegato.

I campi elettrici sono creati da differenze di potenziale elettrico, o tensioni: più alta è la tensione, più intenso è il campo elettrico risultante. Un campo elettrico esiste anche se non circola corrente.

L'intensità dei campi elettrici è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi.

I campi magnetici si creano quando invece circola una corrente elettrica: più alta è la corrente, più intenso è il campo magnetico. I campi magnetici sono prodotti perciò dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. Essi governano il moto delle cariche elettriche. 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 ( $\mu$ T).



Se circola una corrente, l'intensità del campo magnetico varia con il consumo di potenza e quindi dall'intensità di corrente in gioco, mentre l'intensità del campo elettrico rimane costante.

I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente.

Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco (tensioni fino a 150.000 V e frequenze di 50 Hz) i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente perché disaccoppiati.

#### 4.3 Descrizione delle opere

Gli impianti analizzati, pertanto, sono costituiti da:

- Cabine elettriche MT/BT di Campo 30/0,8 kV;
- Cavidotti BT di connessione degli inverter alle Cabine di Campo;
- Cavidotti MT 30 kV di collegamento delle Cabine di Campo tra di loro e con la SSE;
- Cavidotti di alimentazione dei servizi ausiliari della SSE, delle Cabine di Campo e del Campo Fotovoltaico in generale;
- Cabine 20/0,4 kV di alimentazione dei servizi ausiliari di impianto;
- Cavidotti MT 20 kV di collegamento delle Cabine di Campo tra di loro e con la SSE per l'alimentazione dei servizi ausiliari;

L'attenzione è stata concentrata sugli impianti in bassa, media e alta tensione in considerazione del fatto che le componenti di impianto in corrente continua (sistema BT a 110 V cc per l'alimentazione dei dispositivi di protezione) non forniscono alcun contributo agli ELF.

#### 4.4 Documenti di riferimento e richiami normativi

##### 4.4.1 Leggi e norme tecniche di riferimento

- Legge n.36 del 22 febbraio 2001 Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- D.P.C.M. 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 (50Hz) generati dagli elettrodotti";



- DM del MATTM del 29.05.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- DL 9 aprile 2008 n° 81 “Testo unico sulla sicurezza sul lavoro”;
- Decreto Legislativo 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)
- Norma CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”;
- Norma CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo”;
- Norma CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV”;
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- Norma 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”;
- Norma CEI 106-12 “Guida pratica ai metodi di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT”;

**4.4.2 Terminologia**

- Sorgenti di campi ELF: ci si riferisce ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza compresi nell’intervallo tra 0Hz e 3kHz. In particolare ci si riferisce alle linee elettriche per il trasporto e la distribuzione dell’energia elettrica e agli impianti per la trasformazione di tale energia nonché tutte quelle applicazioni alimentate a corrente elettrica di uso medico, industriale, civile e domestico.
- Campo elettrico (E): dipende principalmente dalla tensione a cui funziona la sorgente. La sua intensità viene espressa in volt per metro (V/m).
- Campo magnetico (H): dipende principalmente dalla corrente che circola nella sorgente. La sua intensità si esprime in ampere per metro (A/m)
- Induzione magnetica (B): è legata al campo magnetico H dalla permeabilità magnetica ( $\mu$ ) del mezzo attraverso il quale tali grandezze si propagano, si misura in tesla (T).

#### 4.4.3 Legislazione italiana

In materia di prevenzione dai rischi di esposizione delle lavoratrici, dei lavoratori e della popolazione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici il riferimento legislativo è costituito dalla legge quadro n. 36 del 22 febbraio 2001. La legge 36, all'art. 4 comma 2, rimanda ad un successivo decreto attuativo la definizione dei limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico. Di fondamentale importanza risulta l'art. 3 della legge che riporta le definizioni:

- **elettrodotta:** è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- **esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici:** è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- **esposizione della popolazione:** è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;
- **limite di esposizione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori;
- **valore di attenzione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

Obiettivi di qualità sono:

- i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8;





- i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva mitigazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Il **DPCM 8 luglio 2003** attua quanto previsto dalla legge quadro riguardo alla "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". Agli articoli 3 e 4 esso stabilisce i seguenti limiti:

- **Limite di esposizione:** **100  $\mu\text{T}$**  per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico.
- **Valore di attenzione:** nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, **10  $\mu\text{T}$**  per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio dell'elettrodotto;
- **Obiettivo di qualità:** 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 ... (omissis)...., ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, e' fissato l'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.

In base all'art. 5 le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 prima edizione e successivi aggiornamenti. Inoltre, il sistema agenziale APAT-ARPA dovrà determinare le procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero dell'ambiente, per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità. Per la verifica delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, oltre alle misurazioni e determinazioni di cui sopra, il sistema agenziale APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su dati tecnici e storici dell'elettrodotto. Dal campo di applicazione del DPCM è espressamente esclusa, invece, l'applicazione dei limiti, valori di attenzione e obiettivi di qualità di cui sopra ai lavoratori esposti ai campi per ragioni professionali (art. 1 comma 2). Inoltre, in base all'art. 1 comma 3 per tutte le sezioni di





impianto non incluse nella definizione di “elettrdotto” o che sono esercite con frequenze diverse dai 50 Hz, fino a 100 kHz, si applicano i limiti della **raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999**, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999.

#### 4.4.4 Normativa Italiana CEI

La costruzione ed esercizio della centrale elettrica, così come riportato negli elaborati tecnici di progetto, sarà eseguita secondo le norme di legge e le norme tecniche del CEI nonché, per la parte di connessione alla rete, secondo le disposizioni normative di Terna e di Enel Distribuzione SpA. La valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale è invece argomento della Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”, dalla quale sono state tratte tutte le ipotesi di calcolo. In particolare:

- tutti i conduttori costituenti la linea (sia i conduttori attivi sia i conduttori di guardia) sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro; in base a queste ipotesi, si trascura la componente longitudinale dell’induzione magnetica; nella realtà, i conduttori delle linee aeree suddetti si dispongono secondo una catenaria, ma la componente longitudinale non supera in genere il 10% delle altre componenti del campo, per cui l’errore che si commette, nel calcolo della risultante, è certamente inferiore, in percentuale, a questo valore;
- i conduttori sono considerati di forma cilindrica, con diametro costante. Nel caso di conduttori aerei disposti a fascio, si suppone che la distanza tra i singoli conduttori a uguale potenziale sia piccola rispetto alla distanza tra i conduttori a diverso potenziale; si suppone inoltre che i conduttori appartenenti ad un fascio siano uguali tra di loro e che, in una sezione normale del fascio, i loro centri giacciono su una circonferenza (circonferenza circoscritta al fascio); in base a queste ipotesi, si sostituisce al fascio di sub-conduttori un conduttore unico di opportuno diametro equivalente;
- il suolo è considerato piano, privo di irregolarità, perfettamente conduttore dal punto di vista elettrico, perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico;
- si trascura l’influenza sulla distribuzione del campo dei tralicci stessi, di piloni di sostegno, degli edifici, della vegetazione e di qualunque altro oggetto che si trovi nell’area interessata, ovvero si calcola il campo imperturbato.

Le ipotesi suddette permettono di ridurre il calcolo del campo ad un problema piano, essendo, in questo caso, la distribuzione stessa uguale su qualunque sezione normale all'asse longitudinale della linea. A parità di altri fattori, l'accuratezza dei dati forniti è ovviamente tanto maggiore quanto più le condizioni reali sono aderenti a quelle sopra elencate.

La guida **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" costituisce l'applicazione delle formule fornite dalla guida CEI 211-4 ai diversi tipi di elettrodotti, quindi anche interrati. A sufficiente distanza dalla terna di conduttori, la superficie su cui l'induzione assume lo stesso valore (superficie isolivello) ha con buona approssimazione la forma di un cilindro avente come asse la catenaria ideale passante per il baricentro dei conduttori. La sezione trasversale di tale cilindro è una circonferenza. Prendendo in considerazione il valore di  $3 \mu T$ , si può calcolare il raggio della corrispondente circonferenza, che costituisce la fascia di rispetto.

#### 4.4.5 Considerazioni

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP.

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito, il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di una ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla CE di continuare ad adottare tali linee guida.

Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico.

L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti; ha definito il valore di attenzione, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine; ha definito, infine, l'obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante che le raccomandazioni del Consiglio della Comunità Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP; tutti i paesi dell'Unione Europea, hanno accettato il parere del Consiglio della CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 8.7.2003, che ha fissato il limite di esposizione in 100 microtesla per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10 microtesla, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 microtesla. È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Non si deve dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea.

Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 8.7.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento. Infatti il DM del MATTM del 29.05.2008, che definisce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto degli elettrodotti, riprende l'art. 6 di tale D.P.C.M..

#### **4.5 Algoritmi di calcolo**

I campi ELF sono quelli a frequenza inferiore a 300 Hz. La frequenza industriale di 50 Hz e' quella tipica della produzione, distribuzione e impiego dell'energia elettrica in Italia e in Europa.

In questo caso si tratta più propriamente di campi elettrici e campi magnetici, poiché essi si manifestano come agenti fisici separati.

