

Committente:

FLYNIS PV 44 S.r.l.

Via Cappuccio 12, 20123 Milano (MI)
pec: flynispv44sr@legalmail.it

Progetto Definitivo

Denominazione progetto:

REALIZZAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO "BOSCO MARENGO"

Potenza nominale complessiva = 48.087,00 kWp

Sito in:

COMUNE DI BOSCO MARENGO (AL)

Titolo elaborato:

Relazione di valutazione campi elettromagnetici

Elaborato n. EL07

Scala -



Responsabile Coordinamento progetto : dott.ssa agr. Eliana Santoro

TIMBRI E FIRME:

Progettisti :



KELSE Engineering S.r.l.
Via San Donato 59
10144 Torino (TO)
Ing. Edoardo Coda



Collaboratori : -

REV.:	REDAZIONE:	CONTROLLO:	APPROVAZIONE :	DATA:
00	AO	EC	MM	11/04/2023
01	SS	EC	MM	30/04/2024
02				

FIRMA/TIMBRO
COMMITTENTE:



FLYREN
THE CULTURE OF CLEAN ENERGY

Audrea Rigan



FLYREN

THE CULTURE OF CLEAN ENERGY

Flyren Development S.r.l.
Lungo Po Antonelli, 21 - 10153 Torino (TO)
tel: 011/ 8123575 - fax: 011/ 8127528
email: info@flyren.eu
web: www.flyren.eu
C.F. / P. IVA n. 12062400010

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "BOSCO MARENGO"				
EL07	Relazione di valutazione influenza dei campi elettromagnetici	rev 00	Data 11.05.2024	Pagina 1 di 9

Sommario

1. PREMESSA.....	2
1.1. CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO	2
1.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO – TECNICA E AMMINISTRATIVA	3
2. VALUTAZIONE DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI NEL CAMPO FOTOVOLTAICO	4
2.1. ANALISI SUI MODULI FOTOVOLTAICI	4
2.2. ANALISI SUI CONVERTITORI CC/CA.....	4
2.3. ANALISI SUL TRASFORMATORE AT/BT	4
2.4. ANALISI SULLA CABINA DI SMISTAMENTO	5
2.5. ANALISI SUI CAVI DI COMUNICAZIONE, MONITORAGGIO E SICUREZZA	8
2.6. ELETTRODOTTO AT VERSO LA CABINA PRIMARIA.....	8
3. CONCLUSIONI.....	11

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "BOSCO MARENGO"				
EL07	Relazione di valutazione influenza dei campi elettromagnetici	rev 00	Data 11.05.2024	Pagina 2 di 9

1. Premessa

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. Caratteristiche dell'impianto agrivoltaico

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto agrivoltaico installato a terra caratterizzato da una potenza di picco complessiva pari a 48.087 kWp.

L'impianto afferisce a un punto di connessione alla rete elettrica AT a 36kV di TERNA.

I moduli fotovoltaici saranno raggruppati in stringhe composte da 30 moduli in serie per complessive 2.466 stringhe fotovoltaiche e 73.980 moduli fotovoltaici.

Le stringhe saranno riportate in ingresso a 14 convertitori CC/CA (inverter) per la conversione dell'energia prodotta da corrente continua a corrente alternata alla tensione di 600 Vac. Gli inverter saranno poi collegati ai quadri elettrici in bassa tensione bt in corrente alternata installati all'interno delle cabine di trasformazione, all'interno delle quali saranno alloggiati anche i trasformatori AT/bt che trasformeranno l'energia prodotta alla tensione di rete di 36 kV indirizzandola alla cabina di consegna.

La cabina di smistamento sarà collegata, tramite nuova cabina di smistamento, alla rete di TERNA tramite connessione del tipo in antenna a 36 kV su nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 220/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 220 kV "Casanova – Vignole Borbera" e alla linea RTN 220 kV "Italsider Novi – Vignole Borbera". Per maggior dettaglio si rimanda alla relazione dedicata facente parte del presente pacchetto di documentazione del Progetto Definitivo. (*)



Figura 10 Individuazione dell'area di impianto e del punto di consegna AT

(*) nota: la computazione e la descrizione delle opere di connessione dovranno essere perfezionate in seguito alla definizione delle opere da parte del tavolo tecnico di Terna in corso

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "BOSCO MARENGO"				
EL07	Relazione di valutazione influenza dei campi elettromagnetici	rev 00	Data 11.05.2024	Pagina 3 di 9

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.

