



REGIONE
SICILIA



COMUNE DI
CARLENTINI



LIBERO CONSORZIO
COMUNALE DI
SIRACUSA

Proponente

Trina Solar STG S.r.l.

Sede legale: Piazza Borromeo N.14, 20123 Milano

Trinasolar



Struttura di Progettazione e sviluppo

Progettazione

IL PROGETTISTA



Ing. Marco Anfuso

Firma digitale
Ing. Anfuso

IL PROGETTISTA



Ing. Paolo Grande

Firma digitale
Ing. Grande

SISTEMA ENERGIA **REGGRAN**

R.C. Ing. Alessandro Cappello

Collaboratori

Dott. Ing. Salvatore Falla
Dott. Arch. Mirko Pasqualino Re
Dott. Ing. Valentino Otupacca

Firma digitale
tecnico



Opera

PROGETTO CARLENTINI

Progetto di impianto FV a terra di potenza pari a 50,08 MW in DC e 40,26 MW in immissione e delle opere connesse da installarsi nel territorio del comune di Carlentini -SR-

Oggetto

Folder:
VIA_2

Sez.
R

Nome Elaborato:
VIA2_REL06_Relazione Tecnica sull'impatto elettromagnetico

Codice Elaborato:
REL_06

Descrizione Elaborato:
Studio previsionale Impatto Elettromagnetico

00	08/07/2022	Emissione per progetto definitivo	Regran	Trina Solar STG S.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica e Approvazione

Scala: -

Formato: A4

Sommario

1	Introduzione	3
1.1	Riferimenti normativi	3
1.2	Breve descrizione dell'impianto FV in oggetto	4
1.3	Soglie limite	6
2	Verifica campo elettrico	6
3	Verifica campo magnetico	7
3.1	Moduli Fotovoltaici.....	7
3.2	Inverter	7
3.3	Trasformatore BT/36 KV	7
3.4	Cavidotti interrati in 36 KV	8

00	24-06-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1 Introduzione

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico "Carlentini" e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

Lo studio di impatto elettromagnetico si rende necessario al fine di una valutazione del campo elettrico e magnetico nei riguardi della popolazione. In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche di trasformazione, ai cavidotti ed alla stazione utente. Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, "fasce di rispetto" per le opere sopra dette.

Per "fascia di rispetto", così come definita dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, si intende la zona all'interno della quale non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

1.1 Riferimenti normativi

Legge 22 febbraio 2001, n. 36 - Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici

DPCM 08/07/2003 - 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 29/05/08 - Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti

CEI 106-12 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche 36 KV/BT"

"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"

00	24-06-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1.2 Breve descrizione dell'impianto FV in oggetto

Il progetto dell'impianto fotovoltaico denominato "Carlentini" prevede la realizzazione di un campo FV, una rete di elettrodotti interrati 36 KV che confluiscono in un unico punto costituito dalla cabina di smistamento 36 KV principale; un elettrodotto interrato a 36 kV renderà disponibile l'energia generata nella stazione di trasformazione 36/150 kV "Carlentini Nord", condivisa con altri utenti produttori.

La potenza nominale complessiva dell'impianto fotovoltaico, determinata dalla somma delle potenze nominali di ciascun campo, è pari a 50,08 MWp, mentre la potenza in immissione nella RTN è determinata dalla potenza indicata sulla STMG, ed è pari a 40,26 MW.

All'interno del campo sarà posizionata una cabina di smistamento di 36 KV, dotata di opportune protezioni elettriche, alla quale saranno collegati le cabine di trasformazione.

Per ciascun campo FV sono previste un numero variabile di cabine di trasformazione, ciascuna delle quali è realizzata tramite soluzione containerizzata e contiene un trasformatore di potenza 36 KV/BT e quadri elettrici in bassa e 36 KV.