I campi ELF possono essere stimati attraverso l'utilizzo di programmi di calcolo la cui applicazione richiede la conoscenza di alcuni dati della linea elettrica.

In particolare serve conoscere:

- le caratteristiche geometriche della linea (diametro dei conduttori e loro reciproca posizione nello spazio, altezza da terra);
- le sue caratteristiche elettriche (tensione, intensità di corrente e disposizione delle fasi);



- la posizione (distanza e altezza) del punto dove devono essere valutati i campi rispetto ai conduttori della linea.

Gli algoritmi di calcolo del campo elettrico e del campo magnetico generati da una linea composta da un certo numero di conduttori attivi, si rifanno direttamente alle indicazioni della norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche" pubblicato dal Comitato Elettrotecnico Italiano nel Luglio 1996.

Il modello consente di calcolare i campi ELF in qualsiasi sezione trasversale della linea, considerando l'altezza reale dei conduttori nella sezione in esame.

#### 4.5.1 Principi di calcolo del campo elettrico

Per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. Ovvero per ogni conduttore reale attivo andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

dove:

$\lambda$  = densità lineare di carica sul conduttore

$\epsilon_0$  = permittività del vuoto

$d$  = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

$\vec{u}_r$  = versore unitario con direzione radiale al conduttore

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori cilindrici, rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e dette  $(x_i, y_i)$  le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali del campo elettrico





prodotto nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

$$E_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[ \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

$$E_y = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[ \frac{y - y_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{y + y_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

#### 4.5.2 Principi di calcolo del campo magnetico

L'algoritmo di calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge di Biot-Savart che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo per corso da una corrente I attraverso la:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d} \vec{u}_I \times \vec{u}_r$$

dove:

- d è la distanza tra il conduttore e il punto di calcolo;
- i versori  $u_I$  e  $u_r$  indicano, rispettivamente, il versore della corrente e della relativa normale;
- x indica il prodotto vettoriale;

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e come precedenza dette (xi, yi) le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

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

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



#### 4.5.3 Valore della corrente utilizzata nel calcolo

Il DM 29.05.2008 impone di utilizzare per il calcolo il valore della portata in regime permanente, così come definita nella norma CEI 11-60 per le linee aeree, e nella norma CEI 11-17 per le linee in cavo.

Per queste ultime, ai fini del calcolo, non si sono considerate le correzioni dovute alle condizioni di posa, in via cautelativa.

E' da notare inoltre che le correnti di utilizzo dei componenti dell'impianto esaminati sono largamente inferiori al valore di corrente utilizzato nella simulazione dei campi elettromagnetici generati, totalmente a favore della sicurezza.

#### 4.5.4 Linee guida per il calcolo

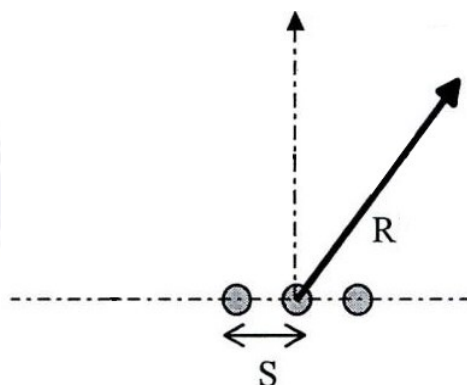
Nel caso di linee elettriche e non, il DM del 29.05.2008 richiama il modello di calcolo normalizzato previsto dalla CEI 106-11, che si rifà a quanto riportato dalla Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".

Tale norma considera la linea infinitamente lunga e consente di calcolare i campi elettromagnetici secondo una sezione trasversale della linea stessa, come riportato nel paragrafo "2.3: Normativa Italiana CEI".

#### 4.5.5 Formule di calcolo indicate nella Norma CEI 106-11

##### 4.5.5.1 Conduttori in piano

Nel caso di conduttori paralleli, posati a una distanza  $S$  [m] e percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate  $I$  [A], si andranno a riportare le formule di calcolo approssimate dettate dalla CEI 106-11.



Rappresentazione grafica del sistema elettrico in esame valido per i conduttori disposti in piano





Per determinare il campo magnetico B risultante a una data distanza R dal centro geometrico del sistema di conduttori viene utilizzata la seguente formulazione:

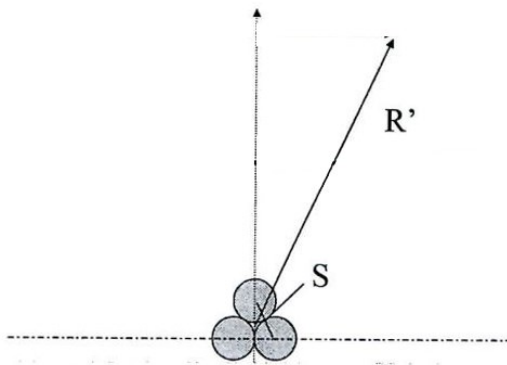
$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} [\mu T]$$

Dalla suddetta equazione, si ricava la distanza R' (distanza dal centro geometrico dei conduttori che coincide con il conduttore centrale) corrispondente ad un valore di B pari a 3  $\mu T$ :

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} [m]$$

#### 4.5.5.2 Conduttori disposti a triangolo

Si considera una terna di conduttori disposti ai vertici di un triangolo equilatero con distanza tra i conduttori pari a S [m], percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].



Rappresentazione grafica del sistema elettrico in esame valido per i conduttori disposti ai vertici di un triangolo

L'induzione magnetica B [ $\mu T$ ] in punto distante R [m] dal baricentro dai tre conduttori, con  $R \gg S$ , è data dalla seguente equazione approssimata:

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

Dalla suddetta equazione, si ricava la distanza R' (distanza dal centro geometrico dei conduttori che coincide con il conduttore centrale) corrispondente ad un valore di B pari a 3  $\mu T$ :

Progettazione civile e inserimento ambientale		Agronomia e studi culturali	Progettazione elettrica
 Arch. Andrea Giuffrida		Dott. Agr. Gianfranco Giuffrida	



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

Nel caso di linee reali con disposizione geometrica dei conduttori assimilabile alla disposizione a triangolo, come parametro S si assume la media delle distanze tra i tre conduttori.

#### 4.5.6 Calcolo delle DPA per le Cabine di trasformazione secondo D.M. 29 maggio 2008

Nel caso di cabine elettriche di trasformazione secondaria, ai sensi del paragrafo 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina secondaria, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (paragrafo 5.2.1) applicando la seguente relazione:

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

#### 4.6 Software di Calcolo

Nel caso di linee elettriche e non, il DM del 29.05.2008 richiama il modello di calcolo normalizzato previsto dalla CEI 106-11, che si rifà a quanto riportato dalla Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".

Tale norma considera la linea infinitamente lunga e consente di calcolare i campi elettromagnetici secondo una sezione trasversale della linea stessa, come riportato nel paragrafo "Normativa Italiana CEI".

Il software di calcolo utilizzato è stato sviluppato in ambiente MATLAB, e si basa sull'algoritmo definito dalla CEI 211-4 e nel par. 3.2 "Principi di calcolo del campo magnetico": esso riceve in ingresso le caratteristiche geometriche del sistema elettrico e il valore delle correnti da utilizzare, quindi elabora le componenti verticali e orizzontali del campo magnetico prodotto dai singoli conduttori, tenendo conto dei loro sfasamenti, combina le varie componenti e fornisce come output principale il valore efficace del campo magnetico risultante.

I risultati del calcolo forniti sono in linea con quelli derivanti dall'utilizzo delle formule approssimate dettate dalla CEI 106-11.

Verranno inoltre riportati dei risultati disponibili in letteratura ottenuti mediante il software di calcolo "EMF TOOLS" sviluppato dal CESI.

#### 4.7 Valutazione dei campi magnetici generati dai componenti dell'impianto

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, esse sono in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08/07/2003 di cui alla Legge. n° 36 del 22/02/2001.

Il tracciato e la collocazione delle infrastrutture elettriche è stato eseguito tenendo conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a 3  $\mu$ T.

La disposizione delle infrastrutture sarà quella indicata nelle tavole allegare al progetto.

##### 4.7.1 Infrastrutture MT/BT alimentazione ausiliari 20/0,4 kV

###### 4.7.1.1 Premessa

Nelle Cabine di Campo sono presenti dei trasformatori MT/BT 20/0,4 kV per alimentazione dei servizi ausiliari; i trasformatori MT/BT hanno potenza pari a 160 kVA.

Le Cabine sono connesse tra di loro e con la SSE attraverso dei cavidotti MT a 20 kV con cavi elicordati aventi sezione del conduttore pari a massimi 120 mmq.

###### 4.7.1.2 Cabine di Campo – Trasformatori MT/BT alimentazione ausiliari 20/0,4 kV 250 kVA

Nel caso di cabine elettriche, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

1. Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
2. Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) espressa in m (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

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

Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore.

