


Impianto agrivoltaico avanzato denominato “Portomaggiore Fossa” di potenza pari a 24,97 MWp e relative opere di connessione ricadenti nei Comuni di Portomaggiore e Argenta (FE)

Relazione sui campi elettromagnetici (DPA)




11/2025	00	Emissione per Autorizzazione	 KELSE <small>Engineering</small> Ing. Edoardo Coda	Marabeti L. D'Amico G.	Boni Castagnetti F.
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale 			ID Documento Committente <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">COD_098_FV_00071_BER</p>		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale 			ID Documento Appaltatore		

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00071_BER	Pagina 2 / 12
		Numero Revisione
		00

Sommarrio

1	Premessa.....	3
1.1	Dati principali di progetto	3
1.2	Normativa di riferimento – tecnica e amministrativa	4
2	Valutazione dei campi elettromagnetici nel campo agrivoltaico	6
2.1	Analisi dei moduli fotovoltaici	6
2.2	Analisi dei convertitori CC/CA.....	6
2.3	Analisi dei trasformatori AT/BT	6
2.4	Analisi di cabina di raccolta.....	6
2.5	Analisi sui cavi di comunicazione, monitoraggio e sicurezza	7
2.6	Elettrodotti AT	7
2.7	Linea di rete da Cabina Raccolta alla SSE.....	8
2.8.	Cavi AT alla tensione di 36 kV per distribuzione principale.....	9
2.8	Cavi interni all’impianto di alimentazione da Cabina Raccolta alle Control Unit e connessioni tra Control Unit.	10
3	Conclusioni	12

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00071_BER	Pagina 3 / 12
		Numero Revisione
		00

1 Premessa

La presente relazione riguarda il progetto per la realizzazione di un impianto Agrivoltaico avanzato denominato “Portomaggiore Fossa” di potenza pari a 24,98 MWp nei Comuni di Argenta e Portomaggiore (FE), con annesse opere di rete da realizzarsi nel comune di Portomaggiore (FE).

La finalità del presente documento è la definizione dell’influenza dei campi elettromagnetici emessi dalle installazioni elettriche afferenti al campo agrivoltaico in oggetto.

Saranno valutate nello specifico le emissioni elettromagnetiche legate alle infrastrutture quali cabina elettrica, alla trasformazione e ai cavidotti nel rispetto di quanto previsto dal DPCM 8 luglio 2003 e al calcolo delle DPA in relazione a quanto previsto dal DM 29 maggio 2008.

1.1 Dati principali di progetto


Di seguito si riportano i dati principali di progetto:

- ubicazione impianto e opere di connessione: Comune di Portomaggiore e Argenta (FE);
- potenza installata: 24.979,68 kW_p DC e 24.600 kW AC;
- tipologia impianto: impianto Agrivoltaico;
- tipologia di installazione: moduli installati su inseguitori monoassiali a singola vela infissi senza materiali cementizi;
- caratteristiche impianto FV: n. 37.848 moduli FV bifacciali da 660 Wp, 1.577 stringhe fotovoltaiche, 82 convertitori CC/CA (inverter) per la conversione dell’energia prodotta da corrente continua a corrente alternata alla tensione di 800 Vac;
- soluzione di connessione come da descrizione di dettaglio nella Relazione Tecnica (CoD_098_FV_00003_BGR).

L’intervento proposto si svilupperà come da Figura 1-1.



Figura 1-1 Layout di progetto del campo agrivoltaico


	ID Documento Committente CoD_098_FV_00071_BER	Pagina 4 / 12
		Numero Revisione
		00

1.2 Normativa di riferimento – tecnica e amministrativa

La redazione del presente piano è eseguita in riferimento a titolo indicativo e non esaustivo, alle seguenti leggi e norme di riferimento:

- DPCM 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"
- DM 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"
- Dlgs 81/2008 e ss.mm.ii. "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- Norma CEI 211-4: "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni 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"

Come detto, il riferimento per la valutazione delle influenze elettromagnetiche delle infrastrutture elettriche di impianto è il DPCM 8 luglio 2003 nel quale vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete industriale e connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00071_BER	Pagina 5 / 12
		Numero Revisione
		00

I limiti imposti sono deducibili nel DPCM e sono riportati nei seguenti estratti del Decreto:

Art. 3. Limiti di esposizione e valori di attenzione


1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 4. Obiettivi di qualità

1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

A tal proposito, quindi, la costruzione dell'impianto avrà come finalità quella di attestarsi al raggiungimento di un valore di intensità del campo magnetico inferiore ai 3 μ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore di esercizio.

