



ALTA CAPITAL 16

Alta Capital 16 S.r.l.
 Corso Galileo Ferraris, 22
 10121 Torino (TO)
 P.Iva 12662190011
 PEC altacapital16.pec@maildoc.it

Progettista

ID&A
 Industrial
 Designers &
 Architects

Industrial Designers and Architects S.r.l.
 via Cadore, 45
 20038 Seregno (MB)
 p.iva 07242770969



Progetto per la realizzazione dell'Impianto agrivoltaico integrato ecocompatibile "Lettiga" da 46,2 MWp a Termini Imerese (PA)-90018.

Elaborati del Progetto Definitivo

Relazione campi elettromagnetici

Revisione

n.	data	aggiornamenti
1		
2		
3		

Elenco Elab.

RS 06 REL

0008 A 0

nome file

	data	nome	firma
redatto	23.05.2022	Ferraro	
verificato	24.05.2022	Falzone	
approvato	25.05.2022	Speciale	

26.05.2022 scala --

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

Sommario

1.	PREMESSA	2
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
4.	DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI.....	6
4.1	GENERALITA'	6
4.2	CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE	9
4.3	CABINA ELETTRICA D'IMPIANTO MT/AT.....	11
5.	CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	13
5.1	CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO AGRIVOLTAICO.....	13
5.1.a	Moduli fotovoltaici	13
5.1.b	Inverter	13
5.1.c	Linee elettriche in corrente alternata.....	14
5.1.d	Cabine elettriche di trasformazione MT.....	16
5.1.f	Altri cavi.....	17
5.2	CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE.....	18
5.2.a	Linee elettriche in corrente alternata in media tensione	18
5.2.b	Linee elettriche in corrente alternata in alta tensione.....	23
5.2.c	Analisi dei risultati ottenuti	27

1. PREMESSA

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

L'impianto in progetto prevede l'installazione a terra, su un lotto di terreno di estensione totale 623.839 m² attualmente a destinazione agricola, di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 615 Wp.

I pannelli saranno montati su strutture ad inseguimento (tracker), in configurazione bifilare, asse di rotazione Nord-Sud con inclinazione Est-Ovest compresa tra +/- 45.

Il progetto prevede complessivamente 79.200 moduli occupanti una superficie massima di circa 221.338 m², per una potenza complessiva installata di circa 48,70 MWp lato DC, di moduli fotovoltaici, collegati a n. 3264 inverters DC/AC da 175 kW per avere una potenza nominale di picco complessiva del campo lato AC pari a 46,20 MWac.

La scelta di sovradimensionare l'impianto agrivoltaico lato DC è motivata dalla volontà di ottimizzare il funzionamento dell'impianto nelle ore di bassa producibilità (ore mattutine ed ore pomeridiane), in modo da avere una producibilità quasi costante in tutto l'arco della giornata. Inoltre, tenendo conto della riduzione dell'efficienza dei moduli fotovoltaici nel tempo, il sovradimensionamento lato DC ci consente di garantire una potenza lato AC costante nel tempo.

L'impianto sarà corredato di 264 inverters DC/AC da 175 kW, n. 12 cabine MT/BT 0,8/30kV/kV da 4000 kVA, n.2 cabine MT/BT da 500 kVA per i Servizi Ausiliari (SA), una stazione di trasformazione con n. 1 trasformatore MT/AT ONAN da 50/60MVA–30/150 kV ONA/ONAF ed una *control room*. Dal trasformatore MT/AT si dipartirà una terna di cavi interrati che collegheranno in AT l'intero campo agrivoltaico alla stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 220/150 kV di Caracoli, oggetto di rifacimento a cura Terna, il tutto come riportato nell'elaborato grafico "Schema unifilare impianto agrivoltaico".

Per l'impianto saranno valutate, in particolare, le emissioni elettromagnetiche dovute alla cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione. Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

Nel presente studio è stata presa in considerazione le condizione maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

Verrà riportata l'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale dei cavidotti e nelle immediate vicinanze; la rilevazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di 0m, +1,5m, +2m, +2,5m e +3m dal livello del suolo. Si precisi che la quota di +1,5m dal livello del suolo è la quota nominale cui si fa riferimento nelle misure di campo elettromagnetico.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] 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".
- [2] DL 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro".
- [3] Norma CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici".
- [4] Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".
- [5] 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".
- [6] DM del MATTM del 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel 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", 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 (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

"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" [art. 3, comma 1];

"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

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.” [art. 3, comma 2];

“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” [art. 4].

Pertanto l'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto FV trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione (circa 46,20 MWp).

Come detto, il 22 Febbraio 2001 l'Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz.

Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: “Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”. L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

Tabella 1 Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana
0.1-3	60	0.2	-
da 3 – 3000	20	0.05	1
da 3000 – 300000	40	0.01	4

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

Tabella 2 Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

L'art. 4, invece, riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato in Tabella 3:

Tabella 3 Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7 del Gennaio 2001.

4. DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI

4.1 GENERALITA'

L'impianto, denominato "Impianto Agrivoltaico Integrato Ecocompatibile LETTIGA", classificato come "Impianto non integrato" del tipo Agrivoltaico Integrato Ecocompatibile verrà realizzato a terra nel territorio comunale di Termini Imerese (PA) nei terreni regolarmente censiti al Catasto, come si evince da Piano Particellare allegato. L'impianto è di tipo grid-connected e la modalità di connessione è in "Trifase in ALTA TENSIONE 150 kV".

La potenza dell'impianto sarà pari a 46.200 kWp. La produzione di energia annua stimata è di 79.104,16 MWh e deriva da 79.200 pannelli (moduli) occupanti una superficie massima di circa 221.338 m².

I pannelli saranno montati su strutture ad inseguimento (tracker), in configurazione bifilare, asse di rotazione Nord-Sud con inclinazione Est-Ovest compresa tra +/- 45°.

Il parco agrivoltaico, oggetto della presente relazione, sarà costituito da 12 sottocampi, ciascuno di potenza pari a circa 4.000 kWp (identificati con un numero nell'intervallo da 1 a 12 nel layout generale).

Ad ogni inverter saranno collegate n. 12 stringhe in parallelo da 25 moduli per un totale di 300 moduli ad inverter. Tutti i moduli saranno costituiti da pannelli di potenza pari a 615 Wp in monocristallino. Gli inverters di ciascun sottocampo saranno collegati ad un quadro di parallelo posto all'interno di un *box cabina* di trasformazione, in cui sarà presente un trasformatore in resina. Nello specifico si avranno 12 trasformatori da 4000 kVA 0,8/30kV/kV.

Tali sottocampi saranno reciprocamente ed elettricamente collegati per mezzo di un sistema di distribuzione ramificato in MT 30kV in entra ed esci e si andranno ad attestare al trasformatore MT/AT mediante un cavidotto interrato.

L'impianto di trasformazione MT/AT sarà formato da un'unica stazione di trasformazione di utenza MT/AT con n. 1 trasformatore da 50/60 MVA ONAN/ONAF 30/150 kV/kV.

Dal trasformatore si diramerà una terna di cavi in AT a 150 kV che si andranno ad attestare, in antenna a 150 kV, alla stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 220/150 kV di Caracoli, oggetto di rifacimento a cura Terna.

Per le modalità di scambio di energia fra la rete in AT e l'impianto agrivoltaico, la potenza massima di progetto conferibile in rete pubblica richiesta è pari a 46,20 MW.

Gli impianti e le opere elettriche da eseguire sono quelli sinteticamente sotto raggruppati:

- Impianto elettrico di ciascun sottocampo per la produzione di energia elettrica;
- Rete di distribuzione MT in cavo per la connessione dei blocchi di cabine costituenti il parco agrivoltaico;
- Rete di distribuzione MT in cavo per la connessione delle n.2 cabine MT/BT per i Servizi Ausiliari;

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

- Collegamento elettrico MT tra il parco agrivoltaico e la stazione interna di raccolta e trasformazione MT/AT30/150 kV con n.1 trasformatore da 50/60MVA ONAN/ONAF.
- Collegamento elettrico AT tra la stazione di trasformazione e la sottostazione di consegna utente.
- Collegamento elettrico AT tra la sottostazione Utente e la sottostazione di Terna benestariata.

L'impianto agrivoltaico in progetto prevede l'installazione a terra, su terreno di estensione totale di 623.839 m² attualmente a destinazione agricola, di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 615 Wp.

I pannelli fotovoltaici hanno dimensioni 2.465 x 1.134 mm, incapsulati in una cornice di alluminio anodizzato dello spessore di 35 mm, per un peso totale di 30,6 kg ognuno.

I trackers, su cui sono montati i pannelli, sono realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato, resistente alla corrosione, e sono mossi da un motorino magnetico passo-passo. Le strutture dei trackers sono costituite da pali verticali infissi al suolo e collegati da una trave orizzontale secondo l'asse Nord-Sud (mozzo), inserita all'interno di cuscinetti appositamente progettati per consentirne la rotazione lungo l'arco solare (asse Est-Ovest). Ogni tracker è dotato di un motorino a vite senza fine, che trasmette il moto rotazionale al mozzo. L'altezza al mozzo delle strutture è di 2,26 m dal suolo; l'angolo di rotazione del mozzo è di $\pm 45^\circ$ rispetto all'orizzontale. La motorizzazione del mozzo è alimentata da un kit integrato comprendente un piccolo modulo fotovoltaico dedicato, una batteria di accumulo e non necessita di alimentazione esterna.

Gli inverter, della FIMER ABB PVS175-TL 1500V dc- 800V ac – 175 kW, hanno dimensioni approssimativamente pari a 867 x 1086 x 342 mm e saranno collocati al di sotto dei tavoli dei pannelli.

Le cabine MT hanno dimensioni approssimate per eccesso di 18,00 x 2,50 x 2,60 m, e sono costituite da moduli prefabbricati per l'alloggiamento degli arredi di cabina (interruttori, quadri, inverter, trasformatori BT/MT, cavedi).

La stazione di trasformazione interna che contiene il trasformatore a 150 kV, occupa un'area di circa 2.000 m².

Ai fini dello stoccaggio dei materiali di consumo, ricambi, attrezzi e mezzi d'opera, si è previsto un deposito di 160 mq di forma rettangolare con una tettoia esterna adiacente di 48 mq, attiguo alla control room ed alloggio custode per complessivi 80 mq.

L'energia prodotta dall'impianto sarà veicolata in uscita dalla stazione utente MT/AT, mediante un cavidotto AT interrato, alla sottostazione di Terna 220kV/150kV di Caracoli.

Dal punto di vista elettrico, l'impianto nel suo complesso è funzionalmente diviso in n. 12 blocchi da circa 3,25MWac di potenza installata.

Ogni blocco, costituito da diversi moduli costituenti le stringhe, è collegato ad un inverter con la funzione di trasformare la corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata.

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

I quadri di parallelo in BT di campo sono a loro volta collegati alle cabine MT, al cui interno avviene la trasformazione della corrente alternata da bassa tensione (BT) a media tensione (MT).

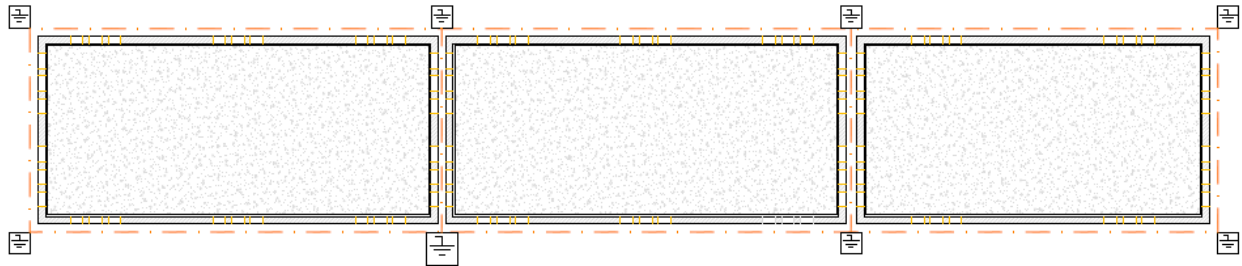
Le cabine MT sono a loro volta collegate al trasformatore posizionato nella stazione utente; trasformatore che riceve la corrente alternata in MT prodotta dall'impianto agrivoltaico e la trasforma in alta tensione (AT) per essere poi veicolata sulla RTN in altissima tensione (AAT).

I cavidotti delle linee BT e MT e AT sono tutti interni all'impianto agrivoltaico.

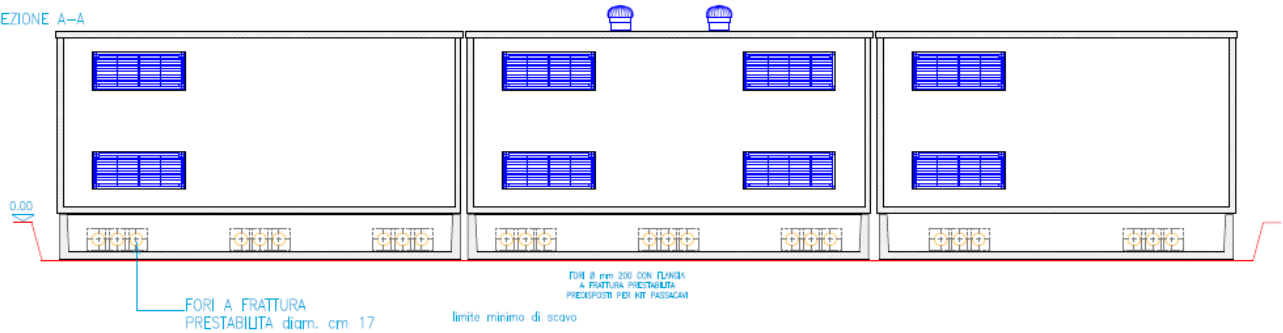
Per le sezioni di scavo dei cavidotti BT, MT e AT si rimanda ai relativi elaborati.

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

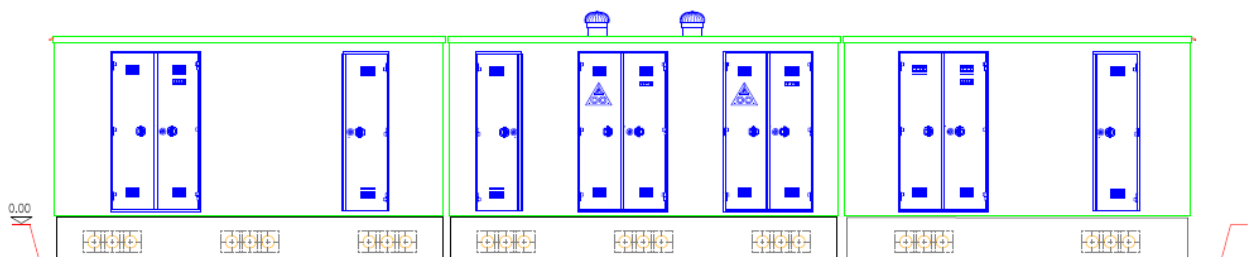
4.2 CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE



SEZIONE A-A



VISTA PRINCIPALE



ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

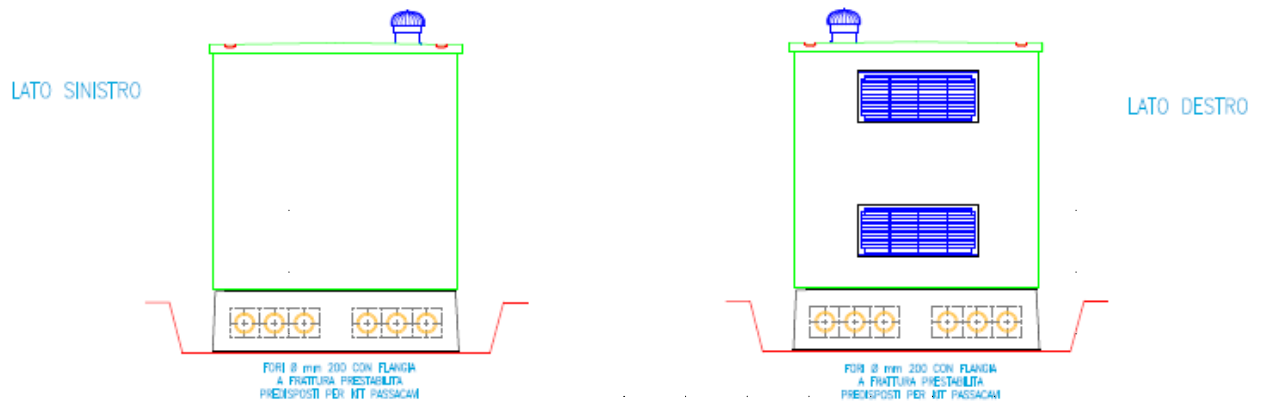
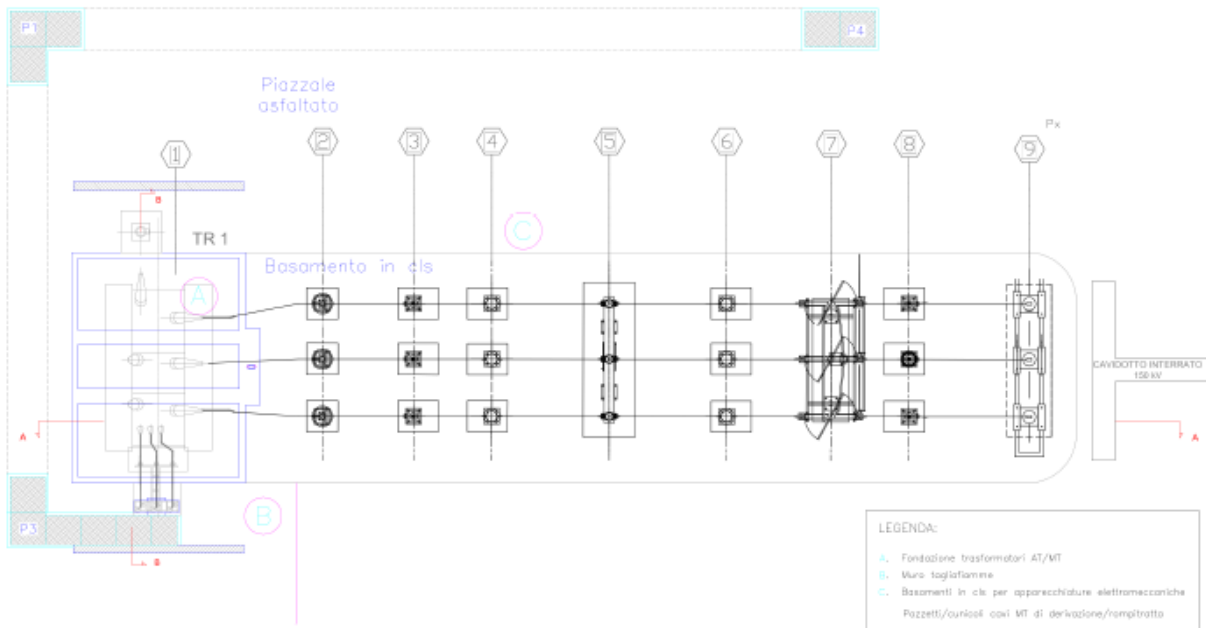
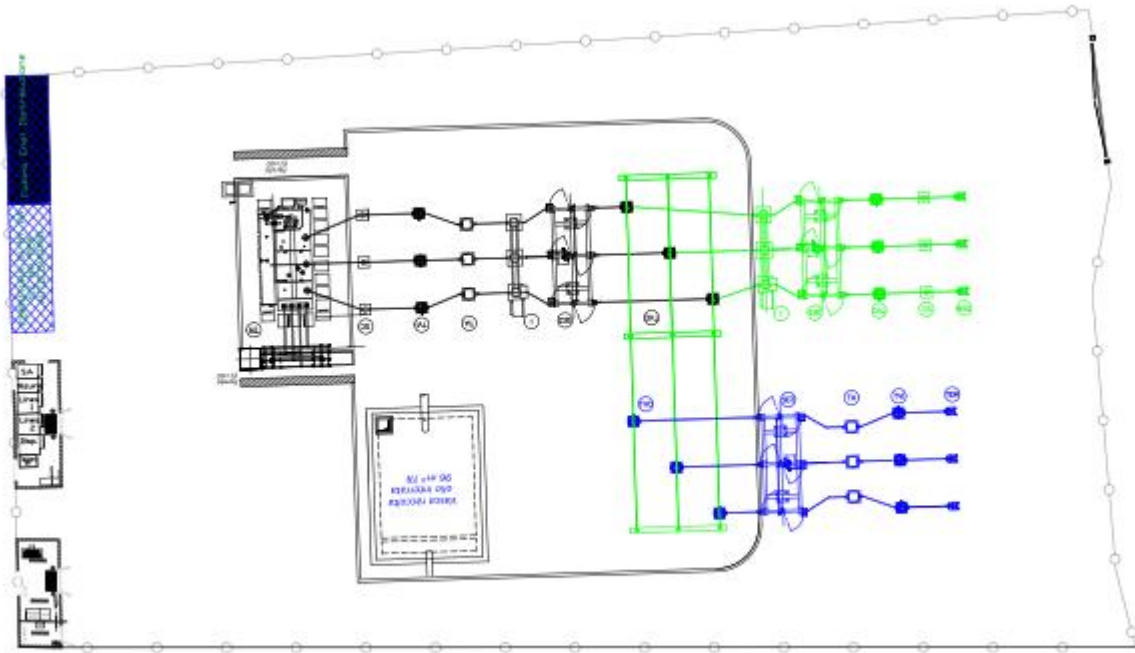


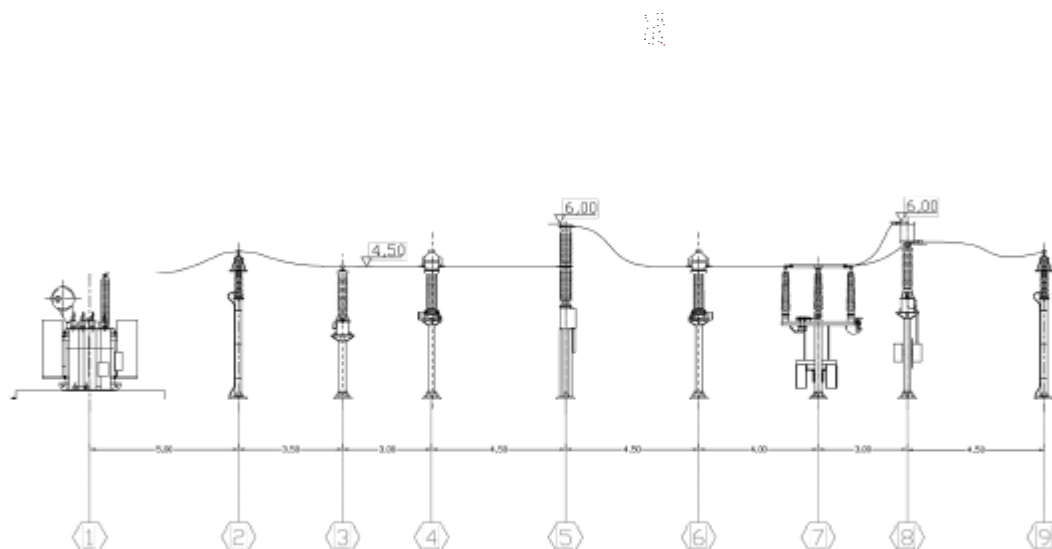
Figura 1: Cabina di trasformazione

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

4.3 CABINA ELETTRICA D'IMPIANTO MT/AT



ALTA CAPITAL 16 S.R.L.



POSIZIONE	LEGENDA
①	TRASFORMATORI MT/AT 30/150 kV/kV - 40 -50 MVA ONAN
②	SCARICATORE DI SOVRATENSIONI
③	TRASFORMATORI DI TENSIONE INDUTTIVI PER MISURE FISCALI
④	TRASFORMATORI DI CORRENTE PER MISURE FISCALI
⑤	INTERRUTTORE TRIPOLARE 150 kV
⑥	TRASFORMATORE DI CORRENTE PER MISURE E PROTEZIONE
⑦	SEZIONATORE TRIPOLARE ORIZ. 150 kV CON LAME DI MESSA A TERRA
⑧	TRASFORMATORE DI TENSIONE CAPACITIVO PER MISURE E PROTEZIONE+ BOBINA PER ONDE CONVOGLIATE
⑨	SCARICATORE - TERMINALE CAVO 150 kV

Figura 2: Pianta e sezioni della cabina d'impianto

5. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

5.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO AGRIVOLTAICO

5.1.a Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per tale motivo la generazione di campi variabili è limitata ai soli transistori di corrente, sia durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter sia durante l'accensione e lo spegnimento. Tuttavia, è bene specificare che tali transistori sono di brevissima durata.

Nella certificazione dei moduli fotovoltaici, conforme alla norma CEI 82-8 (IEC 61215), non sono menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, in quanto assolutamente irrilevanti.

5.1.b Inverter

Il legislatore ha previsto che gli inverter, prima di essere introdotti nel mercato, debbano possedere le certificazioni necessarie a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni sia le ridotte emissioni, al fine di minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze e con la rete elettrica stessa (via cavo).

Dunque gli inverter scelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12.

Inoltre le norme sopra citate riguardano:

- I livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- I disturbi alle trasmissioni di segnale, che vengono eseguite dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- Le variazioni di tensione e di frequenza: la propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e di frequenza, però, sono causate generalmente dalla rete stessa. Quindi si rendono necessari dispositivi con finestre di tensione e frequenza abbastanza ampie, allo scopo di evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto agrivoltaico;
- La componente continua immessa in rete: il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare, inoltre il dispositivo di interfaccia, relativo a ciascun inverter, interviene in presenza di componenti

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica, concernenti i buchi di tensione, la cui durata tipica può essere al massimo pari a 3 s, sono dovute principalmente al coordinamento delle protezioni, effettuato dal gestore di rete locale.

5.1.c Linee elettriche in corrente alternata

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei valori dei campi elettrici e dei campi magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità di questi ultimi, fissato dalla legislazione sopra descritta a $3 \mu\text{T}$. Si deve precisare che l'unico locale da considerare presidiato è la *Control room*, che si trova ad una distanza di circa 8 m dal percorso del cavidotto più vicino; tale distanza risulta superiore alla fascia di rispetto, il cui calcolo verrà effettuato nel prosieguo della presente relazione.

La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede, all'interno del campo agrivoltaico, l'utilizzo di soli cavi trecciati e/o schermati, equivalenti dal punto di vista elettromagnetico a cavi elicordati; per questi ultimi vale quanto riportato nelle norme CEI 106-11 e CEI 11-17.

In riferimento a quanto 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 in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

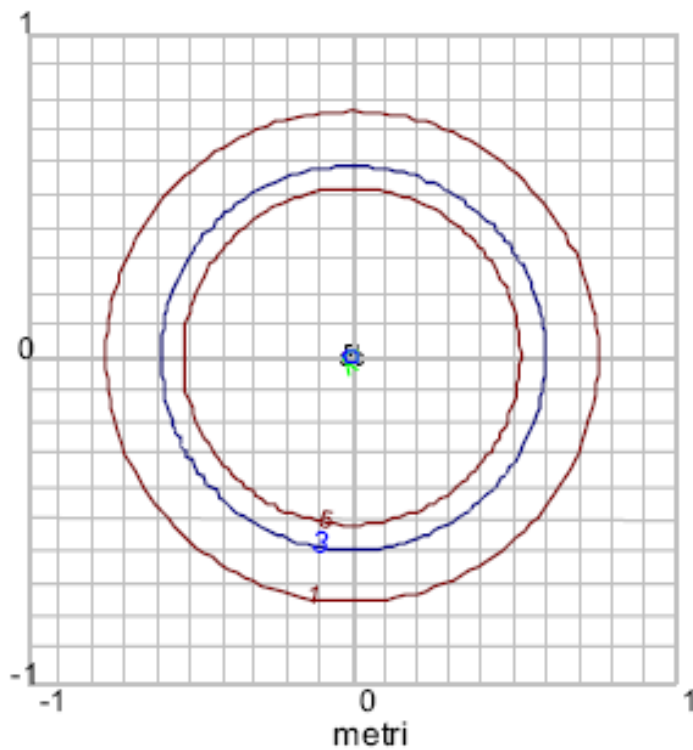


Figura 3: Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata (dalla Norma CEI 106-11).

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

Si fa notare inoltre che il 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. Pertanto si ritiene valido ciò che viene riportato nella norma precedentemente richiamata.

Ne consegue che in tutti i tratti, realizzati mediante l'uso di cavi elicordati e/o interrati, l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, uguale alla fascia di asservimento della linea.

5.1.d Cabine elettriche di trasformazione MT

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto, sono da esaminare le cabine elettriche di trasformazione BT/MT, all'interno delle quali la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT. In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza massima pari a 4.000 kVA, collocati nelle stesse cabine di trasformazione.

La presenza del trasformatore BT/MT il più delle volte viene presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina. Nel parco agrivoltaico di progetto non sono previsti locali frequentati da addetti lavoratori in distanze minori delle DPA sotto calcolate.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto. Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel già citato cap.5.2.1:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Considerando che I= 3.849 A e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è pari a 3(7x240) mm², con diametro esterno di circa 29,2 mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 4 m.

Nel caso in questione, la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è presidiata, tranne che per operazioni di manutenzione o per letture contatori di durata limitata nel tempo (operazioni di circa un'ora) e nell'anno (operazioni di frequenza massima mensile).

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

5.1.e Cabine elettriche di raccolta cavi MT – Quadri di parallelo MT

Infine occorre verificare la cabina elettrica MT di parallelo, dove confluiscono i cavidotti MT provenienti dai gruppi delle cabine di trasformazione. Tale cabina è adiacente all'area di trasformazione MT/AT 30/150 kV, con trasformatore da 50/60 MVA ONA/ONAF; all'interno di quest'ultima la principale sorgente di emissione è costituita dalle correnti dei quadri MT.

La massima corrente MT, dovuta alla massima produzione, è pari a circa 937 A: si tratta della corrente di ogni fase per la potenza complessiva massima di 46,20 MVA a 30 kV (primario del trasformatore).

Dall'esame della sbarra scelta in uscita dalla cabina di parallelo MT, rettangolare con dimensioni di 30x20mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 4 m.

D'altra parte, anche nel caso in questione, la cabina normalmente non è presidiata.

5.1.f Altri cavi

Altri campi elettromagnetici, dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati, si possono trascurare, poiché le linee dati normalmente vengono realizzate in cavo schermato.

5.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE

5.2.a Linee elettriche in corrente alternata in media tensione

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori.

Per quel che concerne il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrato, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Pertanto nel prosieguo si esporranno i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

Nel complesso l'impianto agrivoltaico in progetto è costituito da due campi di potenza pari a 23,100 MWp che si vanno ad attestare alla cabina di parallelo posta all'interno della cabina di trasformazione MT/AT. Viene esaminata come unica situazione significativa, ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica, quella relativa al sottocampo che presenta la situazione più gravosa in termini di potenza elettrica generata. In tale situazione i cavi di connessione elettrica saranno composti da una terna elicordata, la quale trasporterà verso la stazione Utente una potenza di circa 22,100MWp. Il sistema è caratterizzato dalle sezione tipo riportata nella seguente figura:

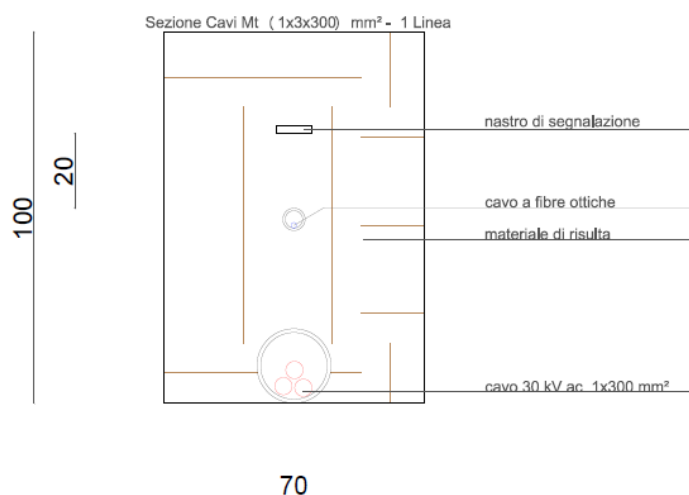


Figura 4: Sezione tipica di posa della linea in cavo

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

All'interno del cavidotto in esame si trovano due terne di cavi MT isolati a 30 kV che trasferiscono la potenza del sottocampo di maggiore potenza verso la stazione di utenza.

Per quanto concerne i cavidotti MT, per il collegamento della cabina d'impianto al quadro MT della stazione d'utenza, si prevede l'utilizzo di cavi unipolari di sezione pari a 1x300 mm², elicordati e posati a trifoglio. La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi} = \frac{23,100 \cdot 10^6}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3} = 468 \text{ A}$$

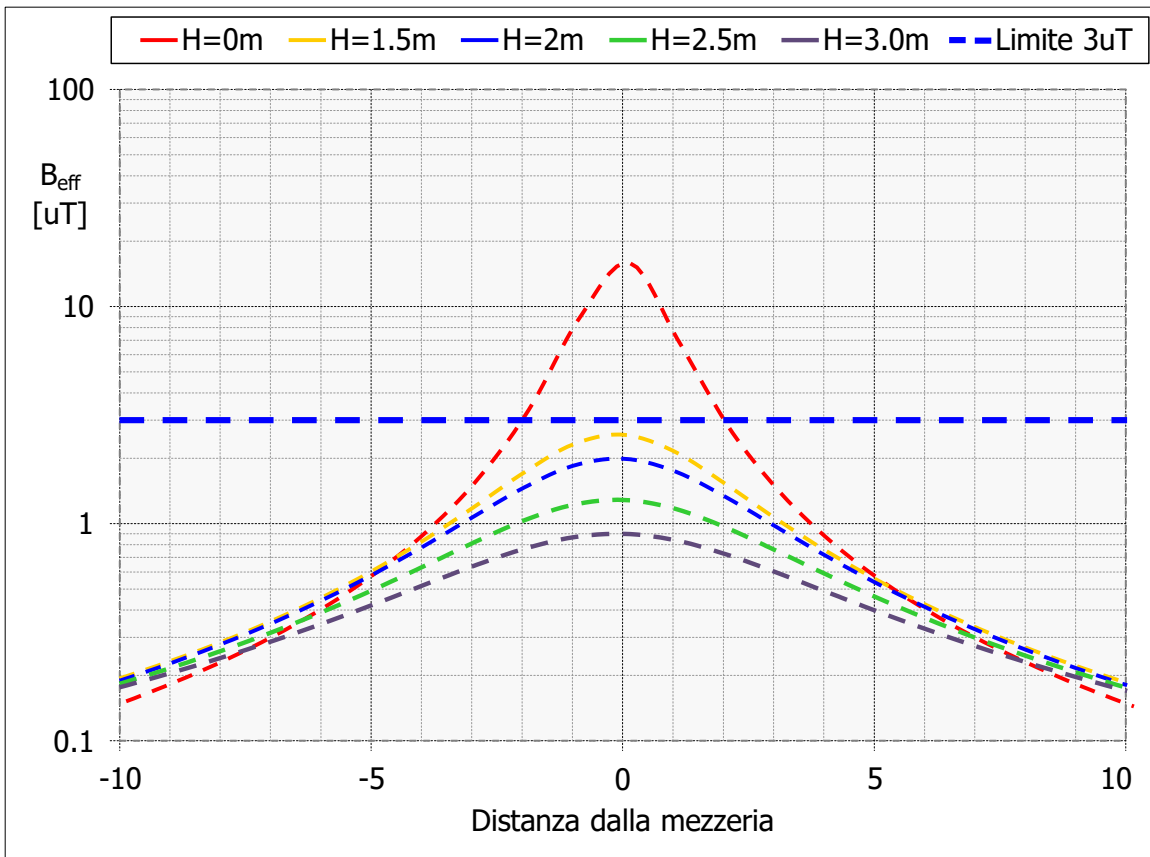
Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1 m, con un valore di corrente pari a 472 A , pari alla portata massima della linea elettrica in cavo, per condizione di posa, secondo la Norma CEI 20-21.

Ai fini di calcolo cautelativo è stata scelta la configurazione dell'elettrodotta in assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze.

Nella seguente figura è riportato l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa.

Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

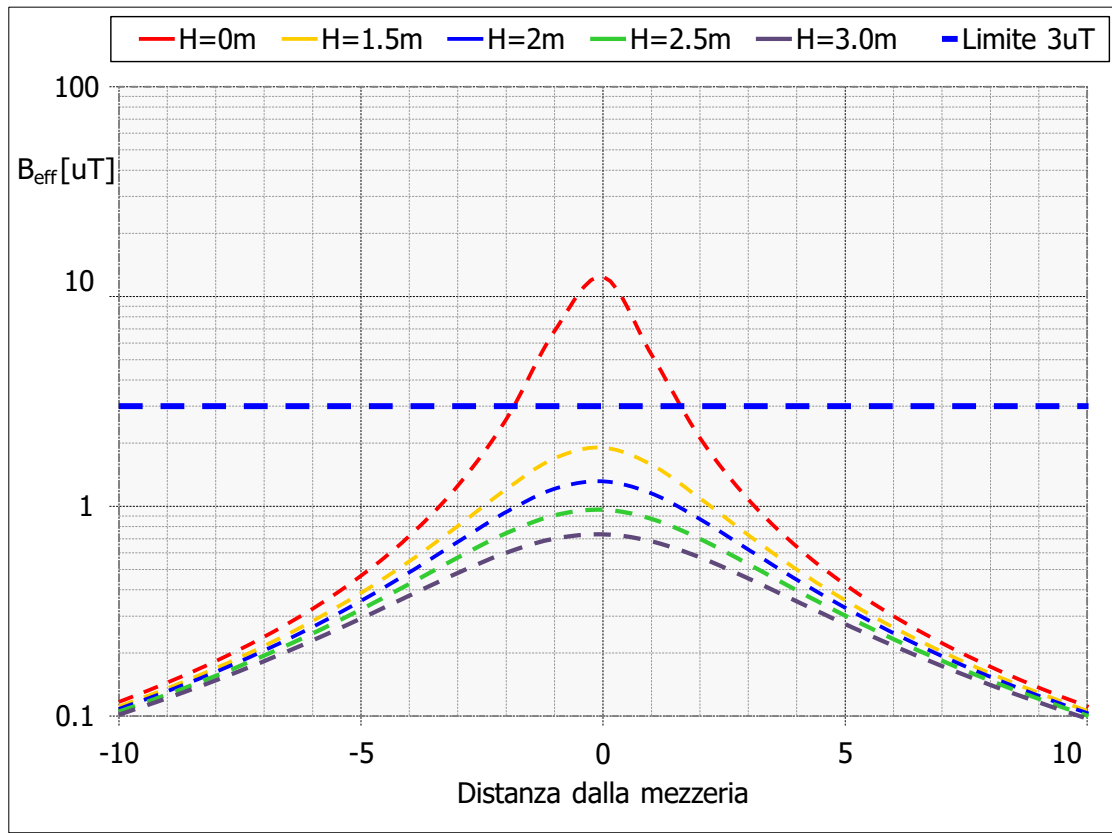


Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente del cavo

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 1,7 m dall'asse del cavidotto.

È da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto agrivoltaico, che, come detto, è pari a 468 A nelle condizioni di massima erogazione, inoltre nella situazione progettuale si è optato per un tipo di posa con cavi schermati e/o elicordati. Inoltre, se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come in figura seguente, dove si è considerato un valore di corrente pari alla corrente di impiego, e cioè 468A. In tal caso il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 1,85 m dall'asse del cavidotto.

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.



Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a $3 \mu\text{T}$ in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata); pertanto è **esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata.**

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso di una terna di cavi posata alla profondità di 1 m, secondo quanto riportato nel presente documento e con la corrente massima per ciascuno dei cavi utilizzati e cioè pari a 472 A. Il risultato del calcolo è riportato nella figura seguente.

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

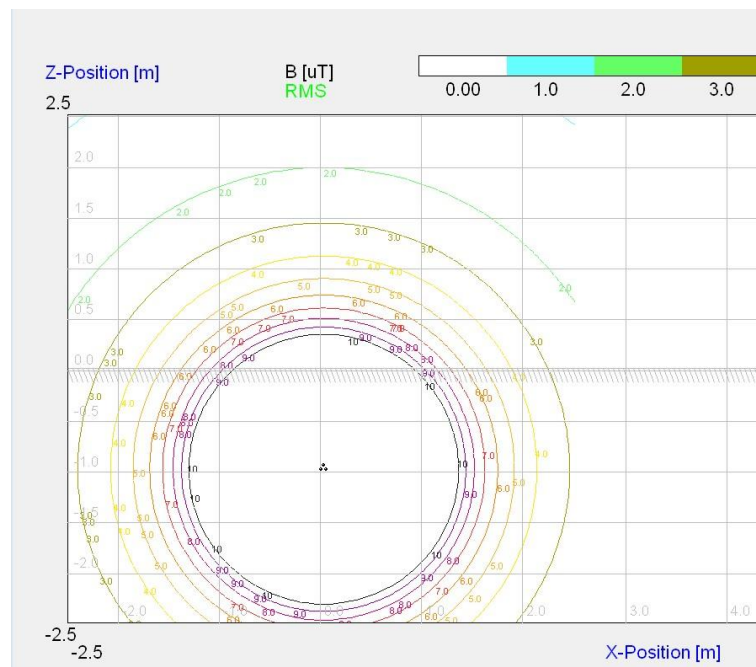


Figura 8: Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato da una linea MT posata a trifoglio $I_{max}=472$ formazione (3x1x300)

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

Quindi si può considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 2 m, a cavallo dell'asse del cavidotto.

Infine, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo, non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in oggetto.

5.2.b Linee elettriche in corrente alternata in alta tensione

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori.

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

Visto l'impianto agrivoltaico, è stata esaminata come unica situazione significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica, quella generata dal tratto di posa del cavo che trasporta la piena potenza elettrica generata dall'intero impianto FV (46,20 MVA) relativa al collegamento in AT tra la sottostazione di trasformazione alla sottostazione Utente di connessione a Terna.

All'interno del cavidotto in esame si trova una terna di cavi AT isolati a 150 kV che trasferiscono l'intera potenza di impianto FV verso la sottostazione Utente.

La corrente massima che può interessare la singola linea di collegamento AT per l'impianto in oggetto è la seguente:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{46,20 \cdot 10^6}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 150 \cdot 10^3} = 187 A$$

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1,5 m, con un valore di corrente pari a 1200 A, pari alla portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21.

La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze.

Nella seguente figura è riportato l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto sarà posata una terna di cavi di sezione $3 \times 1 \times 1600 \text{ mm}^2$.

Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

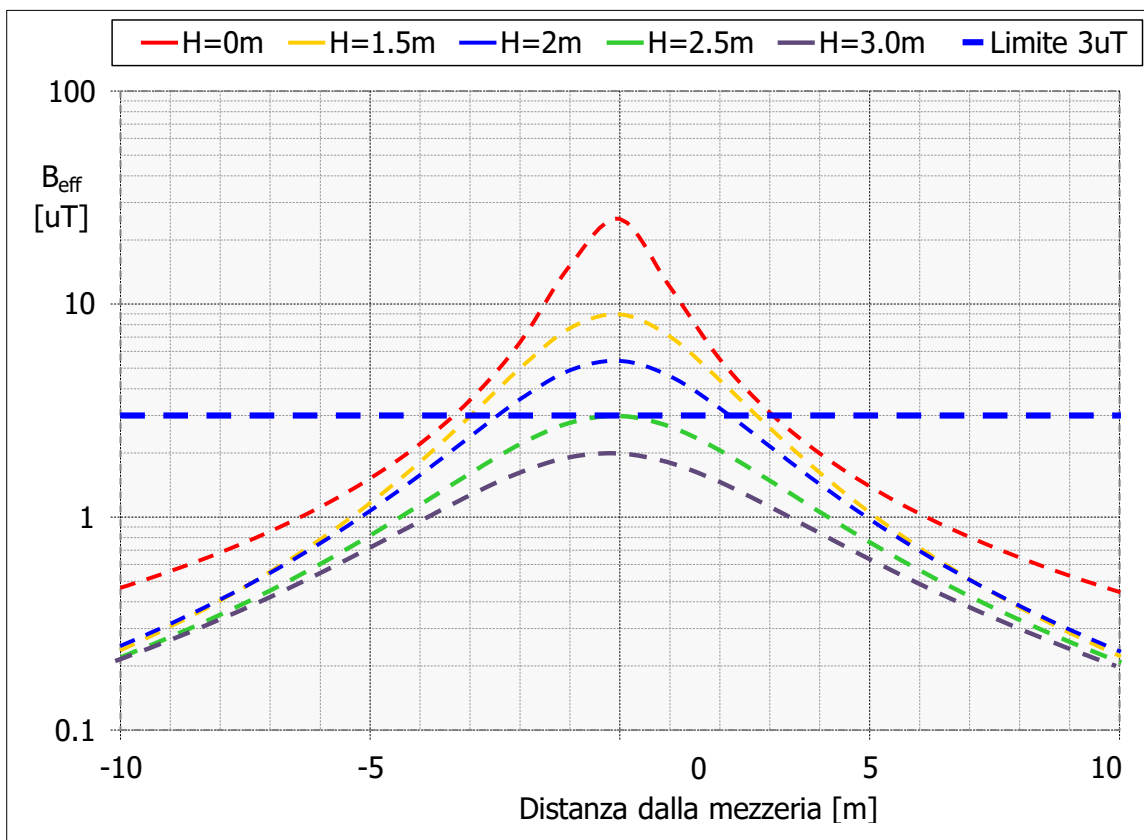


Figura 9: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente del cavo

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 4 m dall'asse del cavidotto.

È da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel

cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto agrivoltaico che, come detto, è pari a 187 A nelle condizioni di massima erogazione. Se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come in figura seguente:

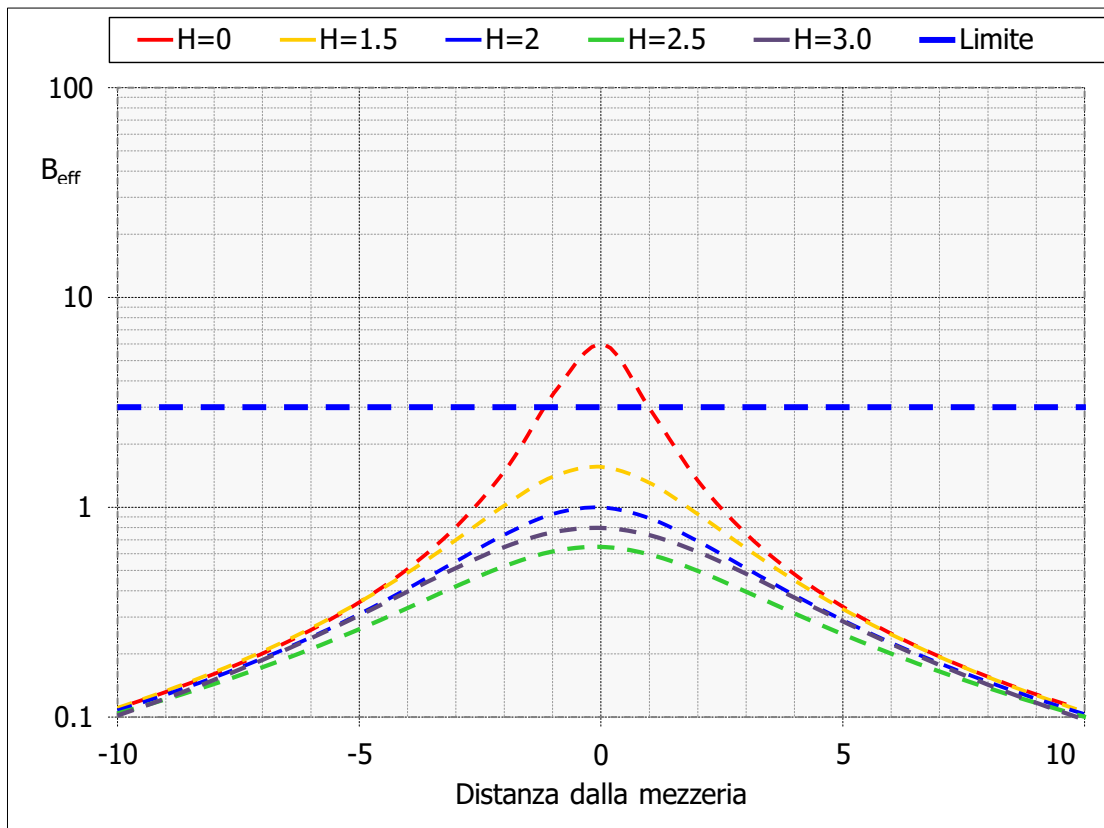


Figura 10: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

considerato un valore di corrente pari alla corrente di impiego, e cioè 187 A. In tal caso il valore di 3 μT è raggiunto a circa 1,62 m dall'asse del cavidotto che, approssimato all'intero superiore, da una DPA paria 2 m .

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a 3 μT in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto è **esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata.**

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso di una terna di cavi, posti alla profondità di 1,5 m secondo quanto riportato nel presente documento e con la corrente massima pari a 187 A. Il risultato del calcolo è riportato nella figura seguente:

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

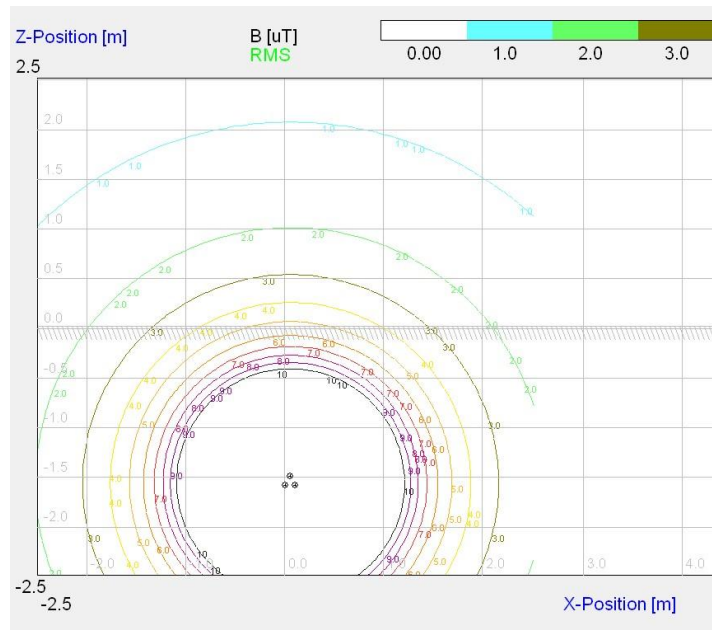


Figura 11: Curve di equilivello del campo magnetico B per una terna di cavi in AT 150 kV trasportanti la corrente I_b del campo

5.2.c Analisi dei risultati ottenuti

Come mostrato nelle tabelle e nelle figure dei paragrafi precedenti, le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di 3 μ T, sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza del cavidotto MT e del cavidotto AT; d'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva di circa 4 m a cavallo della mezzeria di tutto il cavidotto MT e 2 m a cavallo della mezzeria di tutto il cavidotto AT.

D'altra parte trattandosi di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsissimamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 4 m attorno alle cabine di trasformazione ed alla cabina di impianto, oltre che nelle immediate vicinanze della stazione di utenza AT/MT e del cavidotto AT della lunghezza di 9,25 km circa lungo la viabilità interpodereale e in minima parte in proprietà private.

6. CONCLUSIONI

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo 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 di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 150 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione.

Mentre per quel che concerne il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione

ALTA CAPITAL 16 S.R.L.

magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Infatti per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente ai cavidotti MT, in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi interrati trecciati, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea. Per quanto concerne i tratti realizzati mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a 4 m e, sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al D.P.C.M. 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, nel caso del trasformatore da 4000 kVA, già a circa 4 m (DPA) dalla cabina stessa. Comunque considerando che nelle cabine di trasformazione MT e nelle due sottostazioni utente in AT non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto agrivoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso a personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

Pertanto l'impatto elettromagnetico può essere considerato non significativo.