Nel caso in esame, con trasformatori aventi potenza nominale pari a massimi  $S_n = 250$  kVA e con tensione nominale secondaria  $V_n = 400$  V, vale quanto segue:

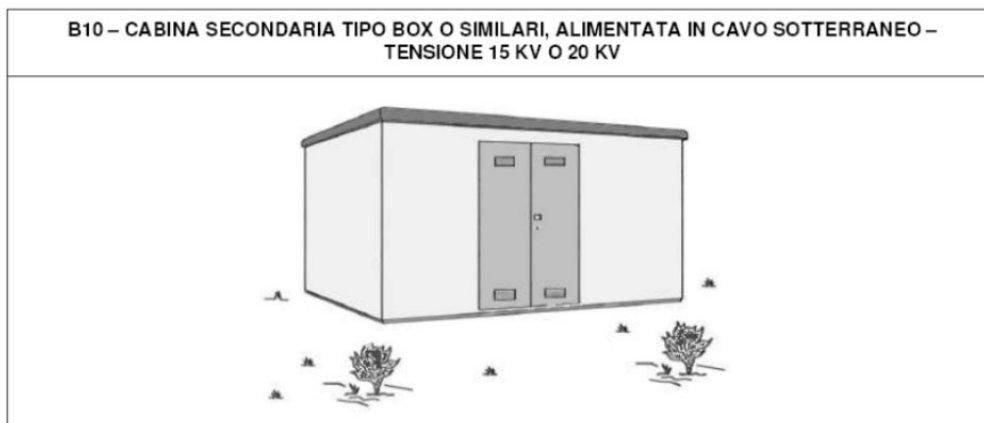
$$I = \frac{S_n}{\sqrt{3} * V_n} = \frac{250}{\sqrt{3} * 400} \cong 362A$$

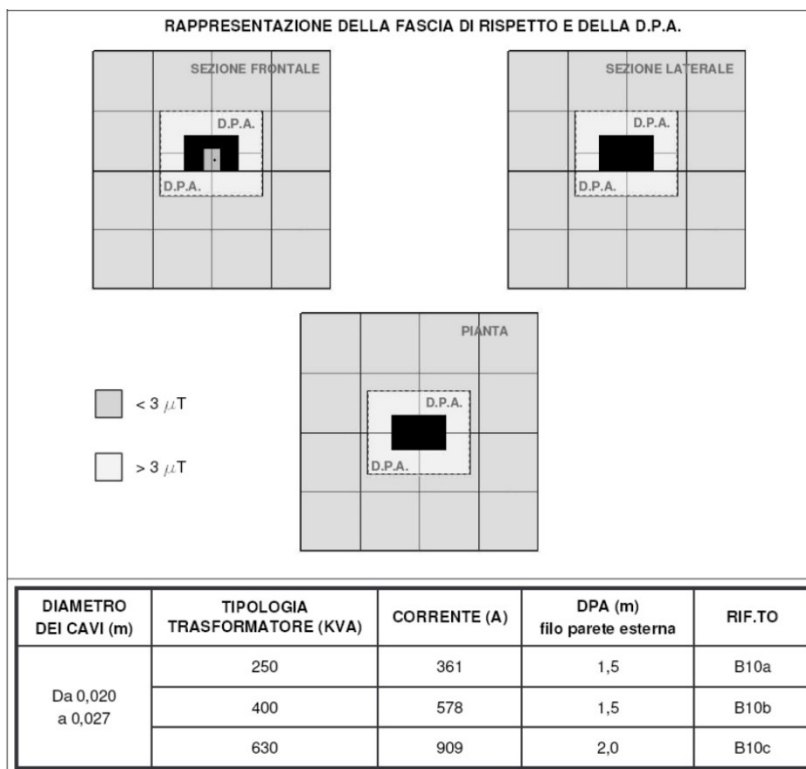
La linea trifase in uscita dal trasformatore BT viene realizzata mediante n.1 cavo per fase tipo FG16R16 con diametro del conduttore pari a  $240 \text{ mm}^2$ , aventi portata complessiva pari a 490A e diametro esterno massimo  $x$  pari a 28,4 mm. Pertanto si ottiene:

$$Dpa = 0,40942 * (28,4 * 10^{-3})^{0,5241} * \sqrt{490} \cong 1,21m$$

Per le Cabine di Campo, locali trasformazione MT/BT ausiliari, quindi, si assume cautelativamente una DPA pari a 1,5 m dalle pareti esterne della stessa.

In tal caso, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto, la DPA vale 1,5 m dalle pareti esterne dalle Cabine.





**Dpa per le Cabine MT/BT ausiliari in campo con trasformatore di potenza 250 kVA  
è pari a 1,5m dalle pareti esterne della Cabina stessa**

#### 4.7.1.3 Linee MT a 20 kV per alimentazione ausiliari

Le linee interrate, necessarie per la connessione da linea aerea MT alle nuove cabine di consegna per alimentazione ausiliari, sono costituite da terne trifase formate da cavi unipolari avvolti ad elica visibile, sistemate in apposito alloggiamento sotterraneo o direttamente interrate; per essi vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

I campi elettrici prodotti sono trascurabili grazie allo schermo dei cavi posto a terra ad entrambe le estremità e in corrispondenza di alcuni giunti, e grazie all'effetto schermante del terreno stesso.

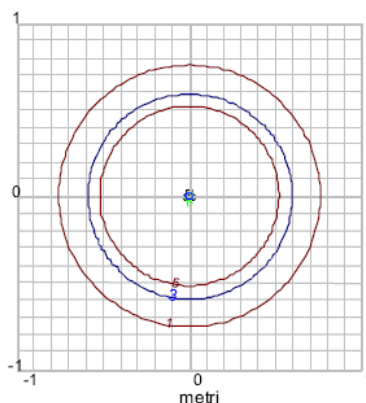
Per quanto riguarda la generazione di campi magnetici, si trova che la disposizione a trifoglio dei cavi unipolari consente di avere campi magnetici assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i cavi. Infatti i campi magnetici, interagendo tra loro, si attenuano a vicenda. Si ricorda che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è estremamente dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi. Per assurdo, infatti, se i tre



conduttori coincidessero nello spazio, il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori.

I cavi MT avranno una sezione pari a  $185 \text{ mm}^2$ , posati nel terreno ad una profondità minima di 1 m, disposti a trifoglio spiralato in modo da garantire la trasposizione delle fasi ed annullare gli effetti delle mutue induttanze.

Come illustrato nella norma CEI 106-11, la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$ , anche nelle condizioni limite di conduttori di sezione maggiore e relativa "portata nominale", venga raggiunto già a brevissima distanza ( $50 \div 80 \text{ cm}$ ) dall'asse del cavo stesso.



*Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT sotterranea 3x(1x 185) interrata in cavo elicordato  
(dalla Norma CEI 106-11)*

La stessa CEI 106-11 riporta, al paragrafo 7.1.1, la seguente dicitura: "Le linee in cavo sotterraneo sia di media che di bassa tensione sono posate ad una profondità di circa 80 cm per cui già a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a  $3 \mu\text{T}$ . Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque".

Ancora la CEI 106-11, al paragrafo 7.1.3, riporta: "Alla luce di quanto evidenziato e tenendo conto che le considerazioni ed i calcoli sono stati condotti per le correnti ai limiti di portata nominale dei conduttori di sezione maggiore per le diverse tipologie di impianto, **per tutti i cavi cordati di media e di bassa tensione, le normali distanze di rispetto prescritte dalla normativa tecnica in vigore (DM 16.01.1991) garantiscono anche il conseguimento dell'obiettivo di qualità prescritto dal DPCM 8.7.2003.**"



Inoltre si cita quanto riportato al documento ENEL “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”, il quale illustra i risultati di calcolo effettuati tramite il software “EMF TOOLS”.



**Fascia di rispetto per un cavo MT 3x1x185 mm<sup>2</sup> ad elica visibile**

Risulta evidente che la fascia di rispetto, pari a circa 70 cm, è inferiore alla minima profondità di posa del cavo pari a 1 m; ne consegue, pertanto, **che i campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti a media tensione interrati sono inferiori ai limiti fissati dalle leggi vigenti già a livello del terreno in corrispondenza del cavidotto.**

Si fa notare in proposito che anche il recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, in quanto le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n.449/88 e al decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 Gennaio 1991; pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nelle norme richiamate.