00	24-06-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

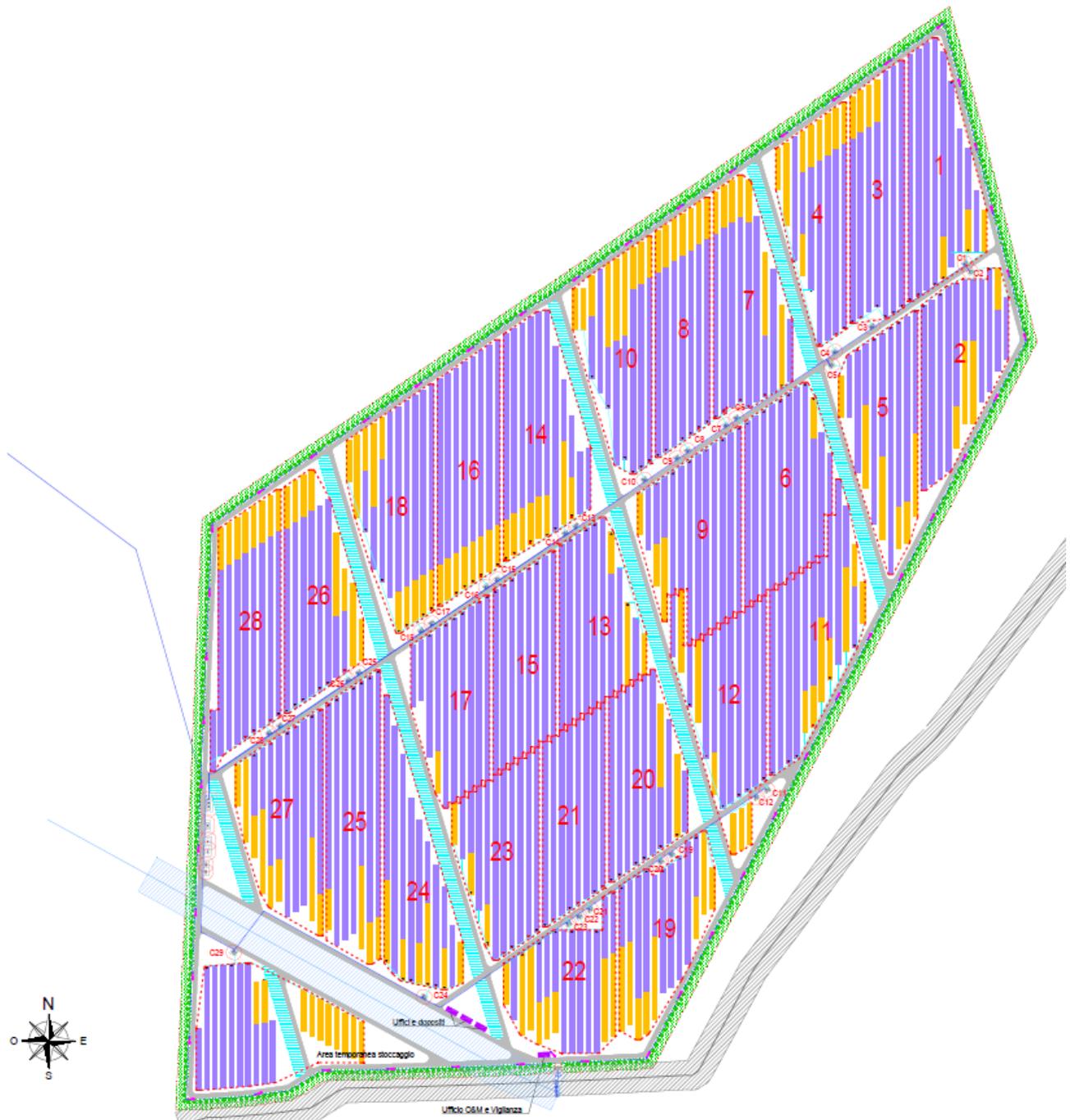


Figura 1 - Inquadramento dell'area di intervento

Per l'impianto FV in oggetto si prevede l'utilizzo di 172 inverter di stringa, installati direttamente in campo in prossimità delle stringhe di moduli FV ad essi afferenti, a ciascuno dei quali possono essere collegate fino ad un massimo di 24 stringhe di moduli FV. Ad ogni cabina di trasformazione saranno collegati 5 o 6 inverter di stringa.