La condizione normale di esercizio è quella di sviluppo della totale potenza da parte dell'impianto, vale a dire 24,979 MWp e in immissione 24,6 MWac.

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00071_BER	Pagina 6 / 12
		Numero Revisione
		00

2 Valutazione dei campi elettromagnetici nel campo agrivoltaico

2.1 Analisi dei moduli fotovoltaici

Il contributo dei moduli fotovoltaici può ritenersi trascurabile ai fini della valutazione. I moduli operano solamente a tensione e corrente continua (frequenza nulla) e la possibilità di dar luogo a campi elettromagnetici variabili può avvenire solo durante brevi transitori di corrente dovuti ad accensione e spegnimento delle apparecchiature di conversione.

2.2 Analisi dei convertitori CC/CA

I convertitori previsti per l'installazione nell'impianto fotovoltaico sono dotati di certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica CEI EN 61000.

Il fattore di distorsione armonica delle macchine THD è inferiore al 3% e la componente di immissione in rete è costantemente monitorata dall'algoritmo di protezione della macchina.

2.3 Analisi dei trasformatori AT/BT

I trasformatori AT/BT previsti sull'impianto hanno una potenza di 4000 kVA e 3.150 kVA e, a tali potenze, corrispondono:

- una corrente totale a secondario a 800V pari a (2.891 A x 4000 kVA) – (2.276 A x 3150 kVA) e una corrente a primario AT 36 kV pari a (64,2 A x 4000 kVA) – (50,6 A x 3150 kVA);

Il trasformatore è considerato la principale sorgente di emissione di campo magnetico. I trasformatori in oggetto sono posati all'interno delle Control Unit .

Si stima che la corrente di (2.891 A x 4000 kVA) – (2.276 A x 3150 KVA) possa essere trasferita da almeno 6 corde per fase da 240 mm² in alluminio, ciascuna con diametro esterno pari a 30 mm.

Per il calcolo della distanza di prima approssimazione DPA, vale a dire la distanza al di fuori della quale il valore dell'induzione magnetica si intende inferiore a 3uT, si considera la corrente di bassa tensione del trasformatore e una distanza dalle fasi pari ad almeno il diametro complessivo dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Si considera quindi $I = (2.891 \text{ A} \times 4000 \text{ kVA}) - (2.276 \text{ A} \times 3150 \text{ kVA})$ e $x = \text{diametro cavi} = 30 \text{ mm} = 0,030 \text{ m}$.

Applicando la formula di seguito descritta, derivante dal DM 29 maggio 2008 in applicazione del capitolo 5.2.1 si ottiene:


$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \times X^{0,5242}$$

Da cui DPA = 3,386 m x 4000 kVA e 3,005 m x 3150 kVA che arrotondata all'intero superiore porta a DPA = 4 m dalla pianta di installazione dello (Control Unit) skid di trasformazione e dei quadri di AT e BT ivi alloggiati.

I Control Unit costituiscono una zona che non sarà mai permanentemente presidiata.

2.4 Analisi di cabina di raccolta

Per quanto riguarda la cabina di raccolta, poiché ad essa giungono anche i cavi BT del trasformatore servizi ausiliari sarà presa in considerazione la stessa corrente BT di cui al precedente paragrafo

 iren green generation Iren Green Generation Tech s.r.l.	ID Documento Committente CoD_098_FV_00071_BER	Pagina 7 / 12
		Numero Revisione
		00

assumendo quindi, sulla base della formula già visionata al precedente paragrafo, il valore per la cabina pari a $DPA = 4m$ dalla parete della cabina su ogni lato.