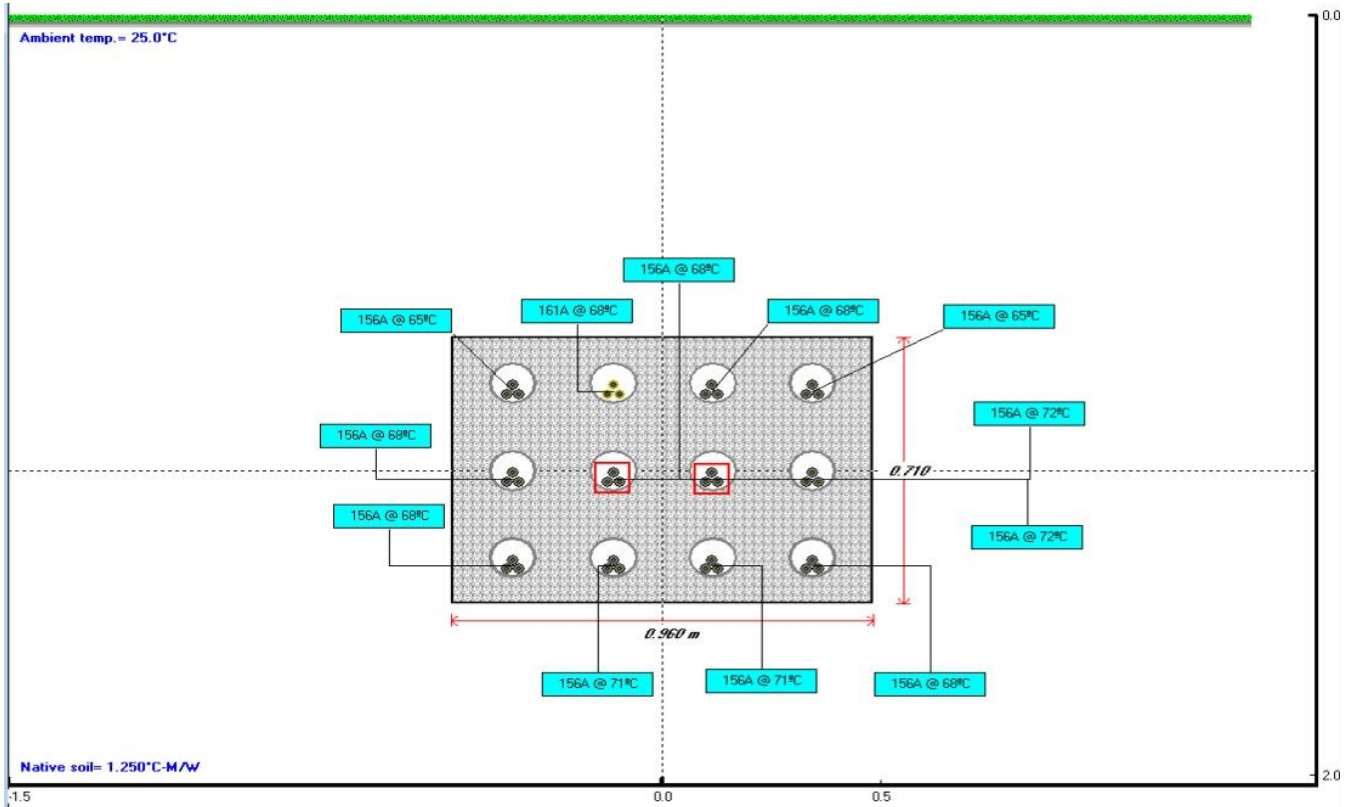
#### 4.7.2 Linee BT in arrivo dagli inverter alle Cabine di Campo

E' stata analizzata la situazione più gravosa, che vede n.12 inverter da 200 kW connessi a una singola cabina di campo, con n.12 linee in ingresso in formazione cavi ARG16R16 3x1x300 mmq.

Ogni cavidotto, interessato dalla massima corrente di utilizzo prevista pari a 156A, lavora a max 72°C, inferiori alla massima temperatura di esercizio prevista dal produttore pari a 90°C.

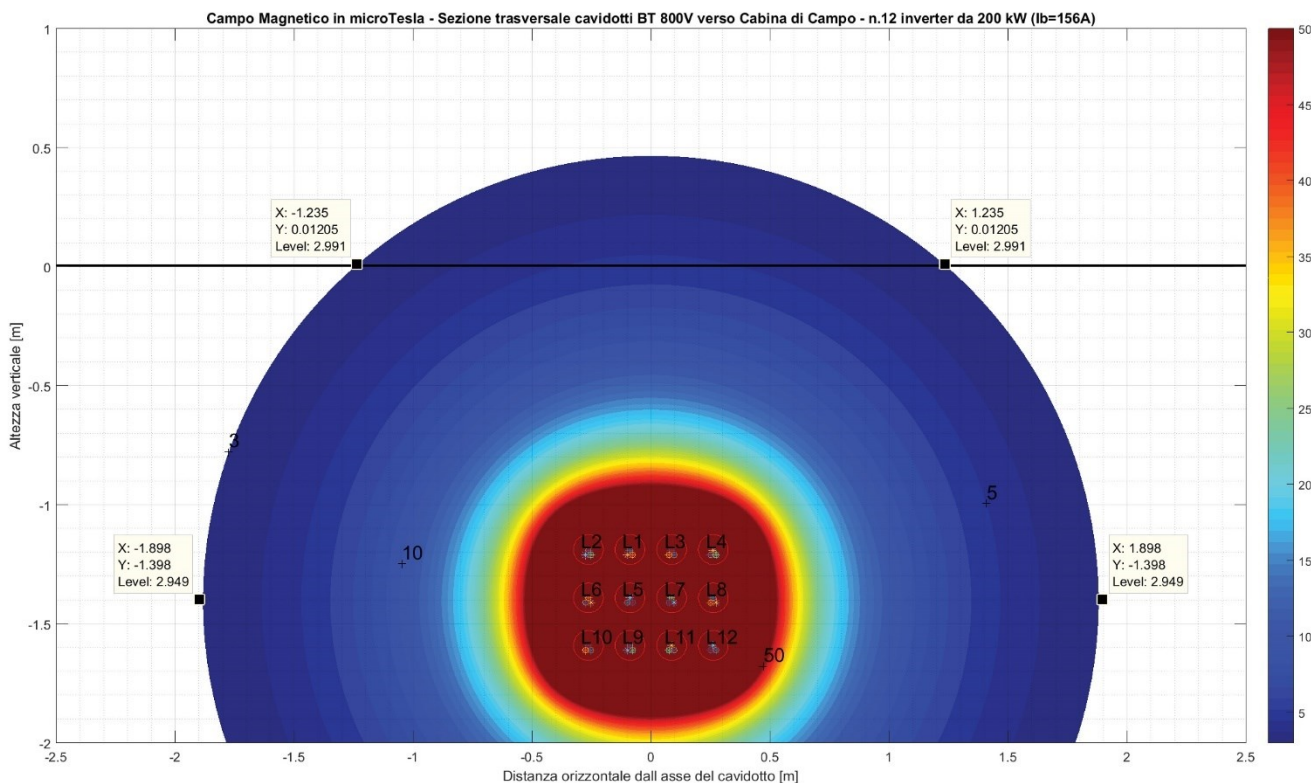
La simulazione è stata condotta con software CYMCAP, inserendo come condizioni al contorno quelle più gravose previste.





Viene di seguito riportato il risultato di calcolo ottenuto mediante il software sviluppato in MATLAB utilizzando la formulazione di Biot-Savart. **L'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T si ottiene a 2m dall'asse del cavidotto. A livello del suolo, si ha il rispetto dei limiti imposti già a 1.5 m dall'asse del cavidotto.**





**4.7.3 Cabina di campo di trasformazione MT/BT – Caso limite con Trasformatore 2.500 kVA**




Ogni sottocampo è collegato ad una cabina elettrica (cabina di campo) interna all’impianto dove sono alloggiati i Quadri di MT, il trasformatore BT/MT e il Quadro di BT per il parallelo e la protezione degli inverter.

È ormai certo sia in letteratura che nelle prove sperimentali condotte da diverse ARPA in Italia, che nelle cabine di trasformazione MT/BT l’emissione di campi elettrici e soprattutto magnetici è da attribuire al trasformatore e alle sbarre del quadro di bassa tensione.

La valutazione dei campi generati dal trasformatore parte da dati sperimentali su una taglia e tipo standard di trasformatore MT/BT per poi essere estesa con le dovute approssimazioni alla varia gamma di tipologie e potenze.

Nel caso di cabine elettriche, ai sensi del § 5.2 dell’allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

1. Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell’impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.

<p><b>Progettazione civile e inserimento ambientale</b></p>	<p><b>Agronomia e studi culturali</b></p>	<p><b>Progettazione elettrica</b></p>
 <p>Arch. Andrea Giuffrida</p>	 <p>SOCIETA' DI INGEGNERIA ROMA-VIA CILICIA 35</p>	 <p>IMPIANTI FOTOVOLTAICI, EDUCI E TECNOLOGICI</p>



2. Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) espressa in m (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

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

Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore.