I moduli fotovoltaici, realizzati con tecnologia bifacciale ed in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, saranno collegati elettricamente in serie a formare stringhe da 32 moduli, e posizionati su strutture ad inseguimento.

00	24-06-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1.3 Soglie limite

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione per la protezione della popolazione dall'esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti. Si riporta di seguito uno stralcio degli articoli di particolare rilevanza per la corrente analisi:

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 μT 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 μT , 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 μT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Lo stesso DPCM, all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ($B=3\mu\text{T}$) di cui al sovra-menzionato art. 4 ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale fascia di rispetto lo spazio circostante l'elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

2 Verifica campo elettrico

Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto sarebbero determinate fasce di rispetto (calcolate in funzione del limite di esposizione, nonché valore di attenzione, pari a 5kV/m) che sono sempre inferiori a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

Tutti i cavi interrati sono infatti dotati di schermo in rame collegato a terra, che confina il campo elettrico tra il conduttore e lo schermo stesso; considerando inoltre l'ulteriore effetto schermante del terreno, il campo elettrico è da considerarsi trascurabile in ogni punto circostante l'impianto.

Pertanto, l'obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento al limite di qualità di 3 μT .

00	24-06-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3 Verifica campo magnetico

Nel seguente capitolo viene riportata l'analisi del campo magnetico generato dai principali componenti d'impianto e, ove previsto, il calcolo della relativa "fascia di rispetto".

3.1 Moduli Fotovoltaici

I moduli fotovoltaici generano energia elettrica in corrente e tensione continue; per cui la generazione di campi magnetici variabili è limitata ai soli transistori di corrente (durante la ricerca del punto di massima potenza da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) i quali risultano di ridotta entità e di breve durata.

Nelle procedure di certificazioni dei moduli fotovoltaici secondo le serie di norme IEC 61215 e IEC 61730 non sono infatti previste prove di compatibilità elettromagnetica, in quanto irrilevanti per questi componenti.

3.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature il cui scopo principale è di convertire l'energia generata dai moduli FV da corrente continua a corrente alternata. Gli inverter selezionati per il presente progetto impiegano componentistica elettronica operante ad alte frequenze al fine di minimizzare le perdite di conversione. È comunque opportuno considerare che tali apparecchiature elettroniche, per poter essere commercializzabili, siano corredate delle necessarie certificazioni di compatibilità elettromagnetica a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa.

Per quanto riguarda il progetto relativo alla presente analisi, si prevede l'utilizzo inverter di stringa Sungrow, modello SG250XH, i quali sono conformi alla normativa CEM, ed in particolare alle norme EN 62109-1 / -2, IEC 62109-1 / -2 e IEC 62920.

3.3 Trasformatore BT/36 KV

Per quanto riguarda le cabine di trasformazione, considerabili alla stregua di cabine secondarie di trasformazione, è stata determinata la distanza di prima approssimazione tramite il metodo di calcolo descritto nel par. 5.2.1 dell'allegato al DM 29/05/2008.

La distanza di prima approssimazione corrisponde alla distanza dalle pareti esterne della cabina, e viene calcolata considerando una linea trifase con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale in bassa tensione in ingresso al trasformatore, considerando una distanza tra le fasi pari al diametro reale del cavo.

La DPA è calcolabile tramite la seguente formula:

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

Dove:

- DPA = Distanza di Prima Approssimazione [m];
- I = corrente nominale [A];
- X = diametro reale dei cavi [m].

00	24-06-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Per il presente impianto fotovoltaico viene quindi considerato un trasformatore BT/36 KV di taglia pari a 1'600 kVA, avente una corrente nominale circolante nell'avvolgimento secondario pari a circa 1'083 A (pari alla corrente nominale dell'inverter ad esso afferente).

