



EGP CODE

GRE.EEC.K.21.IT.P.12082.00.118.01

PAGE

1 di/of 25

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

## RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Il Tecnico  
Ing. Leonardo Sbiendido

File: GRE.EEC.K.21.IT.P.12082.00.118.01\_RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

01	18/06/2021	Aggiornamento opere di rete	A.D.G.	GL.D.	L.S.
00	05/08/2020	Prima emissione	GL.D.	G.D.	L.S.
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

### EGP VALIDATION

COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT	EGP CODE																		
	GROUP		FUNCION	TYPE	ISSUER		COUNTRY		TEC	PLANT				SYSTEM		PROGRESSIVE		REVISION	
	GRE	EEC	K	2	1	I	T	P	1	2	0	8	6	0	0	1	1	8	0

CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE
----------------	-------------------

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.



EGP CODE

**GRE.EEC.K.21.IT.P.12082.00.118.01**

PAGE

2 di/of 25

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INTRODUZIONE .....	3
3. TIPOLOGIA INVERTER .....	5
4. TRASFORMATORE DI POTENZA .....	6
5. CONVERSION UNIT (CABINA DI CAMPO).....	6
6. CABINA SCADA (SC1 E SC2).....	7
7. CABINA UTENTE (UT1 E UT2) .....	8
8. CABINA DISTRIBUTORE (D1 E D2) .....	10
9. RIFERIMENTI NORMATIVI .....	10
10. COMPATIBILITA' ELETTRROMAGNETICA .....	11
10.1. CAMPO ELETTRROMAGNETICO .....	12
10.4. CAMPO ELETTRICO .....	13
10.5. CAMPO MAGNETICO .....	14
10.6. FASCIA DI RISPETTO .....	14
10.6.1. LINEE CAVI AEREI .....	15
10.6.2. CAVIDOTTI PER CAVI IN CORRENTE CONTINUA.....	16
10.6.3. CABINA SCADA .....	19
10.6.4. CABINA UTENTE .....	19
10.6.5. CALCOLO DPA .....	21
10.6.6. CAVIDOTTI DI MEDIA TENSIONE .....	23
11. CONCLUSIONI.....	25



## 1. PREMESSA

L'impianto fotovoltaico denominato "La Casella FV2 (12082)" sarà di tipo grid-connected con allaccio trifase in media tensione a 15kV su rete E-Distribuzione. L'impianto è composto da un lotto di due impianti aventi due distinti punti di connessione, di seguito si riportano le denominazioni/potenze nominali dei due impianti dello stesso lotto:

### IMPIANTO 1

- Pdc: 2557.8kWp;
- Pac: 1995kW a cosfi=1.

### IMPIANTO 2

- Pdc: 1924.44kWp;
- Pac: 1500kW a cosfi=1.

L'impianto complessivo ha una potenza nominale di 4482.24kWp ( $Pac=3495\text{ kW a cosfi}=1$ ) produzione di energia pari a **6093400 kWh** al primo anno (equivalente a 1359.5 kWh/kWp) così suddivisa:

- IMPIANTO 1: 3475500 kWh (equivalente a 1358.8 kWh/kWp)
- IMPIANTO 2: 2617900 kWh (equivalente a 1360.3 kWh/kWp)

L'energia dell'impianto complessivo è derivante da 10304 moduli che occupano una superficie fotovoltaica di 23099.63 m<sup>2</sup> ed è composto da 2 gruppi di conversione (1 per ogni impianto).

Nome impianto	La Casella FV2 (12082)
Comune	Sarmato
Località	Frazione di Cascina Cà Nova
Latitudine	45°4'58.74"N
Longitudine	9°29'12.16"E
Altitudine	54m

## 2. INTRODUZIONE

L'impianto fotovoltaico insiste su n.2 aree. Ogni area è dotata di un numero intero di Conversion Unit (CU), per cui non si prevede che parte dell'energia elettrica in DC venga prodotta in un'area e convertita in energia elettrica AC in un'altra area. Tale scelta consente di contenere le cadute di tensione, le perdite per dissipazione oltre che razionalizzare l'impiego di cavi elettrici.

Ogni impianto fotovoltaico è costituito da un generatore fotovoltaico responsabile della conversione dell'energia radiante solare in energia elettrica (in corrente continua) con moduli fotovoltaici in silicio



monocristallino bifacciale da 144 (6x24) celle e potenza 435W. Le stringhe sono costituite da 28 moduli, ogni stringa è posizionata su una struttura tracker, i tracker 2x28 moduli supportano due stringhe.

Il parallelo di stringhe è realizzato in appositi quadri di parallelo stringa, detti string box (SB), ogni string box è connesso ad un numero di stringhe collocate su un numero intero di tracker.

Il parallelo degli string box (SB) è realizzato in appositi quadri di parallelo dc presenti negli inverter, detti combiner box (QPPI).

*Nell'area dell'impianto totale sono presenti come principali componenti all'aperto:*

- N.10304 moduli fotovoltaici (n.5880 Impianto 1 e n.4424 Impianto 2)
- N.184 strutture tracker 2x28 moduli (n.105 Impianto 1 e n.79 Impianto 2);
- N.368 stringhe da 28 moduli (n.210 Impianto 1 e n.158 Impianto 2);
- N.19 string box denominati SB L.X.Y.Z (n.11 Impianto 1 e n.8 Impianto 2);
- N.2 Conversion Unit (n.1 Impianto 1 e n.1 Impianto 2);
- N.2 Cabina SCADA (n.1 Impianto 1 e n.1 Impianto 2);
- N.2 Cabina Utente (n.1 Impianto 1 e n.1 Impianto 2);
- N.13 Pali alti 6m con telecamere per la videosorveglianza (n.6 Impianto 1 e n.7 Impianto 2);
- N.2 Cabina Distributore (n.1 Impianto 1 e n.1 Impianto 2).

Di seguito si sintetizza in forma tabellare la descrizione dei due impianti.

Impianto	Linea	Da	A
Impianto 1	Linea 1	CU 1	Cabina di consegna
impianto 2	Linea 2	CU 2	Cabina di consegna



### 3. TIPOLOGIA INVERTER

*L'inverter ha il compito di trasformare la corrente continua proveniente dai moduli fotovoltaici in corrente alternata da immettere in rete. Gli inverter sono da interno e collocati in apposite cabine di campo (Conversion Unit, CU) e nell'ambito della progettazione si sono utilizzate le seguenti tipologie di CU e di inverter:*

- IMPIANTO 1
  - N.1 CU tipo xxx STATION 2000 1500V - 600 LS *per l'inverter potenza 1995kVA* tipo xxx TG1800 1500V TE- 640 STD;
- IMPIANTO 2
  - N.1 CU tipo xxx STATION 1500 1500V – 640LS *ognuna con l'inverter potenza 1500kVA* tipo xxx TG1800 1500V TE- 640 STD

Per il progetto in oggetto, considerando la tensione di 15kV, su indicazione di ENEL si è deciso di installare un inverter con trasformatore da 2000kVA.

I modelli scelti nella progettazione sono ideali al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici (in particolare alla CEI 0-16) e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della *frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale verrà connesso l'impianto.*

*Le caratteristiche principali dell'inverter sono:*

- inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza);
- ingresso lato DC dal generatore fotovoltaico gestibile anche con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT;
- rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8;
  - conformità marchio CE;
  - conformità alla CEI 0-16;
  - grado di protezione IP20;
  - dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto;
  - campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV;
  - rendimento europeo 98.4%.

Ogni inverter presente in CU è composto da n.2 inverter in configurazione master-slave.

Dal punto di vista elettrico gli inverter sono caricati nel seguente modo:

- IMPIANTO 1

Dati Impianto 1		
CU1 INV. DA 1995 kW	N° STRUTTURE TRACKER 2X14P	0
	N° STRUTTURE TRACKER 2X28P	105
	n° MODULI	5880
	POTENZA DC	2557.8 kWp
	POTENZA AC	1995 kW
	DC/AC	1.2821

- IMPIANTO 2

Dati Impianto 2		
CU2 INV. DA 1500 kW	N° STRUTTURE TRACKER 2X14P	0
	N° STRUTTURE TRACKER 2X28P	79
	n° MODULI	4424
	POTENZA DC	1924.44 kWp
	POTENZA AC	1500 kW
	DC/AC	1.2830

#### 4. TRASFORMATORE DI POTENZA

*Il trasformatore di potenza sarà idoneo all'installazione da interno, ogni CU avrà un trasformatore di potenza in resina.*

Le tipologie di trasformatori in uso *nell'impianto fotovoltaico* sono:

- S=1500kVA; 15/0.64/0.64kV; Dy11y11; Vcc=6%; f=50 Hz;
- S=2000kVA; 15/0.64/0.64kV; Dy11y11; Vcc=6%; f=50 Hz;

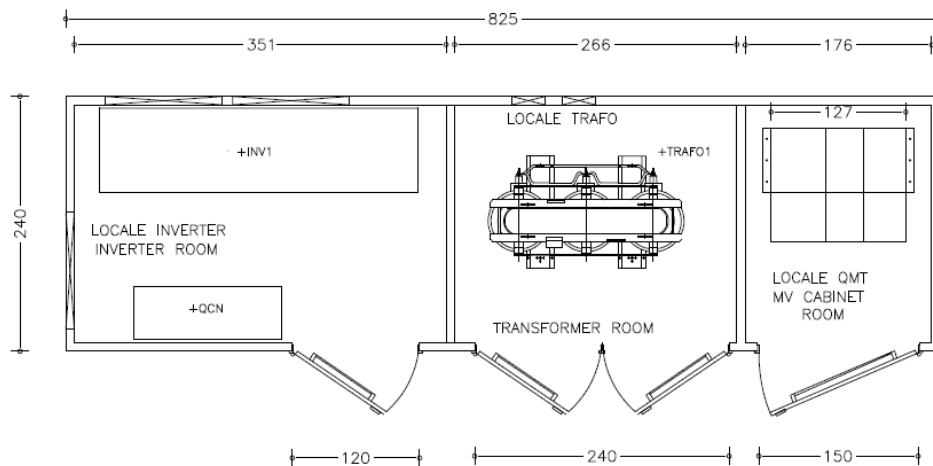
I trasformatori dovranno essere a marchio CE e conformi alla Direttiva Eco design 2009/125/EC, le taglie dei trasformatori soddisfano i requisiti della CEI 0-16 e le Regole di Connessione di E-Distribuzione per la taglia massima del trasformatore a 15kV. *Si precisa che l'impianto fotovoltaico in oggetto è in realtà composto da Impianto 1 e Impianto 2, elettricamente due distinti impianti con 2 distinti POD le cui potenze AC non richiedono attenzione all'energizzazione contemporanea dei trasformatori.*

#### 5. CONVERSION UNIT (CABINA DI CAMPO)

*L'impianto fotovoltaico è composto da 2 Conversion Unit: Cu1 (per impianto 1) e CU2 (per impianto 2).* Ogni Cabina di campo si compone di:

- Locale inverter contenente i, quadri bt, il trasformatore dei servizi ausiliari e i servizi ausiliari;
- Locale Trasformatore contiene un trasformatore di potenza;
- Locale quadri MT contenente i quadri MT.

Le dimensioni della Cabina sono identiche tra la taglia 1500kVA e 2000kVA.



All'interno delle cabine sono inoltre presenti:

- sistema di misura fiscale di produzione con contatore MX.Y con X=1-2 e Y=1-2;
- SCADA di CU;
- sistema di illuminazione di Cabina, sistema antincendio, sistema allarme e antintrusione;
- eventuali sistemi ausiliari dell'Area d'impianto;
- quadri MT, quadri bt, trasformatore dei servizi ausiliari e sistemi di protezione e manovra;
- UPS.

Il costruttore delle cabine è tenuto a rilasciare la dichiarazione di rispondenza dei locali alla CEI EN 61936 (CEI 99-2) oltre che idoneo manuale tecnico composto da:

- relazione tecnica del fabbricato
- disegni esecutivi del locale
- schema di impianto e della messa a terra.

La Cabina è dotata di basamento con funzione di vano cavi, l'ingresso e/o l'uscita di cavi avviene per mezzo di idonee flange atte ad impedire l'infiltrazione di acqua e/o l'ingresso di animali e pulsante di sgancio tensione.

## 6. CABINA SCADA (SC1 e SC2)

Entrambi gli impianti hanno una Cabina per il sistema SCADA. Per l'impianto 1 la Cabina SCADA è denominata SC1 e per l'impianto 2 è denominata SC2.

La Cabina SC1 è realizzata mediante la posa di un box prefabbricato monoblocco in CAV destinato ad ospitare i quadri di bassa tensione per i servizi ausiliari d'impianto QAUX (alimenta Climatizzazione Cabina SC1, quadro di Cabina SC1, SCADA, UPS di Cabina SC1, quadro di Cabina UT1, quadro di Cabina D1, meteo station), dal quadro di Cabina SC1 si alimenta: sistema antintrusione, antioditore,



impianto illuminazione e forza motrice.

La Cabina SC2 è realizzata mediante la posa di un box prefabbricato monoblocco in CAV destinato *ad ospitare i quadri di bassa tensione per i servizi ausiliari d'impianto QAUX* (alimenta Climatizzazione Cabina SC2, quadro di Cabina SC2, SCADA, UPS di Cabina SC2, quadro di Cabina UT2, quadro di Cabina D2, meteo station), dal quadro di Cabina SC2 si alimenta: sistema antintrusione, antiroditore, impianto illuminazione e forza motrice.

Entrambe le cabine avranno le seguenti caratteristiche comuni.

La dimensione esterna 2.3 x 5.5 x 2.6m con porte esterne dotate della seguente cartellonistica:

- divieto di accesso a personale non autorizzato;
- *triangolo giallo con folgore nera simboleggiante 'tensione pericolosa' con scritta sottostante Alta tensione-Pericolo di morte;*
- divieto di utilizzo di acqua per spegnere incendi.

Le cabine sono dotate di griglie in resina poliestere rinforzate autoestinguente, secondo le prescrizioni con un grado di protezione IP 33 secondo la norma CEI-EN 60529 ed IK10 secondo CEI-EN 50102. Le griglie sono corredate di rete anti-insetto in acciaio inox con maglia 10x10mm amovibile e di accessori per il fissaggio.

La cartellonistica interna di Cabina prevede:

- schema elettrico;
- istruzioni relative ai soccorsi di urgenza in seguito a folgorazione.

Il costruttore delle cabine è tenuto a rilasciare idoneo manuale tecnico composto da:

- relazione tecnica del fabbricato
- disegni esecutivi del locale
- schema di impianto e della messa a terra.

La Cabina è *dotata di basamento con funzione di vano cavi, l'ingresso e/o l'uscita di cavi avviene per mezzo di idonee flange atte ad impedire l'infiltrazione di acqua e/o l'ingresso di animali e pulsante di sgancio tensione.*

## 7. CABINA UTENTE (UT1 e UT2)

*Entrambi gli impianti sono dotati di proprie Cabine Utente. Per l'impianto 1, la Cabina Utente è denominata UT1 e per l'impianto 2 è denominata UT2. Le cabine hanno caratteristiche simili.*

Ogni Cabina è realizzata mediante la posa di un box prefabbricato monoblocco in CAV avente dimensioni esterne 2.9 x 7.5 x 2.78m adibito al contenimento delle apparecchiature elettriche/elettromeccaniche in bassa e media tensione e componentistica elettronica.

La Cabina è composta da due vani:





1. locale trasformatore ospita il trasformatore dei servizi ausiliari TSA: 15/0.4kV, Dyn11, 100kVA, 50 Hz, isolamento in resina destinato all'alimentazione del quadro dei servizi ausiliari d'impianto QAUX;
2. locale utente ospita il quadro di media tensione composto da:  
Scomparto TSA (TSA:Trasformatore dei Servizi Ausiliari), dotato di sistemi di protezione e organi di manovra in media tensione;  
Scomparto DDR (DDR:Dispositivo di ricalzo) *dotato dell'interruttore di ricalzo al dispositivo d'interfaccia come richiesto dalla CEI 0-16;*  
Scomparto TV (TV:Trasformatore di tensione) *dotato dei TV di protezione d'interfaccia a norma CEI 0-16 e TV di misura fiscale oltre che di sezionatore linea manuale di linea/terra e fusibile 2A;*  
Scomparto DG+DI (DG: Dispositivo generale, DI: Dispositivo di interfaccia) *dotato dell'interruttore generale coincidente con l'interruttore di interfaccia conforme a CEI 0-16, TA di misura fiscale e PI (protezione d'interfaccia) conforme a CEI 0-16 oltre che di sezionatore linea manuale di linea/terra;*  
Scomparto TA (TA: Trasformatore di corrente) *dotato dei TA di protezione generale conforme a CEI 0-16 e PG (PG: Protezione generale) conforme a CEI 0-16 oltre che di sezionatore linea manuale di linea/terra;*
3. quadro di bassa tensione dei servizi ausiliari di Cabina che alimenterà nella Cabina utente: *l'impianto di illuminazione, la forza motrice, UPS (per la protezione generale e di interfaccia, i motori di carica molla degli interruttori), la protezione del trasformatore dei servizi ausiliari, modem GSM, il sistema allarme e antintrusione.*

Le porte esterne sono dotate della seguente cartellonistica:

- divieto di accesso a personale non autorizzato;
- triangolo *giallo con folgore nera simboleggiante 'tensione pericolosa' con scritta sottostante Alta tensione-Pericolo di morte;*
- divieto di utilizzo di acqua per spegnere incendi.

La Cabina è dotata di griglie in resina poliestere rinforzate autoestinguente, secondo le prescrizioni con un grado di protezione IP 33 secondo la norma CEI-EN 60529 ed IK10 secondo CEI-EN 50102. Le griglie sono corredate di rete anti-insetto in acciaio inox con maglia 10x10mm. amovibile e di accessori per il fissaggio.

La cartellonistica interna di Cabina prevede:

- schema elettrico;
- istruzioni relative ai soccorsi di urgenza in seguito a folgorazione.

Il costruttore delle cabine è tenuto a rilasciare idoneo manuale tecnico composto da:

- relazione tecnica del fabbricato
- disegni esecutivi del locale
- schema di impianto e della messa a terra.

La Cabina è *dotata di basamento con funzione di vano cavi, l'ingresso e/o l'uscita di cavi avviene per mezzo di idonee flange atte ad impedire l'infiltrazione di acqua e/o l'ingresso di animali, serratura con chiave a spillo e pulsante di sgancio tensione.*



## 8. CABINA DISTRIBUTORE (D1 e D2)

Entrambi gli impianti sono dotati di cabine del distributore avendo POD distinti. *Per l'impianto 1 la Cabina Distributore è denominata D1 e per l'impianto 2 è denominata D2.* Le cabine hanno caratteristiche simili.

Ogni Cabina è realizzata mediante la posa di un box prefabbricato monoblocco omologato Enel con dimensioni esterne pari a 2.48 x 7.0 x 2.7 m di tipo DG 2092 REV 03. Comprende il vano misure che ospiterà il contatore fiscale di scambio M e il vano consegna con il quadro di media tensione composto da due scomparti linea ed uno scomparto consegna.

La Cabina è dotata di quadro di bassa tensione dei servizi ausiliari di Cabina, di porte unificate, *griglie di aerazione in vetroresina, prese d'aria per la ventilazione naturale aventi reti anti insetto, inoltre* è provvista di serratura e chiave a spillo. Il costruttore delle cabine è tenuto a rilasciare la dichiarazione di rispondenza dei locali alla EN 61936 (CEI 99-2) oltre che idoneo manuale tecnico composto da:

- relazione tecnica del fabbricato;
- disegni esecutivi del locale;
- schema di impianto e della messa a terra.

*La Cabina è dotata di basamento con funzione di vano cavi, l'ingresso e/o l'uscita di cavi avviene per mezzo di idonee passanti cavi atte ad impedire l'infiltrazione di acqua e l'ingresso di animali.*

Le porte esterne sono dotate della seguente cartellonistica:

- divieto di accesso a personale non autorizzato;
- *triangolo giallo con folgore nera simboleggiante 'tensione pericolosa' con scritta sottostante Alta tensione-Pericolo di morte;*
- divieto di utilizzo di acqua per spegnere incendi.

La cartellonistica interna di Cabina prevede:

- schema elettrico;
- istruzioni relative ai soccorsi di urgenza in seguito a folgorazione

## 9. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. del 29 maggio 2008
- Norma CEI 106-11 (Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art.6))
- D.P.C.M. del 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".
- Legge n.36 del 22 febbraio 2001 – Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449
- EMC 2014/30/UE



- Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici. Volume 2: Studi di casi, Commissione Europea
- DL 179/2012
- D.P.C.M. del 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz"
- CEI 211-7 (Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana)

## 10. COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare: – All'art.3 comma 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  $\mu T$  per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci. – All'art.3 comma 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  $\mu T$ , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. – Art.4 comma 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  $\mu T$  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 ( $B=3\mu T$ ) di cui all'art. 4 sopra richiamato 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.

Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica. Pertanto, obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento alla normativa vigente ed in particolare al limite di qualità di 3  $\mu T$ .



## 10.1. CAMPO ELETTROMAGNETICO

I campi elettromagnetici sono un insieme di grandezze fisiche misurabili, introdotte per caratterizzare un insieme di fenomeni osservabili indotti senza contatto diretto tra sorgente ed oggetto del fenomeno, vale a dire *fenomeni in cui è presente un'azione a distanza attraverso lo spazio. Esso è composto in generale da campi vettoriali: il campo elettrico, il campo magnetico.* Questo significa che i vettori che caratterizzano il campo elettromagnetico hanno ciascuno un valore definito in ciascun punto del tempo e dello spazio. I vettori che modellizzano le grandezze introdotte nella definizione del modello fisico dei campi elettromagnetici sono quindi: E. Campo elettrico, B. Campo di induzione magnetica, D. spostamento elettrico o induzione dielettrica, H. Campo magnetico.

L'esposizione umana ai campi elettromagnetici è una problematica relativamente recente che assume notevole interesse con l'introduzione massiccia dei sistemi di telecomunicazione e dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. In realtà anche in assenza di tali sistemi siamo costantemente immersi nei campi elettromagnetici per tutti quei fenomeni naturali riconducibili alla natura elettromagnetica, primo su tutti l'irraggiamento solare. Per quanto concerne i fenomeni elettrici si fa riferimento al campo elettrico, il quale può essere definito come una perturbazione di una certa regione *spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica. Per i fenomeni di natura magnetica si fa riferimento ad una caratterizzazione dell'esposizione ai campi magnetici, non in termini del vettore campo magnetico, ma in termini di induzione magnetica, che tiene conto dell'interazione con ambiente ed i mezzi materiali in cui il campo si propaga.* Dal punto di vista *macroscopico ogni fenomeno elettromagnetismo è descritto dall'insieme delle equazioni di Maxwell.* La normativa attualmente in vigore disciplina in modo differente i valori ammissibili di campo elettromagnetico, *distinguendo così i "campi elettromagnetici quasi statici" ed i "campi elettromagnetici a radio frequenza". Nel caso dei campi quasi statici, campi generate dell'impianto fotovoltaico a 50Hz, ha senso ragionare separatamente sui fenomeni elettrici e magnetici e ha quindi anche senso imporre separatamente dei limiti normativi alle intensità del campo elettrico e dell'induzione magnetica.* Il modello quasi statico è applicato per il caso concreto della distribuzione di energia, in relazione alla frequenza di *distribuzione dell'energia della rete che è pari a 50Hz. In generale gli elettrodotti dedicati alla trasmissione e distribuzione di energia elettrica sono percorsi da correnti elettriche di intensità diversa, ma tutte alla frequenza di 50Hz, e quindi tutti i fenomeni elettromagnetici che li vedono come sorgenti possono essere studiati correttamente con il modello per campi quasi statici.* Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz, costituiscono una sorgente di campi *elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz.* A seguire si riporta la tabella di sintesi dello spettro elettromagnetico.

DENOMINAZIONE	SIGLA	FREQUENZA	LUNGHEZZA D'ONDA
FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE	ELF	0 - 3kHz	> 100Km
FREQUENZE BASSISSIME	VLF	3 - 30kHz	100 - 10Km
RADIOFREQUENZE	FREQUENZE BASSE (ONDE LUNGHE)	LF	30 - 300kHz
	MEDIE FREQUENZE (ONDE MEDIE)	MF	300kHz - 3MHz
	ALTE FREQUENZE	HF	3 - 30MHz
	FREQUENZE ALTISSIME (ONDE METRICHE)	VHF	30 - 300MHz
MICROONDE	ONDE DECIMETRICHE	UHF	300MHz - 3GHz
	ONDE CENTIMETRICHE	SHF	3 - 30GHz
	ONDE MILLIMETRICHE	EHF	30 - 300GHz
INFRAROSSO	IR	0,3 - 385THz	1000 - 0,78mm
LUCE VISIBILE		385 - 750THz	780 - 400nm
ULTRAVIOLETTA	UV	750 - 3000THz	400 - 100nm
RADIAZIONI IONIZZANTI	X	> 3000THz	< 100nm

#### 10.4. CAMPO ELETTRICO

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si *attenua, allontanandosi da un elettrodotto, come l'inverso della distanza dai conduttori. I valori efficaci delle tensioni di linea variano debolmente con le correnti che le attraversano; l'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante. La presenza di alberi, oggetti conduttori o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo elettrico, e in particolare all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno. Nel caso in oggetto, i cavi di stringa in linee aeree, sono datati di doppio isolamento ed interessati da deboli correnti. L'andamento e il valore massimo delle intensità dei campi dipenderanno significativamente dalla disposizione dei conduttori, infatti ad esempio l'avvicinamento di conduttori in correnti continua attraversati da correnti di segno differente determinano una riduzione del campo elettrico al crescere della distanza da essi. In generale l'intensità del campo elettrico è inversamente proporzionale dalla sorgente di cariche.*

*Nell'ambito della bassa tensione sia in corrente continua che in corrente alternata: gli strati di isolamento dei cavi, la disposizione dei cavi e la loro modalità di posa, attenuano considerevolmente il campo elettrico. Inoltre nell'ambito della media tensione in corrente alternata, in aggiunta ai punti precedenti, il campo elettrico risulta ulteriormente ridotto per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo MT ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata.*

I precedenti accorgimenti, consentono il rispetto della normativa, in particolare per i cavidotti MT realizzati con cavi MT schermati aventi struttura elicoidale ed interrati ad un metro di profondità, per la frequenza di 50 Hz, risultano attraverso prove sperimentali praticamente nulli.

*E' da precisare che il campo elettrico generato dall'impianto fotovoltaico è anche dipendente dal funzionamento dell'impianto stesso ovvero dalle ore di produzione, ragion per cui in corrispondenza dei moduli fotovoltaici è estremamente variabile nell'arco della giornata.*

## 10.5. CAMPO MAGNETICO

*L'intensità del campo magnetico generato in corrispondenza di un elettrodotto dipende dall'intensità della corrente circolante nel conduttore, con andamento inversamente proporzionale alla distanza dalla linea. È da precisare che il campo magnetico generato dall'impianto fotovoltaico è strettamente connesso alle ore di produzione, ragion per cui è estremamente variabile nell'arco della giornata e dei mesi di produzione dell'impianto.*

Il campo magnetico non subisce significative modifiche da parte di materiali diamagnetici e paramagnetici, per cui non c'è alcun effetto schermante nei confronti dei campi magnetici da parte di edifici, alberi o altri oggetti vicini alla linea. All'interno di eventuali edifici privi di schermatura magnetica si può misurare un campo magnetico di intensità comparabile a quello riscontrabile all'esterno.

Il campo magnetico subisce significative modifiche da parte di materiali ferromagnetici (ferro, nichel, cobalto, alcuni metalli di transizione e loro leghe).

*Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:*

- 1) distanza dalle sorgenti (conduttori);
- 2) intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- 3) disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- 4) presenza di sorgenti compensatrici;
- 5) suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

Alcuni metodi con i quali ridurre i valori di intensità di campo elettrico e magnetico per cavidotti possono essere quelli di usare "linee compatte", dove i cavi vengono avvicinati tra di loro con disposizione piana o con disposizione triangolare (ad elica). In tal caso per effetto della reciproca vicinanza dei cavi, la compensazione delle componenti vettoriali associate alle diverse fasi conduce ad una rapida attenuazione del campo magnetico.

## 10.6. FASCIA DI RISPETTO

*L'impatto elettromagnetico indotto dall'impianto fotovoltaico e delle relative opere di connessione oggetto di studio può essere determinato da:*

- Linee cavi aerei di stringa ancorati ai tracker (in bassa tensione);
- Cavidotti per i cavi in corrente continua tra String Box e Inverter;
- Cabine di Campo;
- Cavidotti in media tensione (15kV);
- Cabina SCADA;
- Cabina Utente

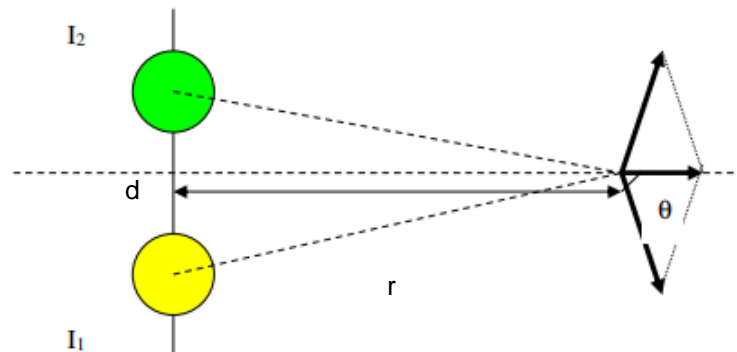


### 10.6.1. LINEE CAVI AEREI

I cavi aerei in questione sono i cavi di stringa ancorati alla struttura del tracker, interessati da correnti non superiori a 10.37A ciascuno.

Applicando la legge di Biot e Savart per un cavo di stringa percorso da corrente massima 10.37 A, considerando il caso un modello monodimensionale, la relazione di riferimento è:

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{\hat{\mathbf{I}} \times \hat{\mathbf{r}}}{|\mathbf{r}|}$$



con:

$I_1=8.78$  A,  $I_2=-8.78$  A e  $I$  il valore assoluto della corrente

$\mu_0=4 \pi 10^{-7}$   $\mu$ T

$d=5$ mm (distanza tra i due conduttori corrispondente al solo spessore dei dielettrici)

Alla distanza di 2m dal centro della struttura, ovvero sul bordo del modulo fotovoltaico, il campo magnetico nella condizione di massima corrente di stringa è pari a  $2.6 \cdot 10^{-9}$   $\mu$ T mentre alla distanza di 3m, ovvero nella posizione in cui un operatore potrebbe trovarsi, il campo è pari a  $1.15 \cdot 10^{-9}$   $\mu$ T. Valore inferiore sia *all'obiettivo di qualità 3  $\mu$ T che al limite di legge 100  $\mu$ T*.

Nel caso di più cavi fascettati di diversa polarità, si può asserire che il campo magnetico totale è sempre *inferiore a sia inferiore sia all'obiettivo di qualità 3  $\mu$ T che al limite di legge 100  $\mu$ T*.

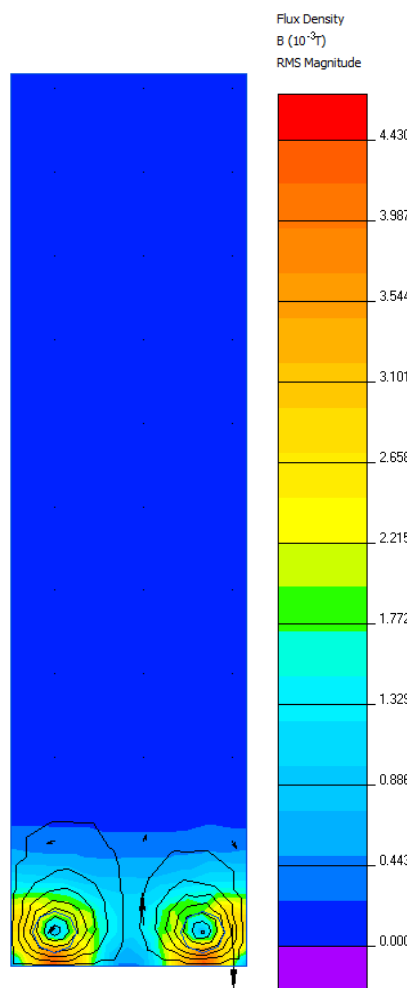
Il campo magnetico prodotto da questi cavi interessati dalla massima corrente (questo accade nelle ore dell'anno ad irraggiamento massimo), è abbondantemente entro i limiti di norma e nella maggior parte dei casi *entro la soglia di qualità di 3  $\mu$ T*. Considerando la prossimità di cavi di diversa polarità fascettati *sotto la struttura monoassiale*, l'effetto risultante è un campo magnetico B che tende a zero già in prossimità dei cavi.

## 10.6.2. CAVIDOTTI PER CAVI IN CORRENTE CONTINUA

*I cavidotti per cavi in corrente continua tra ogni String Box l'inverter di riferimento, prevedono la posa affiancata di cavi di polarità positiva e negativa con profondità di posa di circa 50-80cm.*

La condizione peggiore, oggetto della seguente analisi è per i cavi DC di polarità positiva e negativa, affiancati del tipo ARG7OR 0.6/1kV 1x185mm<sup>2</sup> interessati da corrente di circa 230 A nella condizione di *funzionamento ottimale dell'impianto fotovoltaico*.

Come descritto, di seguito si rappresenta la sezione di cavidotto DC più impattante, oggetto dello studio del campo magnetico B.



Si analizzano i valori di campo magnetico B, per i due cavi affiancati (positivo e negativo precedentemente descritti) lungo una verticale al cavo di polarità positiva interessato da una corrente pari a 230 A. La verticale al cavo DC +230 A, ha lunghezza 0.3m ovvero considerando che i due cavi sono collocati rispetto al piano a -60 cm, si analizza il campo magnetico B fino a quota -30 cm dal piano di campagna.

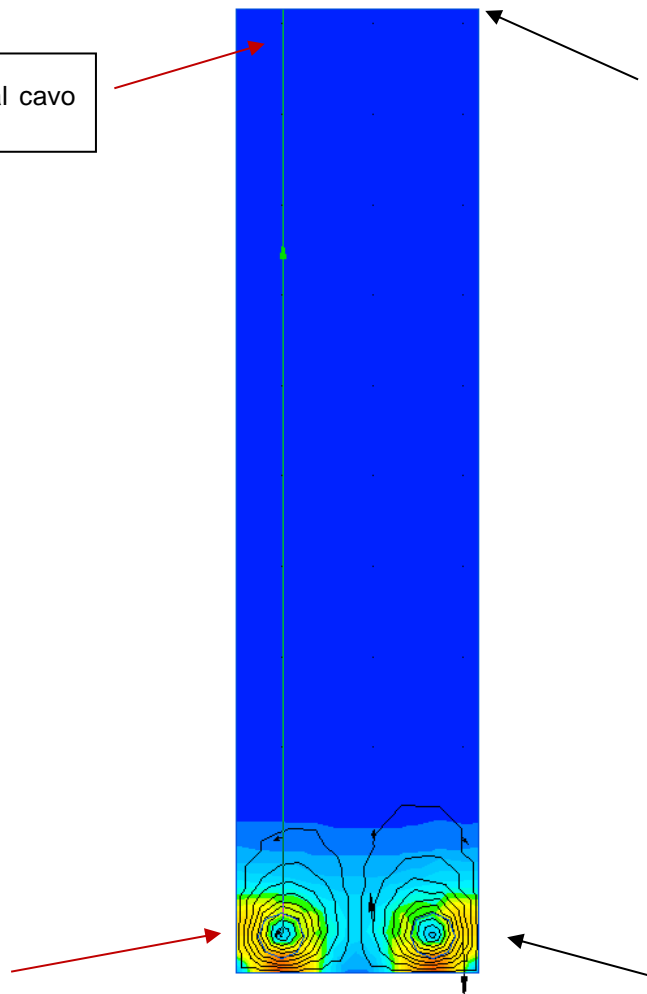


Verticale al cavo  
DC +230A

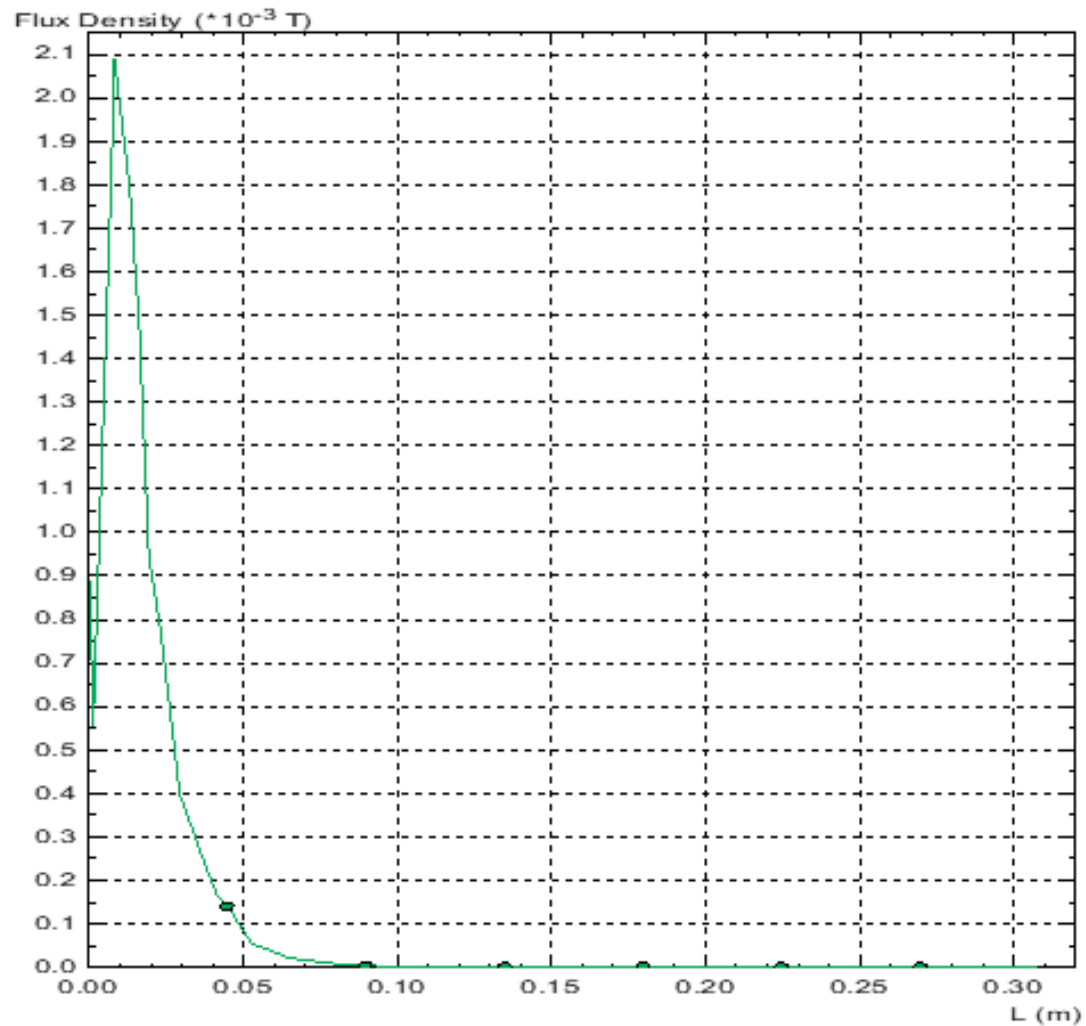
Quota -30cm

Cavo DC con corrente +230A

Cavo DC con corrente -230A



L'andamento del campo magnetico  $B$ , mostra una rapida flessione già da 5cm di distanza dal cavo DC +230A per tendere rapidamente a zero.





EGP CODE

GRE.EEC.K.21.IT.P.12082.00.118.01

PAGE

19 di/of 25

Dalla rappresentazione tabellare, si evince che il campo magnetico B a quota -30cm (ovvero a 30 cm lungo la verticale del cavo DC +230 A considerando una profondità di posa di 60cm) è pari a 1.54  $\mu$ T.

L (m)	B (T)	Bx (T)	By (T)	Bn (T)	Bt (T)	H (A/m)	Hx (A/m)	Hy (A/m)	Hn (A/m)	Ht (A/m)
0	8,89E+01	0.0008675	1,94E+01	0.0008675	1,94E+01	707.398	690.334	154.438	690.334	154.438
0.0154023	0.00153979	0.00151617	2,69E+01	0.00151617	2,69E+01	1225.33	1206.53	213.816	1206.53	213.816
0.0308045	3,67E+01	0.0003515	0.0001058	0.0003515	0.0001058	292.111	279.715	84.193	279.715	84.193
0.0462068	1,24E+01	1,18E+01	3,67E+00	1,18E+01	3,67E+00	985.684	941.463	291.927	941.463	291.927
0.061609	3,02E-01	2,79E-01	1,15E-01	2,79E-01	1,15E-01	240.038	221.957	913.949	221.957	913.949
0.0770112	1,04E+00	9,88E-01	3,11E-01	9,88E-01	3,11E-01	824.162	786.245	247.108	786.245	247.108
0.0924135	3,51E-01	3,45E-01	6,73E-03	3,45E-01	6,73E-03	279.549	274.374	0.535389	274.374	0.535389
0.107816	9,37E-03	8,65E-02	3,61E-02	8,65E-02	3,61E-02	0.745784	0.688371	0.286949	0.688371	0.286949
0.123218	3,76E-02	3,56E-03	1,19E-02	3,56E-03	1,19E-02	0.299051	0.283543	0.0950542	0.283543	0.0950542
0.13862	1,12E-03	1,11E-03	1,08E-03	1,11E-03	1,08E-03	0.0888797	0.0884662	0.00856372	0.0884662	0.00856372
0.154023	3,90E-03	3,40E-03	1,91E-03	3,40E-03	1,91E-03	0.0310289	0.0270478	0.0152056	0.0270478	0.0152056
0.169425	1,82E-03	1,76E-03	4,68E-04	1,76E-03	4,68E-04	0.0144764	0.0139883	0.00372743	0.0139883	0.00372743
0.184827	4,92E-04	2,36E-04	4,32E-04	2,36E-04	4,32E-04	0.00391906	0.00187828	0.00343963	0.00187828	0.00343963
0.200229	1,63E-04	1,29E-04	9,95E-05	1,29E-04	9,95E-05	0.00129917	0.00103012	0.00079164	0.00103012	0.00079164
0.215631	6,44E-05	5,82E-06	2,75E-05	5,82E-06	2,75E-05	5,12E+01	4,63E+01	2,19E+01	4,63E+01	2,19E+01
0.231034	5,22E-05	2,92E-06	4,33E-05	2,92E-06	4,33E-05	0.00041529	2,32E+01	3,44E+01	2,32E+01	3,44E+01
0.246436	2,77E-05	2,29E-05	1,56E-06	2,29E-05	1,56E-06	2,20E+01	1,82E+01	1,24E+01	1,82E+01	1,24E+01
0.261838	1,46E-05	1,02E-06	1,04E-05	1,02E-06	1,04E-05	1,16E+01	8,08E+00	8,31E-01	8,08E+00	8,31E-01
0.27724	9,80E-06	7,20E-06	6,65E-06	7,20E-06	6,65E-06	7,80E+00	5,73E+00	5,29E+00	5,73E+00	5,29E+00
0.292643	6,70E-07	6,35E-06	2,14E-06	6,35E-06	2,14E-06	5,33E+00	5,06E+00	1,70E+00	5,06E+00	1,70E+00
0.308045	2,04E-06	1,34E-06	1,54E-06	1,34E-06	1,54E-06	1,62E+00	1,07E+00	1,22E-01	1,07E+00	1,22E-01

La tipologia di posa adottata conduce ad un impatto elettromagnetico praticamente nullo al livello del suolo.

### 10.6.3. CABINA SCADA

La cabina è realizzata da un box prefabbricato monoblocco in CAV destinato ad ospitare i quadri di bassa tensione per i servizi ausiliari d'impianto (antintrusione, antiroditore, motori dei tracker, sistemi di protezione e controllo, impianto illuminazione e forza motrice) e lo SCADA d'impianto. La componentistica elettrica ed elettronica, dovrà avere marchio CE e conformità alla Direttiva 2013/35/UE.

La componentistica di cabina soddisferà i limiti di norma entro la soglia di qualità di 3  $\mu$ T.

### 10.6.4. CABINA UTENTE

La cabina è realizzata da un box prefabbricato monoblocco in CAV avente dimensioni esterne 2.9 x 7.5 x 2.78m adibito al contenimento delle apparecchiature elettriche/elettromeccaniche in bassa e media tensione e componentistica elettronica.



EGP CODE

**GRE.EEC.K.21.IT.P.12082.00.118.01**

PAGE

20 di/of 25

La cabina è composta da due vani:

- il vano trasformatore ospita il trasformatore dei servizi ausiliari TSA: 15/0.4kV, Dyn11, 100kVA, 50 Hz, isolamento in resina destinato all'alimentazione di tutti i dispositivi ausiliari dell'impianto;
- il vano utente ospita il quadro di media tensione composto da: scomparto TSA (Trasformatore dei Servizi Ausiliari), dotato di sistemi di protezione e organi di manovra in media tensione, scomparto DDR (*Dispositivo di Rincalzo*) dotato dell'interruttore di rincalzo al dispositivo d'interfaccia come richiesto dalla CEI 0-16, scomparto TV (Trasformatore di tensione) dotato dei TV di protezione d'interfaccia a norma CEI 0-16 e TV di misura fiscale, scomparto DG+DI (*Dispositivo Generale e Interfaccia*) dotato dell'interruttore generale coincidente con l'interruttore di interfaccia conforme a CEI 0-16, TA di misura fiscale e PI (protezione d'interfaccia) conforme a CEI 0-16, scomparto TA (Trasformatore di corrente) dotato dei TA di protezione generale conforme a CEI 0-16 e PG (protezione generale) conforme a CEI 0-16; quadro di bassa tensione dei servizi ausiliari di cabina che alimenterà nella cabina utente: *l'impianto di illuminazione, la forza motrice, UPS, la protezione generale e del trasformatore, i motori di carica molla degli interruttori, il sistema allarme e antintrusione, in Cabina di campo alimenterà il quadro dei servizi ausiliari ma anche l'impianto di illuminazione e forza motrice della Cabina Enel.*



### 10.6.5. CALCOLO DPA

Tutte le Cabine di Campo e la cabina utente saranno realizzate in CAV, ed in particolare considerando la 'Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08' si è utilizzata la seguente formula approssimata come di seguito illustrato.

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

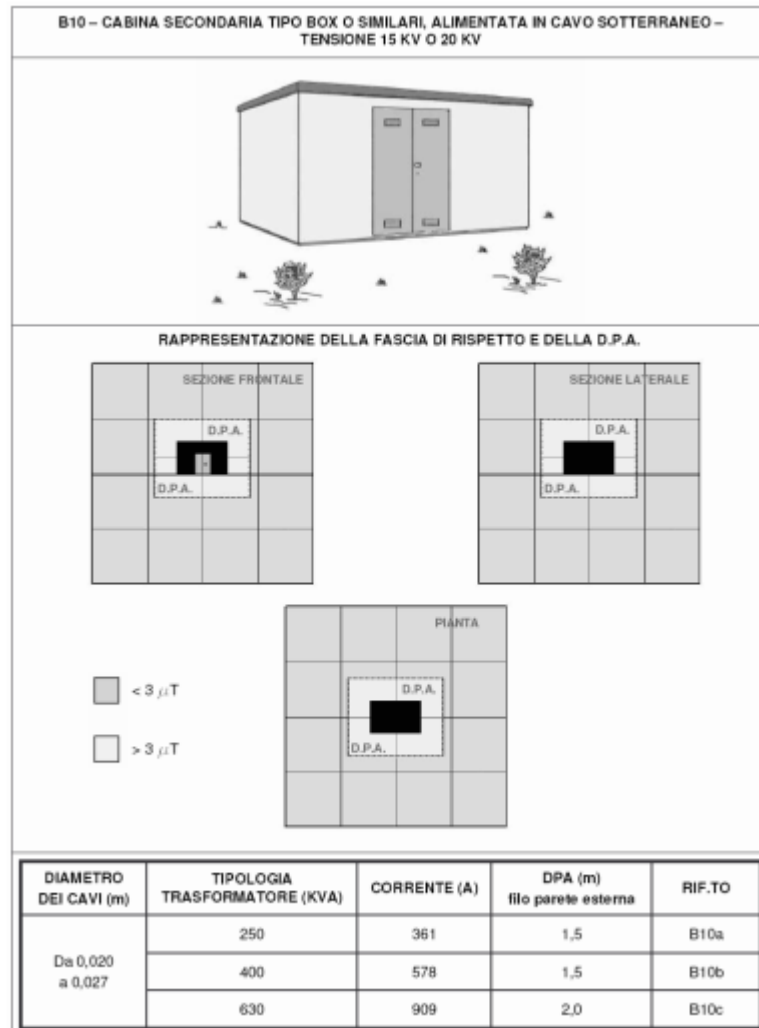
1. Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
2. Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore)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

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

Per Cabine Secondarie differenti dallo standard "box" o similare sarà previsto il calcolo puntuale, da applicarsi caso per caso.

Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la Dpa da considerare è quella della linea MT entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una "box", la Dpa va calcolata con la formula di cui sopra (§ 5.2.1. del DM 29.05.08).

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



Nel caso in esame, considerando che i trasformatori delle cabine di campo hanno doppio secondario con raddoppio di cavi Cu 500mm<sup>2</sup> su ogni fase secondaria, si può approssimare quanto descritto con un raddoppio di cavo per fase da 630mm<sup>2</sup> per un trasformatore di ugual potenza ma con un solo secondario, di seguito i DPA ottenuti. Per il trasformatore dei servizi ausiliari si ha un secondario con cavo Cu da 35mm<sup>2</sup>.

Potenza trasformatore [kVA]	Tensione di rete BT [V]	Diametro reale del cavo BT x [m]	Dpa [m]
1500	640	0,07	3,9
2000	640	0,07	4,6
100	400	0.029	0.77



### 10.6.6. CAVIDOTTI DI MEDIA TENSIONE

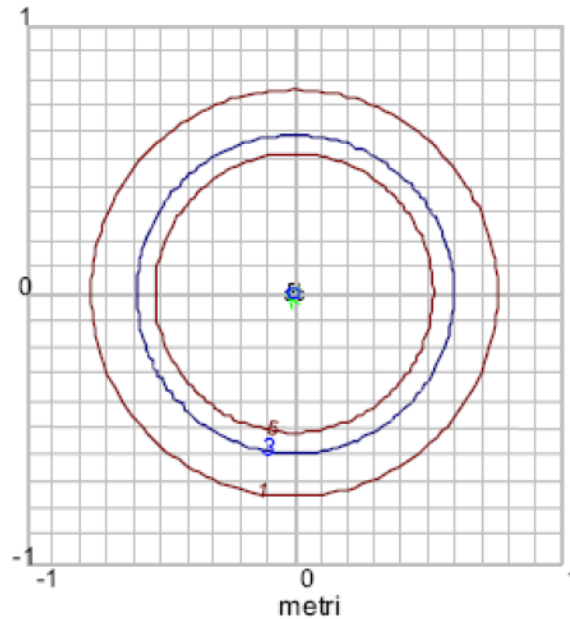
Ai sensi del Decreto 29 maggio 2008 e con specifico riferimento all'allegato "metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti", sono escluse dalla valutazione delle Distanze di Prima Approssimazione (D.P.A.) e delle Fasce di Rispetto, le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree) in quanto le fasce di rispetto hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dai D.M. 449/1988 e 16/01/1991.

I cavidotti in media tensione a 15kV *internamente all'area di impianto* prevedono la posa di cavi trifase con struttura ad elica a profondità di circa 0,80 m.

Relativamente alle linee MT a 15 kV di connessione, sono previsti cavi tripolari cordati ad elica del tipo ARE4H5EX 12/20kV, posati in corrugato alla profondità di circa 1,5 m dal piano di rotolamento ed aventi le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche di costruzione	
Materiale del conduttore	Alluminio
Tipo di conduttore	Corda di alluminio rotonda compatta CEI EN 60228 classe 2
Isolamento	Polietilene reticolato XLPE tipo DX3 o DX8 secondo tabella 2A della HD 620-1
Schermo	Nastro di alluminio longitudinale
Guaina esterna	Polietilene estruso PE
Colore guaina esterna	Rosso

La tipologia di posa adottata conduce ad un impatto elettromagnetico praticamente nullo già a livello del suolo.



**Curve di equi-livello per il campo magnetico di una linea  
MT interrata in cavo elicordato (dalla Norma CEI 106-11)**

Considerando la CEI 106-11, le fasce di rispetto sono immediatamente soddisfatte. In particolare si riporta un estratto della suddetta norma:

#### **7.1.1 Fasce di rispetto per linee MT e BT in cavo cordato ad elica sotterraneo**

Le linee in cavo sotterraneo sia di media che di bassa tensione sono posate ad una profondità di circa 80 cm per cui, in base alle valutazioni riportate nelle Figure 19 a) e 14 a), già a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a  $3 \mu\text{T}$ . Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque.

#### **7.1.2 Fasce di rispetto per linee MT e BT in cavo cordato ad elica aereo**

Le linee in cavo aereo sia di media che di bassa tensione sono posate su pali in modo tale da garantire anche nelle condizioni di massima freccia un franco minimo sul suolo non inferiore a 5,0 m (art. 2.1.05 DM 16.1.1991). Ne consegue che, in virtù delle valutazioni riportate nelle Figure 18 b) e 19 b), l'intera area sottostante la linea aerea in cavo precordato è in pratica sempre interessata da valori di induzione magnetica inferiori a  $3 \mu\text{T}$ , salvo nelle immediate vicinanze del cavo (0,4 – 0,5 m).

Nel caso di cavi aerei BT per allacciamento clienti (tipo  $4 \times 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu/60 A}$  e  $2 \times 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu/65 A}$ ), che in certi casi sono posati direttamente sulle pareti degli edifici (art. 2.1.08 DM 16.1.1991), essi presentano una distribuzione di induzione magnetica che già a 12 cm dall'asse del cavo stesso assume dei valori inferiori a  $3 \mu\text{T}$ .

In relazione a quanto sopra detto, per i cavi cordati aerei sia di media che di bassa tensione non risulta di alcuna utilità la valutazione di fasce di rispetto, intese come proiezione al suolo dei piani verticali tangenti alla curva isolivello a  $B = 3 \mu\text{T}$ , poiché l'obiettivo di qualità risulta rispettato in tutte le situazioni di pratico interesse.

*In particolare per l'impianto in oggetto, nelle condizioni più gravose di massima corrente dell'impianto, la condizione soglia di qualità  $3 \mu\text{T}$  è soddisfatta.*





## 11. CONCLUSIONI

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto *elettromagnetico dei componenti dell'impianto fotovoltaico in oggetto, in merito all'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici*. Nei successivi livelli di progettazione, si potranno eseguire calcoli più *approfonditi e successivamente alla realizzazione e all'entrata in esercizio dell'impianto potranno essere* eseguite prove sul campo che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte.

*Lo studio condotto conferma la conformità dell'impianto dal punto degli effetti del campo elettromagnetico sulla salute umana*. Per quanto concerne i cavi interrati infatti, considerati gli accorgimenti di progetto adottati, relativi a:

- minimizzazione dei percorsi della rete;
- disposizione dei cavi in corrente continua a fascio (affiancando possibilmente polarità differenti);
- posizionamento dei cavi di media tensione cordati ad elica;

si può, nella fase attuale, escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo che per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

Le opere elettriche in progetto e relative DPA non interessano aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze di persone superiori a quattro ore, rispondendo *pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall'art.4 del D.P.C.M 8luglio 2003*.