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.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO "BOSCO MARENGO"				
EL07	Relazione di valutazione influenza dei campi elettromagnetici	rev 00	Data 11.05.2024	Pagina 4 di 9

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 3uT 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 48.087 kWp e in immissione 43.750 KWac.

2. Valutazione dei campi elettromagnetici nel campo fotovoltaico

2.1. Analisi sui 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 sui 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 sul trasformatore AT/bt

Il trasformatore AT/bt previsto sull'impianto ha una potenza di 6.250 kVA e, a tale potenza, corrisponde una corrente totale a secondario a 600V pari a 3010/3010 A e una corrente a primario AT pari a 100 A.

Il trasformatore è considerato la principale sorgente di emissione di campo magnetico. Il trasformatore in oggetto è situato al chiuso, all'interno delle cabine secondarie di trasformazione lontane dalla cabina di consegna.

Si stima che la corrente di 3010 A possa essere trasferita da almeno 8 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 = 3010 A e x = diametro cavi = 30mm = 0,030 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 = 3.575 m che arrotondata all'intero superiore porta a DPA = 4 m dalla pianta di installazione della cabina di trasformazione e dei quadri di AT e bt alloggiati nella stessa cabina.

Il trasformatore è all'interno dello scomparto di cabine, in una zona che non sarà mai permanentemente presidiata.

2.4. Analisi sulla cabina di smistamento

Di seguito sono riportate le sezioni tipo dei cavidotti AT a 36kV dal campo fotovoltaico fino alla nuova cabina di smistamento (allacciata in entra-esce alla linea AT esistente Casanova-Vignola Borbera).

Figura 12 - Sezioni tipiche di scavo per cavidotto AT in singola terna su strada sterrata o terreno agricolo