Nel caso in esame, con trasformatori aventi potenza nominale pari a massimi  $S_n = 2.500$  kVA e con tensione nominale secondaria  $V_n = 800$  V, vale quanto segue:

$$I = \frac{S_n}{\sqrt{3} * V_n} = \frac{2.500}{\sqrt{3} * 800} \cong 1.800A$$

La linea trifase in uscita dal trasformatore BT viene realizzata mediante n.5 cavi per fase tipo FG16R16 con diametro del conduttore pari a  $240 \text{ mm}^2$ , aventi portata complessiva pari a 1.960A e diametro esterno massimo x di ogni cavo pari a 28,4 mm. Pertanto si ottiene:

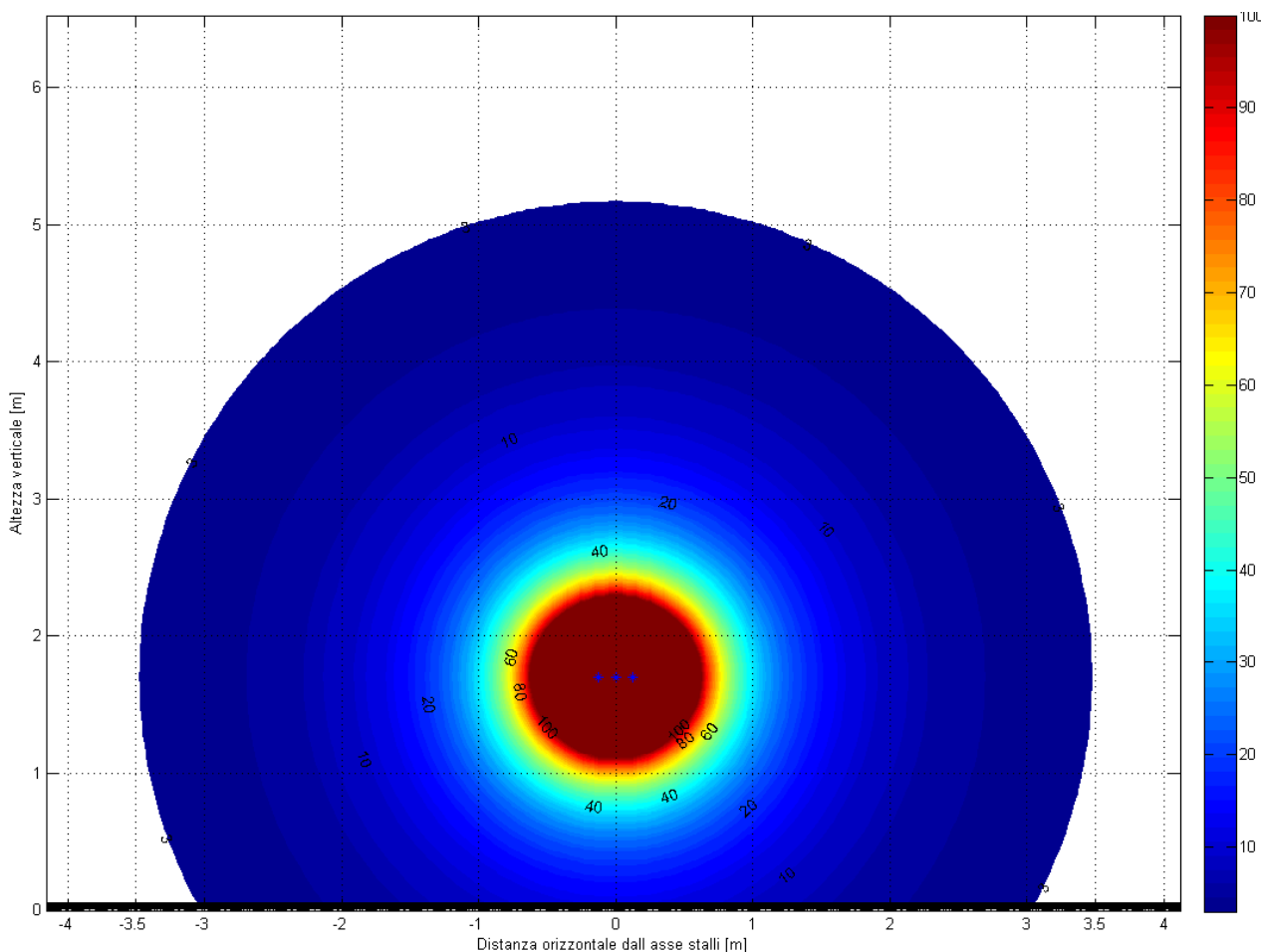
$$Dpa = 0,40942 * (28,4 * 10^{-3})^{0,5241} * \sqrt{1.800} \cong 2,69m$$

Si osserva che la Dpa, distanza oltre la quale viene rispettato l'obiettivo di qualità pari a  $3 \mu T$ , è pari a 2,7 m dall'asse geometrico del trasformatore.

Per la valutazione dei campi generati dalle sbarre di bassa tensione si ipotizza che le sbarre di bassa tensione contenute nel quadro BT in uscita dall'inverter siano disposte in piano e distino l'una dall'altra di una distanza  $d=12,5$  cm.

La corrente nominale nella sezione BT a 800 V, corrispondentemente alla potenza nominale del trasformatore, è circa pari a 1.800 A.





*Curve di equilivello per il campo magnetico delle sbarre BT della cabina di campo*

I risultati del calcolo dell'induzione magnetica hanno mostrato che la massima distanza rispetto all'asse delle sbarre per la quale si ottiene il valore obiettivo di qualità pari a  $3 \mu\text{T}$  è di 3.5 m, come si evince dall'esame della figura.

Per quanto riguarda i campi elettrici questi sono nulli all'esterno considerando l'effetto schermante della cabina e la schermatura del sistema LPS.

In base al recente decreto del 29.05.2008, l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 4 m dalle pareti delle cabine in questione.



#### 4.7.4 Cabine di Raccolta e smistamento

All'interno della Cabina di Raccolta e smistamento generale linee MT 30 kV da Campi FV verso SSE sono presenti i quadri MT ai quali confluiscono le varie linee provenienti dalle Cabine di Campo e dai quali si sviluppano le linee di collegamento verso la SSE.

Essi sono realizzati per consentire il funzionamento indipendente tra diversi semiquadri, ad ognuno dei quali confluiscono le linee di determinati raggruppamenti di cabine di campo, come meglio evidenziato in precedenza e nello schema elettrico unifilare.

Mediante degli interruttori, è possibile isolare determinate linee e, mediante di congiunto di semiquadro, è possibile far confluire l'energia prodotta verso gli altri semiquadri e garantire così la continuità di esercizio negli scenari di "Emergenza". In tali scenari, le sbarre dei quadri MT sono interessate da una corrente superiore a quella che le interessa nello scenario "Normale".

Ai fini del calcolo della Dpa, pertanto, viene considerato il caso peggiore, che vede il Semiquadro 1 interessato dalla totalità della corrente erogata mediante la Cabina di Raccolta e smistamento dei Campi A+B (Semiquadro 5), ovvero a seguito di guasto sulla linea L9 con congiuntore C4 chiuso.

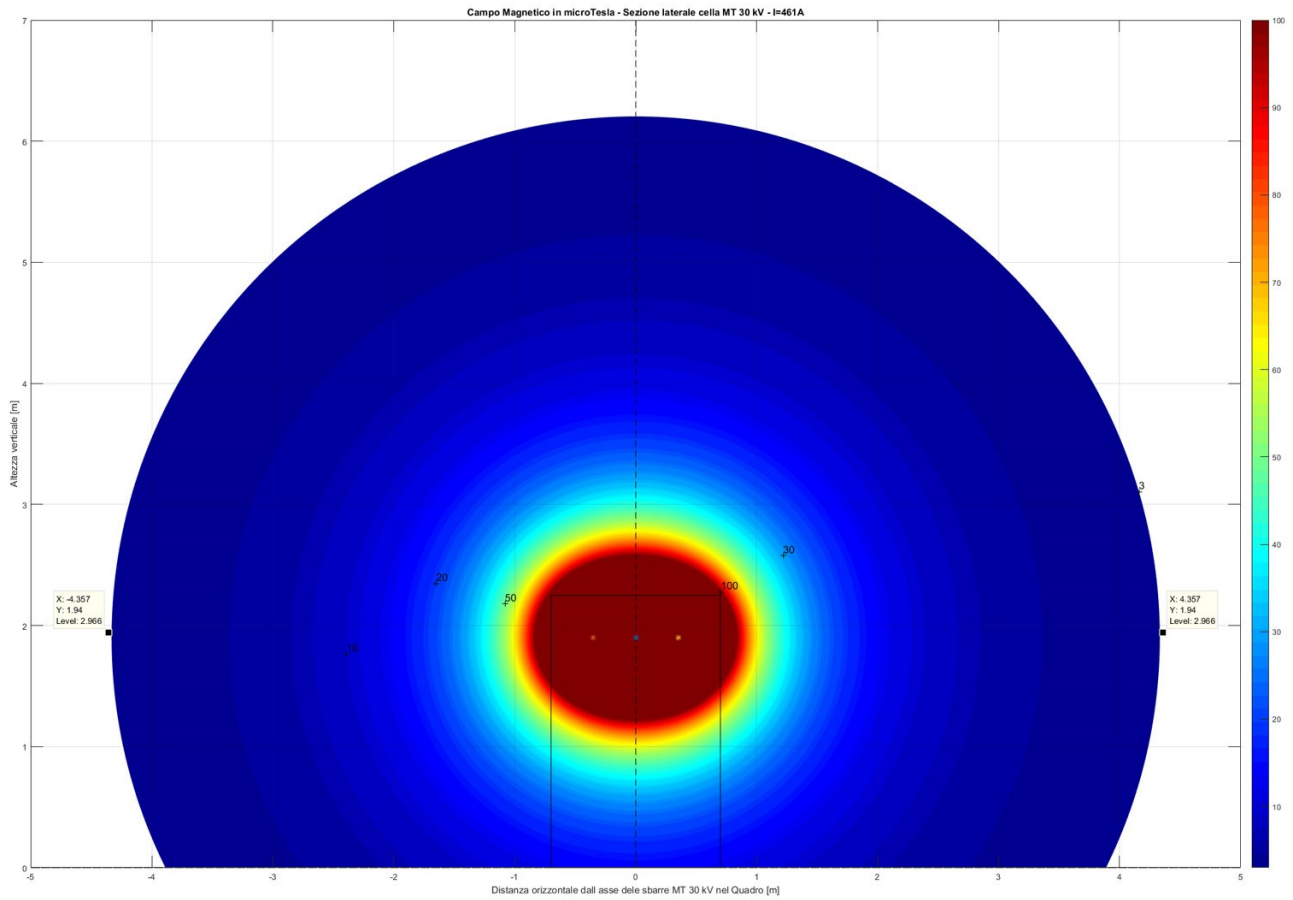
In tal caso, il Semiquadro 1, così come anche il Semiquadro 5, è interessato da una corrente massima pari a 461 A.