2.5 Analisi sui cavi di comunicazione, monitoraggio e sicurezza

I cavi oggetto del presente paragrafo sono cavi di tipo schermato, per cui si ritengono trascurabili gli effetti prodotti dai campi elettromagnetici

2.6 Elettrodotti AT

Le linee di connessione di impianto in oggetto sono le seguenti:

- connessione AT 36 kV della cabina di raccolta – SSU (RTN): n. 1 cavi tripolari ad elica visibile in alluminio interrati di sezione 630 mm^2 (sviluppo 11,000 m);(nome cavi AT101).
- connessione AT 36 kV del sottocampo fotovoltaico 2: n. 1 cavi tripolare ad elica visibile in alluminio interrato di sezione 240 mm^2 (sviluppo 200 m);(nome cavi AT111)
- connessione AT 36 kV del sottocampo fotovoltaico 6: n. 1 cavi tripolare ad elica visibile in alluminio interrato di sezione 240 mm^2 (sviluppo 750 m);(nome cavi AT115)

Di seguito sono riportate le sezioni tipo dei cavidotti AT a 36kV in oggetto.

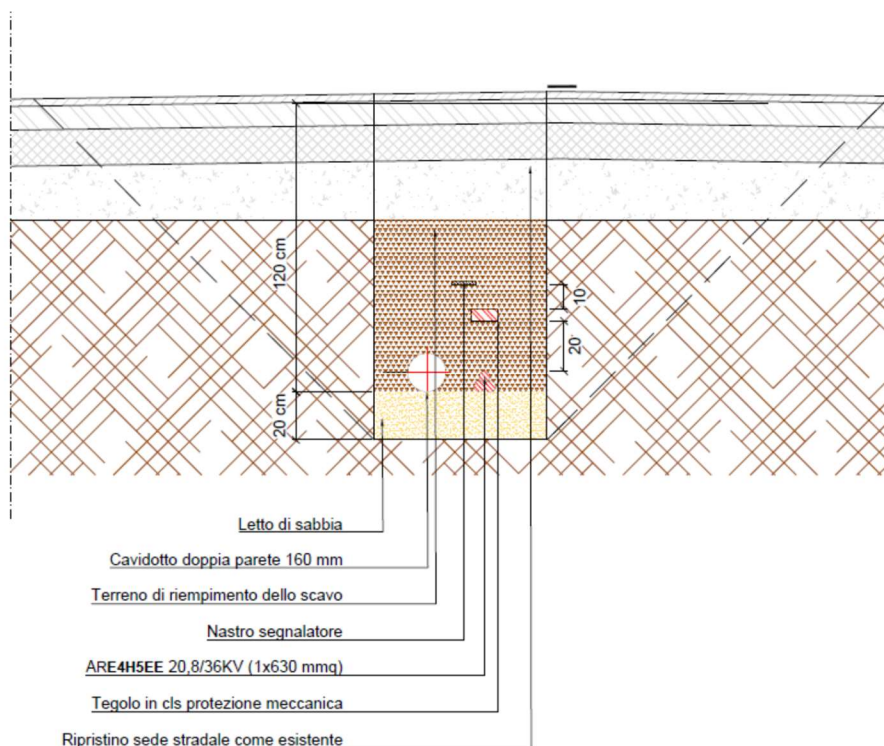


Figure 2-1 Sezione tipica di scavo per cavidotto AT su strada asfaltata pubblica

2.7 Linea di rete da Cabina Raccolta alla SSE.

Sulla linea AT 36 KV, lunga 11,000 m fino alla Cabina di Raccolta; viene presa in considerazione la sola influenza del campo magnetico, ritenendosi trascurabile quella del campo elettrico viste le condizioni di posa e la presenza di cavo di tipo schermato per tutta la lunghezza, peraltro i cavi AT unipolari saranno posati a trifoglio, saranno posati direttamente entro gli scavi senza cavidotti. Si utilizzeranno le relazioni approssimate previste dalla norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003-Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”.

In particolare, si ipotizza che la situazione più aderente alla realtà di posa sia quella di cavi unipolari posati a trifoglio interrati.

Considerando il cavo contraddistinto dal maggior valore di corrente, la sezione del cavo AT è da 3x(1x630) mmq in alluminio tipo ARE4H5EE, e la corrente (I) si assume pari alla massima portata del cavo per le condizioni di posa vale a dire circa 620 A. Il diametro nominale del conduttore è pari a 54 mm e si assume che la distanza S tra i cavi posati a trifoglio sia pari a circa 7 cm (0,07 m). La profondità di interrimento del conduttore si assume pari a circa (1.000 – max 1.330 mm (1,33 m) pari a (1.200 – max 1.400mm - profondità scavo) – 50 mm (letto di posa) – 27 mm (raggio conduttore posato). Si applicano le valutazioni di cui al paragrafo 6.2.3 della Norma CEI 106-11 il cui estratto è di seguito riportato.

b) Cavi unipolari posati a trifoglio

Lo schema di posa in questo caso è illustrato nella Figura 12. Si può quindi ricorrere alle relazioni approssimate viste per le linee aeree con conduttori a triangolo

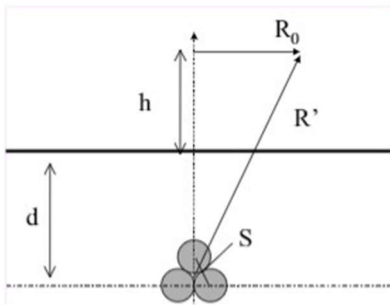

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \text{ [}\mu\text{T]} \quad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ [m]} \quad (20)$$


Figura 12 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

In questo caso, la formula semplificata per il calcolo diretto della distanza R_0 dall'asse della linea al livello del suolo ($h=0$) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di $3 \mu\text{T}$ è la seguente:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \text{ [m]} \quad (21)$$

Figure 2-2 Estratto da Norma CEI 106-11

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00071_BER	Pagina 9 / 12
		Numero Revisione
		00

Considerando $S = 0,07$ m, $I = 477$ A e $d = 1,34$ m il valore di R_0 oltre cui l'induzione è inferiore a $3\mu T$ è di circa $0,99$ m con un R' di circa $1,88$ m (pari a circa la profondità di posa). Ne deriva che alla profondità di posa indicata l'influenza del campo magnetico è praticamente trascurabile in riferimento a quello che è l'obiettivo di qualità.

2.8. Cavi AT alla tensione di 36 kV per distribuzione principale

I cavi per la distribuzione primaria AT sono eserciti alla tensione di 36 kV e sono posati con posa interrata a circa 110/130 cm dal piano del suolo.

I cavi hanno una sezione di 630 mm² ed un diametro massimo di 54 mm.

Il calcolo, come previsto ed a favore della sicurezza viene fatto alla massima portata del cavo che in questo caso, secondo quanto indicato sul catalogo del costruttore è pari a 620 A per il cavo di sezione 630 mm².

Il calcolo è stato fatto ipotizzando due terne a trifoglio posizionate a 90 cm di profondità e distanziate di circa 25 cm.

Le isolinee a 3, 10 e 100 μT sono indicate nella sottostante figura:

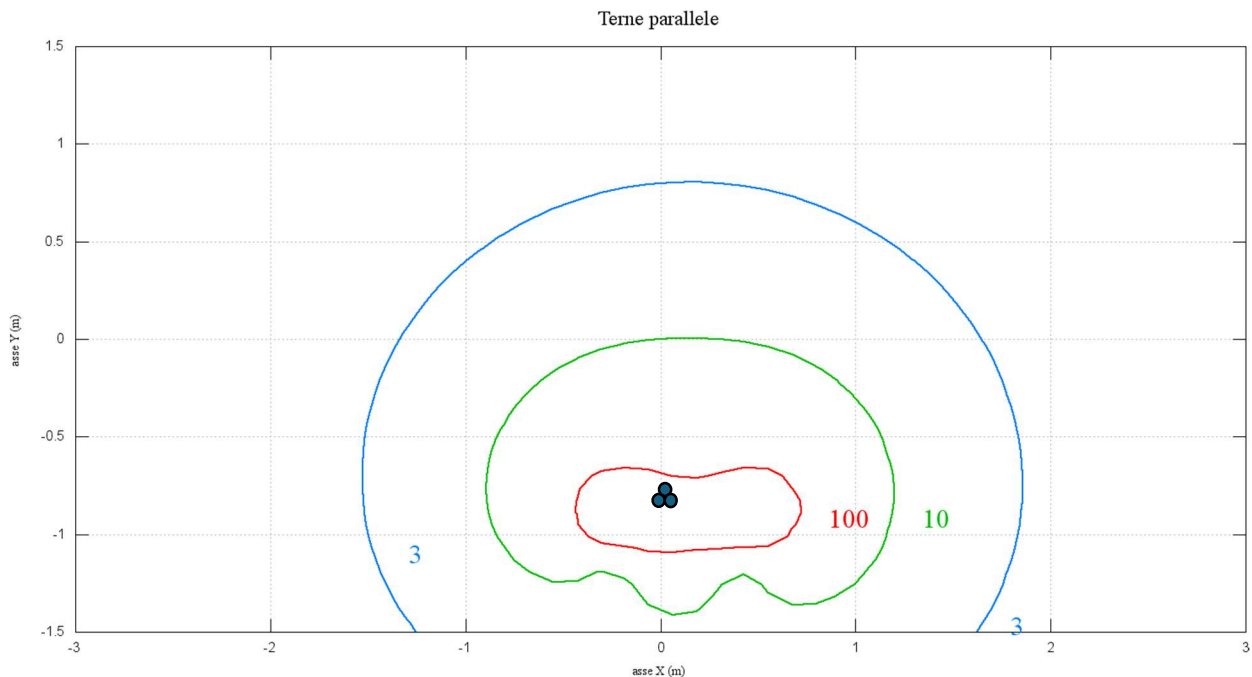


Figure 2-3 Curve isoinduzione 3,10,100 μT per linee 36kV di distribuzione primaria

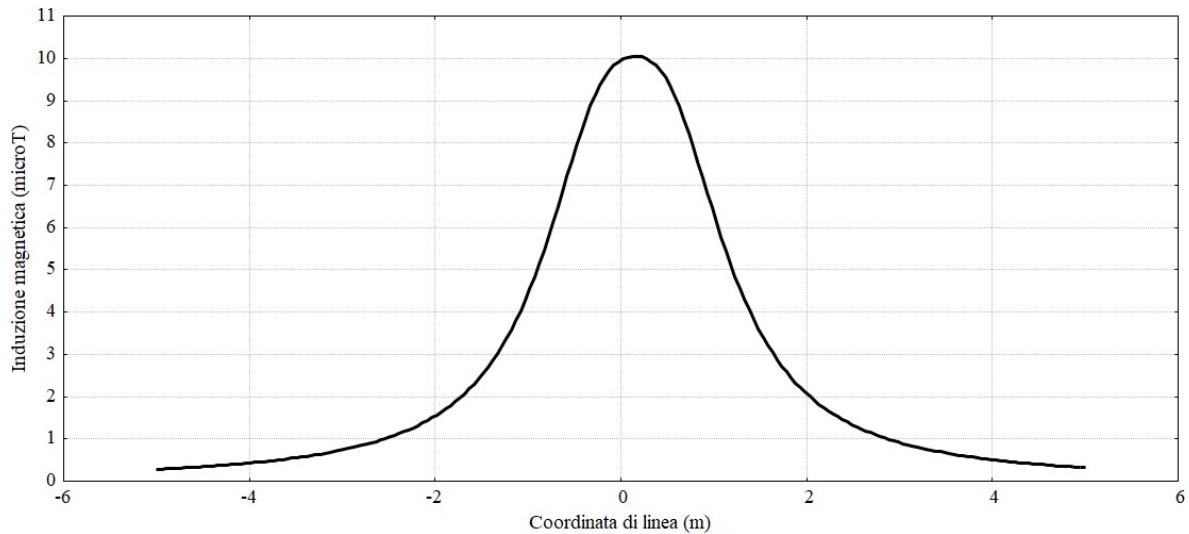


Figure 2-4 Andamento del valore di induzione magnetica a livello del terreno per linea 36kV primaria

Come si vede i livelli di induzione magnetica a $100\mu\text{T}$ e $10\mu\text{T}$ sono completamente sotto il livello del terreno, mentre il livello di induzione magnetica a $3\mu\text{T}$ è contenuto ad una distanza inferiore a 2m nell'intorno dell'asse della linea. Il valore di $10\mu\text{T}$ non è mai superato a livello del terreno. Le linee in questione sono interrate su strade pubbliche dove non è prevista la presenza stabile di persone per più di 4 ore al giorno.

2.8 Cavi interni all'impianto di alimentazione da Cabina Raccolta alle Control Unit e connessioni tra Control Unit.

Su tali linee AT viene presa in considerazione la sola influenza del campo magnetico, ritenendosi trascurabile quella del campo elettrico viste le condizioni di posa e la presenza di cavo di tipo schermato per tutta la lunghezza, peraltro i cavi AT unipolari saranno posati a trifoglio, saranno posati direttamente entro gli scavi senza cavidotti. Si utilizzeranno le relazioni approssimate previste dalla norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003-Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo". In particolare, si ipotizza che la situazione più aderente alla realtà di posa sia quella di cavi unipolari posati a trifoglio interrati.

Considerando il cavidotto contraddistinto dal maggior valore di corrente, la sezione del cavo AT è da $3 \times 240 \text{ mm}^2$ in alluminio tipo ARE4H5E, e la corrente (I) si assume pari alla massima portata del cavo per le condizioni di posa vale a dire circa 369 A. Il diametro nominale del conduttore è pari a 40 mm e si assume che la distanza S tra i cavi posati a trifoglio sia pari a circa 7 cm (0,07 m). La profondità di interrimento del conduttore si assume pari a circa (1.000 – max 1.330 mm (1,33 m) pari a (1.200 – max 1.400 mm - profondità scavo) – 50 mm (letto di posa) – 20 mm (raggio conduttore posato). Si applicano le valutazioni di cui al paragrafo 6.2.3 della Norma CEI 106-11 il cui estratto è di seguito riportato.

b) Cavi unipolari posati a trifoglio

Lo schema di posa in questo caso è illustrato nella Figura 12. Si può quindi ricorrere alle relazioni approssimate viste per le linee aeree con conduttori a triangolo

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu\text{T}] \quad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [\text{m}] \quad (20)$$

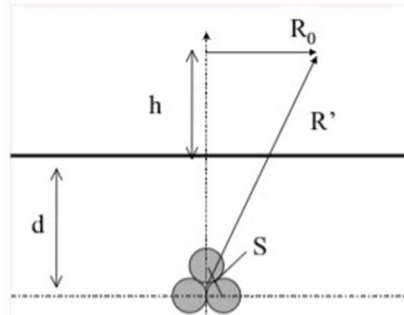



Figura 12 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

In questo caso, la formula semplificata per il calcolo diretto della distanza R_0 dall'asse della linea al livello del suolo ($h=0$) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di $3 \mu\text{T}$ è la seguente:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [\text{m}] \quad (21)$$

Figure 2-5 Estratto da Norma CEI 106-11

Considerando $S = 0,07 \text{ m}$, $I = 369 \text{ A}$ e $d = 1,33 \text{ m}$ il valore di R_0 oltre cui l'induzione è inferiore a $3 \mu\text{T}$ è di circa $0,59 \text{ m}$ con un R' di circa $1,45 \text{ m}$ (pari a circa la profondità di posa). Ne deriva che alla profondità di posa indicata l'influenza del campo magnetico è praticamente trascurabile in riferimento a quello che è l'obiettivo di qualità.

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00071_BER	Pagina 12 / 12
		Numero Revisione
		00

3 Conclusioni

La centrale fotovoltaica e il cavidotto relativo alle opere di rete non prevedono la presenza permanente umana nelle fasce di rispetto DPA per oltre 4 ore (si parla in realtà di pochi minuti).

Per quanto riguarda i cavi in corrente alternata BT interrati a circa 80 cm nelle varie zone del campo, si ipotizza che la situazione di maggior interesse sia quella dei tratti di cavidotto ove si raccolgono tutte le linee provenienti dagli inverter per portare l'energia prodotta alla cabina di smistamento.

In tali zone, in funzione dei diametri previsti per i cavi e delle correnti in circolazione la DPA a livello suolo sarà di circa 4 m dall'asse dello scavo di posa.