La DPA così calcolata, arrotondata per eccesso al numero intero superiore, risulta essere pari a 3 m.

È opportuno evidenziare che le cabine di trasformazione sono posizionate all'interno del campo fotovoltaico, quindi non accessibili a personale non autorizzato, ed in condizioni di normale esercizio non sono presidiate. Si può quindi escludere qualsiasi rischio per la salute pubblica.

3.4 Cavidotti interrati 36 KV

Come anticipato, la scelta di prevedere esclusivamente linee interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo nelle immediate prossimità dei cavi.

Per quanto riguarda il campo magnetico, l'utilizzo di cavi cordati ad elica implica l'esclusione di tale tipologia di linea dalla valutazione, in base a quanto prescritto dal D.M.29/05/2008 al punto 3.2 (e art. 7.1.1 CEI 106-11) in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.

Non è possibile affermare lo stesso per il tratto di collegamento tra il Parco Fotovoltaico e la stazione di trasformazione, costituito (nel tratto più gravoso, ovvero caratterizzato dalla maggior potenza trasportata) da un cavidotto composto da n°3 terne di cavi unipolari di sezione pari a 500 mm² disposti a trifoglio, come rappresentato in Figura 2. Per ulteriori dettagli in merito alla modalità di posa dei cavidotti si rimanda all'elaborato dedicato "Sezioni tipo cavidotti interrati BT e 36 KV".

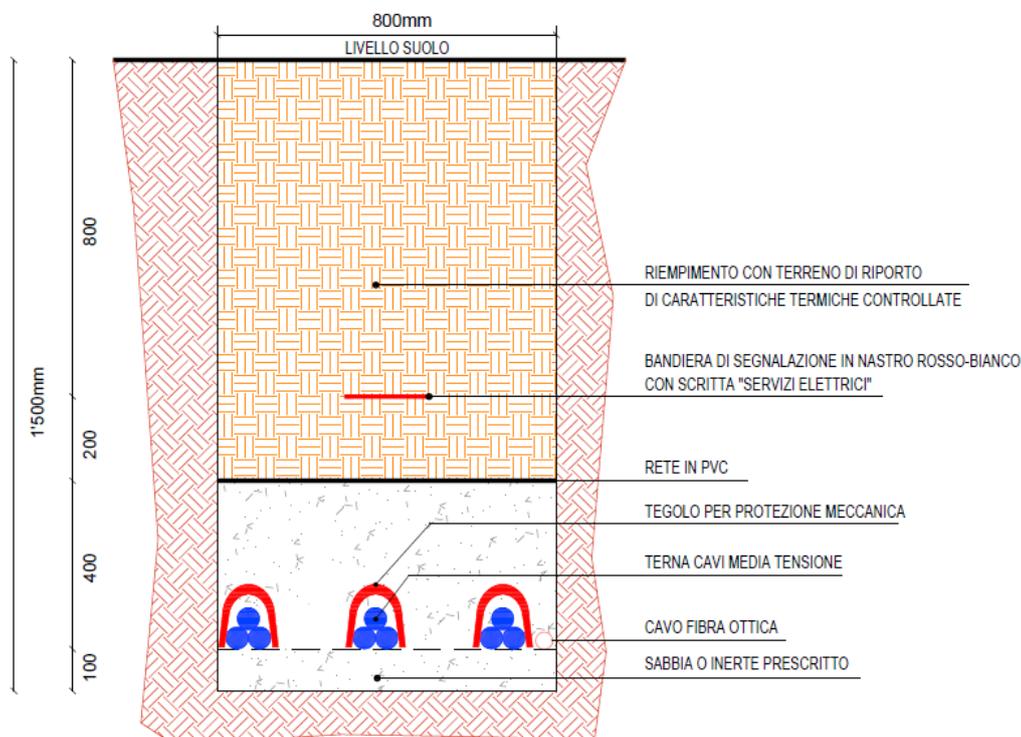


Figura 2 - Modalità di posa cavi 36 KV

00	24-06-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Per la determinazione del campo magnetico generato da cavi percorsi da corrente, nel caso di un sistema trifase quale quello in oggetto, si può fare riferimento alla norma CEI 106-12 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche 36 KV/BT" la quale fornisce la relazione di calcolo di cui alla formula seguente:

$$B = 0.6 \times \sqrt{6} \times \frac{S \times I}{R^2}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle tre terne, e fissando l'asse centrale del sistema in corrispondenza della terna di cavi centrale, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_1 \times I_1}{(x - x_1)^2 + (h + d)^2} + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_2 \times I_2}{(x - x_2)^2 + (h + d)^2} + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_3 \times I_3}{(x - x_3)^2 + (h + d)^2}$$

Dove:

- B = induzione magnetica in un generico punto distante R dal centro del sistema (posizione baricentrica delle terne di cavi [m]);
- h = distanza dal suolo [m];
- d = profondità di posa del cavidotto [m];
- S = diametro reale del cavo [m];
- I = corrente circolante nel cavo [A].

Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h, le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa dei cavi	1,4 m
Distanza terna 1 dall'asse y	0 m
Distanza terna 2 dall'asse y	+0,125 m
Distanza terna 2 dall'asse y	- 0,125 m
Sezione conduttore	500 mm ²
Portata nominale	735 A
Portata corretta in funzione delle condizioni di posa ($k_{TOT} = 0,66$)	485 A

Considerando una corrente di 485 A pari alla portata corretta dei cavi in esame (ipotesi ampiamente cautelativa, aventi una sezione di 500mm² ed un diametro reale di 26 mm, si ottengono valori relativi all'induzione magnetica riportati nella seguente tabella e rappresentati graficamente nel grafico in Figura 3.

00	24-06-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

	Distanza dal suolo [m]					
	0	1	1,5	2	2,5	3
-5	0,582	0,510	0,469	0,429	0,390	0,353
-4,5	0,706	0,603	0,547	0,493	0,442	0,396
-4	0,873	0,720	0,642	0,569	0,502	0,443
-3,5	1,104	0,871	0,759	0,658	0,571	0,496
-3	1,432	1,062	0,900	0,762	0,647	0,552
-2,5	1,913	1,305	1,069	0,880	0,730	0,612
-2	2,636	1,606	1,262	1,007	0,815	0,670
-1,5	3,731	1,956	1,469	1,134	0,897	0,725
-1	5,298	2,316	1,663	1,246	0,966	0,769
-0,5	7,069	2,602	1,807	1,325	1,013	0,798
0	7,949	2,714	1,860	1,354	1,029	0,809
0,5	7,069	2,602	1,807	1,325	1,013	0,798
1	5,298	2,316	1,663	1,246	0,966	0,769
1,5	3,731	1,956	1,469	1,134	0,897	0,725
2	2,636	1,606	1,262	1,007	0,815	0,670
2,5	1,913	1,305	1,069	0,880	0,730	0,612
3	1,432	1,062	0,900	0,762	0,647	0,552
3,5	1,104	0,871	0,759	0,658	0,571	0,496
4	0,873	0,720	0,642	0,569	0,502	0,443
4,5	0,706	0,603	0,547	0,493	0,442	0,396
5	0,582	0,510	0,469	0,429	0,390	0,353