La distanza tra le sbarre nel Quadro MT è pari a 35mm, come da scheda tecnica della cella tipica MT 36 kV prevista.

Ai fini del rispetto del valore obiettivo di qualità pari a 3  $\mu$ T, la simulazione ha dato come risultato una distanza pari a 4,5m dalle sbarre di MT, ovvero una distanza pari a 4,5 metri dalle pareti esterne della Cabina.

Tale valore di Dpa è quello che viene considerato, cautelativamente, per tutte le Cabine della medesima tipologia, in quanto risultante dalla condizione più gravosa che si verifica nell'ambito dell'impianto.





**In base al decreto del 29.05.2008, l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 4,5 m dalle pareti esterne delle Cabine di Raccolta e smistamento.**





#### 4.7.5 Cavidotti MT a 30 kV per connessione con la Cabina di Raccolta e di questa con la SSE

Le linee MT a 30 kV provenienti dai circuiti asserviti ai singoli sottocampi e/o a gruppi di sottocampi, così come meglio evidente soprattutto nello schema elettrico unifilare di impianto, sono connesse a una "Cabina di Raccolta e Smistamento Generale" da cui partono n.4 linee elettriche in cavo MT interrato verso la SSE AT/MT di Utenza e quindi verso il punto di consegna alla RTN; da questa partono n.4 linee elettriche in cavo interrato in formazione 3x(1x630mm<sup>2</sup>) le quali, a mezzo di opportuni collegamenti elettrici suddivisi in "Semiquadri", sono predisposte per la trasmissione della totalità dell'energia elettrica prodotta dai sottocampi nello scenario di esercizio normale nonché la trasmissione della totalità dell'energia elettrica prodotta dai sottocampi nello scenario di funzionamento in emergenza, ovvero con diverse linee di trasmissione in MT verso la SSE, e non solo, fuori servizio.

Sono infatti state simulate, per i vari scenari di esercizio, le condizioni di lavoro dei cavidotti previsti, verificandone l'idoneità al funzionamento delle varie condizioni di lavoro possibili.

La sezione analizzata è quella relativa al cavidotto verso la SSE, in quanto interessato dalle maggiori correnti di utilizzo e quindi capace di dimostrare i risultati più cautelativi.

Sono state modellizzati i seguenti scenari:

- Portata al limite termico di ciascuna terna, corrente di utilizzo che però non è mai raggiunta nelle condizioni di esercizio ordinarie e quindi da considerarsi come situazione più gravosa;
- Scenario di utilizzo di emergenza, con 2 terne fuori servizio e sole due terne in esercizio, come largamente dettagliato nella relazione di calcolo degli impianti elettrici.

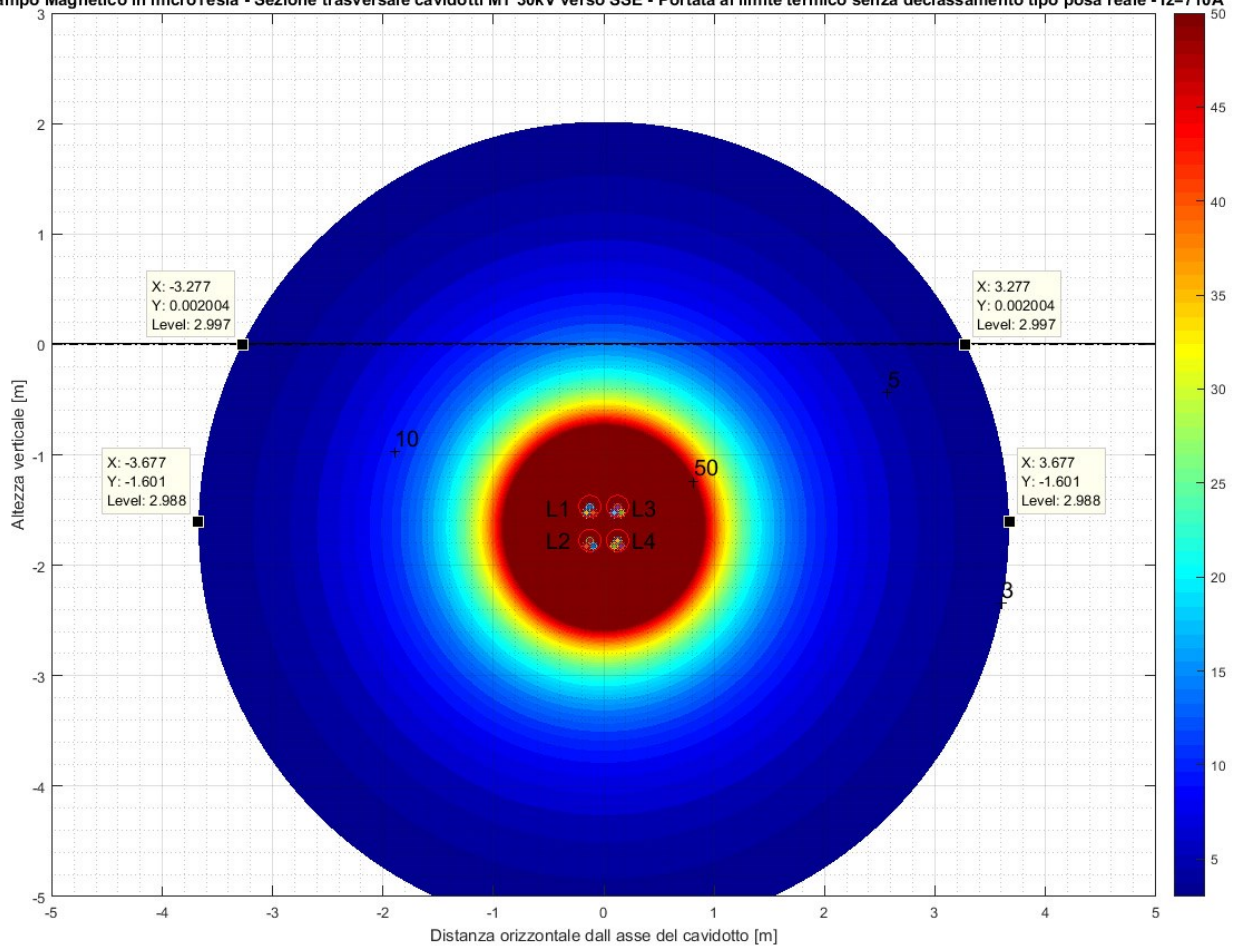
Non sono stati considerate le linee di alimentazione dei servizi ausiliari, in quanto realizzate in cavi cordati ad elica e il cui contributo, come già visto, è del tutto trascurabile già al livello del terreno.





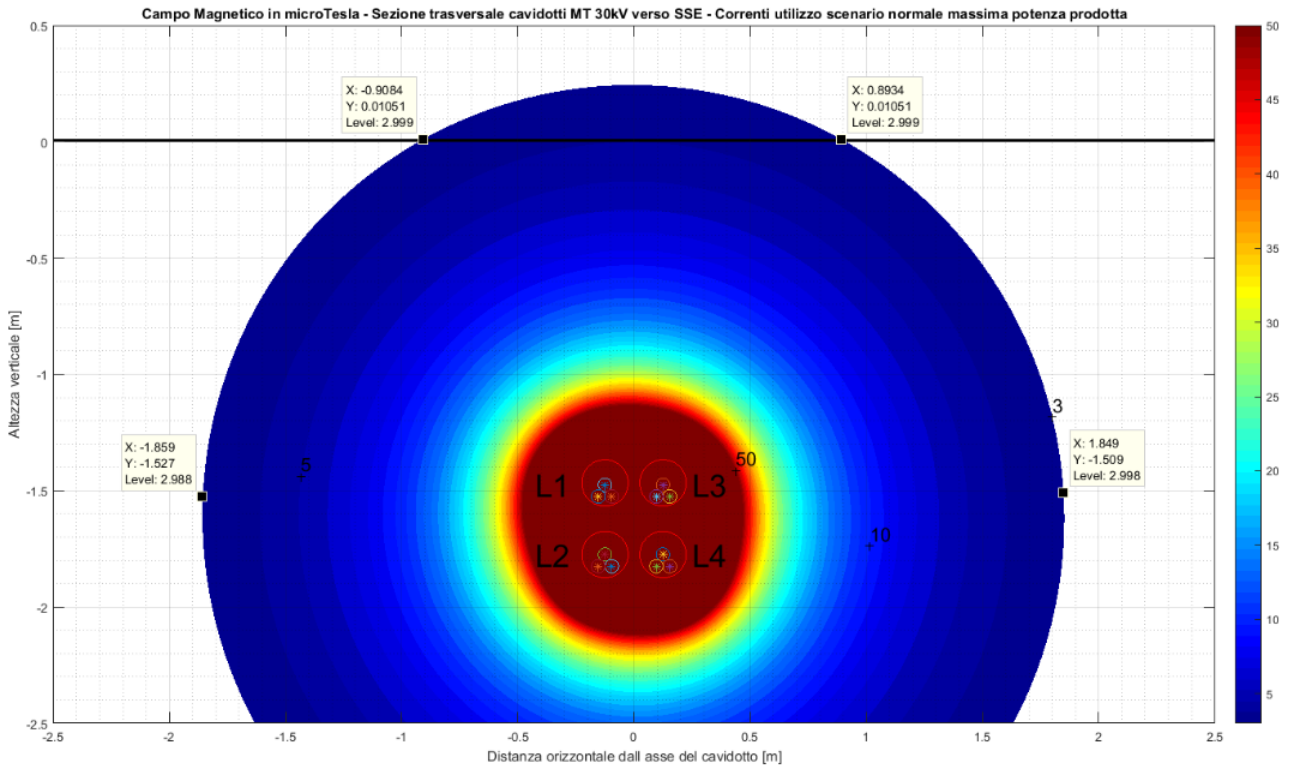
4.7.5.1 *Condizione di emissione con corrente di utilizzo pari alla portata al limite termico per ciascuna terna*

