



# REGIONE PUGLIA



# PROVINCIA DI FOGGIA



## COMUNE DI CANDELA (FG)



## COMUNE DI DELICETO (FG)

### OGGETTO:

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 39.500,37 KWp e MASSIMA IN IMMISIONE IN AC PARI A 30.000 KW IN LOCALITA' "CRETA BIANCA" NEL COMUNE DI CANDELA E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE IN LOCALITA' "PIANO D'AMENDOLA" NEL COMUNE DI DELICETO.**

ELABORATO N.  
C04

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA

Scala

COMMITTENTE

**SR TARANTO SRL**  
VIA LARGO GUIDO DONEGANI,2  
20121 - MILANO  
P.IVA 10706720967

Studio Acustico

Dott. Tullio Ciccarone

Studio Geologico  
Idraulico

Dott. Tullio Ciccarone

Studio Archeologico

Dott. Antonio Mesisca

Studio Paesaggistico  
e Agronomico

Dott. Luca Boursier

Studio Naturalistico e  
Studio Ambientale

Dott. Giampaolo Pennacchioni

Studio Elettrico

Dott. Giovanni Marsicano

Strutturista

Ing. Lino Zotti

Studio Idraulico

Ing. Rosiello Leonardo Pio

FIRMA E TIMBRO  
IL TECNICO



PROGETTAZIONE E  
COORDINAMENTO



**M.E. Free Srl**

Via Athena, 29  
Cap 84047 Capaccio Paestum  
P.Iva 04596750655  
Ing. Giovanni Marsicano

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

| Aggiornamenti | N°    | Data          | Cod. Stmg | Nome File    | Eseguito da             | Approvato da            |
|---------------|-------|---------------|-----------|--------------|-------------------------|-------------------------|
|               | Rev 0 | FEBBRAIO_2021 | 201901026 | IT_ASC1_C_04 | Ing. Giovanni Marsicano | Ing. Giovanni Marsicano |
|               |       |               |           |              |                         |                         |
|               |       |               |           |              |                         |                         |
|               |       |               |           |              |                         |                         |

**COMUNE DI:**  
**CANDELA**  
**Località "CRETA BIANCA"**

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 39.500,37 KWp e MASSIMA IN IMMISIONE IN AC PARI A 30.000 KW IN LOCALITA' "CRETA BIANCA" NEL COMUNE DI CANDELA E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE IN LOCALITA' "PIANO D'AMENDOLA" NEL COMUNE DI DELICETO.**

**ELABORATO:**  
**RELAZIONE DI COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA**

**Elaborato Codice Studio nr. IT\_ASC1\_C04**

**Committente :**

**SR TARANTO SRL**  
Via Largo Guido Donegani nr. 2  
20121 Milano (MI)  
P.IVA 10706720967

**Progettazione:**



**Sede Legale e operativa:**

Via Athena nr .29  
84047 Capaccio Paestum (Sa)  
P.IVA 04596750655

## Sommario

|  |    |
|--|----|
| 1. PREMESSA.....   | 3  |
| 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....                                    | 3  |
| 3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....             | 5  |
| 4. DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....              | 7  |
| 4.1 CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO .....                | 9  |
| 4.2 CARATTERISTICHE DEL GRUPPO DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE ..... | 11 |
| <b>Il gruppo di conversione e trasformazione</b> .....               | 11 |
| <b>Inverter (Convertitori CC/CA)</b> .....                           | 13 |
| <b>Trasformatori BT/MT</b> .....                                     | 14 |
| <b>Quadri corrente alternata (QCA)</b> .....                         | 15 |
| 4.3 CARATTERISTICHE DELLE CABINE DI RACCOLTA IN MT.....              | 15 |
| 4.4 CAVI ELETTRICI.....  | 16 |
| 4.4.1 Criteri di progettazione e soluzioni di calcolo .....          | 16 |
| 4.4.2 Caratteristiche generali cavo interrato in MT .....            | 16 |
| 4.4.3 Cavidotto interrato in AT 150 kV .....                         | 18 |
| 4.4.4 Caratteristiche generali cavo interrato in AT .....            | 18 |
| 4.4.5 Sottostazione MT/AT di Utenza .....                            | 19 |
| <b>Caratteristiche tecniche generali</b> .....                       | 19 |
| <b>Trasformatore di potenza 30 MVA</b> .....                         | 20 |
| 5 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI .....                           | 21 |
| 5.1 Campi elettromagnetici impianto fotovoltaico .....               | 21 |
| 5.1.1. Moduli fotovoltaici .....                                     | 21 |
| 5.1.2. Inverter .....  | 21 |
| 5.1.3 Cabine elettriche di trasformazione .....                      | 22 |
| 5.1. 4 Linee MT in corrente alternata.....                           | 23 |
| 5.1.5 Linea AT in corrente alternata .....                           | 32 |
| 5.1.6 STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA .....                             | 34 |
| 6. ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI.....                               | 36 |
| 7 CONCLUSIONI.....   | 37 |

## 1. PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico 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 fotovoltaico sorgerà in località "CRETA BIANCA" nel Comune di Candela (Fg) scon relative opere di connessione ricadenti sempre nel Comune di DELICETO (FG) . L'impianto fotovoltaico di progetto avrà una potenza nominale di picco in DC pari a 39.500,37 kWp con una corrispondente potenza in immissione massima in AC di 30.000 kW. Il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico è stato valutato in considerazione della disponibilità di superficie sulla quale installare i moduli fotovoltaici e della distanza dal punto di connessione. In particolare per l'impianto saranno valutate 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 sono state prese 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, fino ad una distanza massima di 20 m dall'asse del cavidotto; la rilevazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di 0m, +1,5m, +2m, +2,5m e +3m dal livello del suolo.

## 2. 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  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5kV/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  $\mu$ T, da 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  $3 \mu\text{T}$  per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio". [art. 4]

L'obiettivo di qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai  $3\mu\text{T}$  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 30.000 kW).

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 300.000MHz. 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 | Intensità del Campo elettrico E (V/m) | Intensità di Campo Magnetico H (A/m) | Densità di Potenza D (W/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| $0,1 < f <= 3$ MHz      | 60                                    | 0,2                                  | -  |
| $3 < f <= 3000$ MHz     | 20                                    | 0,05                                 | 1  |
| $3 < f <= 3000$ GHz     | 40                                    | 0,01                                 | 4  |

**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 | Valore efficace di intensità di Campo elettrico E (V/m) | Valore efficace di intensità d di Campo Magnetico H (A/m) | Densità di Potenza dell'Onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|---|---|--|
| 0,1 < f <= 3000 GHz     | 6   | 0,016   | 0,10 (3MHz-300GHz)   |

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 | Valore efficace di intensità di Campo elettrico E (V/m) | Valore efficace di intensità d di Campo Magnetico H (A/m) | Densità di Potenza dell'Onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|---|---|--|
| 0,1 < f <= 3000 GHz     | 6   | 0,016   | 0,10 (3MHz-300GHz)   |

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.

### 3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il progetto prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico della potenza complessiva in DC di **39.500,37 kWp** a cui corrisponde una potenza di connessione in **AC di 30.000 kW**. L'impianto fotovoltaico è stato configurato con un sistema ad inseguitore solare mono-assiale. L'inseguitore mono-assiale utilizza una tecnologia elettromeccanica per seguire ogni giorno l'esposizione solare Est-Ovest su un asse di rotazione orizzontale Nord-Sud, posizionando così i pannelli sempre con la perfetta angolazione. L'inseguitore solare orienta i pannelli fotovoltaici posizionandoli sempre nella direzione migliore per assorbire più radiazione luminosa possibile. L'impianto nel suo complesso prevede l'installazione di **67.522** pannelli fotovoltaici monocristallino, per una potenza di picco complessiva di **39.500,37 kWp**, raggruppati in stringhe del singolo inseguitore e collegate direttamente sull'ingresso dedicato dell'inverter. Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (inseguitore) saranno fissate al terreno attraverso dei pali prefabbricati in acciaio dotati di una o più eliche, disponibili in varie geometrie e configurazioni che verranno avvitate nel terreno. Complessivamente saranno installati nr. 510 inseguitori da 104 moduli in configurazione verticale, nr. 126 inseguitori da 78 moduli in configurazione verticale e nr. 88 inseguitori da 52 moduli in configurazione verticale che saranno installati a una distanza di pitch uno dall'altro in direzione est-ovest di **11** metri. Il modello di modulo fotovoltaico previsto è "BiHiKu6" della CANADIAN SOLAR da 585 Wp bifacciale in silicio monocristallino. L'impianto fotovoltaico interesserà complessivamente una superficie contrattualizzata di 69,28 Ha di cui soltanto circa 22,05 Ha saranno occupati dagli inseguitori, dalle cabine di trasformazione e consegna, dalle strade interne mettendo così a

disposizione ampi spazi per le compensazioni ambientali e di mitigazione degli impatti visivi dell'impianto fotovoltaico oltre che per la coltivazione . L'impianto fotovoltaico sarà realizzato in agro del Comune di **CANDELA (FG)** in località "**CRETA BIANCA**" ai seguenti Fogli e particelle:

**Foglio 18 p. 27,34,263,364,242,365,28,36,47,299,16,333,48,90,91,92,93,94,95,96,208,66 Foglio 36 p.5,417,6,15,16**

Sottostazione elettrica di utenza 30/150 kV :

**Foglio 42 p. 575 del Comune di Deliceto (Fg)**

**L'impianto fotovoltaico è essenzialmente suddiviso in 2 CAMPI aventi le seguenti estensioni, ubicazioni catastali e coordinate geografiche di riferimento:**

| Comune        | Campo   | Foglio | Particelle  | Ha Tot. Particelle | Ha interessati dal progetto fotovoltaico | Ha occupati dalle strutture | Coordinata E (UTM WGS84) | Coordinata N (UTM WGS84) |
|---------------|---|--------|---|--------------------|--|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| CANDELA (FG)  | 1   | 18     | 27,34,263,364,242,365,28,36,47,299,16,333,48,90,91,92,93,94,95,96,208 | 51,07              | 45,6                                     | 12,65                       | 547018,71 m              | 4555416 m                |
| CANDELA (FG)  | 2   | 18-36  | F.18 P.66 F.36 P.5,417,6,15,16  | 37,07              | 23,43                                    | 6,86                        | 546265 m                 | 4554688 m                |
| Deliceto (Fg) | Sottostazione Elettrica di trasformazione Lato Utente 30/150 kV | 42     | 575   | 0,62               | 0,25                                     |                             |                          |                          |
|               |   |        |   | 88,76              | 69,28                                    | 19,51                       |                          |                          |

Le aree impegnate dalle opere sono costituite in parte da terreno collinare i cui tratti in pendenza elevata da est verso ovest non vengono utilizzati per il posizionamento delle strutture di appoggio dei moduli fotovoltaici, mentre le restanti parti di terreno utilizzate sono pianeggianti. L'elevazione s.l.m. media del sito è variabile da 260 m. ai 245 m. ed è tale da avere un'esposizione ottimale e una conformazione morfologica ideale per il posizionamento delle strutture di tracker ad inseguimento est-ovest. Le aree di impianto fotovoltaico sono servite da una buona rete di viabilità esistente costituita da strade comunali e interpoderali sterrate che dai campi fotovoltaici portano sino sulla SP 95 diretta verso Candela e lo svincolo autostradale A16. La connessione dell'impianto alla RTN è prevista in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV del futuro ampliamento della SE 380/150 kV di terna della RTN di Deliceto (anche detta SE 380/150 kV di Deliceto nel prosieguo) come previsto nel preventivo di connessione rilasciato da Terna Spa e regolarmente accettato – STMG cod. id. 201901026. L'impianto fotovoltaico sarà collegato tramite un cavidotto interrato di circa 12,7 km in media tensione alla sottostazione di trasformazione 30/150 kV (anche detta SE di Utenza nel prosieguo), prevista in adiacenza del futuro ampliamento della SE 380/150 kV di Deliceto e precisamente al F. 42 p. 575 del Comune di Deliceto (Fg). L'accesso alla SE di Utenza avviene strada Comunale Ascoli Satriano -Deliceto che costeggia la particella del F. 42 p. 575 del Comune di Deliceto. Il collegamento in antenna a 150 kV sarà effettuato tramite un cavidotto interrato a 150 kV di lunghezza pari a circa 860 metri che sarà posato in parte lungo la strada comunale Ascoli Satriano-Deliceto e per la restante parte attraverserà le particelle 167,420,418,416,534,126,560 del F. 42 del comune di Deliceto sino ad arrivare allo stallo di connessione assegnato da Terna Spa sul futuro ampliamento della sottostazione 380/150 kV di Deliceto. L'intero impianto fotovoltaico occupa un'area contenuta e ricadente per quanto riguarda i campi fotovoltaici nel Comune di Candela, mentre per le opere di rete queste saranno realizzate nel Comune di Deliceto (Fg). Il cavidotto interrato di collegamento dell'impianto alla SE di Utenza è costituito da 2 terne di cavi da 600 mmq in un unico scavo che percorrono a partire dai CAMPI 1 e 2 i seguenti tratti stradali: SP 95, STRADA COMUNALE CANDELA-ASCOLI SATRIANO, SP 99, SP 104, STRADA COMUNALE ASCOLI SATRIANO-DELICETO . Inoltre il cavidotto MT di collegamento alla sottostazione SE di Utenza attraverserà le seguenti particelle catastali :

**Comune di Candela : F. 18 p. 22,122**

**Comune di Ascoli Satriano : F. 71 p. 225,249,250,251,86**

#### 4. DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da N° 67.522 moduli da 585 Wp cad. ed avrà una potenza complessiva in DC di 39.500,37 kWp mentre in AC di 30.000 kW.

Il generatore fotovoltaico sarà suddiviso in n° 2 campi che presentano le seguenti caratteristiche tecniche:



| Campo          | Potenza DNC LIMIT- kW | Potenza DC kW    | DC/AC | Nr. Stringhe | Nr. inverter | Potenza in kVA singolo inverter |
|----------------|-----------------------|------------------|-------|--------------|--------------|---------------------------------|
| 1              | 25613,24              | 25613,24         | 1.301 | 1684         | 7            | Nr. 7 da 3.125 kVA              |
| 2              | 13886,73              | 13886,73         | 1.346 | 913          | 4            | Nr.4 da 3.125 kVA               |
| <b>TOTAL E</b> | <b>39.500,37</b>      | <b>39.500,37</b> |       | <b>2597</b>  | <b>11</b>    |                                 |

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di un sistema denominato **INAccess Power Plant Controller** che è un sistema intelligente indipendente dal fornitore per il controllo dinamico e accurato dell'impianto fotovoltaico e la conformità del codice di rete, personalizzabile per soddisfare qualsiasi esigenza di rete garantendo l'interoperabilità con i sistemi SCADA dell'impianto. Inaccess PPC controlla l'uscita dell'impianto fotovoltaico nel punto di accoppiamento comune, utilizzando gli inverter, i misuratori, i statcom, i condensatori e i controller periferici dell'impianto, fornendo funzionalità quasi in tempo reale per la disconnessione dell'impianto o l'arresto della generazione, il controllo della potenza attiva e reattiva, nonché il controllo della velocità della rampa di potenza. Inaccess PPC offre funzionalità di controllo e monitoraggio alla rete e all'operatore dell'impianto, controllo intelligente ad anello chiuso della potenza attiva e reattiva, controllo degli interruttori di circuito, nonché monitoraggio di quantità elettriche, meteorologiche, interruttori e modalità e stati di controllo dell'alimentazione. L'interoperabilità è garantita per un'ampia gamma di inverter e misuratori. In tal modo sarà garantito che la potenza nominale AC in immissione alla rete sia pari 30.000 kW così come previsto nella STMG rilasciata al Committente.

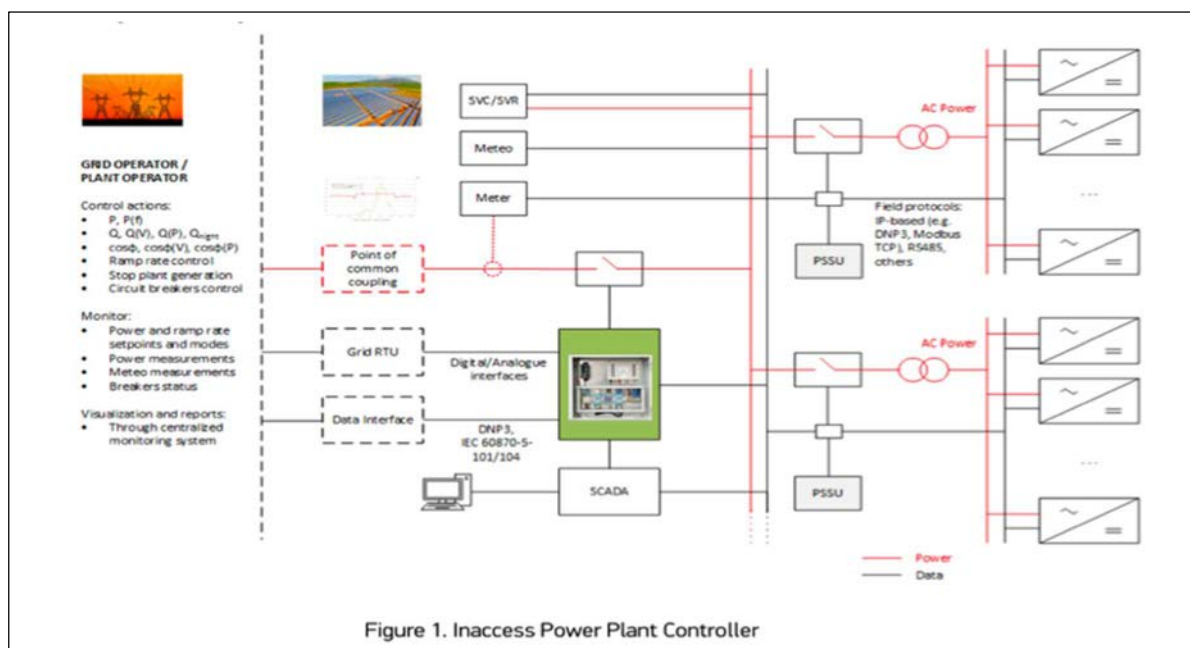


Figure 1. Inaccess Power Plant Controller

Figura 4-1 Sistema InAccess Power Plant Controller

I moduli, riuniti a gruppi di 26, saranno collegati elettricamente in serie tra di loro e costituiranno una stringa della potenza unitaria di 15.210 Wp. Ai capi della stringa sarà presente una tensione a circuito aperto di circa 831,6 Vcc. L'insieme di N° 267 stringhe per un totale di N° 6900-6944 moduli saranno collegate in parallelo tra di loro attraverso N° 15/17 quadri di parallelo stringhe che convogliano l'energia verso ciascuno inverter, situato nella cabina di conversione. Ogni stringa sarà provvista di fusibile e diodo di blocco e sarà protetta (in parallelo con le altre) contro le sovratensioni, per mezzo di scaricatori (uno per ogni polo) collegati a terra. Fusibili, diodi di blocco e scaricatori sono dimensionati per le relative correnti e tensioni. Il generatore FV (lato CC) è gestito come sistema IT, ovvero nessun polo è connesso a terra. Per razionalizzare il montaggio e per minimizzare il percorso dei cavi elettrici di collegamento, i moduli saranno montati, con l'asse disposto in orizzontale, su telai metallici (pannelli) che potranno contenere 2, 3 e 4 stringhe. (I pannelli saranno posizionati sul terreno con un angolo di Azimut di 0° SUD e con un'inclinazione max di +/- 55° sul piano orizzontale sia verso est che ovest essendo ad inseguimento; essi saranno disposti su file parallele, in base agli spazi disponibili. Per evitare l'ombreggiamento dei moduli nei periodi dell'anno in cui il sole è basso l'interasse dei moduli sarà di circa 11 m e la distanza tra le file dei moduli misurata tra le verticali della fine della prima fila e l'inizio della successiva sarà di 6.02 m. Con tale distanza anche il 21 dicembre (solstizio d'inverno) non vi sarà ombra nelle ore centrali del giorno (dalle 10.30 alle 13,30) mentre nel periodo degli equinozi (21 marzo -22 settembre) l'ombra sarà assente dalle ore 7,50 fino alle 17,40. La superficie netta del totale dei moduli è di ca 22,9 Ha ed essa è l'occupazione al suolo maggiore quando i moduli sono disposti orizzontalmente al suolo.

#### 4.1 CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il **generatore fotovoltaico** sarà realizzato con moduli provvisti di diodi di by-pass e ciascuna stringa di moduli sarà selezionabile e dotata di diodo di blocco. Esso sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. I moduli saranno da 585 Wp in silicio monocristallino bifacciali modello "**BiHiKu6**" della casa produttrice **CANADIAN SOLAR**. Qualora dovesse essere scelta una delle tecnologie diversa da quella prevista in questa fase progettuale, il layout generale dell'impianto, le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici ed i fabbricati delle cabine elettriche manterranno la stessa configurazione.

Il decadimento delle prestazioni è non superiore al 10% nell'arco di 12 anni e non superiore al 15% in 30 anni.

I Dati tecnici caratteristici dei moduli fotovoltaici sono i seguenti:

- 156 celle in silicio monocristallino collegate in serie;
- Tensione alla massima potenza,  $V_m = 53.4$
- Tensione massima di circuito aperto,  $V_{oc} = 44.4$  V
- Corrente alla massima potenza,  $I_m = 13.18$  A
- Corrente massima di Corto circuito,  $I_{sc} = 13.92$  A

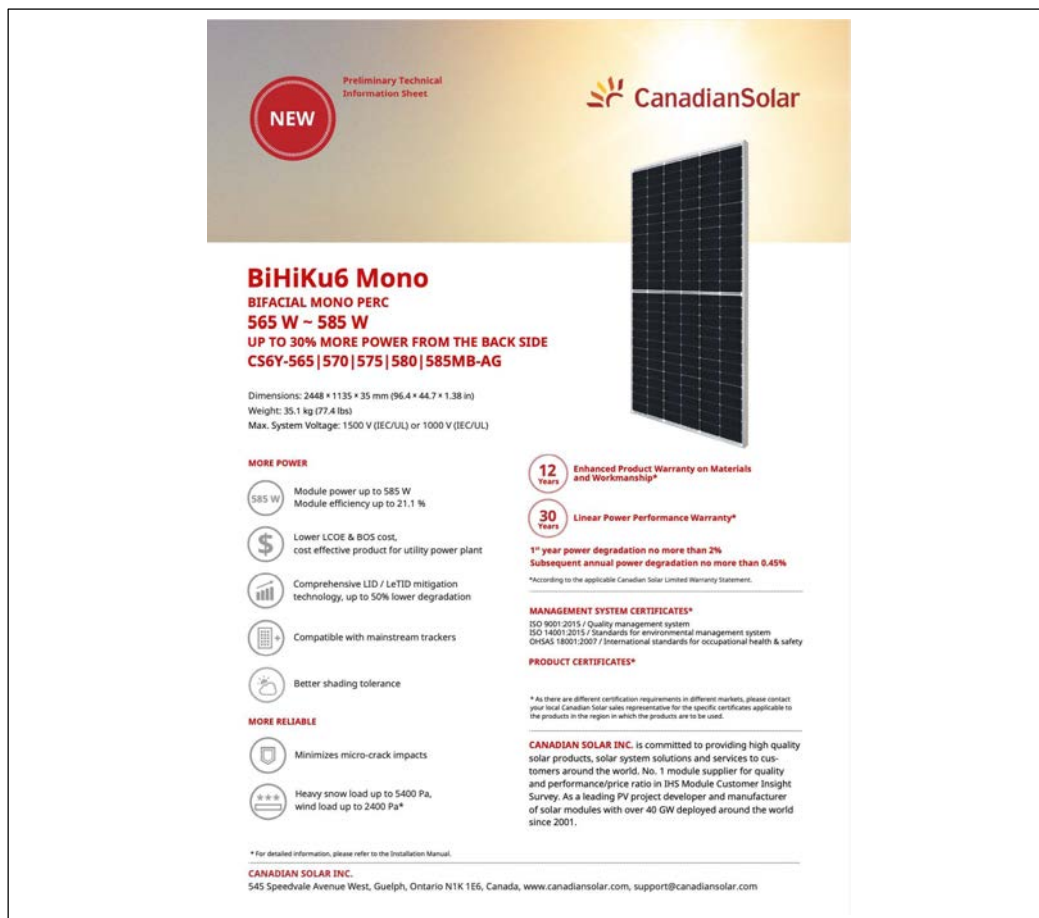
- Superficie anteriore: vetro temperato in grado di resistere alla grandine (Norma CEI/EN 161215);

- Incapsulamento delle celle: EVA

-Cornice di alluminio anodizzato

-Terminali di uscita: cavi pre-cablati a connessione rapida impermeabile resistenti ai raggi UV da 4 mmq, 1200 mm

-Presenza di diodi di bypass per minimizzare la perdita di potenza dovuta ad eventuali danneggiamenti di qualche modulo fotovoltaico



**NEW** Preliminary Technical Information Sheet

**CanadianSolar**

**BiHiKu6 Mono**  
BIFACIAL MONO PERC  
565 W ~ 585 W  
UP TO 30% MORE POWER FROM THE BACK SIDE  
CS6Y-565 | 570 | 575 | 580 | 585MB-AG

Dimensions: 2448 × 1135 × 35 mm (96.4 × 44.7 × 1.38 in)  
Weight: 35.1 kg (77.4 lbs)  
Max. System Voltage: 1500 V (IEC/UL) or 1000 V (IEC/UL)

**MORE POWER**

- 585 W Module power up to 585 W  
Module efficiency up to 21.1 %
- Lower LCOE & BOS cost, cost effective product for utility power plant
- Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- Compatible with mainstream trackers
- Better shading tolerance

**MORE RELIABLE**

- Minimizes micro-crack impacts
- Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa\*

**12 Years** Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship\*

**30 Years** Linear Power Performance Warranty\*

1<sup>st</sup> year power degradation no more than 2%  
Subsequent annual power degradation no more than 0.45%  
\*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

**MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\***  
ISO 9001:2015 / Quality management system  
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system  
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

**PRODUCT CERTIFICATES\***

\* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 40 GW deployed around the world since 2001.

\* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

**CANADIAN SOLAR INC.**  
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

Figura 4-2 Dati tecnici del modulo fotovoltaico di progetto.



### Ogni cabina conterrà :

Un Inverter + Trasformatore modello **SG3125HV-MV-20 e SG3400HV-MV-20** della casa costruttrice **SUNGROW** avente le seguenti caratteristiche tecniche :

#### **Ingresso inverter cabine SG3125HV-MV-20 e SG3400HV-MV-20**

- Intervallo di tensione MPPT:875-1500 V
- Numeri di ingressi DC: 18
- Corrente massima DC per MPPT: 4178 A

#### **Dati in uscita trasformatore cabina SG3125HV-MV-20**

- Potenza AC nominale: 3125 kV A
- Potenza AC massima: 3593 kV A
- Tensione AC a valle dell'inverter: 600 V
- Corrente massima AC: 3458 A
- Intervallo di funzionamento frequenza di rete (fAC) : 50 Hz / 60 Hz
  - Distorsione della corrente di rete : < 3 % con potenza nominale
- Fattore di potenza (cosφ) :≅1

#### **Dati in uscita trasformatore cabina SG3400HV-MV-20**

- Potenza AC nominale: 3437 kV A
- Potenza AC massima: 3593 kV A
- Tensione AC a valle dell'inverter: 600 V
- Corrente massima AC: 3458 A
- Intervallo di funzionamento frequenza di rete (fAC) : 50 Hz / 60 Hz
- Distorsione della corrente di rete : < 3 % con potenza nominale
- Fattore di potenza (cosφ) :≅1

#### **Grado di rendimento cabine SG3125HV-MV-20 e SG3400HV-MV-20**

- Grado di rendimento massimo PCA, max (η) :99.00 %
- Euro (η) : 98,70 %

#### **Dati generali cabine SG3125HV-MV-20 e SG3400HV-MV-20**

- Larghezza/altezza/profondità in mm (L / A / P) :6058 / 2896 / 2438
- Peso approssimativo (T) :17
- Comunicazione:RS485, Ethernet


#### **Conformità agli standard cabine SG3125HV-MV-20 e SG3400HV-MV-20**

- IEC 61727 : Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of utility interface
- IEC 62116: Utility-interconnected photovoltaic inverters – Test procedure of islanding prevention measures
- CE IEC 62109: Safety of power converters for use in photovoltaic power systems

In totale saranno utilizzate **nr. 11 cabine SG3125HV-MV-20**

**SG3400/3125/2500HV-MV-20** **SUNGROW**  
Clean power for all

MV Turnkey Station for 1500 Vdc System - MV Separate Transformer + RMU



**HIGH YIELD**

- Advanced three-level technology, max. inverter efficiency 99 %

**SAVED INVESTMENT**

- Low transportation and installation cost due to 20-foot container design
- DC 1500 V system, low system cost
- Integrated MV transformer and switchgear
- Q at night function optional

**EASY O&M**

- Integrated current, voltage and MV parameters monitoring function for online analysis and fast trouble shooting
- Modular design, easy for maintenance
- Convenient external touch screen

**GRID SUPPORT**

- Compliance with standards IEC 61722, IEC 62116
- Low/high voltage ride through (LVRT/HVRT)
- Active & reactive power control and power ramp rate control

**CIRCUIT DIAGRAM** **EFFICIENCY CURVE (SG3400HV-20)**

**SG3400/3125/2500HV-MV-20**

| Type designation  | SG3400HV-MV-20   | SG3125HV-MV-20                    | SG2500HV-MV-20                    |
|---|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Input (DC)</b>                                       |  |                                   |                                   |
| Max. PV input voltage                                   | 800 V  | 800 V                             | 800 V                             |
| Min. PV input voltage / Startup input voltage           | 875 V / 795 V  | 875 V / 795 V                     | 800 V / 840 V                     |
| MPP voltage range for nominal power                     | 875 - 1005 V   | 875 - 1005 V                      | 800 - 1000 V                      |
| No. of independent MPP inputs                           | 1  | 1                                 | 1                                 |
| No. of DC inputs  | 1 (optional) 2 (2x negative grounding or floating 2x negative grounding) |                                   | 18-24                             |
| Max. PV input current                                   | 478 A  | 478 A                             | 308 A                             |
| <b>Output (AC)</b>                                      |  |                                   |                                   |
| AC output power   | 3125 kVA@ 25 °C / 3437 kVA@ 40 °C  | 2500 kVA@ 25 °C / 2817 kVA@ 40 °C | 2500 kVA@ 25 °C / 2817 kVA@ 40 °C |
| Max. AC output current                                  | 3408 A   | 3408 A                            | 2888 A                            |
| AC voltage range  | 50 - 50 kV   | 50 - 50 kV                        | 50 - 50 kV                        |
| Rated grid frequency / Grid frequency range             | 50 Hz / 45 - 55 Hz   | 50 Hz / 45 - 55 Hz                | 50 Hz / 45 - 55 Hz                |
| DSP   | + 3 % (at nominal power)   |                                   |                                   |
| DC current injection                                    | + 0.5 A in   |                                   |                                   |
| Power factor at nominal power / Adjustable power factor | + 0.99 / 0.8 leading - 0.8 lagging                                       |                                   |                                   |
| Feed-in phases / Connection phases                      | 3 / 3  |                                   |                                   |
| <b>Efficiency</b>                                       |  |                                   |                                   |
| Inverter Max. efficiency                                | 99.5 %   |                                   |                                   |
| Inverter Bus efficiency                                 | 98.5 %   |                                   |                                   |
| <b>Transformer</b>                                      |  |                                   |                                   |
| Transformer rated power                                 | 3127 kVA   | 2500 kVA                          | 2500 kVA                          |
| Transformer max. power                                  | 3885 kVA   | 3088 kVA                          | 2950 kVA                          |
| UV / MV voltage   | 0.4 kV / 10 - 35 kV  | 0.4 kV / 10 - 35 kV               | 0.4 kV / 10 - 35 kV               |
| Transformer vector                                      | Dyn11 (IEC Natural Air Natural)  |                                   |                                   |
| Transformer cooling type                                | Mineral oil (ONAN) free or degradable oil on request                     |                                   |                                   |
| <b>Protection and Function</b>                          |  |                                   |                                   |
| DC fast protection                                      | Load break switch + fuse   |                                   |                                   |
| Inverter fault protection                               | Circuit breaker  |                                   |                                   |
| AC fast protection                                      | Circuit breaker  |                                   |                                   |
| Overvoltage protection                                  | DC Type I + I.A.C. Type II   |                                   |                                   |
| Grid monitoring / Ground fault monitoring               | Yes / Yes  |                                   |                                   |
| Protection monitoring                                   | Yes  |                                   |                                   |
| Overheat protection                                     | Yes  |                                   |                                   |
| Q at night function                                     | Optional   |                                   |                                   |
| <b>General Data</b>                                     |  |                                   |                                   |

Locale ubicazione cabine inverter e di trasformazione

Gli inverters saranno ubicati in cabinati prefabbricati dalle dimensioni in pianta di 6057x 2438 mm, pari a 14,76 mq in grado di garantire condizioni ambientali ottimali ed adeguato potere di scambio termico grazie all'impiego di condizionatori ad avviamento automatico nei periodi estivi. Le cabine di conversione saranno installate nei pressi dei moduli per ridurre le perdite di potenza dovute al trasporto dell'energia. Le fondazioni su cui vengono sistemate le cabine sono del tipo a vasca in modo da consentire il passaggio dei cavi elettrici sotto il pavimento. Le cabine così composte poggiano su una platea di calcestruzzo dello spessore di 10-15 cm, gettata a circa 60 cm di profondità, previo scavo. In ogni cabina di conversione saranno sistemati N° 1 inverter trifase composto da 1 trasformatore da 3125 / 3437 kVA 875/915 V cadauno, i quali vengono poi collegati in parallelo su di un unico condotto sbarre trifase. Dal condotto sbarre verrà alimentato il trasformatore BT/MT. E' stata scelta la taglia dell'inverter di 3125/3437 kVA modulare in quanto si tratta di standard, disponibile sul mercato e con buone prestazioni. Ogni "inverter" sarà costituito da un insieme di componenti, quali filtri e dispositivi di sezionamento, protezione e controllo che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza dal generatore alla rete, in conformità ai requisiti normativi, tecnici e di sicurezza applicabili. La potenza max in uscita di ogni inverter AC sarà di 3.593 kVA. Gli inverters sono progettati per inseguire il punto di massima potenza del proprio campo fotovoltaico, sulla curva I-V caratteristica (funzione MPPT), costruendo l'onda sinusoidale in uscita con la tecnica PWM, che permette di contenere l'ampiezza delle armoniche entro valori accettabili. Nella cabina di conversione sono contenuti gli interruttori di manovra e le apparecchiature di protezione. Dalle cabine di conversione, che in totale saranno N° 11, l'energia verrà trasportata, attraverso n°2 cabine di parallelo MT, con cavi interrati a 30 kV, verso la stazione elettrica dell'utente.

### Inverter (Convertitori CC/CA)

Le caratteristiche generali degli inverter sono riassunte di seguito:

- Inverter a commutazione forzata dalla rete 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 nominale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)

- Sezione di arrivo dal campo fotovoltaico con organo di sezionamento e misura;
- Ingresso cc da generatore fotovoltaico con poli non connessi a terra, ovvero sistema IT
- Inverter dotato di ponte a IGBT a commutazione forzata
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto, in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- Ogni inverter è dotato di un proprio dispositivo di interfaccia.
- Progetto e costruzione conformi ai requisiti della «Direttiva Bassa Tensione» e della «Direttiva EMC».
- Conversione cc/ac realizzata con tecnica PWM e ponte a IGBT ad elevata efficienza (rendimento >96÷97%).
- Filtri per la soppressione dei disturbi indotti e/o emessi
- Controllo della corrente fornita in uscita (grid connected) tramite microprocessore a 16 bit che ne garantisce la forma sinusoidale con distorsione estremamente bassa.
- Funzionamento in parallelo alla rete a  $\cos\phi=1$  (regolabile nel campo 0.9 induttivo ÷ 0.9 capacitivo)
- Programmazione e monitoraggio tramite tastiera alfanumerica.
- Monitoraggio a distanza.
- Dispositivo per la verifica della resistenza di isolamento tra l'ingresso e la terra.
- Datalogger per l'acquisizione delle principali grandezze e stati di funzionamento dell'impianto.
- Interruttore automatico magnetotermico in uscita
- Protezione IP24
- Conformità marchio CE.
- 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.
- Le caratteristiche specifiche degli inverter sono riportate nel documento n° 3746-FV-013 specifiche dei componenti (Allegato 20).

### Trasformatori BT/MT

Il trasformatore BT/MT sarà unico per ogni cabina ed avrà la potenza di 3125/3437 kVA con rapporto di trasformazione di 600/30.000V. Il trasformatore di uscita sarà ad elevato rendimento, capace di garantire un totale isolamento tra la rete e la centrale fotovoltaica, lato cc dell'inverter. Il trasformatore sarà del tipo a secco con isolamento in resina 35 KV.

### Quadri corrente alternata (QCA)

I quadri elettrici QCA provvedono al parallelo degli inverter lato AC ed alla connessione con i trasformatori BT/MT Il quadro costituito da un armadio metallico di dimensioni circa 600 x 2270 x 600 mm, dotato di pannelli posteriore e laterali, vani porta interruttori, vani porta sbarre, morsettiere.

Il quadro sarà equipaggiato con i seguenti dispositivi:

n° 1 interruttore magnetotermico per l'inverter CCA1

n° 1 interruttore magnetotermico per l'inverter CCA2

n° 1 interfaccia di rete tipo Thytronic o similare (certificato DK5940)

n° 1 dispositivo di interfaccia di rete, contattore tetrapolare da 3125 kW, riduttori di tensione e corrente bobina di sgancio tipo ABB o similare.

n° 1 interruttore magnetotermico per il sezionamento del parallelo

n° 1 interruttore magnetotermico per il sezionamento del trasformatore BT/MT

n° 1 interruttore magnetotermico/differenziale per il sezionamento del lato utenze BT

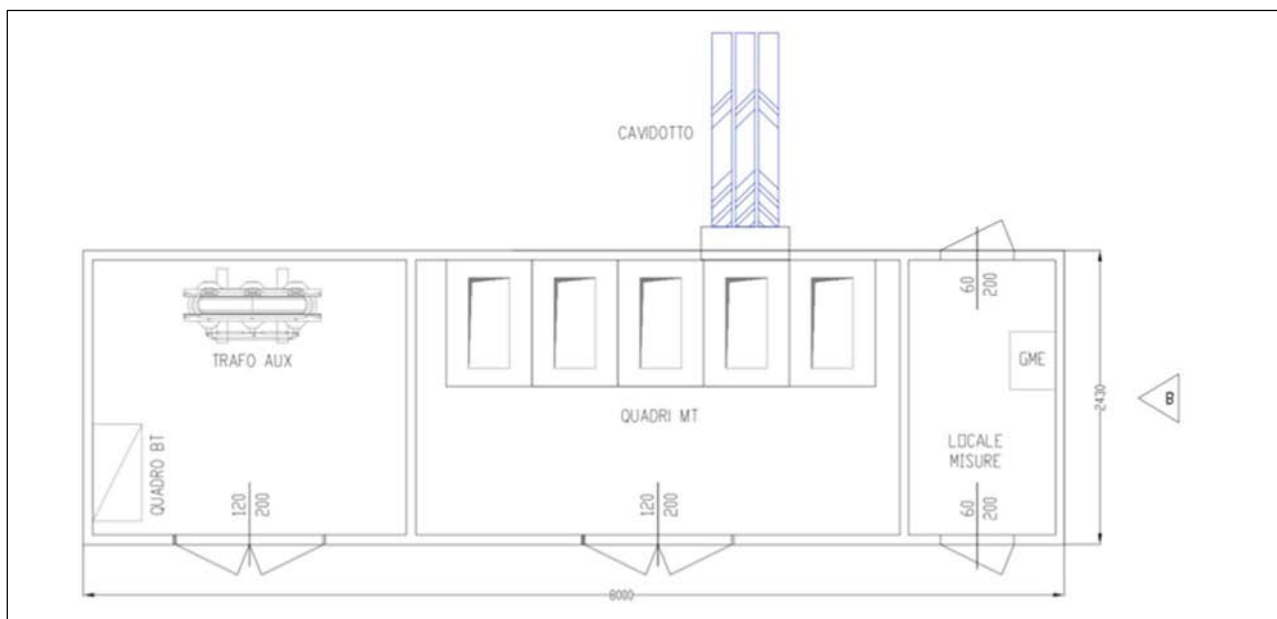
Il quadro è completo di accessori quali: morsetti passanti, guide DIN, cavi di collegamento, capicorda, numeri segna-cavo, cartelli monitori. .

I Quadri QCA saranno ubicati nella cabine di conversione.

### 4.3 CARATTERISTICHE DELLE CABINE DI RACCOLTA IN MT

Le cabine di parallelo avranno la funzione di ricevere attraverso un quadro sbarre l'energia elettrica MT (30 kV) proveniente da un gruppo di N°2,3 fino a 6 cabine di conversione di ciascun campo e di smistarla con unico cavo verso la Stazione Utente. Le cabine di parallelo, in cabinati prefabbricati dalle dimensioni 8000x3000x2400 mm, saranno ubicate nei pressi dei cavidotti MT; la loro funzione è di ridurre la lunghezza complessiva dei cavi ed il numero degli stessi in entrata alla Stazione Utente ( totale linee entranti N° 3), con conseguente riduzione della superficie d'ingombro della Stazione utente. In totale sono previste 2 cabine di parallelo MT, ognuna posizionata all'ingresso di ciascun campo fotovoltaico.





Locale cabina di Parallelo MT- Prospetto

#### 4.4 CAVI ELETTRICI

##### 4.4.1 Criteri di progettazione e soluzioni di calcolo

La struttura generale dell'impianto elettrico è sistemicamente definita dalla sottostazione MT/AT da cui partono 2 linee di cavo MT **L1** e **L2** che arrivano alla cabina di parallelo **CB//1**. Un cavidotto MT a 30 kV collegherà la cabina CB//2 con la cabina CB//1. All'interno di ciascun dei CAMPI fotovoltaici le cabine inverter e di trasformazione sono collegate mediante cavidotti in MT alle rispettive cabine di parallelo.

##### 4.4.2 Caratteristiche generali cavo interrato in MT

I cavi di energia in corrente alternata MT (30 kV) saranno trifasi del tipo unipolare con conduttore a corda rotonda compatta in alluminio da 18/30 kV del tipo ARE4H5EX idonei per tale tipo di applicazione. I cavi di energia saranno posati nel terreno protetti da appositi copri cavi con pozzetti di ispezione intervallati ogni 40-50 m. ed in corrispondenza di ogni cambio di direzione. All'interno delle cabine i cavi saranno posati in cunicoli e/o su canaline. I cavi in MT all'interno di ciascun campo che escono dalle cabine inverter/trasformazione e giungono alle cabine di parallelo saranno in alluminio del tipo ARE4H5EX 18/30 kV e avranno sezioni  $1 \times (3 \times 1) \times 240$  mmq. I cavi che dalla cabina di parallelo MT andranno verso la SE di Utenza saranno del tipo ARE4H5EX 18/30 kV e avranno sezioni  $1 \times (3 \times 1) \times 600$  mmq. I cavi MT avranno le seguenti caratteristiche :

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Tipo di Cavo</b>         | <b>ARE4H5EX 18/30 kV EPR</b>                                     |
| Conduttore                  | Alluminio  |
| Isolante                    | Mescola di Polietilene (qualità DIX 8)                           |
| Tensione Nominale           | 18/30 kV   |
| Tensione Isolamento         | 36 kV  |
| Circuito                    | RST  |
| Cos $\phi$                  | 0.9  |
| Temperatura Funzionamento   | 90 °C  |
| Temperatura Corto Circuito  | 250 °C   |
| Categoria                   | A  |
| Profondità di Posa          | 1.2 m  |
| Distanza Circuiti Adiacenti | 15 cm  |
| Tipo di Posa                | Direttamente interrato in terra umida                            |
| Protezione Meccanica        | Elementi rettangolari in materiale composito a matrice di resina |
| Codice Posa                 | 63   |
| Temperatura Ambiente        | 20 °C  |

In seguito vengono descritte le caratteristiche principali delle linee dell'impianto elettrico.

| CAMPO       | COLLEGAMENTO CAVIDOTTO    | LUNGHEZZA (m) | PORTATA NOMINALE Iz (A) | Corrente Nominale In (A) per cavo | POTENZA APPARENTE (kVA) | CADUTA DI TENSIONE (%) | SEZIONE CAVO (mmq) |
|-------------|---------------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|
| 1           | da PS1 a Cab//1           | 871           | 426                     | 60,14                             | 3124,76                 | 0,05                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS2 a Cab//1           | 774           | 426                     | 60,14                             | 3124,76                 | 0,04                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS3 a Cab//1           | 660           | 426                     | 60,14                             | 3124,76                 | 0,03                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS4 a PS6              | 479           | 426                     | 80,30                             | 3124,76                 | 0,02                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS5 a Cab//1           | 316           | 426                     | 80,30                             | 3124,76                 | 0,15                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS6 a Cab//1           | 97            | 426                     | 120,27                            | 6249,51                 | 0,01                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS7 a PS5              | 228           | 426                     | 80,30                             | 3124,76                 | 0,01                   | 3x(1x240)          |
| 2           | da PS8 a Cab//2           | 290           | 426                     | 55,12                             | 2864,17                 | 0,02                   | 3x(1x240)          |
| 2           | da PS9 a PS10             | 319           | 426                     | 55,12                             | 2864,17                 | 0,03                   | 3x(1x240)          |
| 2           | da PS10 a Cab//2          | 793           | 426                     | 110,24                            | 5728,33                 | 0,03                   | 3x(1x240)          |
| 2           | da PS11 a Cab//2          | 149           | 426                     | 55,12                             | 2864,17                 | 0,01                   | 3x(1x240)          |
| 2-1         | da Cab//2 a Cab//1        | 1610          | 426                     | 220,48                            | 11456,67                | 0,35                   | 3x(1x240)          |
| 1-SE Utenza | Da Cab //1 a SE di UTENZA | 12786         | 918                     | 641,50                            | 33333                   | 2,51                   | 2X(3X1)x600        |

#### 4.4.3 Cavidotto interrato in AT 150 kV

Al fine di connettere l'impianto fotovoltaico di progetto alla Rete Elettrica Nazionale RTN come da preventivo di connessione rilasciato da Terna SPA – STMG cod. id. 202000063 – regolarmente accettata dal proponente dell'iniziativa, sarà necessario realizzare un cavidotto in AT a 150 kV , singola terna che colleghi in antenna la SE di utenza 30/150 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di Deliceto . Il cavidotto in AT a 150 kV in singola terna sarà ubicato nel Comune di Deliceto (Fg). Esso si dipartirà dal palo gatto della SE di Utenza 30/150 kV che verrà ubicata in località Piano D'Amendola del Comune di Deliceto al F. 42 p. 575 e raggiungerà lo stallo di connessione assegnato da Terna. Esso avrà una lunghezza media di circa 866 metri e sarà posato in parte lungo la strada comunale Deliceto-Ascoli e in parte su terreni privati che portano al futuro ampliamento della SE 380/150 KV di Deliceto . Tra le possibili soluzioni è stato individuato il tracciato più funzionale, che tenga conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente locale, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia. Non vengono attraversati canali e corsi d'acqua.

#### 4.4.4 Caratteristiche generali cavo interrato in AT

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in alta tensione sono:

- sistema elettrico           3 fasi
- frequenza                   c.a. 50 Hz
- tensione nominale       150 kV
- tensione massima       170 kV
- categoria sistema        A

#### Tensione di isolamento del cavo

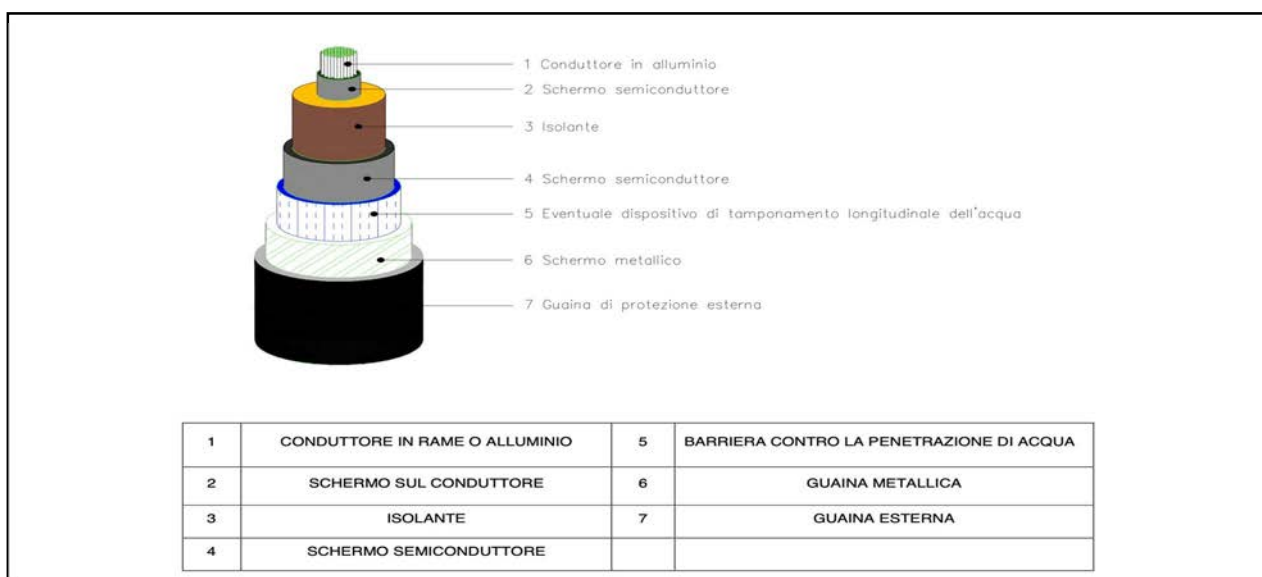
Dalla tab.2.1.06 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento U0 corrispondente è 87 kV. Temperature massime di esercizio e di cortocircuito massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di cortocircuito è di 250°C.

#### Caratteristiche funzionali e costruttive

I cavi in progetto, con isolamento in XLPE e conduttore in alluminio di sezione pari a 1600 mm , sono formati secondo il seguente schema costruttivo (tabella tecnica TERNA UX LK101):

- Conduttore a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di alluminio;
- Schermo semiconduttore;
- Isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi;

- Schermo semiconduttore;
- Dispositivo di tamponamento longitudinale dell'acqua;
- Schermo metallico, in piombo o alluminio, o a fili di rame ricotto o a fili di alluminio non stagnati opportunamente tamponati, o in una loro combinazione e deve contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo, assicurare la tenuta ermetica radiale, consentire il passaggio delle correnti corto circuito;
- Rivestimento protettivo esterno costituito da una guaina di PE nera e grafitata.



Caratteristiche tecniche Cavo AT per trasporto energia

#### 4.4.5 Sottostazione MT/AT di Utenza

La stazione sarà del tipo all'aperto. La stazione elettrica (SE) di utenza 30/150 kV sarà ubicata nel Comune di DELICETO (Fg) al Foglio 42 p. 575. La stazione elettrica avrà le seguenti caratteristiche tecniche principali:

#### Caratteristiche tecniche generali

Tensione di esercizio: 150 kV  
 Tensione massima: 170 kV  
 Frequenza: 50 Hz

La sottostazione elettrica di trasformazione lato Utente 30/150 kV sarà essenzialmente composta da 2 trasformatori aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

## Trasformatore di potenza 30 MVA

### Caratteristiche tecniche

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Costruttore:              | ABB                       |
| Tipo di servizio:         | continuo                  |
| Temperatura ambiente:     | 40 °C                     |
| Classe di isolamento:     | A                         |
| Metodo di raffreddamento: | ONAN/ONAF                 |
| Tipo d'olio:              | minerale Nynas            |
| Altezza d'installazione:  | ≤ 1000 m                  |
| Frequenza nominale:       | 50 Hz                     |
| Potenza nominale:         | ONAN/ONAF 65 MVA + 25 MVA |

### Tensioni nominali (a vuoto)

|                                 |                |
|---------------------------------|----------------|
| - AT:                           | 150 kV         |
| - MT:                           | 30 kV          |
| Regolazione sotto carico su AT: | +/-10 x 1.25 % |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| Tipo di commutatore sotto carico: | ABB |
|-----------------------------------|-----|

### 1) Collegamento fasi

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| - avvolgimento AT:      | stella    |
| - avvolgimento MT:      | triangolo |
| Gruppo di collegamento: | YNd11     |

### 2) Classe d'isolamento

|            |        |
|------------|--------|
| - lato AT: | 170 kV |
| - lato MT: | 36 kV  |

### 3) Tensione di tenuta a frequenza industriale

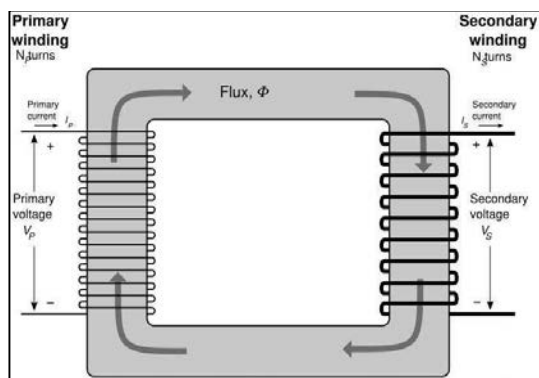
|            |        |
|------------|--------|
| - lato AT: | 275 kV |
| - lato MT: | 70 kV  |

### 4) Tensione di tenuta ad impulso atmosferico

|            |        |
|------------|--------|
| - lato AT: | 650 kV |
| - lato MT: | 170 kV |

## 5) Sovratemperature ammesse

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| - olio:               | 60 °C |
| - media avvolgimenti: | 65 °C |
| - nucleo magnetico:   | 75 °C |



Schema trasformatore MT/AT



Trasformatore MT/AT

## 5 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

### 5.1 Campi elettromagnetici impianto fotovoltaico

#### 5.1.1. Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

#### 5.1.2. Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni 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 (via cavo). A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)). Tra gli altri aspetti queste norme 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%.

- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in super imposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;

- Variazioni di tensione e 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 frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico.

### 5.1.3 Cabine elettriche di trasformazione

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, 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 3593 kVA collocati nelle cabine di trasformazione. La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina. 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 e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

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

Dove:

DPA=distanza di prima approssimazione in metri (m)

I= corrente nominale

x=distanza tra le fasi pari al diametro complessivo dei cavi unipolari (conduttore + isolante)

Nel caso delle cabine di trasformazione di progetto ubicate all'interno di ciascun Campo Fotovoltaico per il calcolo della DPA si fa riferimento al valore massimo di corrente erogata sul secondario del trasformatore di potenza (massima potenza erogabile dal trasformatore 3.593 kVA) e sul primario del trasformatore dei servi ausiliari.

In tal caso si ha :

| Utenza                  | Formazione | I[A]  | X[m]   | DPA [m]      |
|-------------------------|------------|-------|--------|--------------|
| Avvolgimento secondario | 3x(1x240)  | 3458  | 0,0786 | <b>6,34</b>  |
| Servizi Ausiliari       | 3x10       | 27,10 | 0,0109 | <b>0,199</b> |

*Distanza prima approssimazione da cabine di trasformazione MT/BT*

D'altra parte, nel caso in questione le cabine sono posizionate all'aperto e normalmente non sono permanentemente presidiate.

#### 5.1. 4 Linee MT in corrente alternata

L'impianto fotovoltaico è suddiviso in 2 Campi di diversa potenza nominale che presentano le seguenti caratteristiche tecniche:

| Campo          | Potenza DNC LIMIT- kW | Potenza DC kW    | DC/AC | Nr. Stringhe | Nr. inverter | Potenza in kVA singolo inverter |
|----------------|-----------------------|------------------|-------|--------------|--------------|---------------------------------|
| <b>1</b>       | 25613,24              | 25613,24         | 1.301 | 1684         | 7            | <b>Nr. 7 da 3.125 kVA</b>       |
| <b>2</b>       | 13886,73              | 13886,73         | 1.346 | 913          | 4            | <b>Nr.4 da 3.125 kVA</b>        |
| <b>TOTAL E</b> | <b>39.500,37</b>      | <b>39.500,37</b> |       | <b>2597</b>  | <b>11</b>    |                                 |

Il collegamento delle cabine di trasformazione con le relative cabine di Parallelo posizionate all'interno di ciascun campo e da queste fino alla sottostazione elettrica di trasformazione di Utenza 30/150 kV avviene mediante cavidotti interrati a 30 KV. Per tali tratte di cavidotti in base alla corrente da essi trasportata e alla sezione dei cavi sono stati calcolati i valori del campo elettromagnetico in corrispondenza dell'asse del cavidotto alla quota di 0 metri sul piano di campagna. Il calcolo del campo elettrico e magnetico che si genererà con il passaggio di corrente elettrica nel cavidotto dell'impianto fotovoltaico è stato effettuato con un programma di calcolo denominato "NIR" che possiede un modulo di calcolo di nome "ELF" il quale consente di quantificare i campi elettromagnetici generati da linee elettriche a bassa frequenza come richiesto norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche" pubblicata dal Comitato Elettrico Italiano nel luglio 1996. Il software di calcolo ricorre al principio delle immagini e per computare il campo elettrico si è considerato il terreno come piano equipotenziale ed a potenziale nullo che può essere simulato con una configurazione di cariche immagini, più esplicitamente per ogni conduttore esistente si è considerato un analogo conduttore immagine la cui



posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del conduttore reale.

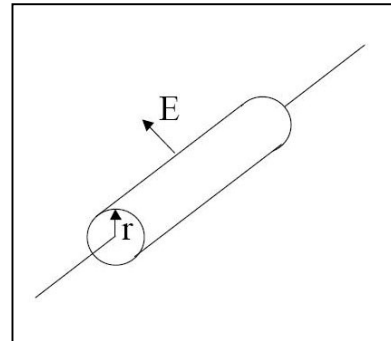
Il campo elettrico di un conduttore rettilineo e lunghezza indefinita percorso da corrente si ottiene dalla equazione di Maxwell:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0$$

nel caso di rettilineo e lunghezza indefinita percorso da corrente si ha:

$$\mathbf{E} = \frac{\rho}{2\pi\epsilon_0 r}$$

(equazione di Biot-Savart)



Campo elettrico generato da un conduttore percorso da corrente

dove:

$\mathbf{E}$  = intensità del campo elettrico

$\rho$  = densità di carica lineare

$\epsilon_0$  = costante dielettrica o permittività nel vuoto  $[(8,85418 \pm 0,00002)10^{-12} \text{ F/m}]$

$r$  = raggio del conduttore

quindi, l'algoritmo utilizza la legge di Biot-Savart per il calcolo del campo elettrico.

L'induzione magnetica in un generico punto dello spazio si ottiene integrando l'equazione di Maxwell:

$$\nabla \times \bar{\mathbf{H}} = \bar{\mathbf{J}} + \frac{\partial \bar{\mathbf{D}}}{\partial t}$$

ritenendo trascurabile il termine:

$$\frac{\partial \bar{\mathbf{D}}}{\partial t}$$

si ha:

$$\nabla \times \bar{\mathbf{H}} = \bar{\mathbf{J}}$$

quindi nel caso di conduttore rettilineo percorso da corrente:

$$H = \frac{I_{\Sigma}}{2\pi r}$$

da cui:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \mathbf{u}_I \mathbf{u}_r$$

dove:

$\mathbf{B}$  = intensità campo magnetico

$I$  = intensità di corrente

$d$  = distanza del punto di calcolo dal conduttore

$\mathbf{u}_i$  = versore della corrente

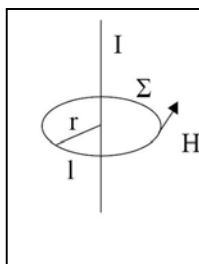
$\mathbf{u}_r$  = versore ortogonale a quello della corrente

$\mu_0$  = permeabilità magnetica nel vuoto ( $4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m)

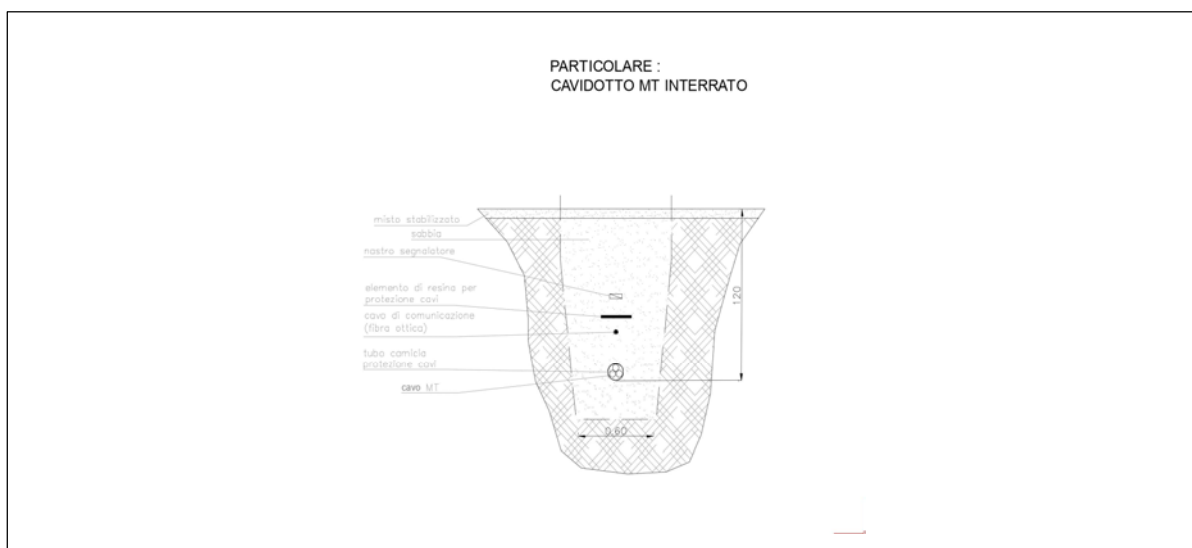
Se abbiamo un numero  $n$  di conduttori rettilinei, orizzontali e paralleli tra loro, dette  $(x_i, y_i)$  le coordinate del conduttore  $i$ -esimo, le componenti  $B_x$  e  $B_y$  totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio  $(x, y)$  da tutti i conduttori, è data dalle relazioni seguenti:

Campo magnetico generato da un conduttore percorso da corrente

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right] ; \quad B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$



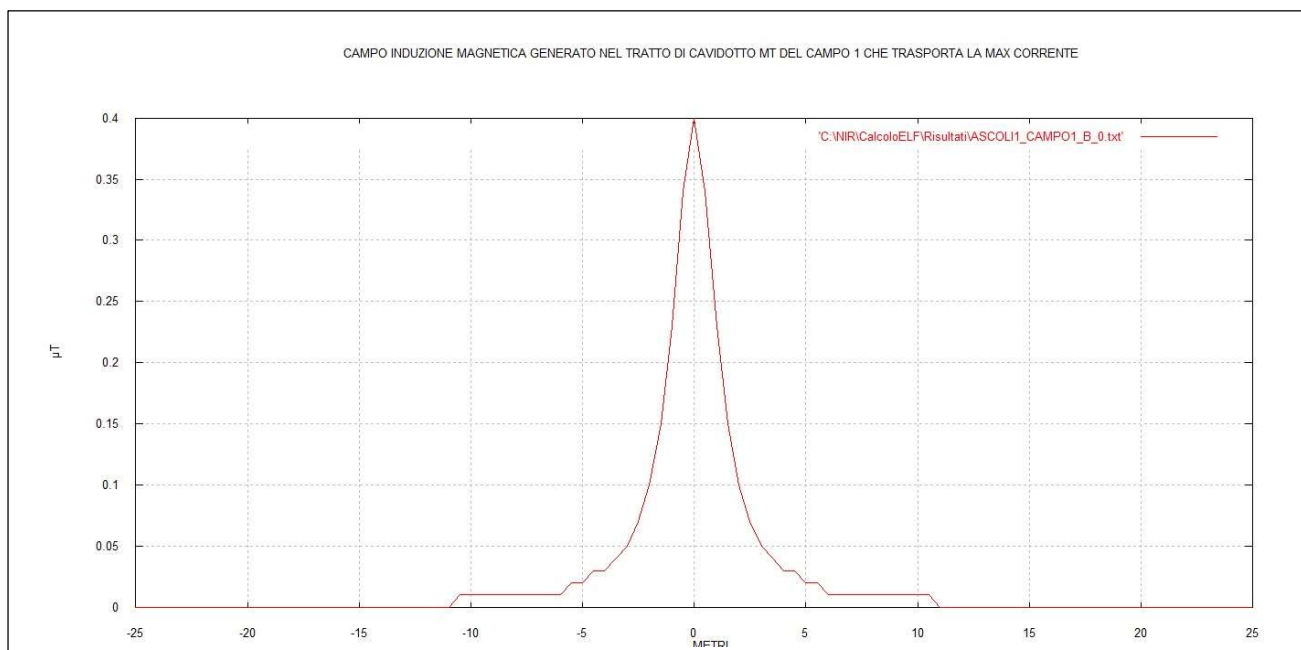
Per il calcolo si è preso in considerazione la posa del cavo MT in configurazione a trifoglio a 1,2 metri di profondità secondo tale particolare costruttivo :



Particolare costruttivo posa cavidotto MT 30 kV singola terna

**Tabella 4 – Elenco tratte cavidotti e valore campo induzione magnetica a piano campagna**

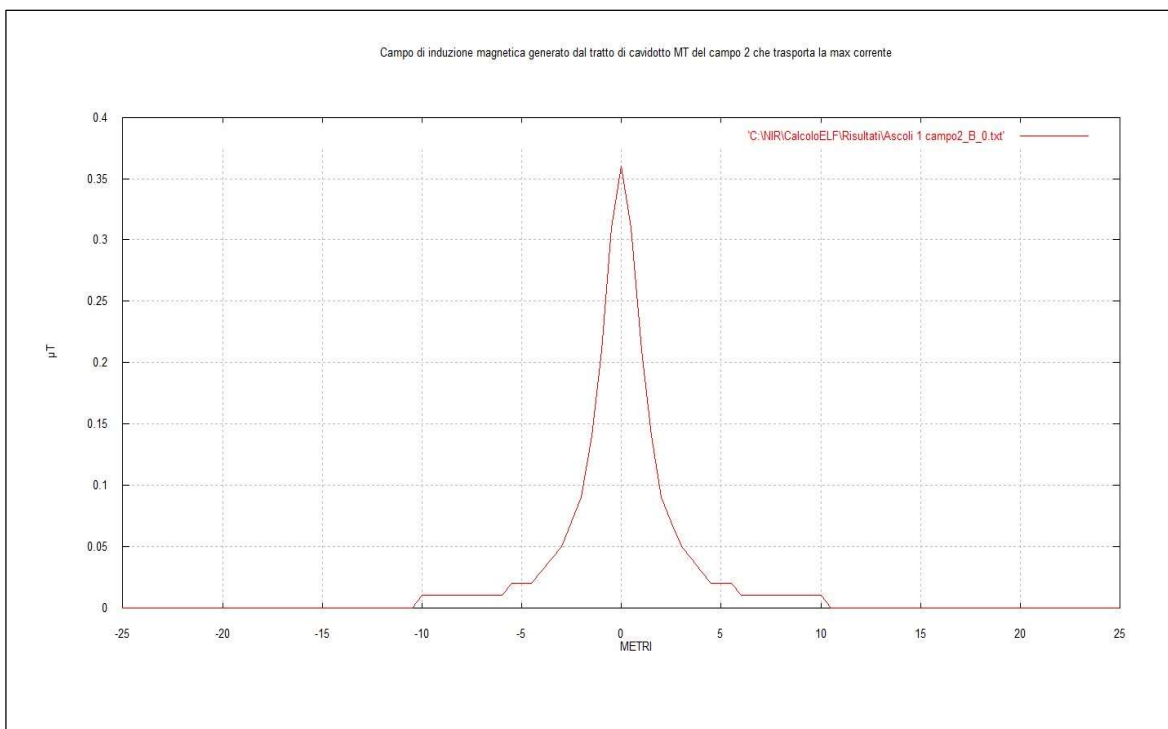
| CAMPO       | COLLEGAMENTO CAVIDOTTO    | LUNGHEZZA (m) | PORTATA NOMINALE Iz (A) | Corrente Nominale In (A) per cavo | POTENZA APPARENTE (kVA) | CADUTA DI TENSIONE (%) | SEZIONE CAVO (mmq) |
|-------------|---------------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|
| 1           | da PS1 a Cab//1           | 871           | 426                     | 60,14                             | 3124,76                 | 0,05                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS2 a Cab//1           | 774           | 426                     | 60,14                             | 3124,76                 | 0,04                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS3 a Cab//1           | 660           | 426                     | 60,14                             | 3124,76                 | 0,03                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS4 a PS6              | 479           | 426                     | 80,30                             | 3124,76                 | 0,02                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS5 a Cab//1           | 316           | 426                     | 80,30                             | 3124,76                 | 0,15                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS6 a Cab//1           | 97            | 426                     | 120,27                            | 6249,51                 | 0,01                   | 3x(1x240)          |
| 1           | da PS7 a PS5              | 228           | 426                     | 80,30                             | 3124,76                 | 0,01                   | 3x(1x240)          |
| 2           | da PS8 a Cab//2           | 290           | 426                     | 55,12                             | 2864,17                 | 0,02                   | 3x(1x240)          |
| 2           | da PS9 a PS10             | 319           | 426                     | 55,12                             | 2864,17                 | 0,03                   | 3x(1x240)          |
| 2           | da PS10 a Cab//2          | 793           | 426                     | 110,24                            | 5728,33                 | 0,03                   | 3x(1x240)          |
| 2           | da PS11 a Cab//2          | 149           | 426                     | 55,12                             | 2864,17                 | 0,01                   | 3x(1x240)          |
| 2-1         | da Cab//2 a Cab//1        | 1610          | 426                     | 220,48                            | 11456,67                | 0,35                   | 3x(1x240)          |
| 1-SE Utenza | Da Cab //1 a SE di UTENZA | 12786         | 918                     | 641,50                            | 33333                   | 2,51                   | 2X(3X1)x630        |



**Grafico rappresentativo campo di induzione magnetica generati dai cavidotti MT a 30KV interni ai campi Fotovoltaici.**

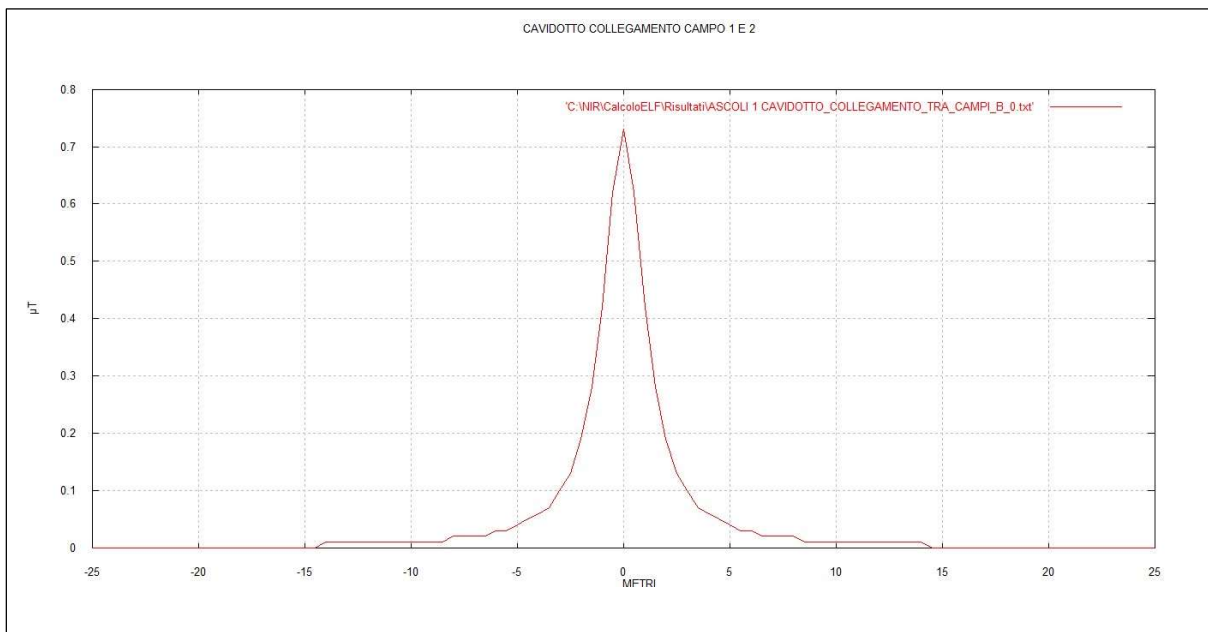
| X     | B(μT) | X    | B(μT) |
|-------|-------|------|-------|
| -25   | 0     | 0    | .4    |
| -24.5 | 0     | .5   | .34   |
| -24   | 0     | 1    | .23   |
| -23.5 | 0     | 1.5  | .15   |
| -23   | 0     | 2    | .1    |
| -22.5 | 0     | 2.5  | .07   |
| -22   | 0     | 3    | .05   |
| -21.5 | 0     | 3.5  | .04   |
| -21   | 0     | 4    | .03   |
| -20.5 | 0     | 4.5  | .03   |
| -20   | 0     | 5    | .02   |
| -19.5 | 0     | 5.5  | .02   |
| -19   | 0     | 6    | .01   |
| -18.5 | 0     | 6.5  | .01   |
| -18   | 0     | 7    | .01   |
| -17.5 | 0     | 7.5  | .01   |
| -17   | 0     | 8    | .01   |
| -16.5 | 0     | 8.5  | .01   |
| -16   | 0     | 9    | .01   |
| -15.5 | 0     | 9.5  | .01   |
| -15   | 0     | 10   | .01   |
| -14.5 | 0     | 10.5 | .01   |
| -14   | 0     | 11   | 0     |
| -13.5 | 0     | 11.5 | 0     |
| -13   | 0     | 12   | 0     |
| -12.5 | 0     | 12.5 | 0     |
| -12   | 0     | 13   | 0     |
| -11.5 | 0     | 13.5 | 0     |
| -11   | 0     | 14   | 0     |
| -10.5 | .01   | 14.5 | 0     |
| -10   | .01   | 15   | 0     |
| -9.5  | .01   | 15.5 | 0     |
| -9    | .01   | 16   | 0     |
| -8.5  | .01   | 16.5 | 0     |
| -8    | .01   | 17   | 0     |
| -7.5  | .01   | 17.5 | 0     |
| -7    | .01   | 18   | 0     |
| -6.5  | .01   | 18.5 | 0     |
| -6    | .01   | 19   | 0     |
| -5.5  | .02   | 19.5 | 0     |
| -5    | .02   | 20   | 0     |
| -4.5  | .03   | 20.5 | 0     |
| -4    | .03   | 21   | 0     |
| -3.5  | .04   | 21.5 | 0     |
| -3    | .05   | 22   | 0     |
| -2.5  | .07   | 22.5 | 0     |
| -2    | .1    | 23   | 0     |
| -1.5  | .15   | 23.5 | 0     |
| -1    | .23   | 24   | 0     |
| -.5   | .34   | 24.5 | 0     |
| 0     | .4    | 25   | 0     |

**Valori numerici del campo di induzione magnetica ad altezza del piano di campagna e a diverse distanze dall'asse del cavidotto**



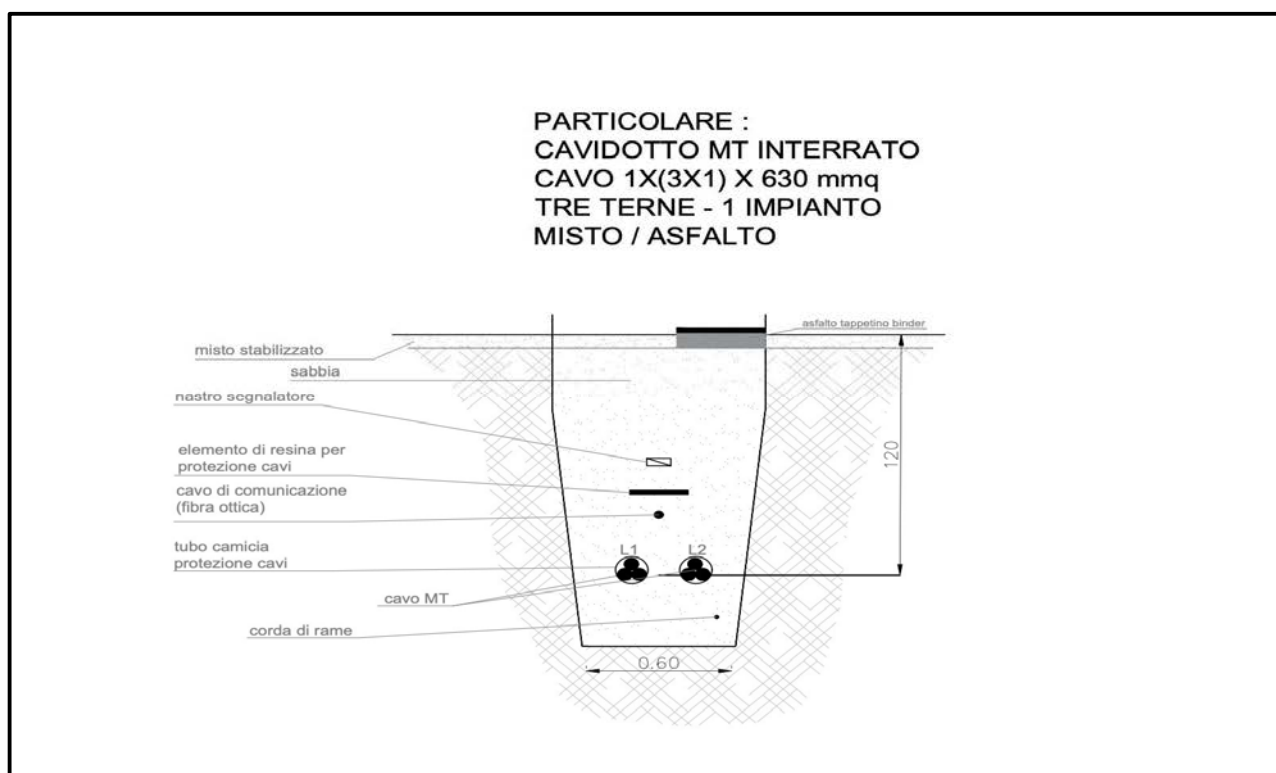
| X     | B(μT) | X    | B(μT) |
|-------|-------|------|-------|
| -25   | 0     | 0    | .36   |
| -24.5 | 0     | .5   | .31   |
| -24   | 0     | 1    | .21   |
| -23.5 | 0     | 1.5  | .14   |
| -23   | 0     | 2    | .09   |
| -22.5 | 0     | 2.5  | .07   |
| -22   | 0     | 3    | .05   |
| -21.5 | 0     | 3.5  | .04   |
| -21   | 0     | 4    | .03   |
| -20.5 | 0     | 4.5  | .02   |
| -20   | 0     | 5    | .02   |
| -19.5 | 0     | 5.5  | .02   |
| -19   | 0     | 6    | .01   |
| -18.5 | 0     | 6.5  | .01   |
| -18   | 0     | 7    | .01   |
| -17.5 | 0     | 7.5  | .01   |
| -17   | 0     | 8    | .01   |
| -16.5 | 0     | 8.5  | .01   |
| -16   | 0     | 9    | .01   |
| -15.5 | 0     | 9.5  | .01   |
| -15   | 0     | 10   | .01   |
| -14.5 | 0     | 10.5 | 0     |
| -14   | 0     | 11   | 0     |
| -13.5 | 0     | 11.5 | 0     |
| -13   | 0     | 12   | 0     |
| -12.5 | 0     | 12.5 | 0     |
| -12   | 0     | 13   | 0     |
| -11.5 | 0     | 13.5 | 0     |
| -11   | 0     | 14   | 0     |
| -10.5 | 0     | 14.5 | 0     |
| -10   | .01   | 15   | 0     |
| -9.5  | .01   | 15.5 | 0     |
| -9    | .01   | 16   | 0     |
| -8.5  | .01   | 16.5 | 0     |
| -8    | .01   | 17   | 0     |
| -7.5  | .01   | 17.5 | 0     |
| -7    | .01   | 18   | 0     |
| -6.5  | .01   | 18.5 | 0     |
| -6    | .01   | 19   | 0     |
| -5.5  | .02   | 19.5 | 0     |
| -5    | .02   | 20   | 0     |
| -4.5  | .02   | 20.5 | 0     |
| -4    | .03   | 21   | 0     |
| -3.5  | .04   | 21.5 | 0     |
| -3    | .05   | 22   | 0     |
| -2.5  | .07   | 22.5 | 0     |
| -2    | .09   | 23   | 0     |
| -1.5  | .14   | 23.5 | 0     |
| -1    | .21   | 24   | 0     |
| -.5   | .31   | 24.5 | 0     |
| 0     | .36   | 25   | 0     |

Sono stati valutati i campi di induzione magnetica generati dai cavidotti MT all'interno dei campi 1 e 2 dei tratti che trasportano potenze maggiori e quindi interessati da correnti più alte in maniera tale che nel caso in cui i valori dei campi di induzione magnetica generati da tali cavidotti sono sotto il valore limite di  $3\mu\text{T}$  si può dedurre di conseguenza che anche gli altri cavidotti MT all'interno dei campi che trasportano potenze elettriche minori e quindi correnti più basse sono nel limite della norma. I risultati ottenuti dalla simulazione con il software NIR mostrano che i campi magnetici generati da tali tratti di cavidotti MT sono sotto il valore limite di  $3\mu\text{T}$ , pertanto si può dedurre che i tutti i cavidotti in MT che collegamento le cabine di trasformazione all'interno dei campi con le cabine di raccolta rispettano l'obiettivo di qualità di  $3\mu\text{T}$  in corrispondenza del piano di campagna. Stesso discorso vale per il campo di induzione magnetica generato dal cavidotto in MT che collega la cabina di Campo CB//2 alla cabina di Campo CB//1 il cui valore come dimostrato dai grafici seguenti si attesta sotto il valore limite dei  $3\mu\text{T}$ .



| X     | B(μT) | X    | B(μT) |
|-------|-------|------|-------|
| -25   | 0     | 0    | .73   |
| -24.5 | 0     | .5   | .62   |
| -24   | 0     | 1    | .42   |
| -23.5 | 0     | 1.5  | .28   |
| -23   | 0     | 2    | .19   |
| -22.5 | 0     | 2.5  | .13   |
| -22   | 0     | 3    | .1    |
| -21.5 | 0     | 3.5  | .07   |
| -21   | 0     | 4    | .06   |
| -20.5 | 0     | 4.5  | .05   |
| -20   | 0     | 5    | .04   |
| -19.5 | 0     | 5.5  | .03   |
| -19   | 0     | 6    | .03   |
| -18.5 | 0     | 6.5  | .02   |
| -18   | 0     | 7    | .02   |
| -17.5 | 0     | 7.5  | .02   |
| -17   | 0     | 8    | .02   |
| -16.5 | 0     | 8.5  | .01   |
| -16   | 0     | 9    | .01   |
| -15.5 | 0     | 9.5  | .01   |
| -15   | 0     | 10   | .01   |
| -14.5 | 0     | 10.5 | .01   |
| -14   | .01   | 11   | .01   |
| -13.5 | .01   | 11.5 | .01   |
| -13   | .01   | 12   | .01   |
| -12.5 | .01   | 12.5 | .01   |
| -12   | .01   | 13   | .01   |
| -11.5 | .01   | 13.5 | .01   |
| -11   | .01   | 14   | .01   |
| -10.5 | .01   | 14.5 | 0     |
| -10   | .01   | 15   | 0     |
| -9.5  | .01   | 15.5 | 0     |
| -9    | .01   | 16   | 0     |
| -8.5  | .01   | 16.5 | 0     |
| -8    | .02   | 17   | 0     |
| -7.5  | .02   | 17.5 | 0     |
| -7    | .02   | 18   | 0     |
| -6.5  | .02   | 18.5 | 0     |
| -6    | .03   | 19   | 0     |
| -5.5  | .03   | 19.5 | 0     |
| -5    | .04   | 20   | 0     |
| -4.5  | .05   | 20.5 | 0     |
| -4    | .06   | 21   | 0     |
| -3.5  | .07   | 21.5 | 0     |
| -3    | .1    | 22   | 0     |
| -2.5  | .13   | 22.5 | 0     |
| -2    | .19   | 23   | 0     |
| -1.5  | .28   | 23.5 | 0     |
| -1    | .42   | 24   | 0     |
| -.5   | .62   | 24.5 | 0     |
| 0     | .73   | 25   | 0     |

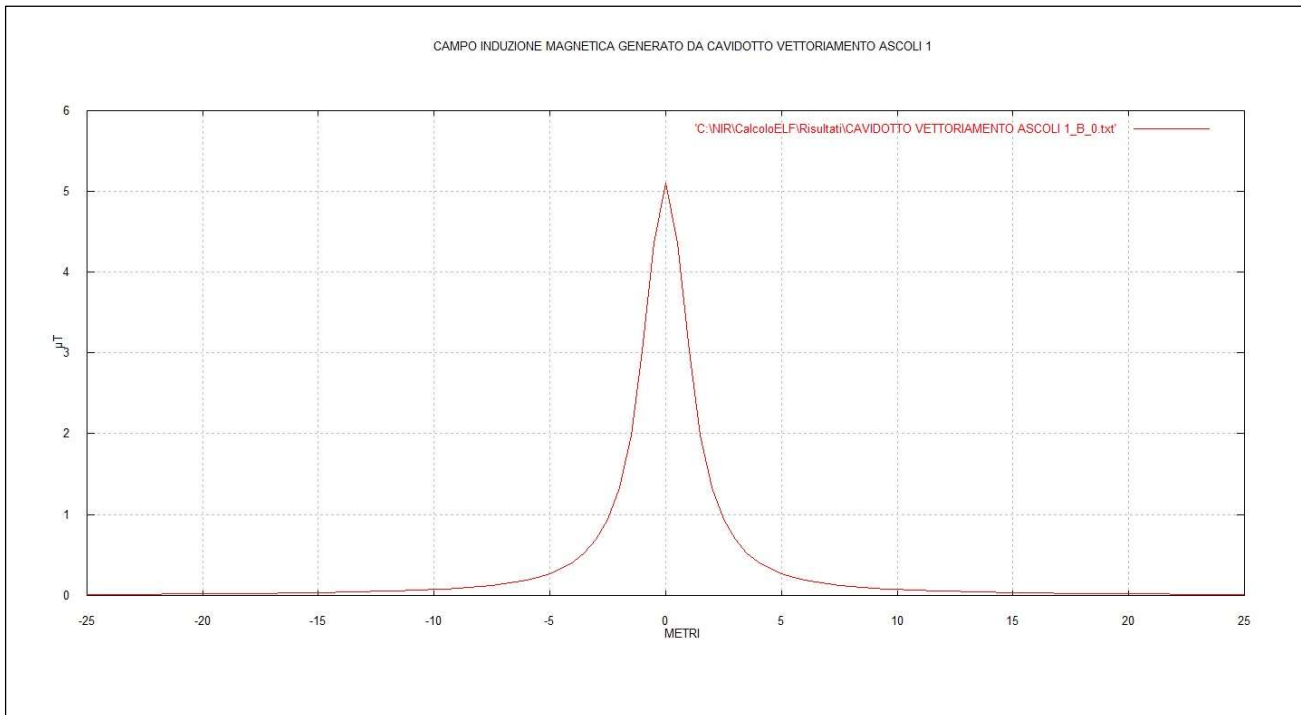
Le fasce di rispetto sono da definirsi in conformità alla metodologia di calcolo emanata dal decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29 maggio 2008 e pubblicato sulla G.U. n. 156 del 05.07.08 nel supplemento ordinario della G.U. n° 160. Il decreto suddetto definisce "fascia di rispetto" lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità come prescritto dall'art. 4, comma 1 lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore. L'art. 4 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa **"l'obiettivo di qualità" in 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. Per la determinazione della fascia di rispetto relativa al cavidotto MT interrato si individua la distanza dall'asse del cavo in corrispondenza della quale si raggiunge il valore **3  $\mu$ T**. Il calcolo dei valori di induzione magnetica dei cavidotti che partono dalla cabina di parallelo **CB// 1** e vanno verso la sottostazione elettrica di utenza è riportato di seguito. Si è considerata la configurazione di posa a trifoglio del cavidotto posato a 1,2 metri di profondità.



Dalla simulazione con il software NIR del campo di induzione magnetica generato dalle 2 terne di cavi assumendo per esse i seguenti dati di ingresso :

**Linea L 1 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 3x1x630 mm<sup>2</sup> – Corrente massima trasportata a 641,5 A**

**Linea L2 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 3x1x630 mm<sup>2</sup> – Corrente massima trasportata a 641,5 A**



**Grafico campo induzione magnetica generato dalle Linee L1 ,L2,L3 fino alla SE di Utenza**

| X     | B(μT) | X    | B(μT) |
|-------|-------|------|-------|
| -25   | .01   | 0    | 5.1   |
| -24.5 | .01   | .5   | 4.36  |
| -24   | .01   | 1    | 3.02  |
| -23.5 | .01   | 1.5  | 1.98  |
| -23   | .01   | 2    | 1.33  |
| -22.5 | .01   | 2.5  | .94   |
| -22   | .01   | 3    | .69   |
| -21.5 | .02   | 3.5  | .52   |
| -21   | .02   | 4    | .41   |
| -20.5 | .02   | 4.5  | .33   |
| -20   | .02   | 5    | .27   |
| -19.5 | .02   | 5.5  | .22   |
| -19   | .02   | 6    | .19   |
| -18.5 | .02   | 6.5  | .16   |
| -18   | .02   | 7    | .14   |
| -17.5 | .02   | 7.5  | .12   |
| -17   | .02   | 8    | .11   |
| -16.5 | .03   | 8.5  | .1    |
| -16   | .03   | 9    | .09   |
| -15.5 | .03   | 9.5  | .08   |
| -15   | .03   | 10   | .07   |
| -14.5 | .03   | 10.5 | .06   |
| -14   | .04   | 11   | .06   |
| -13.5 | .04   | 11.5 | .05   |
| -13   | .04   | 12   | .05   |
| -12.5 | .05   | 12.5 | .05   |
| -12   | .05   | 13   | .04   |
| -11.5 | .05   | 13.5 | .04   |
| -11   | .06   | 14   | .04   |
| -10.5 | .06   | 14.5 | .03   |
| -10   | .07   | 15   | .03   |
| -9.5  | .08   | 15.5 | .03   |
| -9    | .09   | 16   | .03   |
| -8.5  | .1    | 16.5 | .03   |
| -8    | .11   | 17   | .02   |
| -7.5  | .12   | 17.5 | .02   |
| -7    | .14   | 18   | .02   |
| -6.5  | .16   | 18.5 | .02   |
| -6    | .19   | 19   | .02   |
| -5.5  | .22   | 19.5 | .02   |
| -5    | .27   | 20   | .02   |
| -4.5  | .33   | 20.5 | .02   |
| -4    | .41   | 21   | .02   |
| -3.5  | .52   | 21.5 | .02   |
| -3    | .69   | 22   | .01   |
| -2.5  | .94   | 22.5 | .01   |
| -2    | 1.33  | 23   | .01   |
| -1.5  | 1.98  | 23.5 | .01   |
| -1    | 3.02  | 24   | .01   |
| -.5   | 4.36  | 24.5 | .01   |
| 0     | 5.1   | 25   | .01   |



Come si evince dai risultati numerici e dal grafico su riportato, il campo di induzione magnetica sul piano di campagna dato dalle terne di cavo delle linee L1 e L2 che arrivano alla sottostazione elettrica SE di Utenza il campo di induzione magnetica si mantiene sotto il valore di  $3\mu\text{T}$ . I tracciati di posa dei cavi sono stati studiati 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 ricettori nelle vicinanze del cavidotto. Anche per i cavidotti in MT interni ai campi fotovoltaici dove in ogni caso i valori dei campi di induzione magnetica sono inferiori a  $3\mu\text{T}$  si troveranno collocati in zone dove la presenza umana sarà molto scarsa, solo periodicamente durante le ispezioni di manutenzione. Infine poiché i cavi MT utilizzati sono schermati il **campo elettrico** esterno allo schermo è nullo, non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in oggetto.

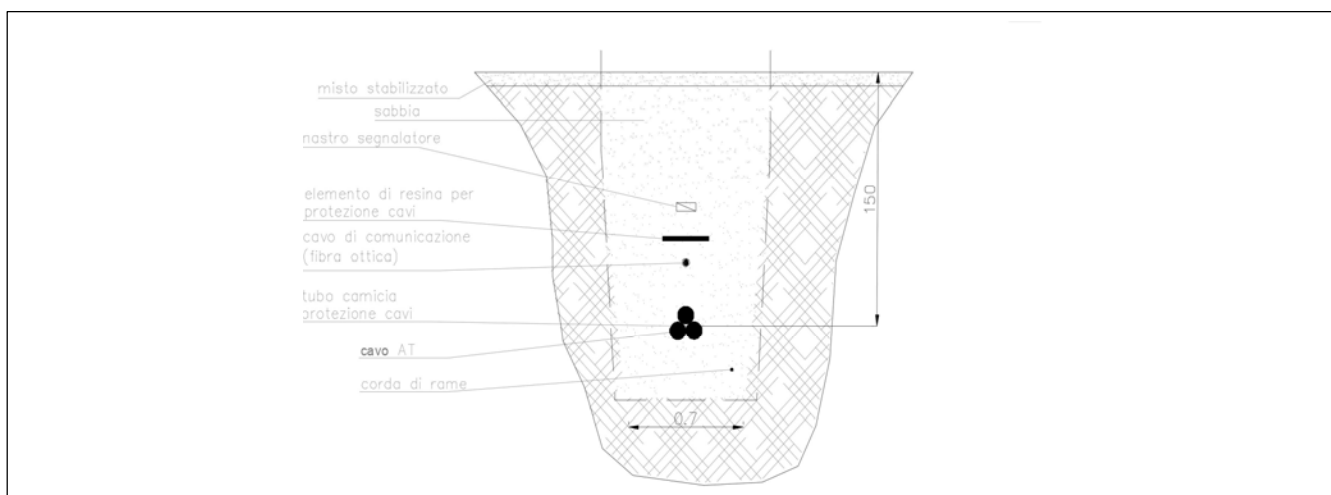
### 5.1.5 Linea AT in corrente alternata

Per la realizzazione del cavidotto di collegamento in AT tra la stazione elettrica di utenza e la stazione elettrica RTN "Deliceto", sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettrici e magnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in AT interrata permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno. Nel caso in questione, lo studio del campo magnetico è stato effettuato, alla tensione nominale di 150 kV, sul seguente tratto di cavidotto così costituito:

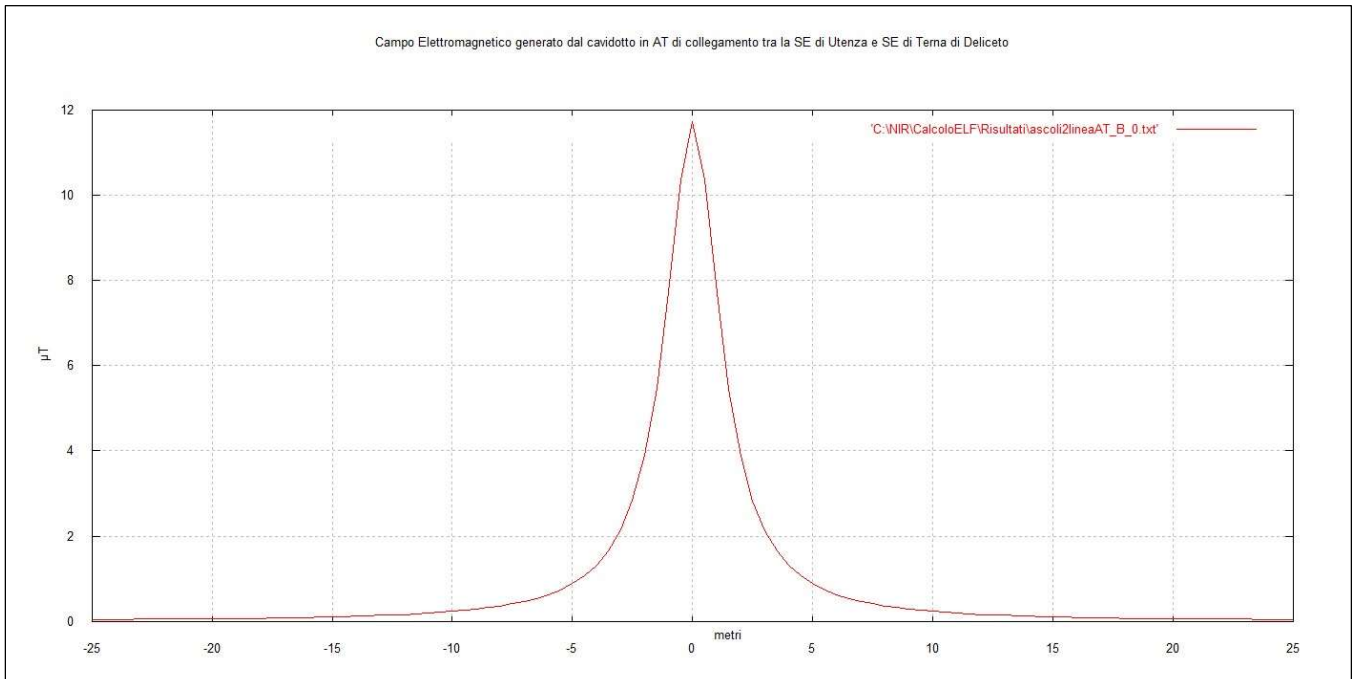
**LINEA AT** - una terna di conduttori di sezione 1600 mm<sup>2</sup> percorsa da corrente massima pari a 192,45 A;

I valori del campo magnetico sono stati misurati a livello del piano di campagna. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano, per ognuna delle situazioni richiamate, l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori.

#### PARTICOLARE POSA CAVO AT INTERRATO



**LINEA AT - Cavidotto AT ad una terna di sezione 1600 mm<sup>2</sup> interrata a 1.5 m dal piano di campagna**



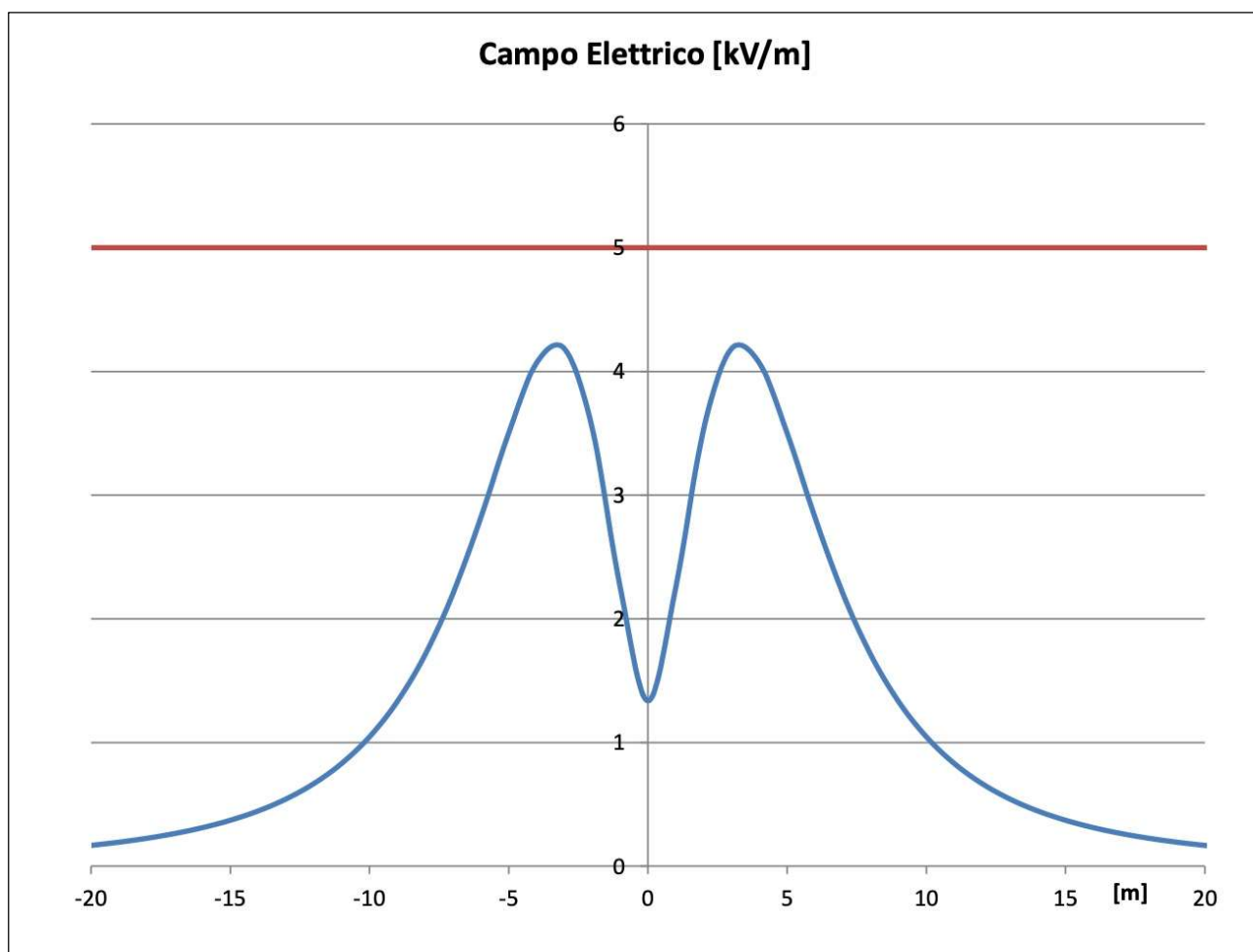
**VALORE DEL CAMPO DI INDUZIONE MAGNETICA GENERATO DAL CAVIDOTTO IN AT**

| X     | B(μT) | X    | B(μT) |
|-------|-------|------|-------|
| -25   | .01   | 0    | 5.72  |
| -24.5 | .01   | .5   | 4.85  |
| -24   | .01   | 1    | 3.32  |
| -23.5 | .01   | 1.5  | 2.15  |
| -23   | .01   | 2    | 1.42  |
| -22.5 | .01   | 2.5  | .99   |
| -22   | .01   | 3    | .72   |
| -21.5 | .02   | 3.5  | .54   |
| -21   | .02   | 4    | .42   |
| -20.5 | .02   | 4.5  | .34   |
| -20   | .02   | 5    | .28   |
| -19.5 | .02   | 5.5  | .23   |
| -19   | .02   | 6    | .19   |
| -18.5 | .02   | 6.5  | .17   |
| -18   | .02   | 7    | .14   |
| -17.5 | .02   | 7.5  | .13   |
| -17   | .02   | 8    | .11   |
| -16.5 | .03   | 8.5  | .1    |
| -16   | .03   | 9    | .09   |
| -15.5 | .03   | 9.5  | .08   |
| -15   | .03   | 10   | .07   |
| -14.5 | .03   | 10.5 | .06   |
| -14   | .04   | 11   | .06   |
| -13.5 | .04   | 11.5 | .05   |
| -13   | .04   | 12   | .05   |
| -12.5 | .05   | 12.5 | .05   |
| -12   | .05   | 13   | .04   |
| -11.5 | .05   | 13.5 | .04   |
| -11   | .06   | 14   | .04   |
| -10.5 | .06   | 14.5 | .03   |
| -10   | .07   | 15   | .03   |
| -9.5  | .08   | 15.5 | .03   |
| -9    | .09   | 16   | .03   |
| -8.5  | .1    | 16.5 | .03   |
| -8    | .11   | 17   | .02   |
| -7.5  | .12   | 17.5 | .02   |
| -7    | .14   | 18   | .02   |
| -6.5  | .16   | 18.5 | .02   |
| -6    | .19   | 19   | .02   |
| -5.5  | .22   | 19.5 | .02   |
| -5    | .27   | 20   | .02   |
| -4.5  | .33   | 20.5 | .02   |
| -4    | .41   | 21   | .02   |
| -3.5  | .53   | 21.5 | .02   |
| -3    | .69   | 22   | .01   |
| -2.5  | .95   | 22.5 | .01   |
| -2    | 1.37  | 23   | .01   |
| -1.5  | 2.09  | 23.5 | .01   |
| -1    | 3.28  | 24   | .01   |
| -.5   | 4.88  | 24.5 | .01   |
| 0     | 5.72  | 25   | .01   |

**Dal calcolo effettuato si evince come il valore del campo di induzione magnetica pari a 3μT viene raggiunto a una distanza dall'asse del cavidotto di poco più di 1,5 metri per cui si può considerare come valore della DPA la distanza di ± 2 metri dall'asse del cavidotto.**

### 5.1.6 STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne e fabbricati). I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT a 150 kV con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 1 kV/m a ca. 10 m di distanza da queste ultime.

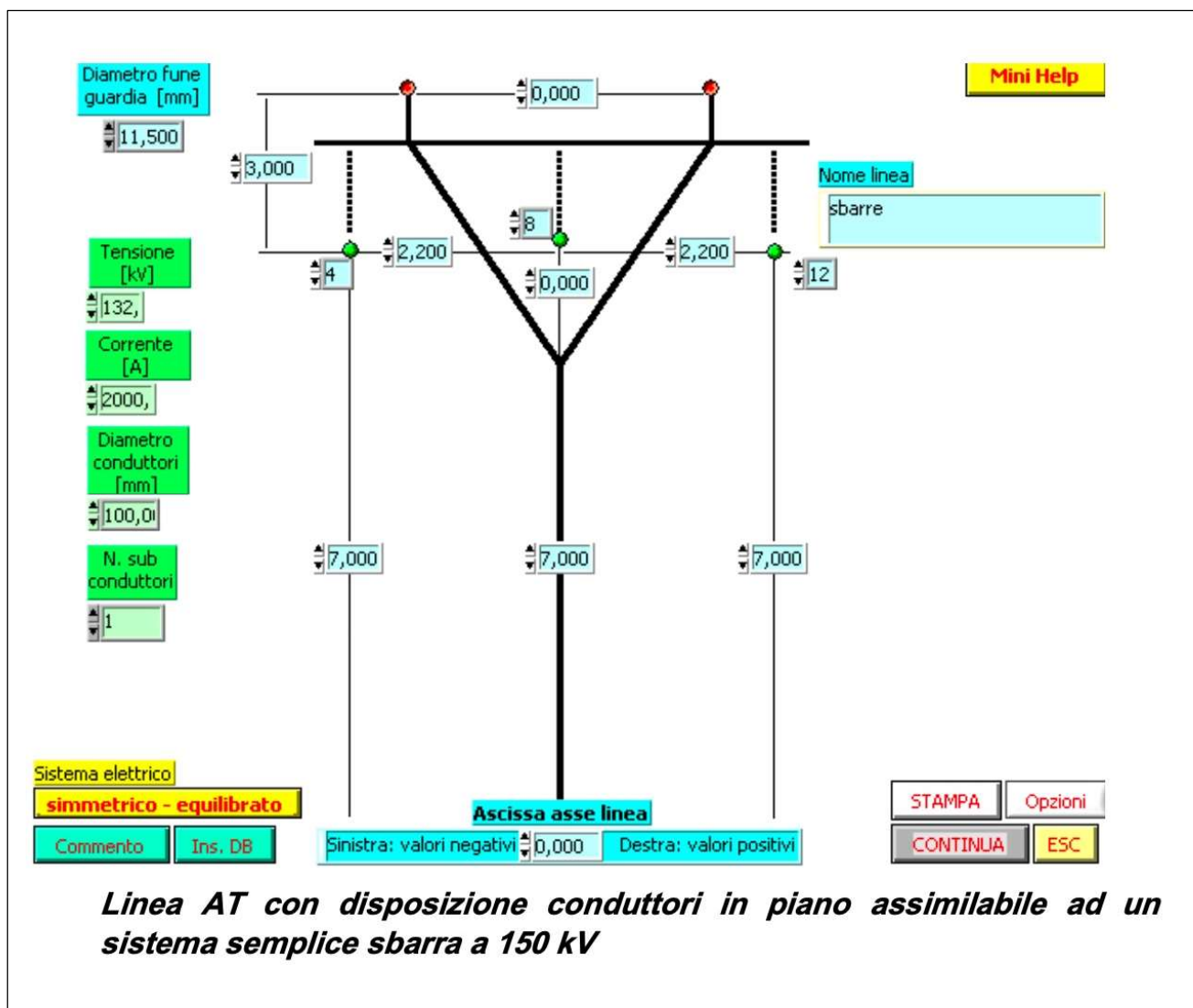


*Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV*

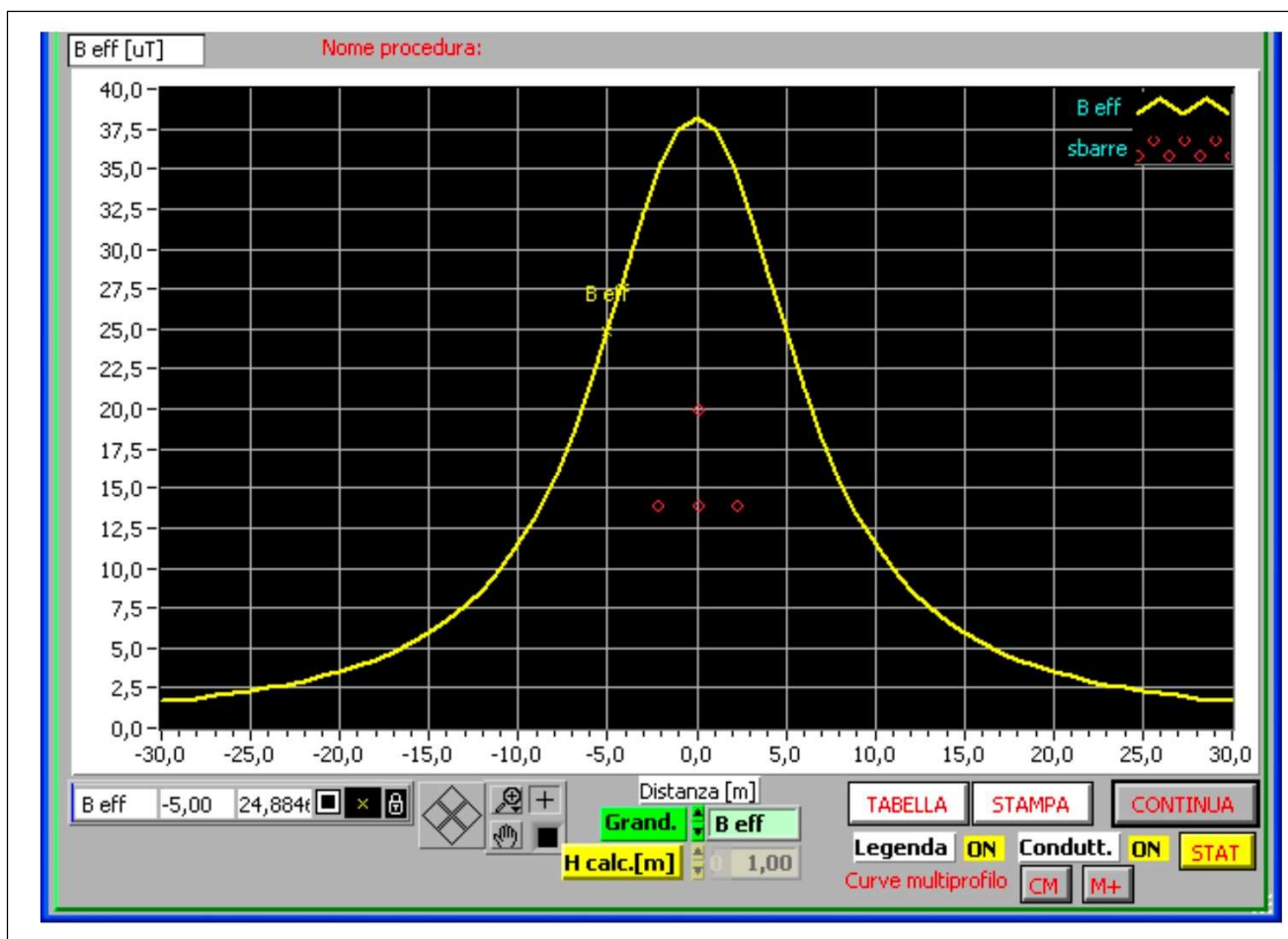
I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle via cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di 3  $\mu$ T a 4 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

I valori in corrispondenza della recinzione della stazione sono notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge.

A titolo orientativo nel seguito si riporta il profilo di campo magnetico dovuto ad un sistema trifase con caratteristiche e disposizione dei conduttori analoghe a quelle dei condotti sbarre presenti in stazione, considerando una corrente massima di 2000 A pari alla corrente massima sopportabile dalle sbarre stesse. Nella seguente figura è riportata la geometria di un sistema trifase con disposizione dei conduttori assimilabile a quella delle sbarre della stazione d'utenza.



Schematizzazione sistema sbarre della sottostazione AT/MT a 150 kV



Valore del campo di induzione magnetica generato per  $I = 2000 \text{ A}$

Si può notare che ad una distanza di circa **22 m** dall'asse del sistema di sbarre l'induzione magnetica è inferiore al valore di  $3 \mu\text{T}$ .

## 6. ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

Come mostrato nelle tabelle e 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  $3 \mu\text{T}$ , sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che lungo il cavidotto AT che in prossimità della SE di Utenza che collega fino alla SE 380/150 kV di Deliceto; 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 4 m a cavallo della mezzeria del 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 DPCM 8 Luglio 2003. La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 6,34 m attorno alle cabine di trasformazione ed alla cabina di impianto, oltre che nelle immediate vicinanze della stazione di utenza AT/MT e del breve cavidotto AT. Infatti, anche per la stazione d'utenza, ad eccezione che in corrispondenza degli

ingressi e delle uscite linea, al di fuori della recinzione della stazione, i valori di campo magnetico sono inferiori ai limiti di legge.

## 7 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 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 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 riguarda 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 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. Per quanto riguarda i cavidotti MT interni ai Campi fotovoltaici è stato riscontrato come il valore del Campo di induzione magnetica di ciascuno di essi si tenga sotto il valore di 3 $\mu$ T rispettando gli obiettivi di qualità fissati per legge. Per cavidotto MT di collegamento tra l'impianto fotovoltaico e la SE di utenza è stato riscontrato che il campo di Induzione magnetica si attesta sotto i 3 $\mu$ T a una distanza di 1,5 m. dall'asse del cavidotto, pertanto si è assunta una DPA pari a 2 m all'interno della quale è stato verificato che non ricedono luoghi stabilmente abitati e luoghi per l'infanzia. Si esclude inoltre 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 DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, nel caso peggiore (trasformatore da 3593 kVA), già a circa 6,34 m (DPA) dalla cabina stessa. Per quanto riguarda la cabina d'impianto, vista la presenza del solo trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari in BT e l'entità delle correnti circolanti nei quadri MT l'obiettivo di qualità si raggiunge a circa 3 m (DPA) dalla cabina stessa. Comunque considerando che nelle cabine di trasformazione e nella cabina d'impianto non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

**L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.**

**ALLEGATI : IT\_ASC1\_C04.1 TAVOLE INSERIMENTO SU ORTOFOTO DPA IMPIANTI ELETTRICI  
SCALA 1:10.000**

**Capaccio Paestum , LI 4 febbraio 2021**



**IL TECNICO**

**Ing. Marsicano Giovanni**