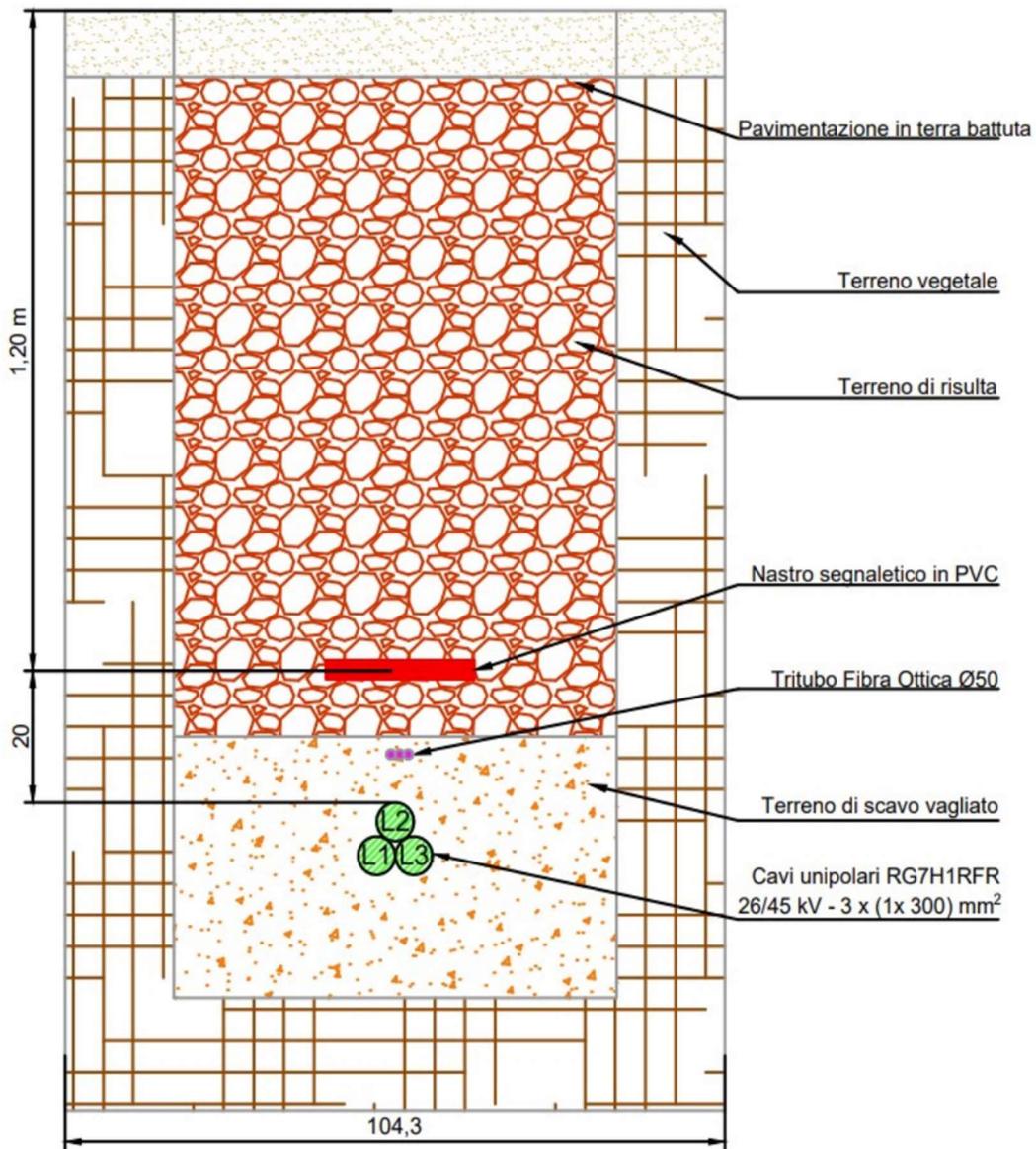


Figura 12: tipico di posa linee a 36 kV interne al campo

Su tale linea 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, posati a trifoglio, saranno posati entro tubazioni in materiale plastico. 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.

La sezione del cavo AT è da **1x(3x300mm²)** 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 470 A. Il diametro nominale del conduttore è pari a **46 mm** e si assume che la distanza S tra i cavi posati a trifoglio sia pari a circa 6 cm (0,06 m). La profondità di interrimento del conduttore si assume pari a circa **1490mm (1,49 m)** pari a **1800mm** (profondità scavo) – 50mm (letto di posa) – **23 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.**

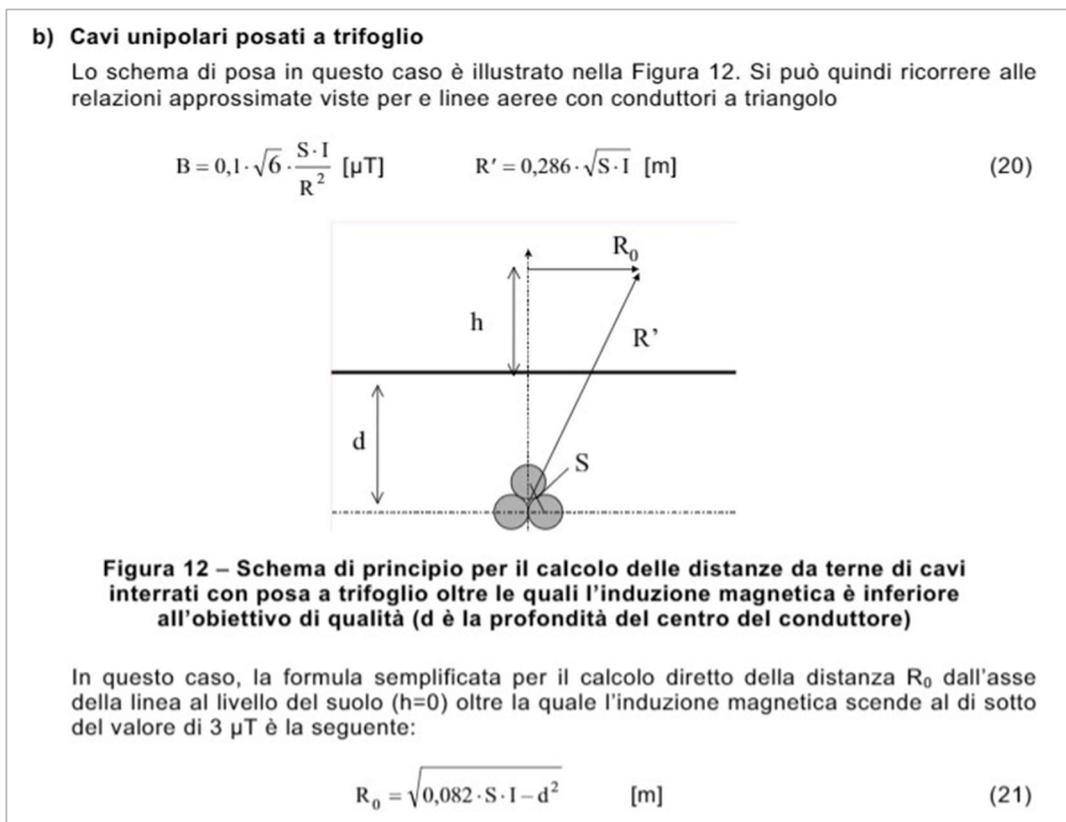


Figura 11 Estratto da Norma CEI 106-11

Considerando $S = 0,06 \text{ m}$, $I = 470 \text{ A}$ e $d = 1,49 \text{ m}$ il valore di R_0 oltre cui l'induzione è inferiore a $3\mu\text{T}$ è di circa $0,76 \text{ m}$ con un R' di circa $1,56 \text{ m}$ (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. Per quanto riguarda la cabina di consegna, poiché ad essa giungono anche i cavi BT del trasformatore sarà presa in considerazione la stessa corrente BT di cui al precedente paragrafo assumendo quindi, sulla base della formula già visionata al precedente paragrafo, il valore per la cabina pari a $DPA = 4\text{m}$ 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. Elettrodotto AT da Cabina di smistamento a stazione Elettrica Mandrino

Di seguito sono riportate le sezioni tipo dei cavidotti AT a 36kV dal campo fotovoltaico fino alla nuova cabina di smistamento (allacciata in entra-esce alla linea AT esistente Casanova-Vignola Borbera).

Figura 13 - Sezioni tipiche di scavo per cavidotto AT in singola terna su strada asfaltata pubblica

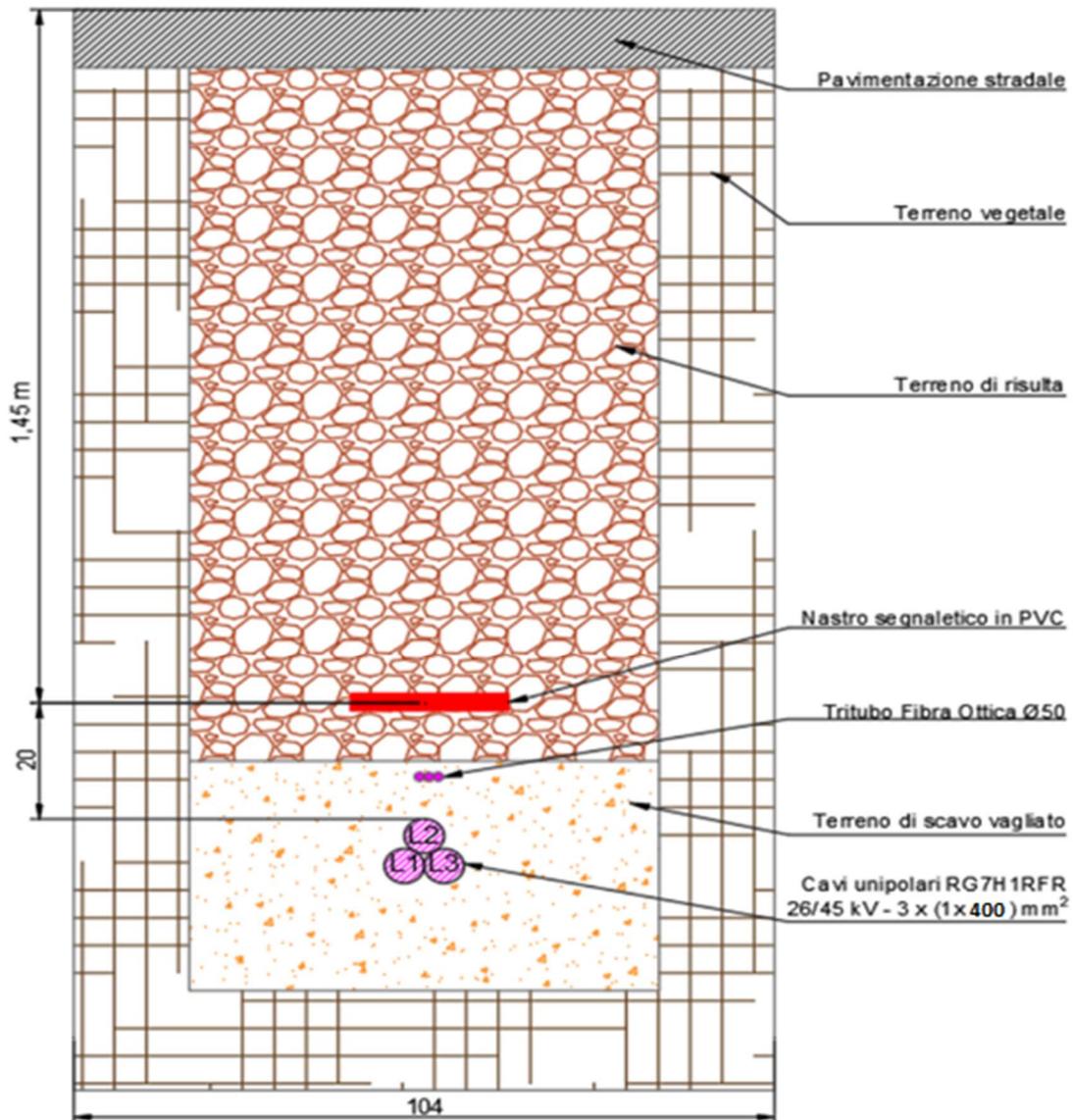
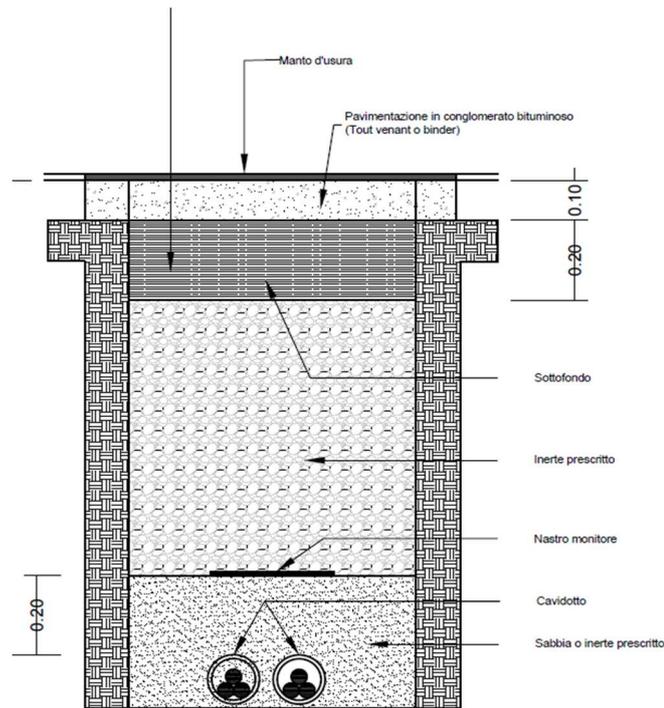


Figura 13: tipico di posa dorsale a 36 kV

Figura 14 - Sezioni tipiche di scavo per cavidotto AT in doppia terna su strada asfaltata pubblica



Su tale linea 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, posati a trifoglio, saranno posati entro tubazioni in materiale plastico. 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.

La sezione del cavo AT è da $2 \times (3 \times 400 \text{ mm}^2)$ in alluminio tipo RG7H1RFR, e la corrente (I) si assume pari alla massima portata del cavo per le condizioni di posa vale a dire circa 590 A. Il diametro nominale del conduttore è pari a 61 mm e si assume che la distanza S tra i cavi posati a trifoglio sia pari a circa 6 cm (0,06 m). La profondità di interramento del conduttore si assume pari a circa 1490 mm (1,49 m) pari a 1800mm (profondità scavo) – 50mm (letto di posa) – 30 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

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

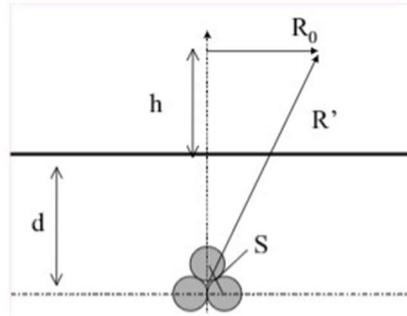


Figura 12 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

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 $3 \mu T$ è la seguente:

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

Figura 1. Estratto da Norma CEI 106-11

Considerando $S = 0.06 \text{ m}$, $I = 590 \text{ A}$ e $d = 1,49 \text{ m}$ il valore di R_0 oltre cui l'induzione è inferiore a $3\mu T$ è di circa $0,76 \text{ m}$ con un R' di circa $1,56 \text{ m}$ (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.

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.

In tali zone, in funzione dei diametri previsti per i cavi e delle correnti in circolazione la DPA a livello suolo sarà di circa 3,5 m. dall'asse dello scavo di posa.