**Campo Magnetico in microTesla - Sezione trasversale cavidotti MT 30kV verso SSE - Portata al limite termico senza declassamento tipo posa reale - I<sub>z</sub>=710A**



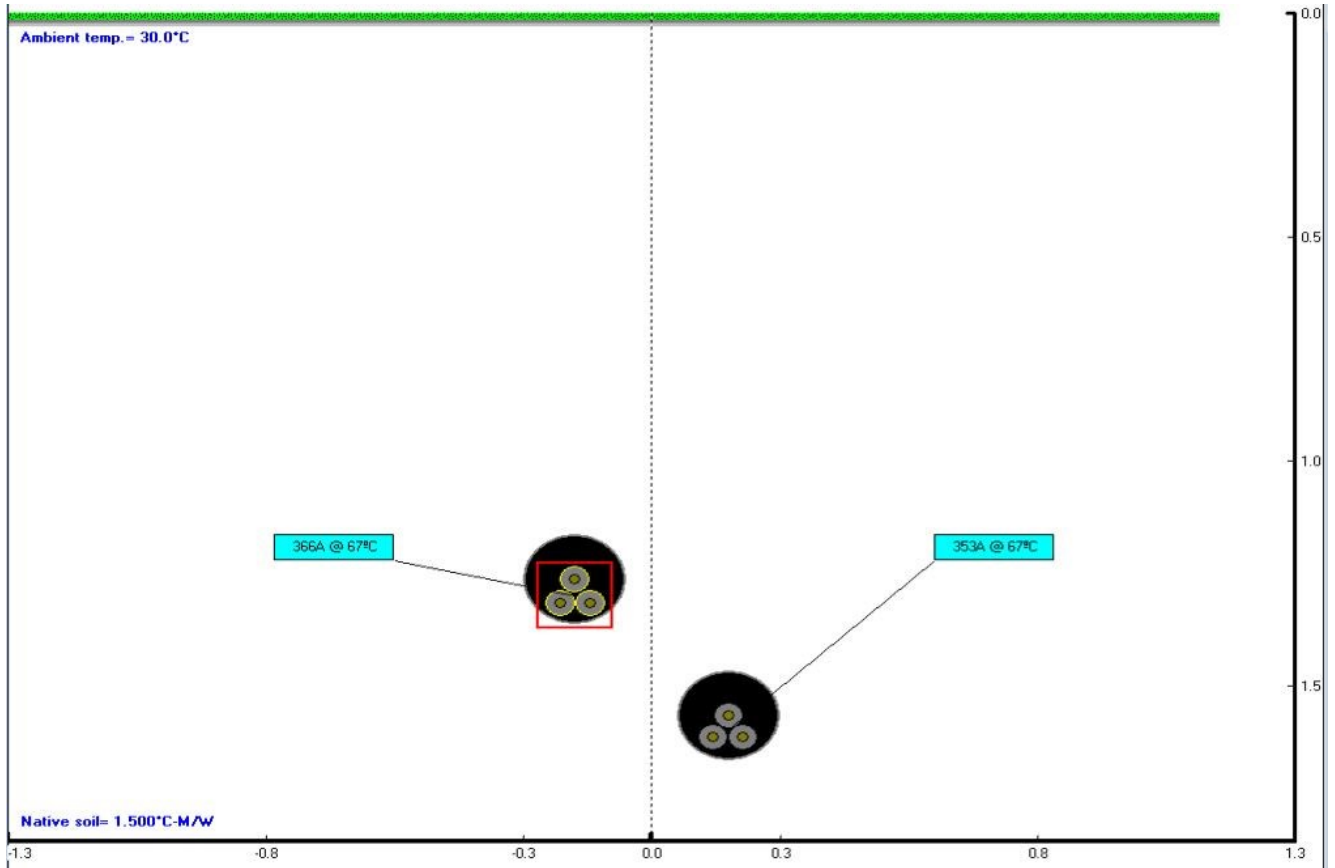


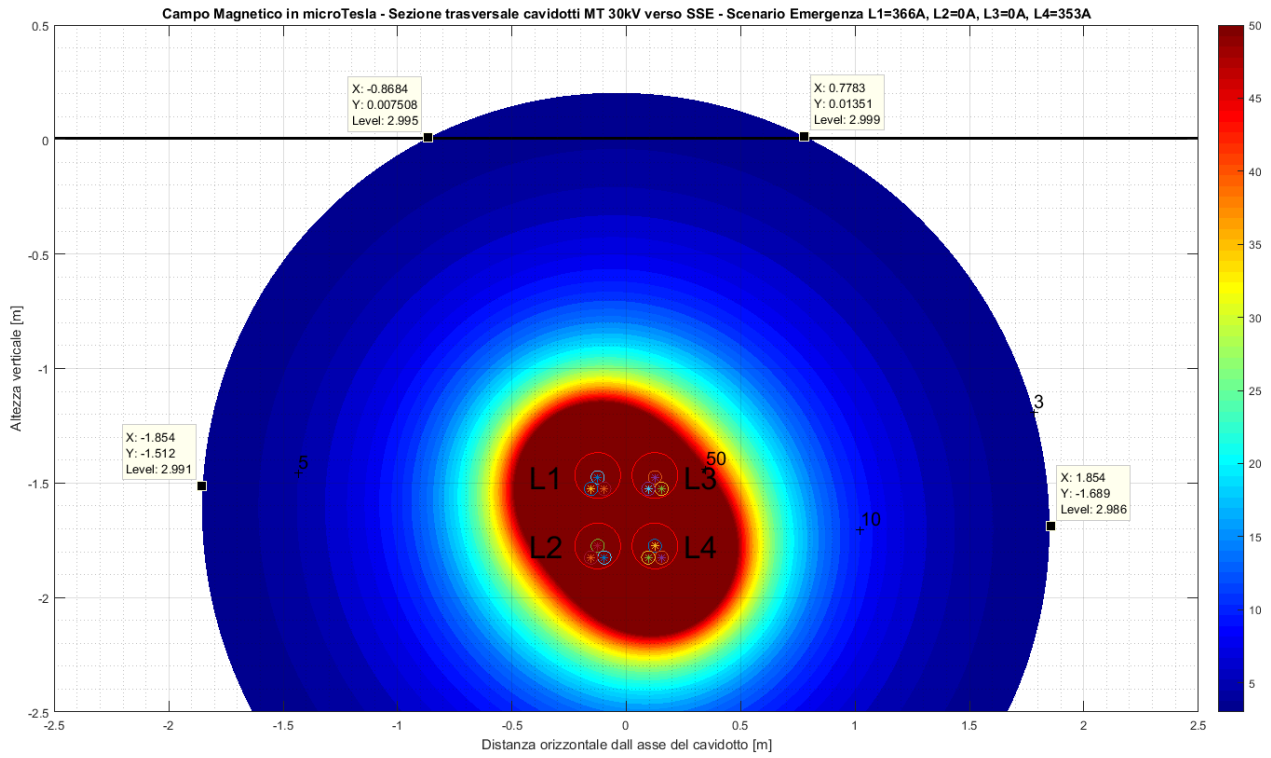
4.7.5.2 Condizione di emissione con corrente di utilizzo pari alla corrente di esercizio normale prevista



#### 4.7.5.3 Scenario funzionamento emergenza \_ In Funzione le Linee L1, L4

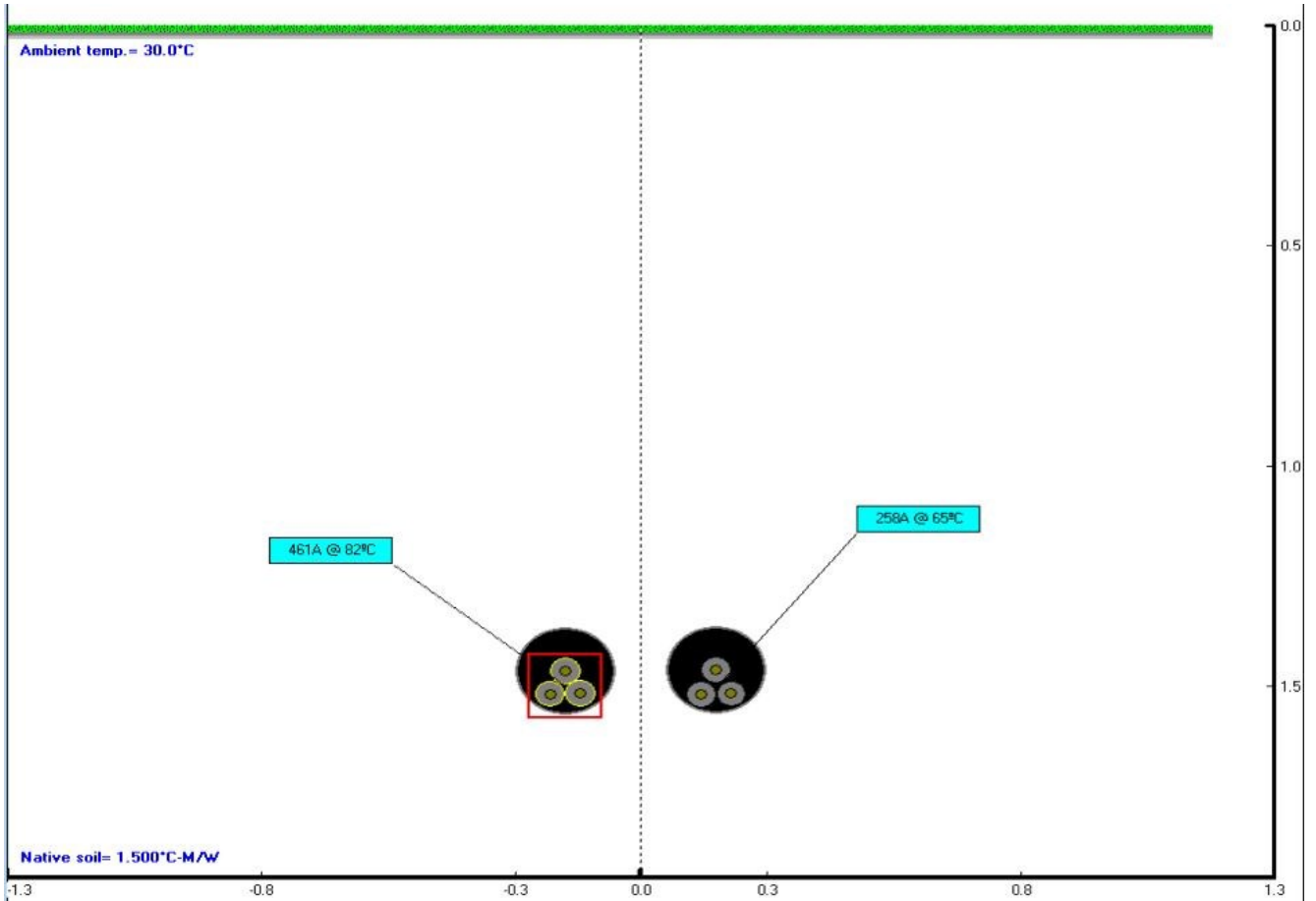
Le correnti di esercizio sono raffigurate nell'immagine di seguito, a cui corrisponde un livello di emissione di campo magnetico raffigurato nell'immagine che segue.

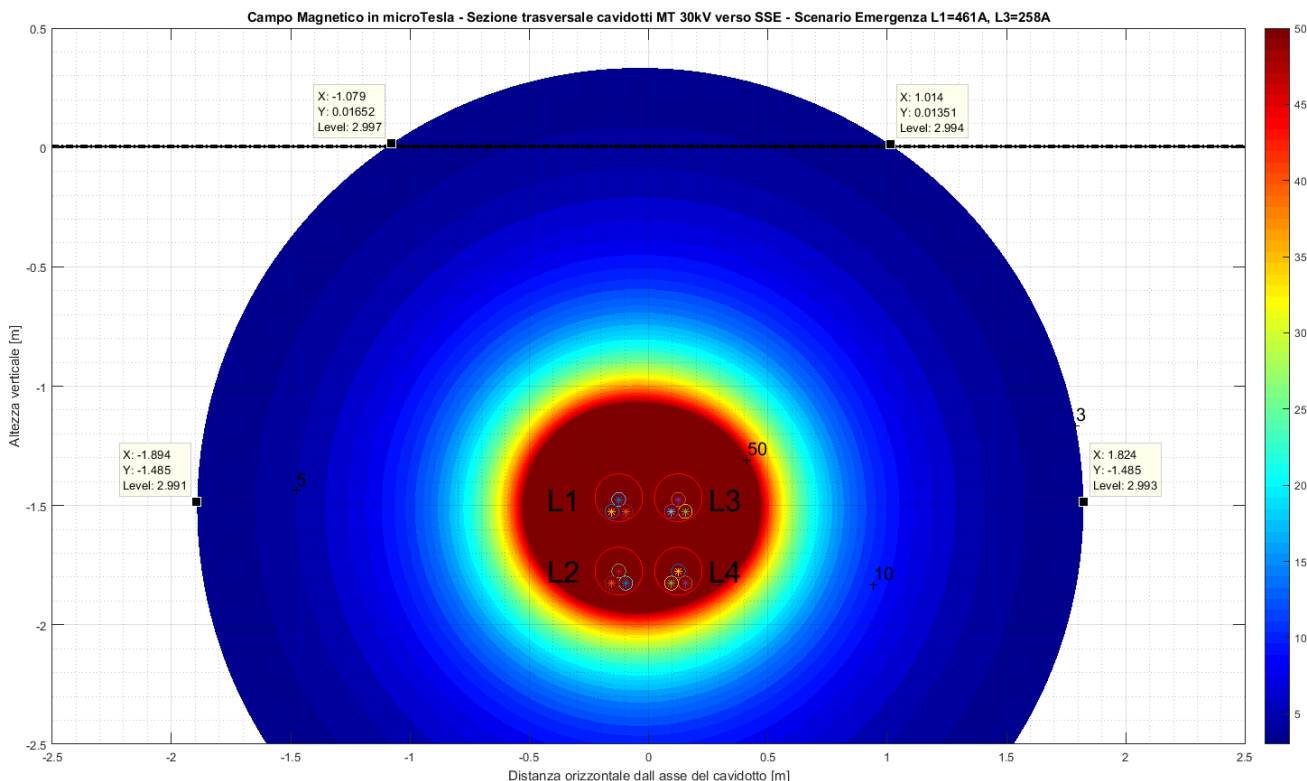




4.7.5.4 *Scenario funzionamento emergenza \_ In Funzione le Linee L1, L3*

Le correnti di esercizio sono raffigurate nell'immagine di seguito, a cui corrisponde un livello di emissione di campo magnetico raffigurato nell'immagine che segue.








4.7.5.5 Conclusioni per le DPA relative al cavidotto MT 30 kV

I risultati del calcolo dell'induzione magnetica hanno mostrato che la massima distanza rispetto all'asse del cavidotto per la quale si ottiene il valore obiettivo di qualità pari a 3 µT è di 4 m, come si evince dall'esame della condizione che vede come corrente di utilizzo quella al limite termico di ciascun cavo, e quindi una DPA di 8m a cavallo del cavi dotto interrato.

**Nelle reali condizioni di utilizzo, invece, la DPA massima è pari a 2 metri per lato dall'asse del cavidotto, e quindi una DPA di 4m a cavallo del cavidotto interrato.**

**In base al decreto del 29.05.2008, l'ampiezza della fascia di rispetto è pari quindi cautelativamente a 4 m a cavallo del cavidotto interrato.**

**Tale valore viene considerato, cautelativamente, anche per gli altri cavidotti che, essendo interessati da intensità di corrente minori, determinano una Dpa inferiore.**

Progettazione civile e inserimento ambientale	Agronomia e studi culturali	Progettazione elettrica
 Arch. Andrea Giuffrida	 SOCIETÀ DI INGEGNERIA ROMA-VIA CILICIA 35	Dott. Agr. Gianfranco Giuffrida   IMPIANTI FOTOVOLTAICI, EDUCI E TECNOLOGICI



## 5 Conclusioni

E' stata determinata la fascia di rispetto per i singoli componenti dell'impianto, così come richiesto dal DM del MATTM del 29.05.2008,

All'interno delle aree di prima approssimazione (DPA) precedentemente calcolate, non ricadono edifici o luoghi adibiti ad abitazione con permanenza superiore alle 4 ore.

Poiché all'interno delle fasce di rispetto sopra definite non esistono recettori sensibili, cioè luoghi nei quali è prevista la presenza di persone al di sopra delle 4 ore, si può concludere che non sussistono pericoli per la salute umana.

In base alle considerazioni dei paragrafi precedenti, le opere elettriche di progetto, grazie anche alle soluzioni costruttive scelte ed alla scelta di ubicazione delle stesse, rispetteranno i limiti posti dalla L. 36/2001 e dal DPCM 8 luglio 2003.