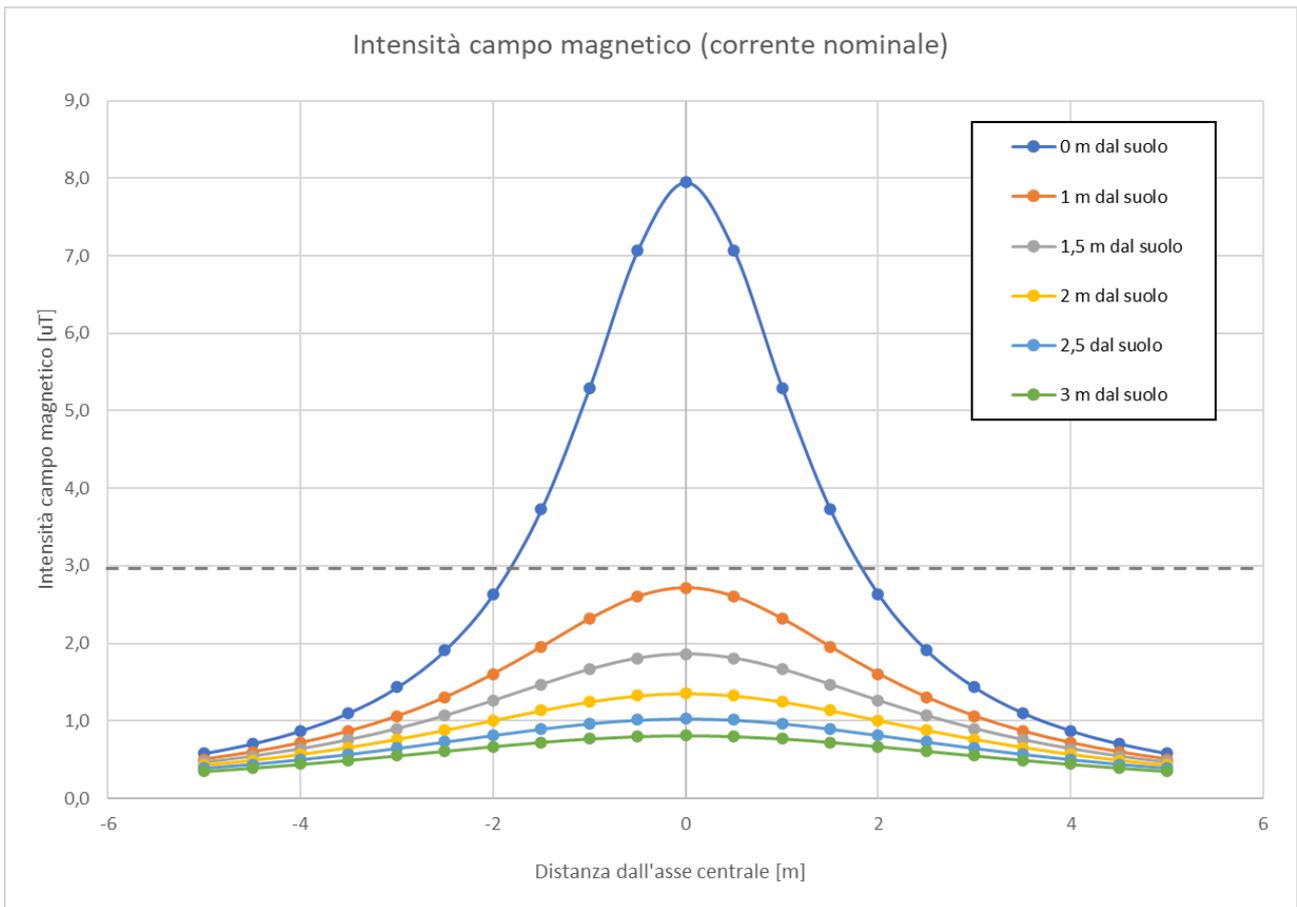


Figura 3 - Campo magnetico - Corrente nominale

00	24-06-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Si può osservare come nel caso peggiore, ovvero considerando un'altezza dal suolo pari a 0, il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto ad una distanza inferiore a 2 m dall'asse del cavidotto.

Il valore della Distanza di Prima Approssimazione (DPA) così calcolato è risultato pari a 2m (valore approssimato per eccesso). Tale valore è stato inoltre considerato per verificare la presenza di eventuali recettori sensibili lungo il percorso di tutti i cavidotti 36 KV esterni all'impianto.

Tramite un'analisi dettagliata del percorso del sopra-menzionato cavidotto, è stato possibile escludere la presenza di recettori sensibili ricadenti all'interno della DPA dei cavidotti interrati.

00	24-06-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione