



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI FOGGIA





COMUNE DI FOGGIA (FG)

**OGGETTO:**

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 32.503,77 KWp e MASSIMA IN IMMISIONE IN AC PARI A 25.000 KW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE IN LOCALITA' "Mass.a Duanera 1°"**

ELABORATO N. B04_rev1	Relazione di compatibilità elettromagnetica	Scala 1:5.000
--------------------------	---	------------------

COMMITTENTE	<b>SR PROJECT 1 SRL</b> VIA LARGO GUIDO DONEGANI,2 20121 - MILANO P.IVA 10707680962
-------------	--

Studio Acustico	Dott. Tullio Ciccarone	FIRMA E TIMBRO IL TECNICO  	PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO   <b>M.E. Free Srl</b> Via Athena,29 Cap 84047 Capaccio Paestum P.Iva 04596750655 Ing. Giovanni Marsicano
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	Dott. Giovanni Marsicano		
Studio Idraulico	Ing. Leonardo Pio Rosiello		

Aggiornamenti						
	Rev 1	NOVEMBRE 2021	202000068	IT_FGA_B_04_rev1	Ing. Giovanni Marsicano	Ing. Giovanni Marsicano
	N°	Data	Cod. Stmg	Nome File	Eseguito da	Approvato da

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

**COMUNE DI:**

**FOGGIA**

**Località "Mass.a Duanera 1<sup>o</sup>"**

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 32.503,77 KWp e MASSIMA IN IMMISIONE IN AC PARI A 25.000 KW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE IN LOCALITA' "Mass.a Duanera 1<sup>o</sup>"**

**ELABORATO:**

**CALCOLO PRELIMINARE DI COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA**

Elaborato nr. IT\_FGA\_B04\_REV1

**Committente :**

**SR PROJECT 1 SRL  
Via Largo Guido Donegani nr. 2  
20121 Milano (MI)  
P.IVA 10707680962**

**Progettazione:**



**Sede Legale e operativa:**

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

## Sommario

PREMESSA.....	3
1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
2. DESCRIZIONE GENERALE DELL’IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	6
3. DESCRIZIONE TECNICA DELL’IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....	9
4. CARRATERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO .....	11
4.1 CARATTERISTICHE DEL GRUPPO DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE.....	13
<b>Il gruppo di conversione e trasformazione</b> .....	13
<b>Inverter (Convertitori CC/CA)</b> .....	15
<b>Trasformatori BT/MT</b> .....	16
<b>Quadri corrente alternata (QCA)</b> .....	16
4.2 CARATTERISTICHE DELLE CABINE DI RACCOLTA IN MT.....	17
4.3 CAVI ELETTRICI.....	18
4.3.1 Criteri di progettazione e soluzioni di calcolo .....	18
4.3.2 Caratteristiche generali cavo interrato in MT .....	18
4.3.3 CAVIDOTTO INTERRATO IN AT 150 KV .....	19
4.3.4 Caratteristiche generali cavo interrato in AT .....	19
4.3.5 Tensione di isolamento del cavo .....	20
4.3.6 Sottostazione MT/AT di Utenza e Stazione di Condivisione 150 kV.....	24
<b>Caratteristiche tecniche generali</b> .....	24
<b>Trasformatore di potenza 25/30 MVA</b> .....	24
4.4 STAZIONE CONDIVISIONE 150 KV .....	25
4.4.1 Caratteristiche componenti.....	26
4.4.2 Sistema di distribuzione in corrente alternata .....	31
4.4.3 Sistema di distribuzione in corrente continua .....	31
4.4.4 SISTEMA PROTEZIONE, CONTROLLO, MISURE E TELECONTROLLO.....	32
5 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI .....	32
5.1 Campi elettromagnetici impianto fotovoltaico .....	32
5.1.1. Moduli fotovoltaici .....	32
5.1.2. Inverter.....	32
5.1.3 Cabine elettriche di trasformazione.....	33
5.1. 4 Linee MT in corrente alternata.....	34
5.1.5 Linea AT in corrente alternata .....	41
5.1.6 Cavidotto AT di collegamento tra la Stazione di Condivisione a 150 kV e la Stallo AT assegnato da Terna all’interno dell’Ampliamento della S.E. RTN 380/150 kV di Foggia.....	43
5.1.7 STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA .....	46

5.1.8 STAZIONE CONDIVISA 150 KV .....	48
6. AMPLIAMENTO DELLA S.E. -RTN 380/150 KV DI FOGGIA -LOC. SPRECACENERE ....	51
7 .ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI.....	51
8 CONCLUSIONI .....	52

## 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 “Mass.a DUANERA I<sup>ma</sup>” del Comune di FOGGIA (Fg) con relative opere di connessione ricadenti sempre nel Comune di Foggia . L’impianto fotovoltaico di progetto avrà una potenza nominale di picco in DC pari a 32.503,77 kWp con una corrispondente potenza in immissione massima in AC di 25.000 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.

## 1. 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  $\mu$ 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 $\mu$ 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 25.000 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.

## 2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il progetto prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico della potenza complessiva in DC di **32.503,77 kWp** a cui corrisponde una potenza di connessione in AC di **25.000 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 55.562 pannelli fotovoltaici monocristallino, per una potenza di picco complessiva di **32.503,77 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. 424 inseguitori da 104 moduli in configurazione verticale, nr. 99 inseguitori da 78 moduli in configurazione verticale e nr. 72 inseguitori da 52 moduli in configurazione verticale che saranno installati a una distanza di pitch uno dall'altro in direzione est-ovest di 10,75 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 44,32 Ha di cui soltanto circa 18 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. L'impianto fotovoltaico sarà realizzato in agro del Comune di **Foggia (FG)** in località "Mass.a Duanera 1<sup>a</sup>" ai seguenti Fogli e particelle:

**Foglio 11 p. 226, 45 e 252**

**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)
Foggia (Fg)	1	11	252	31,59	30,2	12,3	544529 m	4600699 m
Foggia (Fg)	2	11	45,226	14,19	14,12	5,7	544732 m	4601323 m
Foggia (Fg)	Sottostazione Elettrica di trasformazione Lato Utente 30/150 kV	51	55	0,6	0,3		545451 m	4594283 m
Foggia (Fg)	Stazione Elettrica di condivisione con altri produttori	51	139	0,83	0,1		545451 m	4594283 m
				<b>Tot..Ha 46,38</b>	<b>Tot. Ha 44,72</b>	<b>Tot .Ha 18,00</b>		

Le aree impegnate dalle opere sono costituite da terreni pianeggianti con elevazione s.l.m. di 43 m tali 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 dalla strada interpodereale Duanera che costeggia i **CAMPI 1 E 2**, la strada provinciale SP 24 che sbocca in prossimità della sottostazione Terna 380/150 kV di Foggia sulla SS 673. 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 Foggia (anche detta SE 380/150 kV di Foggia nel prosieguo) come previsto nel preventivo di connessione rilasciato da Terna Spa e regolarmente accettato – **STMG cod. id. 202000068**. L'impianto fotovoltaico sarà collegato tramite un cavidotto interrato di circa 8 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 Foggia e precisamente al **F. 51 p. 55 del Comune di Foggia (Fg)**. L'accesso alla SE di Utenza avviene dalla SS 673 che attraversa la particella del F. 51 p. 55 sul lato sud della porzione di terreno che sarà utilizzata per la realizzazione di questa.

Terna SPA con comunicazione prot.72312 del 17/09/2021 (Vedi Allegato alla presente relazione) ha trasmesso alla società **Grupotec Solar Italia 7 Srl** e per conoscenza anche alla società **SR Project 1**



**S.r.l.** il progetto benestariato dell'ampliamento della SE RTN di Foggia sulla quale si dovrà collegare in antenna l'impianto fotovoltaico di progetto della società SR Project 1 Srl. Tale progetto dovrà essere inserito all'interno dell'iter autorizzativo degli impianti di produzione ai sensi del D.Lgs. 387/03. Nella stessa comunicazione Terna Spa ha indicato alle società SR Project 1 Srl, X-Elio Italia 10 Srl, TE Green DEV3 S.R.L. e Photovoltaic Farm Srl lo stallo all'interno dell'ampliamento della SE RTN di Foggia sul quale gli impianti di produzione delle su dette società dovranno collegarsi. Pertanto le società SR Project 1 Srl, X-Elio Italia 10 Srl, TE Green DEV3 SRL hanno siglato in data 3/9/2021 un accordo di condivisione dello stallo assegnato da Terna all'interno del futuro ampliamento della SE RTN 380/150 kV di Foggia per la connessione dei loro impianti e di condivisione di una stazione a 150 kV per far sì che in essa confluiscono tutte le uscite a 150 kV delle stazioni di utenza dei diversi produttori e fuoriesca un unico cavidotto interrato in AT a 150 kV che giunga allo stallo assegnato da Terna. La stazione di Condivisione in AT a 150 KV sarà ubicata nel F. 51 p. 139 del Comune di Foggia. La stazione utente della società SR Project 1 Srl ubicata al F. 51 p. 55 del Comune di Foggia, essa condividerà la parte AT con la stazione utente della società TE GREEN DEV3 SRL sempre all'interno della particella 55 del F. 51 del Comune di Foggia e entrambe le stazioni di trasformazioni di utenza si collegheranno alla Stazione di Condivisione a 150 kV con un unico cavidotto interrato in AT a 150 kV della lunghezza di circa 360 metri che attraverserà le particelle 55,139,681 del Foglio 51 e le particelle 142 del F.37 del Comune di Foggia. Il cavidotto interrato in AT che dalla Stazione di Condivisione a 150 kV in AT giunge sino allo stallo assegnato da Terna all'interno della nuova stazione satellite RTN 380/150 kV di Foggia avrà una lunghezza pari 350 metri e attraverserà le particelle catastali 139,681 del F. 51 e le particelle catastali 142, 141 del F. 37 del Comune di Foggia. Pertanto il progetto del collegamento elettrico di ciascun impianto di produzione alla RTN prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- a) *Rete in cavo interrato in MT dagli impianti di produzione alle stazioni di trasformazione MT/150 KV;*
- b) *Stazioni elettriche di trasformazione MT/150 kV dei produttori sopra indicati;*
- c) *Stazione elettrica di Condivisione 150 kV tra i produttori sopra indicati ;*
- d) *Cavidotto AT interrato di collegamento tra le stazioni utente di trasformazione 30/150 kV delle società SR Project 1 Srl e Te Green Dev 3 Srl con la stazione di Condivisione 150 kV- Si fa presente che sia la stazione Utente di trasformazione 30/150 KV della società SR Project 1 Srl che quella della società Te Green Dev 3 Srl verranno realizzate nella stessa particella 55 del Foglio 51 di Foggia. Le due stazioni 30/150 kV di trasformazioni saranno distinte e separate l'una dall'altra con muri di recinzione per quanto riguarda la parte dei locali tecnici e di misura e la parte di trasformazione MT/AT, mentre avranno le barre a 150 kV in uscita in comune e un unico cavidotto AT interrato di collegamento fino alla stazione di condivisione 150 kV.*
- e) *Nr. 1 cavo interrato a 150 kV dalla stazione di Condivisione allo stallo assegnato da Terna SPA all'interno della nuova stazione satellite di trasformazione 380/150 kV "Foggia" di Terna;*
- f) *Nr.1 stallo di arrivo della linea RTN 150kV da realizzarsi all'interno della nuova stazione satellite SE 380/150kV di "Foggia";*
- g) *Ampliamento della Stazione SE 380/150 kV di "Foggia" mediante una nuova stazione satellite di trasformazione SE 380/150 kV ( progetto già benestariato da Terna Spa)*

Dette opere dovranno essere progettate ed inserite nel Piano Tecnico delle Opere (PTO) da presentare alle amministrazioni competenti per le necessarie autorizzazioni alla realizzazione ed all'esercizio.

Le opere di cui ai punti a), b), c),d),e) costituiscono opere di utenza dei proponenti, mentre le opere di cui ai punti f) e g) costituiscono opere di rete (RTN), le cui autorizzazioni, che saranno rilasciate ai proponenti con Autorizzazione Unica (AU) ai sensi delle L.387/2003, saranno in seguito volturate a Terna S.p.a.

L'intero impianto fotovoltaico occupa un'area contenuta e ricadente completamente nel territorio comunale di Foggia (Fg) ove ricadranno anche le opere di rete per il collegamento alla RTN e della SE di Utenza. Il cavidotto interrato di collegamento dell'impianto alla SE di Utenza è costituito da 2 terne di cavi da 400mmq in un unico scavo che percorrono a partire dai **CAMPI 1 e 2** la SP 24 e la SS 673 fino ad arrivare nella località San Giuseppe I<sup>o</sup> dove sarà ubicata la SE di Utenza e di Condivisione a 150 kV. Il tracciato del cavidotto percorre per intero strade asfaltate.

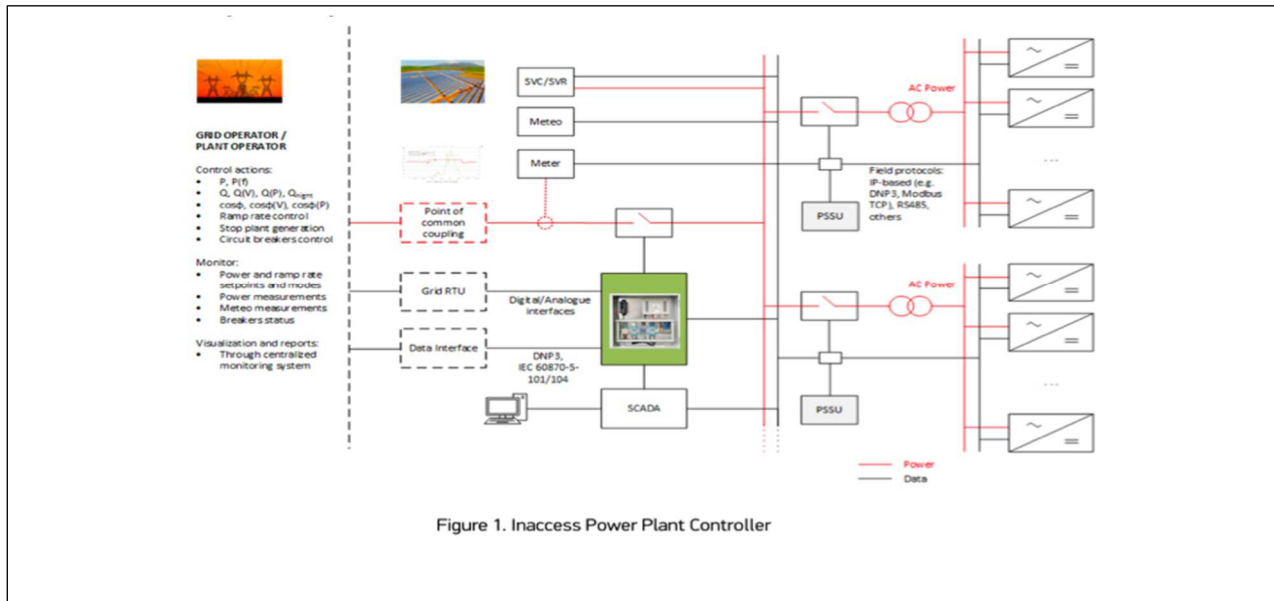
### 3. DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da N° 55.562 moduli da 585 Wp cad. ed avrà una potenza complessiva in DC di 32.503,77 kWp mentre in AC di 25.000 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	22.754,16	22.754,16	1.21	1496	6	Nr. 6 da 3.125
2	9.749,61	9.749,61	1.04	641	3	Nr.3 da 3.125
<b>TOTALE</b>	<b>32.503,77</b>	<b>32.503,77</b>		<b>2137</b>	<b>9</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 25.000 kW così come previsto nella STMG rilasciata al Committente.



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 10.75 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 5.77 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 18 Ha ed essa è l'occupazione al suolo maggiore quando i moduli sono disposti orizzontalmente al suolo.

#### 4. CARRATERISTICHE 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-cablato 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





## 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**

- 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.

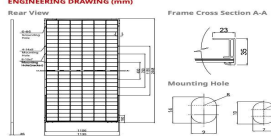
**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of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

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

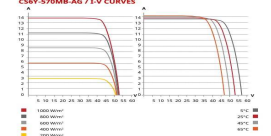
**CANADIAN SOLAR INC.**  
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

### 1 Dati Tecnici del Modulo fotovoltaico

**ENGINEERING DRAWING (mm)**



**CS6Y-570MB-AG / I-V CURVES**



ELECTRICAL DATA (STC)													
	Nominal Power (W)	Opt. Max. Power (W)	Opt. Voltage (V)	Opt. Current (A)	Open Circuit Voltage (V)	Short Circuit Current (A)	Module Efficiency (%)						
CS6Y-565MB-AG	565 W	43.6 V	12.86 A	52.6 V	13.72 A	26.38 A	20.9%	CS6Y-585MB-AG	423 W	40.8 V	10.37 A	49.6 V	11.06 A
Bifacial 5%	593 W	43.6 V	13.61 A	52.6 V	14.41 A	21.3%		CS6Y-570MB-AG	427 W	41.0 V	10.42 A	49.8 V	11.10 A
Bifacial 10%	622 W	43.6 V	14.27 A	52.6 V	15.09 A	22.4%		CS6Y-575MB-AG	430 W	41.2 V	10.45 A	50.0 V	11.14 A
Bifacial 20%	678 W	43.6 V	15.55 A	52.6 V	16.46 A	24.4%		CS6Y-580MB-AG	434 W	41.4 V	10.49 A	50.2 V	11.18 A
Bifacial 30%	720 W	43.6 V	16.86 A	52.6 V	17.84 A	26.5%		CS6Y-585MB-AG	438 W	41.6 V	10.53 A	50.4 V	11.23 A
Bifacial 10%	627 W	43.8 V	14.32 A	52.6 V	15.15 A	21.6%							
Bifacial 20%	684 W	43.8 V	15.62 A	52.6 V	16.52 A	24.6%							
Bifacial 30%	741 W	43.8 V	16.93 A	52.6 V	17.9 A	26.7%							
CS6Y-575MB-AG	575 W	44.0 V	13.07 A	53.0 V	13.82 A	20.7%							
Bifacial 5%	604 W	44.0 V	13.72 A	53.0 V	14.51 A	21.7%							
Bifacial 10%	633 W	44.0 V	14.38 A	53.0 V	15.20 A	22.8%							
Bifacial 20%	690 W	44.0 V	15.68 A	53.0 V	16.58 A	24.8%							
Bifacial 30%	748 W	44.0 V	16.99 A	53.0 V	17.97 A	26.9%							
CS6Y-580MB-AG	580 W	44.2 V	13.13 A	53.2 V	13.87 A	20.9%							
Bifacial 5%	609 W	44.2 V	13.79 A	53.2 V	14.57 A	21.9%							
Bifacial 10%	638 W	44.2 V	14.44 A	53.2 V	15.26 A	23.0%							
Bifacial 20%	696 W	44.2 V	15.75 A	53.2 V	16.64 A	25.0%							
Bifacial 30%	754 W	44.2 V	17.07 A	53.2 V	18.03 A	27.1%							
CS6Y-585MB-AG	585 W	44.4 V	13.18 A	53.4 V	13.92 A	21.1%							
Bifacial 5%	614 W	44.4 V	13.84 A	53.4 V	14.62 A	22.1%							
Bifacial 10%	644 W	44.4 V	14.51 A	53.4 V	15.31 A	23.2%							
Bifacial 20%	702 W	44.4 V	15.82 A	53.4 V	16.70 A	25.2%							
Bifacial 30%	761 W	44.4 V	17.14 A	53.4 V	18.10 A	27.4%							

**MECHANICAL DATA**

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	336 (24 x 14)
Dimensions	2448 × 1135 × 35 mm (96.4 × 44.7 × 1.38 in)
Weight	35.1 kg (77.4 lbs)
Front / Back Glass	2.0 mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminum alloy
J-Box	IP68, 3-Block
Cable	4.0 mm <sup>2</sup> (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Inch-gauging Connector)	400 mm (15.7 in) / 280 mm (11.0 in) (-) or custom/2nd length
Connector	16 Series or 16A UTR or MCS-EV02
Pin Pitch	30 pinches
Per Container (60° N2)	540 pieces

**TEMPERATURE CHARACTERISTICS**

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.35 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.27 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

**PARTNER SECTION**

The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the ongoing innovation and product enhancements. Canadian Solar Inc. reserves the right to make real-time modifications to the product specifications without further notice. Please refer to the actual PV modules for detailed and installed by qualified people who are well-versed in the PV installation and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

**CANADIAN SOLAR INC.**  
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com  
July 2020. All rights reserved. PV Module Product Datasheet V1.1\_20

2 Grafico prestazionale in funzione del tempo pannelli modello "BiHiKu6" marca CANADIAN SOLAR.

#### 4.1 CARATTERISTICHE DEL GRUPPO DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE

Il gruppo di conversione e trasformazione è formato da cabine di tipo prefabbricato che ospitano l'inverter, il trasformatore BT/MT e il trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari. L'inverter effettua la trasformazione dell'energia proveniente dal generatore fotovoltaico da corrente continua a corrente alternata; il gruppo di trasformazione è costituito da un quadro generale BT che alimenta il secondario del trasformatore MT/BT e il trasformatore dei servizi ausiliari BT/BT; le celle MT si collegano al primario del trasformatore di potenza e sono composte da sezionatori, relè di protezione e gruppi di misura; infine il quadro BT a valle del relativo trasformatore alimenta i servizi ausiliari di cabina. All'interno della cabina verrà inoltre installato l'interruttore generale dell'impianto con le relative protezioni di interfaccia come da norme CEI 0-16, CEI 11-20, dette protezioni saranno corredate di una certificazione di conformità emessa da un organismo accreditato. I valori della tensione e della corrente di ingresso agli inverter sono compatibili con quelli del generatore fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli dei gruppi di trasformazione ai quali viene connesso l'impianto. Tale tipologia di impianto è basata sul concetto della modularizzazione, o di architettura distribuita: collegando un insieme di stringhe al corrispondente inverter si ottiene un impianto fotovoltaico indipendente, impedendo che eventuali interazioni o sbilanciamenti fra le stringhe stesse diminuiscano l'efficienza complessiva dell'impianto. Dal lato del generatore CC le stringhe sono collegate ad ingressi dedicati gestiti da MPPT indipendenti dal lato dell'immissione in rete sono presenti i relè di protezione e il filtro per le interferenze elettromagnetiche.

L'impianto fotovoltaico sarà essenzialmente costituito da:

N° 2 Campi di generazione fotovoltaica a loro volta suddivisi in un totale di 9 sottocampi

N° 9 cabine inverter e trasformazione o di sottocampo

##### **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 kW A
  - Potenza AC massima: 3593 kW 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) :  $\cong 1$

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

- Potenza AC nominale: 3437 kW A
- Potenza AC massima: 3593 kW 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. 9 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 %

**EASY O&M**

- Integrated current, voltage and MV parameters monitoring function for online analysis and fast trouble shooting

SG3400/3125/2500HV-MV-20

Type designation	SG3400HV-MV-20	SG3125HV-MV-20	SG2500HV-MV-20
<b>Input (DC)</b>			
Max. PV input voltage	1500 V	1500 V	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	875 V / 915 V	875 V / 915 V	800 V / 840 V
MSP voltage range for nominal power	875 - 1300 V	875 - 1300 V	800 - 1300 V
No. of independent MSP inputs	1	1	1
No. of DC inputs	18 (optional: 22, 24 negative grounding or floating, 28 negative grounding)	18 - 24	18 - 24
<b>Max. PV input current</b>			
	478 A	478 A	350 A
<b>Output (AC)</b>			
AC output power	3393 kVA@ 25 °C / 3437 kVA@ 45 °C	3393 kVA@ 25 °C / 3437 kVA@ 45 °C	2750 kVA@ 45 °C
Max. AC output current	3458 A	3458 A	2886 A
AC voltage range	10 - 35 kV	10 - 35 kV	10 - 35 kV
Normal grid f. frequency / Grid f. frequency range	50 Hz / 45 - 55 Hz, 60 Hz / 55 - 65 Hz	50 Hz / 45 - 55 Hz, 60 Hz / 55 - 65 Hz	50 Hz / 45 - 55 Hz, 60 Hz / 55 - 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)	< 3 % (at nominal power)	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % in	< 0.5 % in	< 0.5 % in
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading - 0.8 lagging	> 0.99 / 0.8 leading - 0.8 lagging	> 0.99 / 0.8 leading - 0.8 lagging
Feed in phases / Connection phases	3 / 3	3 / 3	3 / 3
<b>Efficiency</b>			
Inverter Max. efficiency	99.0 %	99.0 %	99.0 %
Inverter Euro. efficiency	98.7 %	98.7 %	98.7 %
<b>Transformer</b>			
Transformer rated power	3437 kVA	3125 kVA	2500 kVA
Transformer max. power	3593 kVA	3393 kVA	2750 kVA
UV / MV voltage	0.6 kV / 10 - 35 kV	0.6 kV / 10 - 35 kV	0.55 kV / 10 - 35 kV
Transformer vector	Dy5	Dy5	Dy5
Transformer cooling type	ONAN (Oil Natural Air Natural)	ONAN (Oil Natural Air Natural)	ONAN (Oil Natural Air Natural)
Oil type	Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request	Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request	Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request
<b>Protection and Function</b>			
DC input protection		Load break switch + fuse	
Inverter output protection		Circuit breaker	
AC MV output protection		Circuit breaker	
Overvoltage protection		DC Type I + I / A C Type II	
Grid monitoring / Ground fault monitoring		Yes / Yes	
Insulation monitoring		Yes	
Overheat protection		Yes	
Q ar night function		Optional	
<b>General data</b>			
Dimensions (W*H*D)		6058 * 2896 * 2438 mm	
Weight	17 T	17 T	18 T

*Locale ubicazione cabine inverter e di trasformazione*

Gli inverter 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. È 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 inverter 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° 9, l'energia verrà trasportata, attraverso n°3 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

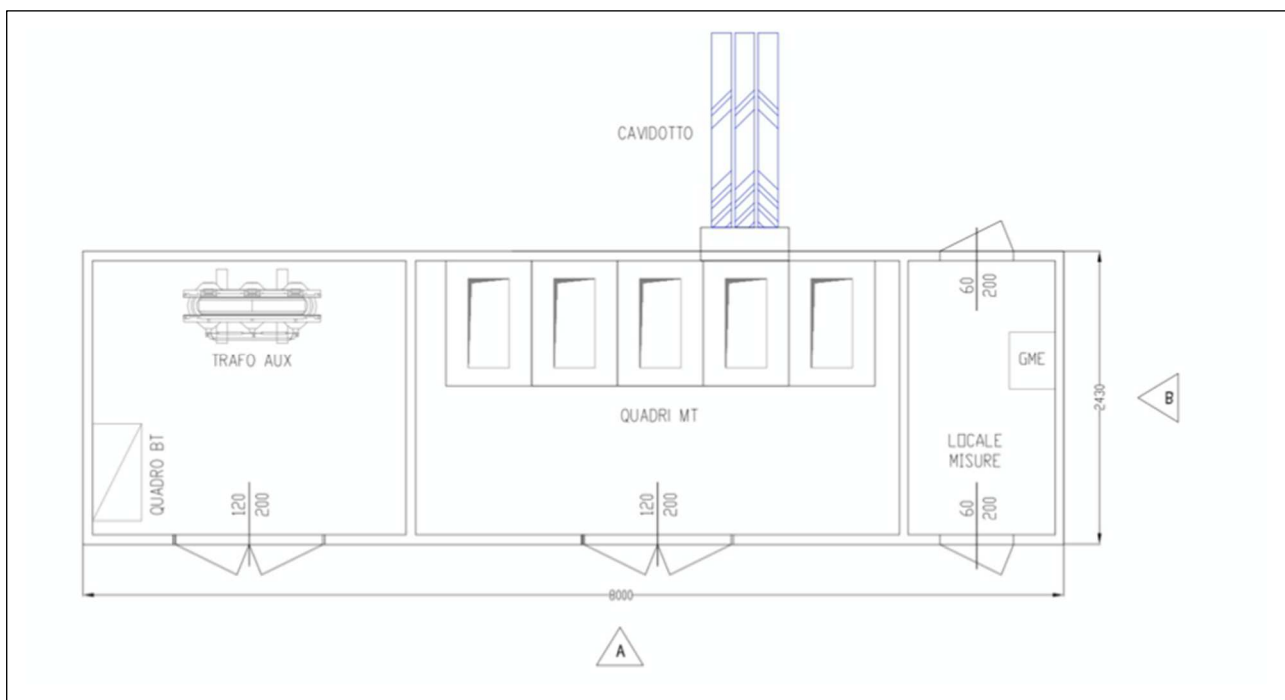
n° 1 interfaccia di rete tipo Thytronic o similare (certificato DK5940)

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.

#### 4.2 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° 2), 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

## 4.3 CAVI ELETTRICI

### 4.3.1 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 rispettivamente alle cabine di parallelo **CB//1,CB//2**. All'interno di ciascun dei CAMPI fotovoltaici le cabine inverter e di trasformazione sono collegate mediante cavidotti in MT alle rispettive cabine di parallelo.

#### 4.3.2 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 1x(3x1)x240 mmq. I cavi che dalle 2 cabine di parallelo MT andranno verso la SE di Utenza saranno del tipo ARE4H5EX 18/30 kV e avranno sezioni 1x(3x1)x400 mmq. I cavi MT avranno le seguenti caratteristiche :

Tipo di Cavo	ARE4H5EX 18/30 kV EPR
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

#### 4.3.3 CAVIDOTTO INTERRATO IN AT 150 KV

Per collegare le stazioni di trasformazione di Utenza 30/150 kV delle società SR PROJECT 1 SRL e TE GREEN DEV 3 SRL alla stazione di condivisione 150 kV è stato previsto un collegamento in cavo interrato di lunghezza pari a circa 375 metri che seguirà i seguenti terreni ad uso agricolo del Comune di Foggia :

**F. 51 p.55,681,139 e F.37 p.142**

Per collegare la stazione di condivisione 150 kV con la sezione a 150 kV dell'ampliamento della S.E. RTN 380/150 kV di Foggia è stato previsto un collegamento in cavo interrato di lunghezza pari a circa 348 metri che seguirà i seguenti terreni ad uso agricolo del Comune di Foggia :

**F. 51 p.139,681 e F.37 p.142 e 141**

Il primo tratto di elettrodotto che collega le stazioni di trasformazioni di Utenza 30/150 kV di collegamento delle società **SR Project 1 Srl** e **TE Green Dev 3 Srl** sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 1600 mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in politenereticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in politene con grafitatura esterna.

Il secondo tratto di elettrodotto AT che collega la Stazione di Condivisione a 150 kV con la sezione a 150 kV dell'ampliamento della S.E. RTN 380/150 kV di Foggia sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 1600 mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in politenereticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in politene con grafitatura esterna.

#### 4.3.4 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

#### 4.3.5 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  $U_0$  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<sup>2</sup>, 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.

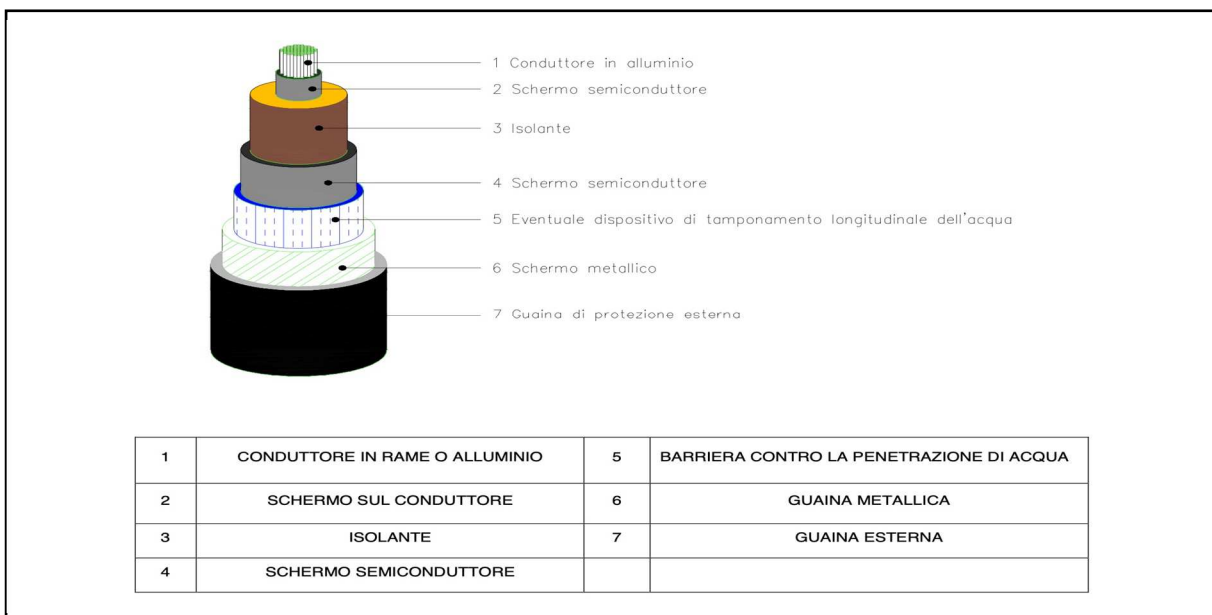


Figura 4-3 caratteristiche tecniche Cavo AT per trasporto energia

La tipologia di posa standard prevede la posa in trincea, con disposizione dei cavi a "Trifoglio" o in "Piano" (per l'elettrodotto in cavo interrato in esame è prevista la posa a "trifoglio"),

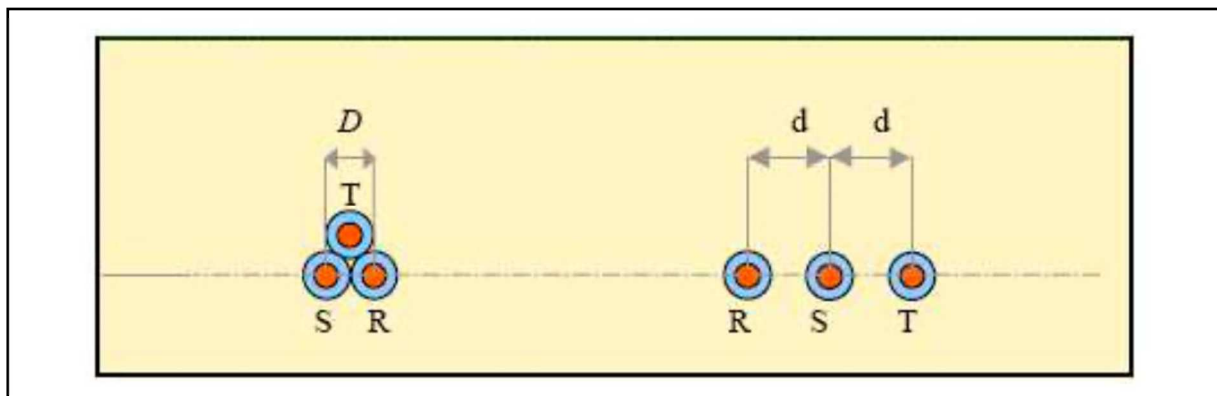


Figura 4-4 Modalità di posa cavo AT

secondo le modalità riportate nel tipico di posa contenuto nell'elaborato Particolari costruttivi di cui sintetizziamo gli aspetti caratteristici. I cavi saranno posati mediante uno scavo in trincea della larghezza di 0,7 m ad una profondità standard di -1,7 m (quota piano di posa), su di un letto di sabbia o di cemento magro dallo spessore di cm. 10 ca. i cavi saranno ricoperti sempre con il medesimo tipo di sabbia o cemento, per uno strato di cm.40, sopra il quale sarà posata una lastra di protezione in C.A. Ulteriori lastre saranno collocate sui lati dello scavo, allo scopo di creare una protezione meccanica supplementare. La restante parte della trincea sarà riempita con materiale di risulta e/o di riporto, di idonee caratteristiche.

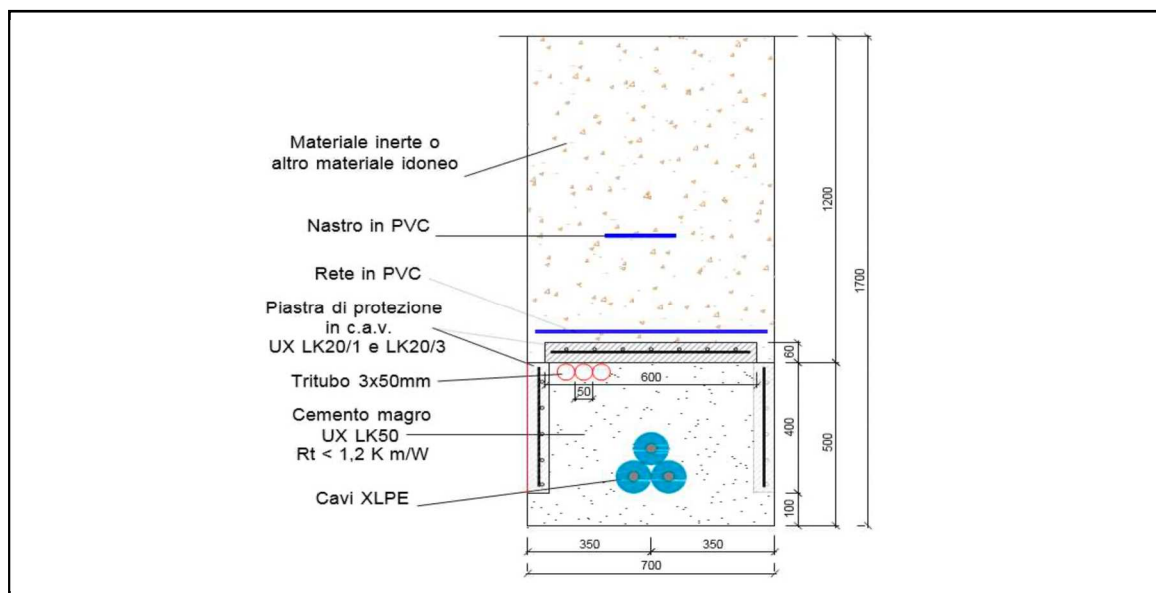


Figura 4-5 Particolare di Posa Cavidotto AT

## DATI TECNICI DEL CAVO

### Cavo 150 kV sezione 1600 mm<sup>2</sup> in alluminio

#### CARATTERISTICHE DI COSTRUZIONE

Materiale del conduttore	Alluminio
Isolamento	XLPE (chemical)
Tipo di conduttore	Corda rotonda compatta
Guaina metallica	Alluminio termosaldato

#### Caratteristiche dimensionali

Diametro del conduttore	48,9mm
Sezione	1600mm <sup>2</sup>
Diametro esterno nom.	115,0mm
Sezione schermo	670mm <sup>2</sup>
Peso approssimativo	12kg/m

#### Caratteristiche elettriche

Max tensione di funzionamento	170kV
Messa a terra degli schermi - posa a trifoglio	assenza di correnti di circolazione
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa a trifoglio	1045A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa a trifoglio	900A
Messa a terra degli schermi - posa in piano	assenza di correnti di circolazione
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa in piano	1175A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa in piano	1010A
Massima resistenza el. del cond. a 20°C in c.c.	0,0190hm/km
Capacità nominale	0,3μF / km
Corrente ammissibile di corto circuito	70,3kA
Tensione operativa	150kV

## DATI TECNICI DEL CAVO

### Cavo 150 kV sezione 1200 mm<sup>2</sup> in alluminio

#### CARATTERISTICHE DI COSTRUZIONE

Materiale del conduttore	Alluminio
Isolamento	XLPE (chemical)
Tipo di conduttore	Corda rotonda compatta
Guaina metallica	Alluminio termosaldato

#### Caratteristiche dimensionali

Diametro del conduttore	42,8mm
Sezione	1200mm <sup>2</sup>
Diametro esterno nom.	94,6 mm
Sezione schermo	627 mm <sup>2</sup>
Peso approssimativo	10 kg/m

#### Caratteristiche elettriche

Max tensione di funzionamento	170kV
Messa a terra degli schermi - posa a trifoglio	assenza di correnti di circolazione
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa a trifoglio	1005 A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa a trifoglio	930 mA
Messa a terra degli schermi - posa in piano	assenza di correnti di circolazione
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa in piano	1025A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa in piano	965 A
Massima resistenza el. del cond. a 20°C in c.c.	0,019 Ohm/km
Capacità nominale	0,3μF / km
Corrente ammissibile di corto circuito	65,2 kA
Tensione operativa	150kV

Tali dati potranno subire adattamenti, in ogni caso non essenziali, dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.



#### 4.3.6 Sottostazione MT/AT di Utenza e Stazione di Condivisione 150 kV

La stazione sarà del tipo all'aperto. La stazione elettrica (SE) di utenza 30/150 kV sarà ubicata nel Comune di Foggia (Fg) al Foglio 51 p. 55. 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 25/30 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

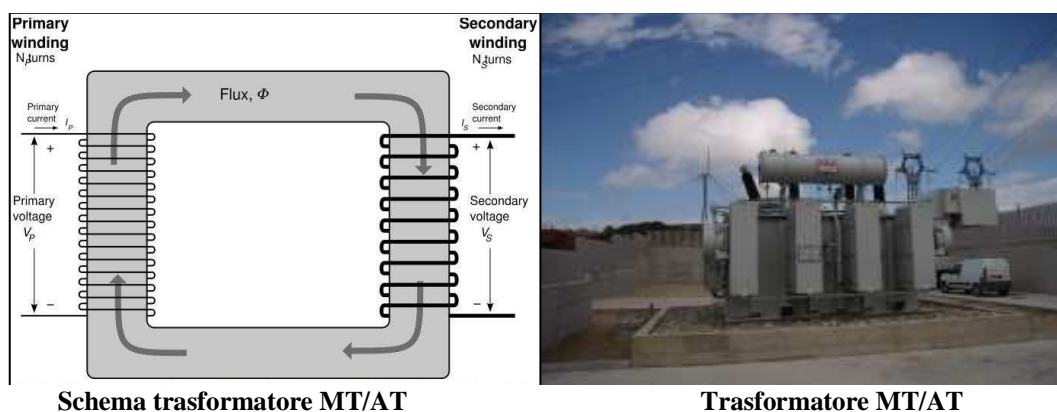
- lato AT: 275 kV  
- lato MT: 70 kV

## 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



## 4.4 STAZIONE CONDIVISIONE 150 KV

La nuova stazione di utenza è progettata per consentire la condivisione dello stallo 150 kV, che Terna ha indicato con la STMG, con gli altri proponenti. Pertanto, come si può rilevare dalla planimetria elettromeccanica IT-FGA-R16 la configurazione della stazione di condivisione prevede una sezione per l'arrivo del cavo 150 kV di collegamento con la SE di Terna ed un sistema di sbarre con isolamento in aria a 150 kV alle quali si conetteranno le cinque stazioni di elevazione 30/150 kV.

All'interno della stazione è previsto un edificio, suddiviso in vari locali, per controllo e protezioni, misure (con accesso anche dall'esterno), servizi igienici, servizi ausiliari e gruppo elettrogeno.

#### 4.4.1 Caratteristiche componenti

Con riferimento all'elaborato IT-FGA-R16 "Lay-out SE condivisa 150 kV" abbiamo:

#### SEZIONE AT

- Sezionatore di linea arrivo cavo 150 kV tripolare rotativo, orizzontale a tre colonne/fase, con terna di lame di messa a terra, completo di comando motorizzato per le lame principali e manuale per le lame di terra:
  - Norme di riferimento: CEI EN 62271
  - Tensione nominale: 170 kV
  - Corrente nominale: 1250 A
  - Corrente nominale di breve durata:
    - valore efficace 31,5 kA
    - valore di cresta 80,0 kA
  - Durata ammissibile della corrente di breve durata 1s
  - Tensione di prova ad impulso atmosferico:
    - verso massa 750 kV
    - sulla distanza di sezionamento 860 kV
  - Tensione di tenuta a frequenza di esercizio (1 min.):
    - verso terra 325 kV
    - sulla distanza di sezionamento 375 kV
  - Contatti ausiliari disponibili 4NA+4NC
  - Alimentazione circuiti ausiliari:
    - motore: 110 Vcc +10% - 15%
    - circuiti di comando: 110 Vcc +10% - 15%
    - resistenza di riscaldamento: 230 Vca
  - Isolatori tipo: C6-750
  - linea di fuga: 25mm/kV
- Sezionatore tripolare verticale a tre colonne/fase, completo di comando motorizzato:
  - Norme di riferimento: CEI EN 62271

- Tensione nominale: 170 kV
- Corrente nominale: 1250 A
- Corrente nominale di breve durata:
  - valore efficace 31,5 kA
  - valore di cresta 80,0 kA
- Durata ammissibile della corrente di breve durata 1 s
- Tensione di prova ad impulso atmosferico:
  - verso massa 750 kV
  - sulla distanza di sezionamento 860 kV
- Tensione di tenuta a frequenza di esercizio (1 min.):
  - verso terra 325 kV
  - sulla distanza di sezionamento 375 kV
- Contatti ausiliari disponibili 4NA+ 4NC
- Alimentazione circuiti ausiliari:
  - motore: 110 Vcc +10% -15%
  - circuiti di comando: 110 Vcc +10% -15%
  - resistenza di riscaldamento: 230 Vca
- Isolatori tipo: C6-750
- linea di fuga: 25mm/kV
- Interruttore tripolare per esterno in SF6 170 kV - 1250 A - 31,5 kA equipaggiato con un comando tripolare a molla. I circuiti di apertura saranno n. 3 di cui uno a mancanza;
- Norme applicabili: CEI EN 62271-100
  - Numero dei poli: 3
  - Mezzo di estinzione dell'arco: SF6
  - Tensione nominale: 150 kV
  - Livello di isolamento nominale: 170 kV
  - Tensione di tenuta a freq. industriale per 1 min: 325 kV
  - Tensione di tenuta ad impulso con onda 1/50 microsec: 750 kV
  - Corrente nominale: 1250 A
  - Corrente di breve durata ammissibile per 1 s: 31.5 kA

□ Corrente limite dinamica:	80 kA
□ Durata di corto circuito nominale:	1"
□ Tipo di comando:	meccanico a molla
□ Comando manovra:	tripolare
- n° circuiti di apertura a lancio di tensione:	2
- n° circuiti di apertura a mancanza di tensione:	1
- n° circuiti di chiusura:	1
□ Tensioni di alimentazione ausiliaria:	
□ motore:	110 Vcc +10% -15%
□ bobine di apertura / chiusura:	110 Vcc +10% -15%
□ relè ausiliari:	110 Vcc +10% -15%
□ resistenza di riscaldamento/anticondensa	230V Vca
□ Linea di fuga isolatori:	25 mm/kV
□ Trasformatori di corrente, isolati in gas SF6 200-400-800/5-5-5-5A 10VA cl.02 - 15VA cl. 5P20 - 15VA cl. 5P30 - 10VA cl.02	
□ <b>Norme di riferimento CEI EN 60044-1</b>	
□ Isolamento	SF6
□ Montaggio	esterno
□ Norme applicabili:	CEI EN 60044-1
□ Tensione nominale	150 kV
□ Tensione massima di riferimento per l'isolamento	170 kV
□ Tensione di tenuta a impulso atmosferico	325 kV
□ Tensione di tenuta ad impulso	750 kV
□ Corrente nominale primaria	200-400-800 A
□ Corrente nominale secondaria	5 A
□ Numero nuclei	4
□ Prestazioni e classi di precisione:	
- N° 1 Nuclei misure	10 VA cl. 0.2 cert. UTF
- N° 1 Nuclei misure	10 VA cl. 0.2
- N° 2 Nuclei protezioni	15VA-5P20
□ Corrente termica di corto circuito	31.5 kA
□ Corrente limite dinamica	80 kA

- Corrente massima permanente 1,2 In
- Tensione di tenuta per 1 min a 50 Hz avv.ti secondari 2 kV
- Linea di fuga isolatori: 25 mm/kV

□ Trasformatori di tensione induttivi per esterno, per misure fiscali:

- Norme di riferimento. CEI EN 60044-
- Tensione nominale 150 kV
- Tensione massima di riferimento per 170 kV
- Isolamento SF6
- Fattore di tensione nominale 1.5
- Tensione di tenuta a frequenza 325 kV
- Tensione di tenuta ad impulso 750 kV
- Rapporto: 150.000:√3/100:√3
- Prestazioni e classi di precisione:
- N° 1 Nucleo misure 10 VA cl. 0.2 cert. UTF
- Linea di fuga isolatori: 25 mm/kV

□ Trasformatori di tensione capacitivi per misure e protezione:

- Norme di riferimento CEI EN 60044-2
- Tensione nominale 150 kV
- Tensione massima di 170 kV
- Isolamento carta-olio
- Capacità 4000 μF
- Fattore di tensione nominale 1.5
- Tensione di tenuta a frequenza 325 kV
- Tensione di tenuta ad impulso 750 kV
- Rapporto: 150000:√3/100:√3  
100:√3-100:3

Prestazioni e classi di precisione:

- N° 1 Nucleo misura 20 VA cl. 0.2
- N° 2 Nuclei per protezioni 30 VA cl. 3 P
- Linea di fuga isolatori: 25 mm/kV

- Scaricatori di sovratensione, per esterno ad ossido di zinco completi di contascariche 170kV 10KA

- Norme di riferimento: CEI EN 60099
- Tensione nominale: 150 kV
- Tensione di riferimento per l'isolamento: 170 kV
- Tensione residua con onda 8/20  $\mu$ s a corrente di scarica di:
  - 5 kA 322 kV
  - 10 kA 339 kV
  - 20 kA 373 kV

- Tensione residua con onda 30/60 s a corrente di scarica di:

- 0,5 KA 277 KV
- 1KA 286 KV
- 2KA 297 KV

- Classe di scarica secondo IEC: 2
- Corrente nominale di scarica: 10 kA
- Valore di cresta della corrente per la prova di tenuta a impulso di forte corrente: 100 kA
- Valore efficace della corrente elevata per la prova di sicurezza contro le esplosioni: 65 65 kA
- Capacità d'assorbimento dell'energia: 7.8 kJ/kV
- Linea di fuga isolatori: 25 mm/kV
- Accessori: Contascariche

## SEZIONE BT

Per l'alimentazione in corrente alternata e in corrente continua dei servizi ausiliari della stazione di trasformazione 30/150 kV è previsto un sistema di distribuzione in corrente alternata e continua.

#### 4.4.2 Sistema di distribuzione in corrente alternata

- Il sistema di distribuzione in corrente alternata sarà costituito
  - o n. 1 gruppo elettrogeno 15 kW, 0,4 kV
  - o n. 1 quadro di distribuzione 400 / 230 Vc.a.
- I carichi alimentati in corrente alternata saranno i seguenti:
  - o impianti tecnologici di edificio (illuminazione e prese F.M., climatizzazione, rilevazione incendio, antintrusione)
  - o impianto di illuminazione e prese F.M. area esterna
  - o resistenze anticondensa quadri e cassette
  - o manovre di comando
  - o Raddrizzatore e carica batteria
  - o Motoriduttore C.S.C. TR AT/MT
  - o Motori delle ventole di raffreddamento TR AT/MT.

#### 4.4.3 Sistema di distribuzione in corrente continua

- Il sistema di distribuzione in corrente continua è costituito da: Una stazione di energia composta da:
  - n. 1 raddrizzatore carica batteria a due rami 110 V cc
  - n. 1 inverter con by pass completo di interruttori di distribuzione 230 ac
  - o n. 1 batteria di accumulatori al piombo, tipo ermetico, 110Vcc
- Un quadro di distribuzione in corrente continua i cui carichi alimentati saranno i seguenti:
  - o motori sezionatori AT, 110 V cc
  - motori interruttori AT e MT, 110Vcc o bobine apertura e chiusura, 110 Vcc
- segnalazione, comandi, allarmi dei quadri protezione, comando e controllo, 110 Vcc
- i carichi in corrente alternata 230 V ac che non sopportano buchi di tensione, quali Scada e modem.



#### 4.4.4 SISTEMA PROTEZIONE, CONTROLLO, MISURE E TELECONTROLLO

Quadro comando, protezioni e controllo costituito come di seguito descritti.

##### SEZIONE PROTEZIONI AT

Protezione a microprocessore avente le seguenti funzioni:

- 50 protezione di massima corrente ad azione rapida;
- 51 protezione di massima corrente ad azione ritardata;
- 51N protezione di massima corrente omopolare ritardata
- 27 protezione di minima tensione;
- 59 protezione di massima tensione;
- 59V0 protezione di massima tensione omopolare;
- 81 > protezione di massima frequenza;
- 81 < protezione di minima frequenza;
- 87C protezione differenziale Cavo
- 21 protezione ad impedenza con telescatto
- 

## 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 posizionata 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>	22.754,16	22.754,16	1.21	1496	6	<b>Nr. 6 da 3.125</b>
<b>2</b>	9.749,61	9.749,61	1.04	641	3	<b>Nr.3 da 3.125</b>
<b>TOTALE</b>	<b>32.503,77</b>	<b>32.503,77</b>		<b>2137</b>	<b>9</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

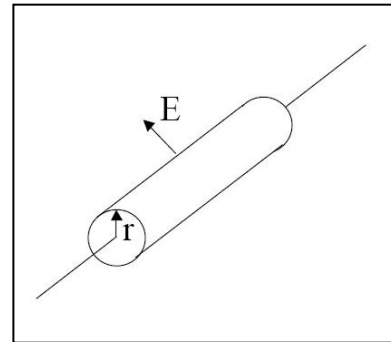
Il campo elettrico di un conduttore rettilineo e lunghezza indefinita percorso da corrente si ottiene dalla equazione di Maxwell:

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

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

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

(equazione di Biot-Savart)



Campo elettrico generato da un conduttore percorso da corrente

dove:

$E$  = 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'algorithmo 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:

$B$  = intensità campo magnetico

$I$  = intensità di corrente

$d$  = distanza del punto di calcolo dal conduttore

$u_i$  = versore della corrente

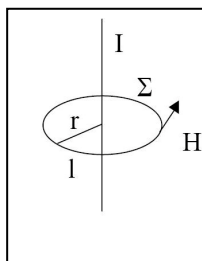
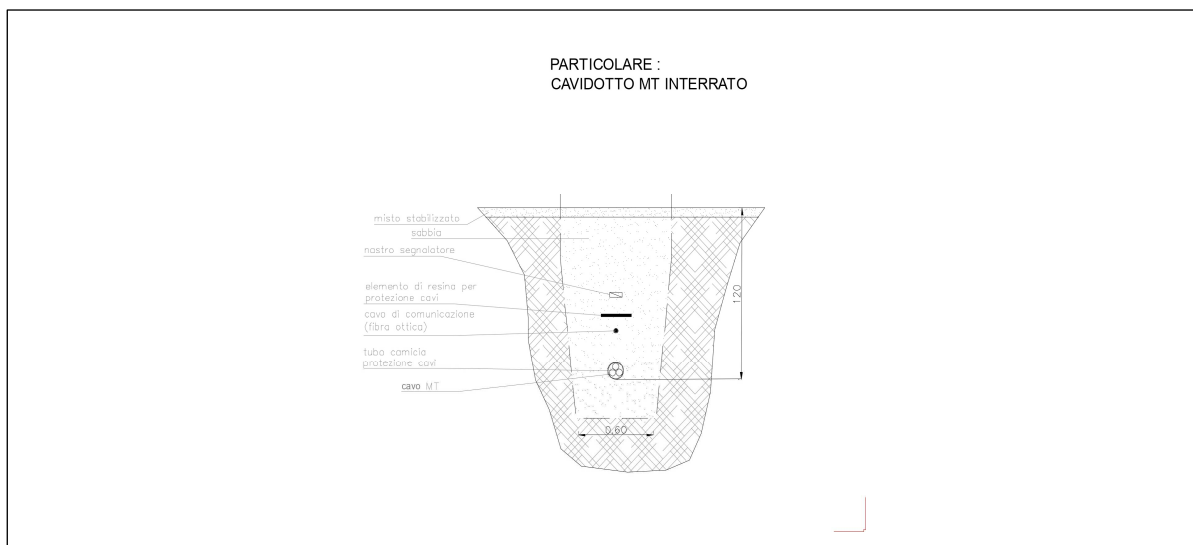
$u_r$  = versore ortogonale a quello della corrente

$\mu_0$  = permeabilità magnetica nel vuoto ( $4\pi 10^{-7}$  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:

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

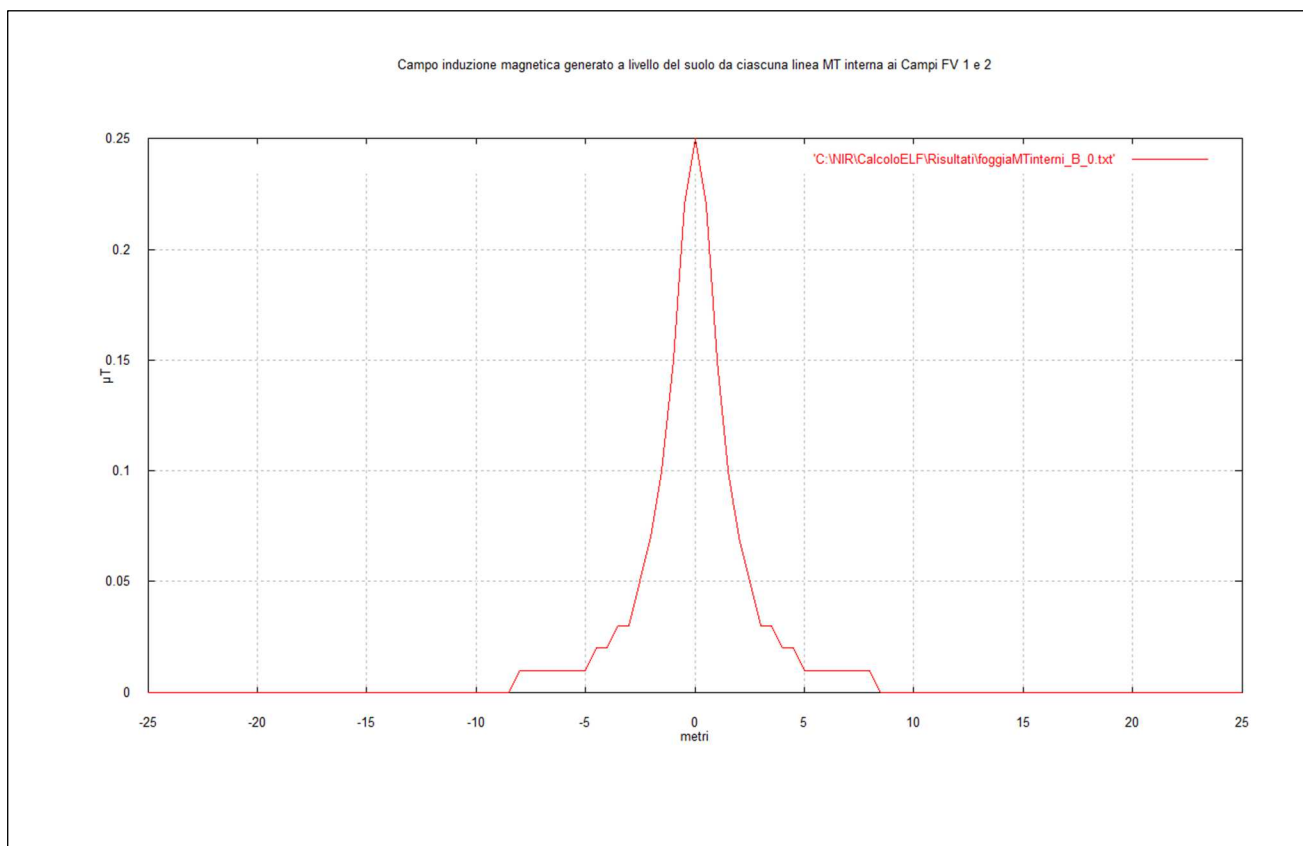
Per il calcolo si è preso in considerazione la posa del cavo MT in configurazione a trifoglio a **1,2** metri di profondità secondo tale particolare costruttivo :



Campo magnetico generato da un conduttore percorso da corrente

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

CAMPO	COLLEGAMENTO CAVIDOTTO	Corrente Nominale In (A) per cavo	Tipo di cavo	SEZIONE CAVO (mmq)	B [ $\mu$ T]
1	da PS1 a Cab//1	77.22	AL	3x(1x240)	0,25
1	da PS2 a Cab//1	77.22	AL	3x(1x240)	0,25
1	da PS3 a Cab//1	77.22	AL	3x(1x240)	0,25
1	da PS4 a Cab//1	77.22	AL	3x(1x240)	0,25
1	da PS5 a Cab//1	77.22	AL	3x(1x240)	0,25
1	da PS6 a Cab//1	77.22	AL	3x(1x240)	0,25
2	da PS7 a Cab//2	77.22	AL	3x(1x240)	0,25
2	da PS8 a Cab//2	77.22	AL	3x(1x240)	0,25
2	da PS9 a Cab//2	77.22	AL	3x(1x240)	0,25

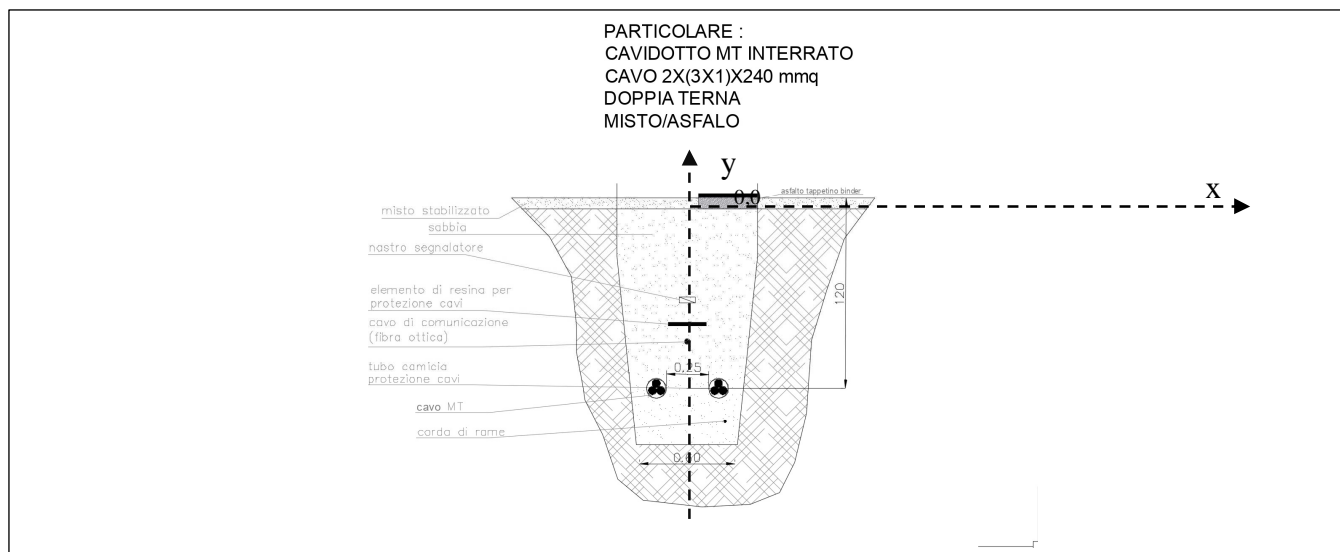


**Grafico rappresentativo campo di induzione magnetica generati dai cavidotti MT a 30KV interni ai campi Fotovoltaici.**

X	B[μT]	X	B[μT]
-25	0	0	.25
-24.5	0	.5	.22
-24	0	1	.15
-23.5	0	1.5	.1
-23	0	2	.07
-22.5	0	2.5	.05
-22	0	3	.03
-21.5	0	3.5	.03
-21	0	4	.02
-20.5	0	4.5	.02
-20	0	5	.01
-19.5	0	5.5	.01
-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	0
-16	0	9	0
-15.5	0	9.5	0
-15	0	10	0
-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	0	15	0
-9.5	0	15.5	0
-9	0	16	0
-8.5	0	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	.01	19.5	0
-5	.01	20	0
-4.5	.02	20.5	0
-4	.02	21	0
-3.5	.03	21.5	0
-3	.03	22	0
-2.5	.05	22.5	0
-2	.07	23	0
-1.5	.1	23.5	0
-1	.15	24	0
-.5	.22	24.5	0
0	.25	25	0

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

Dai risultati ottenuti dalla simulazione con il software NIR si osserva che tutte le linee MT di collegamento tra le cabine di trasformazione all'interno dei campi fino alle cabine di parallelo rispettano l'obiettivo di qualità di 3 μT in corrispondenza del piano di campagna. 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 μT** 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 μT**. Il calcolo dei valori di induzione magnetica dei cavidotti che partono dalle cabine di parallelo **CB// 1**, **CB//2** 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.



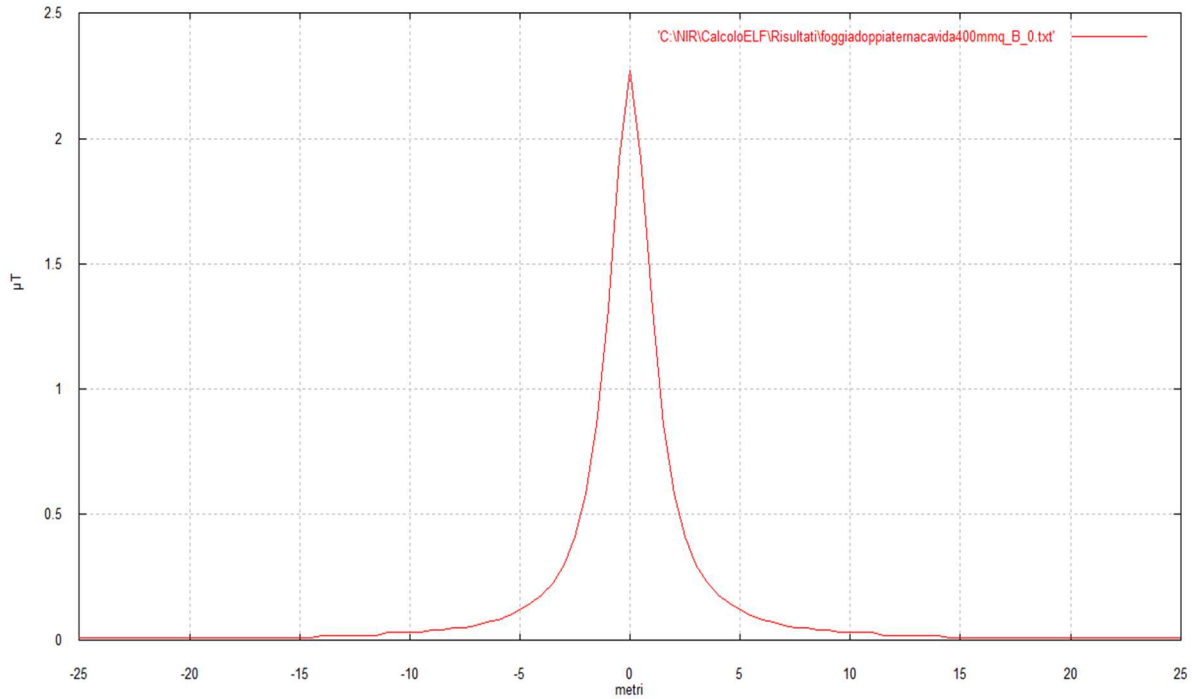
Dalla simulazione con il software NIR del campo di induzione magnetica generato dalle 3 terne di cavi assumendo per esse i seguenti dati di ingresso :

**Linea L 1 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 3x1x400 mm<sup>2</sup> – Corrente massima trasportata a 347,52 A**

**Linea L2 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 3x1x400 mm<sup>2</sup> – Corrente massima trasportata a 347,52 A**



Campo induzione Magnetica generato dalle nr. 2 terne di cavi da 400 mmq che trasportano l'energia prodotta dal campo FV verso la SE di Utenza



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

X	B[μT]	X	B[μT]
-25	.01	0	2.27
-24.5	.01	.5	1.92
-24	.01	1	1.32
-23.5	.01	1.5	.86
-23	.01	2	.58
-22.5	.01	2.5	.41
-22	.01	3	.3
-21.5	.01	3.5	.23
-21	.01	4	.18
-20.5	.01	4.5	.15
-20	.01	5	.12
-19.5	.01	5.5	.1
-19	.01	6	.08
-18.5	.01	6.5	.07
-18	.01	7	.06
-17.5	.01	7.5	.05
-17	.01	8	.05
-16.5	.01	8.5	.04
-16	.01	9	.04
-15.5	.01	9.5	.03
-15	.01	10	.03
-14.5	.01	10.5	.03
-14	.02	11	.03
-13.5	.02	11.5	.02
-13	.02	12	.02
-12.5	.02	12.5	.02
-12	.02	13	.02
-11.5	.02	13.5	.02
-11	.03	14	.02
-10.5	.03	14.5	.01
-10	.03	15	.01
-9.5	.03	15.5	.01
-9	.04	16	.01
-8.5	.04	16.5	.01
-8	.05	17	.01
-7.5	.05	17.5	.01
-7	.06	18	.01
-6.5	.07	18.5	.01
-6	.08	19	.01
-5.5	.1	19.5	.01
-5	.12	20	.01
-4.5	.15	20.5	.01
-4	.18	21	.01
-3.5	.23	21.5	.01
-3	.3	22	.01
-2.5	.41	22.5	.01
-2	.58	23	.01
-1.5	.86	23.5	.01
-1	1.32	24	.01
-.5	1.92	24.5	.01
0	2.27	25	.01

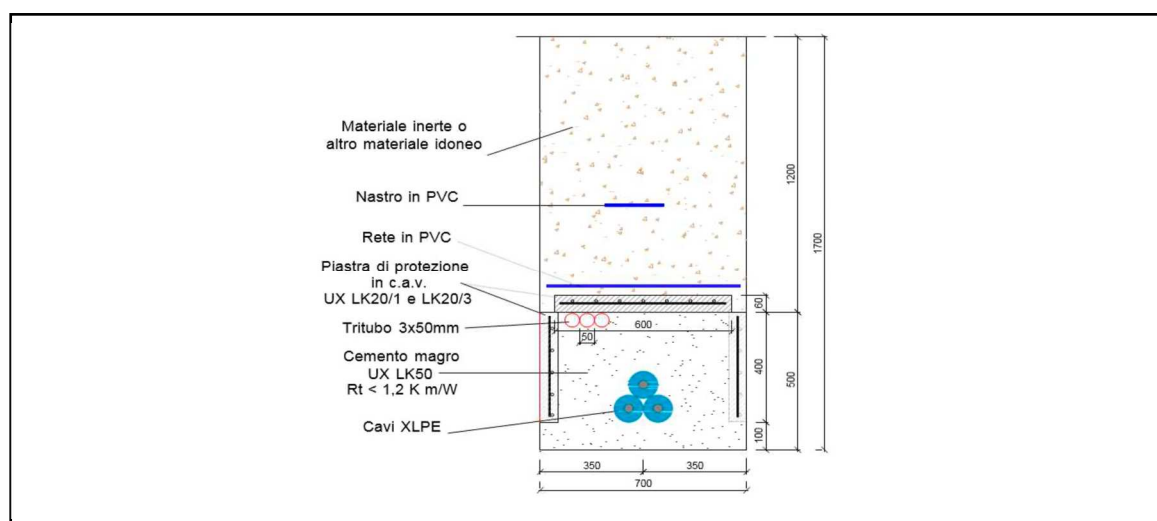
Come si evince dai risultati numerici e dal grafico su riportato, il campo di induzione magnetica sul piano di campagna dato dalle terne di cavo delle linee L1 -L2 che arrivano alla sottostazione elettrica SE di Utenza scende sotto il valore dei  $3\mu\text{T}$  per cui non è necessario definire delle **DPA**. 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 all'interno della fascia calcolata. 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

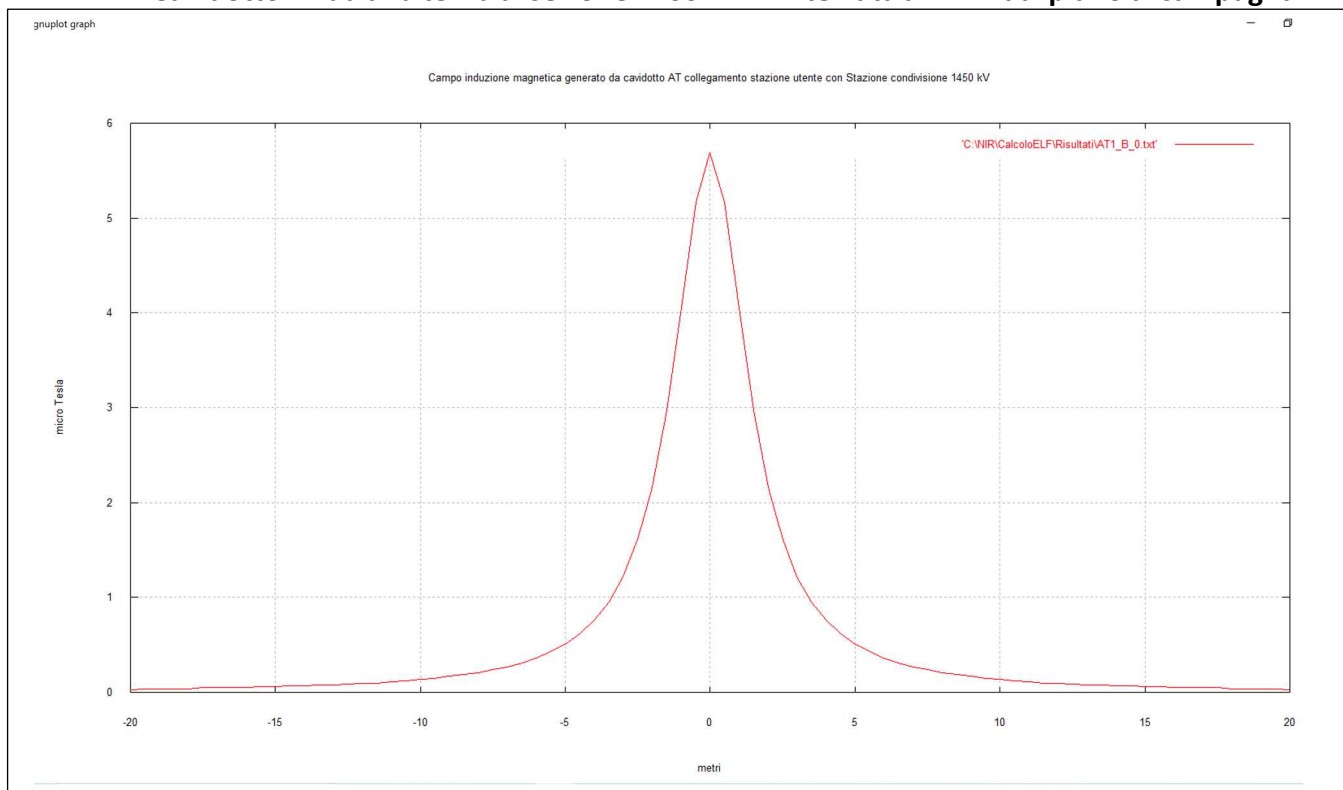
Per la realizzazione del cavidotto di collegamento in AT tra la stazione elettrica di utenza e la stazione di Condivisione a 150 kV, sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettrici e magnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in AT interrate 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  $1200\text{ mm}^2$  percorsa da corrente massima pari a 560 A considerando che tale linea AT dovrà trasportare anche l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico della società TE GREEN DEV3 Srl con la quale condivide tale cavidotto per cui si è considerato il caso di massima potenza immessa in rete.

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.



### LINEA AT - Cavidotto AT ad una terna di sezione 1200 mm<sup>2</sup> interrata a 1.7 m dal piano di campagna



#### VALORE DEL CAMPO DI UNDIZIONE MAGNETICA GENERATO DAL CAVIDOTTO IN AT

metri	$\mu$ Testla
-20	.03
-19.5	.04
-19	.04
-18.5	.04
-18	.04
-17.5	.05
-17	.05
-16.5	.05
-16	.05
-15.5	.06
-15	.06
-14.5	.07
-14	.07
-13.5	.08
-13	.08
-12.5	.09
-12	.1
-11.5	.1
-11	.11
-10.5	.12
-10	.14
-9.5	.15
-9	.17
-8.5	.19
-8	.21
-7.5	.24
-7	.27
-6.5	.31
-6	.36
-5.5	.43
-5	.51
-4.5	.62
-4	.76
-3.5	.95
-3	1.22
-2.5	1.61
-2	2.17
-1.5	2.97
-1	4.05
-.5	5.17
0	5.69

metri	$\mu$ Testla
0	1.1
.5	1.08
1	1.02
1.5	.93
2	.84
2.5	.74
3	.64
3.5	.56
4	.49
4.5	.42
5	.37
5.5	.33
6	.29
6.5	.25
7	.23
7.5	.2
8	.18
8.5	.16
9	.15
9.5	.14
10	.12
10.5	.11
11	.1
11.5	.1
12	.09
12.5	.08
13	.08
13.5	.07
14	.07
14.5	.06
15	.06
15.5	.06
16	.05
16.5	.05
17	.05
17.5	.04
18	.04
18.5	.04
19	.04
19.5	.04
20	.03

**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 Cavidotto AT di collegamento tra la Stazione di Condivisione a 150 kV e la Stallo AT assegnato da Terna all'interno dell'Ampliamento della S.E. RTN 380/150 kV di Foggia

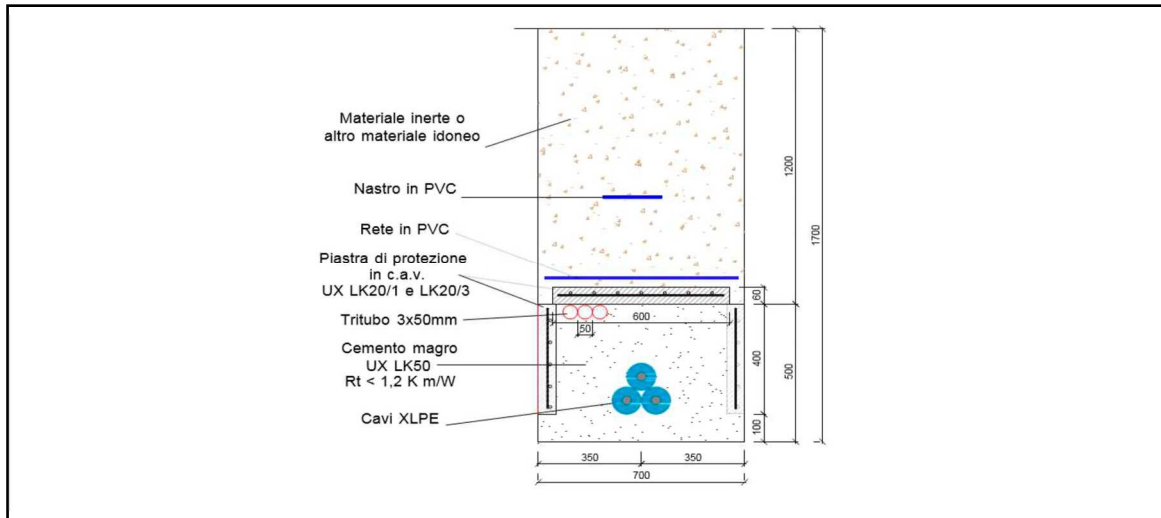
Per collegare la stazione di condivisione 150 kV con la sezione a 150 kV dell'ampliamento della S.E. RTN 380/150 kV di Foggia è stato previsto un collegamento in cavo interrato di lunghezza pari a circa 348 metri che seguirà i seguenti terreni ad uso agricolo del Comune di Foggia :

**F. 51 p.139,681 e F.37 p.142 e 141**

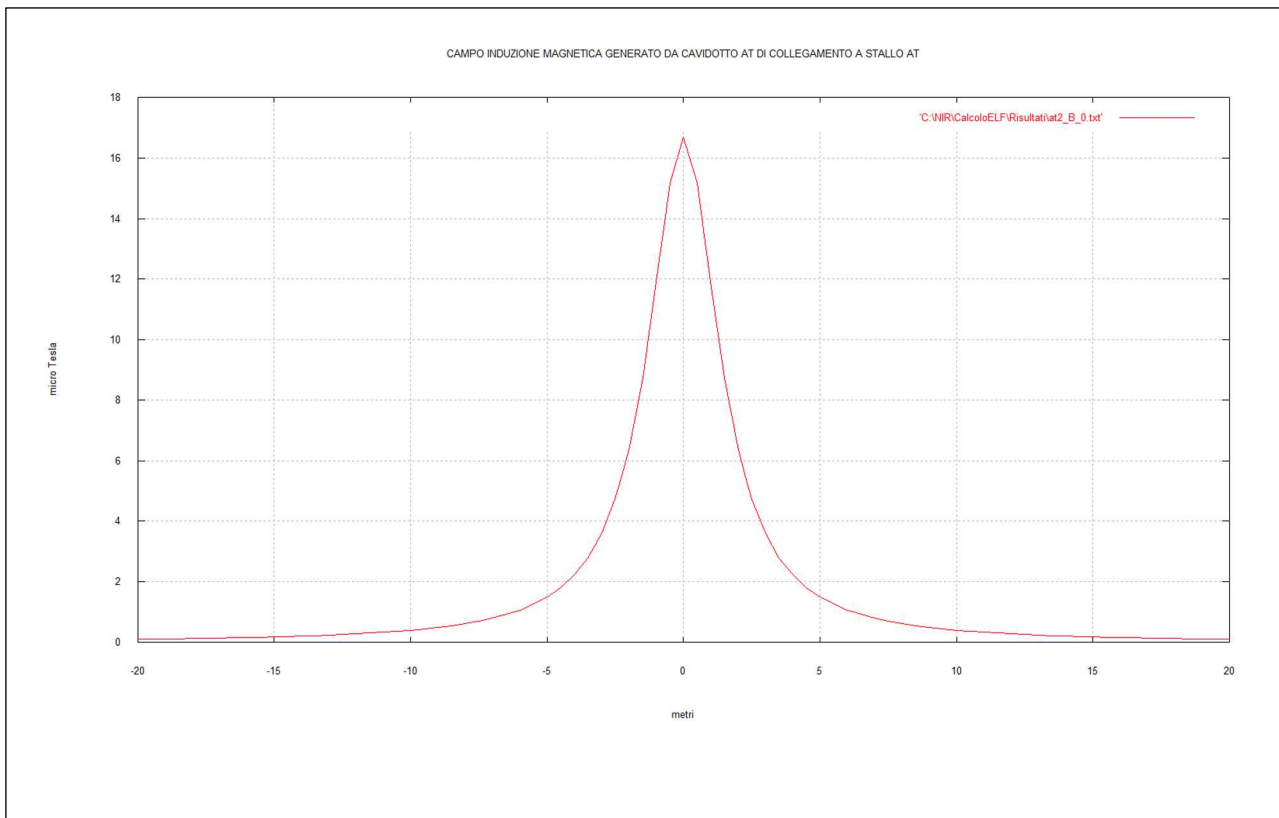
Il secondo tratto di elettrodotta AT che collega la Stazione di Condivisione a 150 kV con la sezione a 150 kV dell'ampliamento della S.E. RTN 380/150 kV di Foggia sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 1600 mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna. 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 1270 A considerando che tale linea AT dovrà trasportare anche l'energia prodotta da tutti gli altri impianti che hanno sottoscritto con la società SR Project 1 Srl l'accordo di condivisione dello stallo per una potenza complessiva di 191 MW . Pertanto nella valutazione del campo elettromagnetico si è considerato il caso di massima immissione di potenza in rete generata da tutti gli impianti di produzione che utilizzano tale cavidotto in AT .

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.



**LINEA AT - Cavidotto AT ad una terna di sezione 1600 mm<sup>2</sup> interrata a 1.7 m dal piano di campagna**

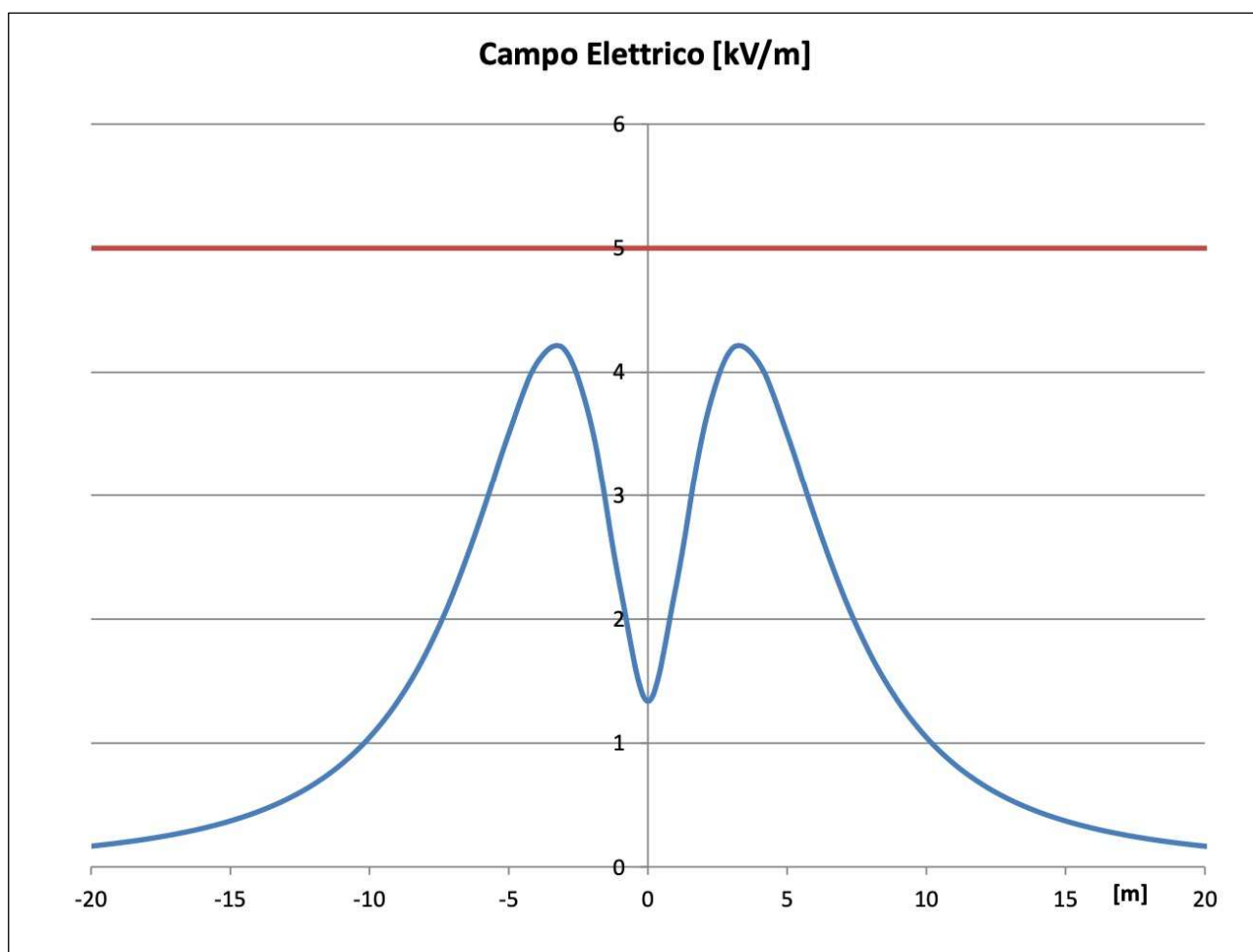


metri	μTestla	metri	μTestla
-20	.1	0	16.69
-19.5	.11	.5	15.16
-19	.11	1	11.88
-18.5	.12	1.5	8.73
-18	.13	2	6.36
-17.5	.13	2.5	4.72
-17	.14	3	3.59
-16.5	.15	3.5	2.79
-16	.16	4	2.23
-15.5	.17	4.5	1.81
-15	.18	5	1.5
-14.5	.19	5.5	1.26
-14	.21	6	1.07
-13.5	.22	6.5	.92
-13	.24	7	.8
-12.5	.26	7.5	.7
-12	.28	8	.62
-11.5	.31	8.5	.55
-11	.33	9	.49
-10.5	.36	9.5	.44
-10	.4	10	.4
-9.5	.44	10.5	.36
-9	.49	11	.33
-8.5	.55	11.5	.31
-8	.62	12	.28
-7.5	.7	12.5	.26
-7	.8	13	.24
-6.5	.92	13.5	.22
-6	1.07	14	.21
-5.5	1.26	14.5	.19
-5	1.5	15	.18
-4.5	1.81	15.5	.17
-4	2.23	16	.16
-3.5	2.79	16.5	.15
-3	3.59	17	.14
-2.5	4.72	17.5	.13
-2	6.36	18	.13
-1.5	8.73	18.5	.12
-1	11.88	19	.11
-.5	15.16	19.5	.11
0	16.69	20	.1

**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 ± 4 metri dall'asse del cavidotto.**

### 5.1.7 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.

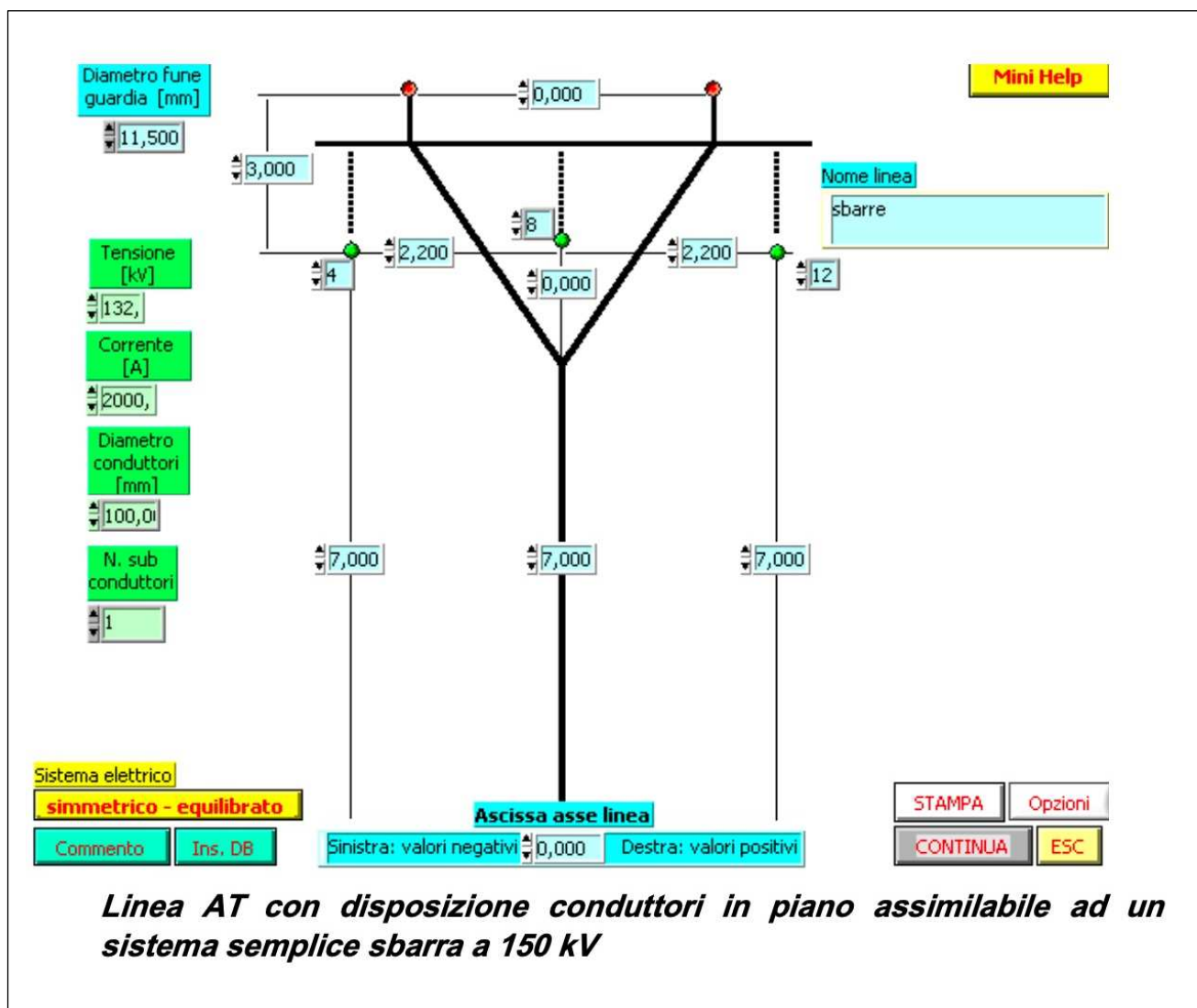


*Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV*

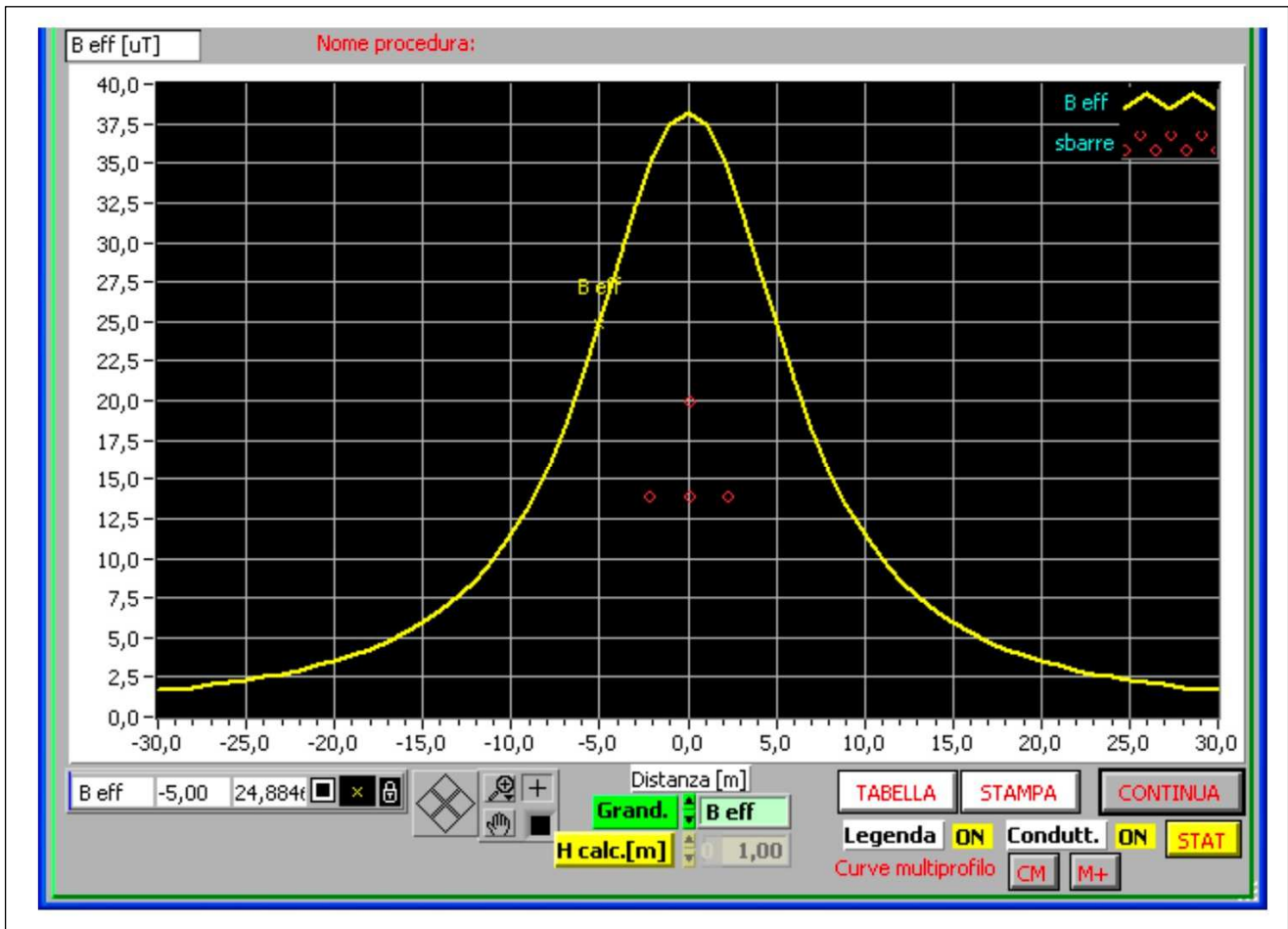
I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle via cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, 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.







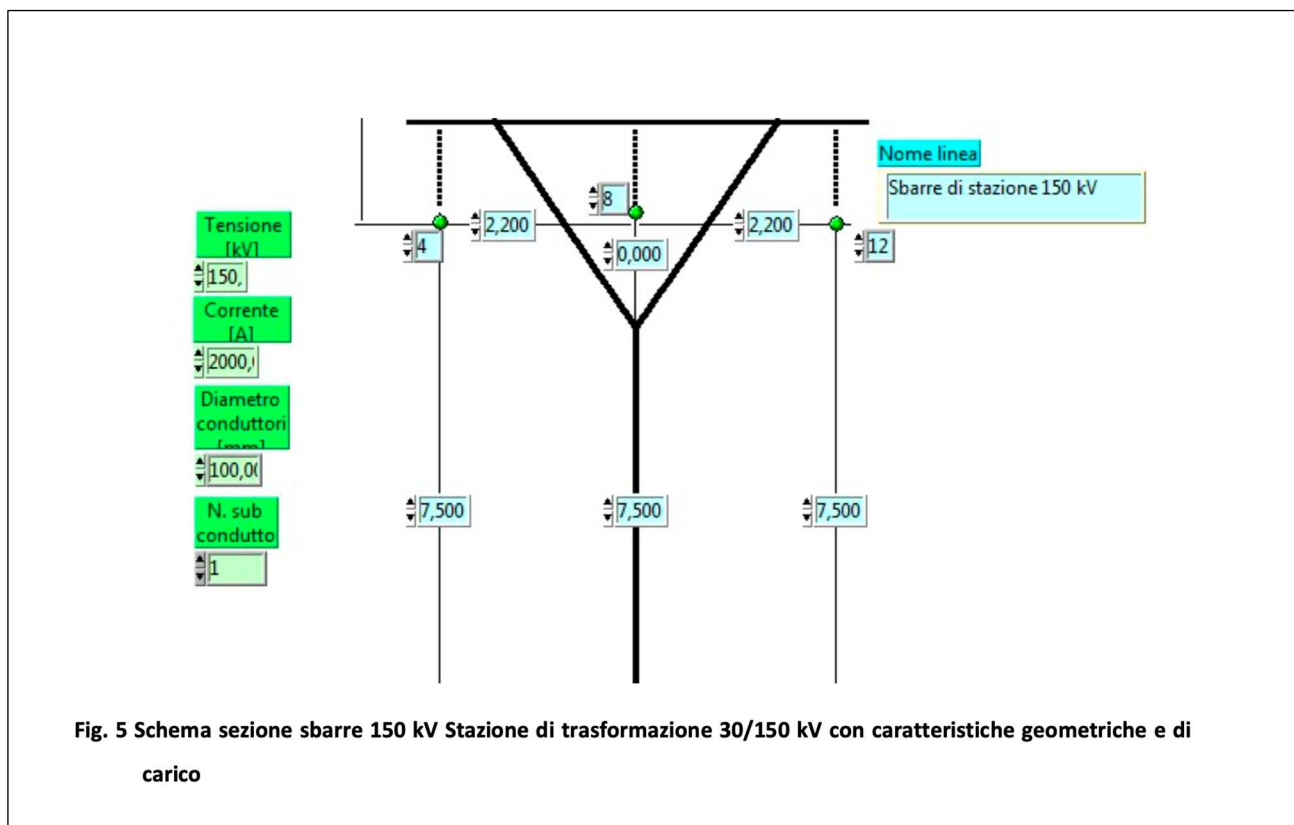
Valore del campo di induzione magnetica generato per  $I = 2000 \text{ A}$

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

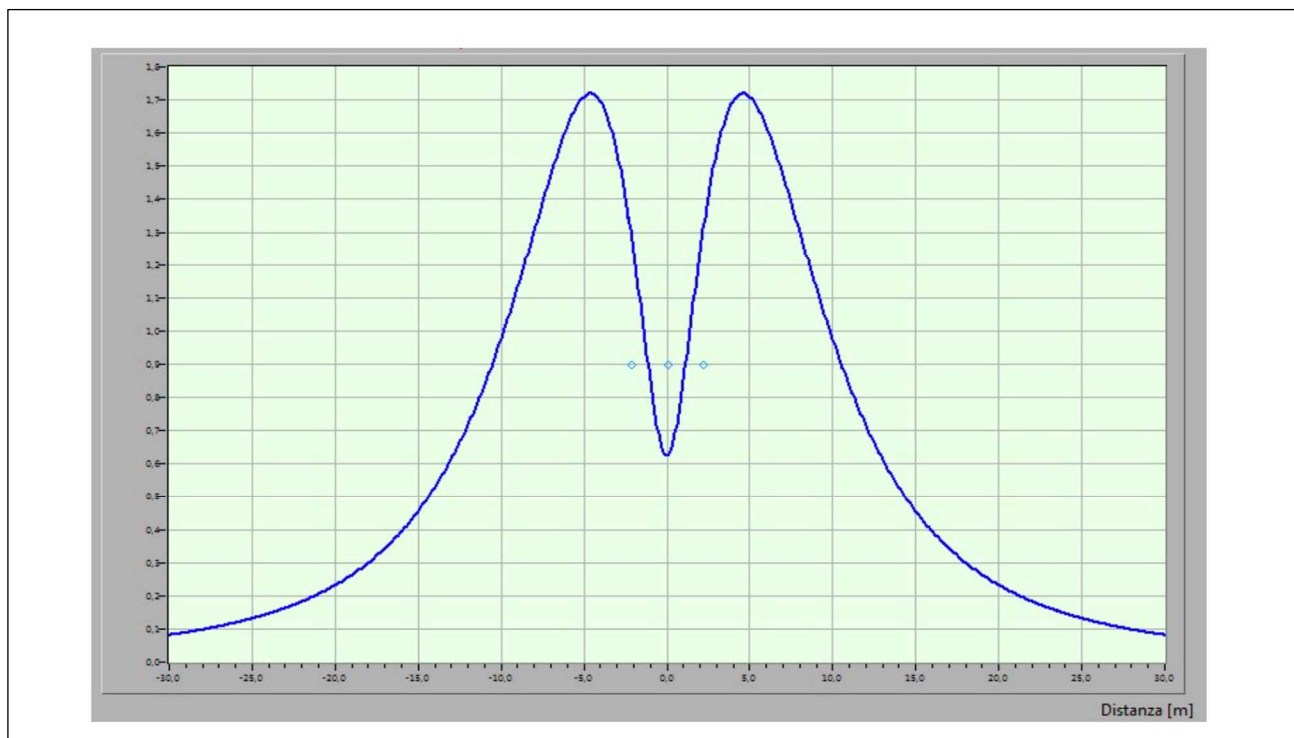
#### 5.1.8 STAZIONE CONDIVISA 150 KV

La stazione di trasformazione 30/150 kV é assimilabile per configurazione a stazioni primarie (punto 5.2.2 del DM 29.05.2008) e non ad una cabina elettrica (punto 5.2.1) essendo dotata di recinzione esterna. Pertanto, per questa tipologia di impianti la Dpa e, quindi la fascia di rispetto, rientra, prevedibilmente, nei confini di pertinenza dell'impianto delimitato dalla stessa recinzione. Il sistema di sbarre a 150 kV con isolamento in aria costituisce una sorgente di campi elettrici e magnetici. I conduttori delle sbarre sono tubolari rigidi di 100 mm di diametro con le fasi disposte in piano a distanza di 2,2 m tra loro e a 7,5 m di altezza dal suolo, corrente nominale di sbarre di 2000 A.

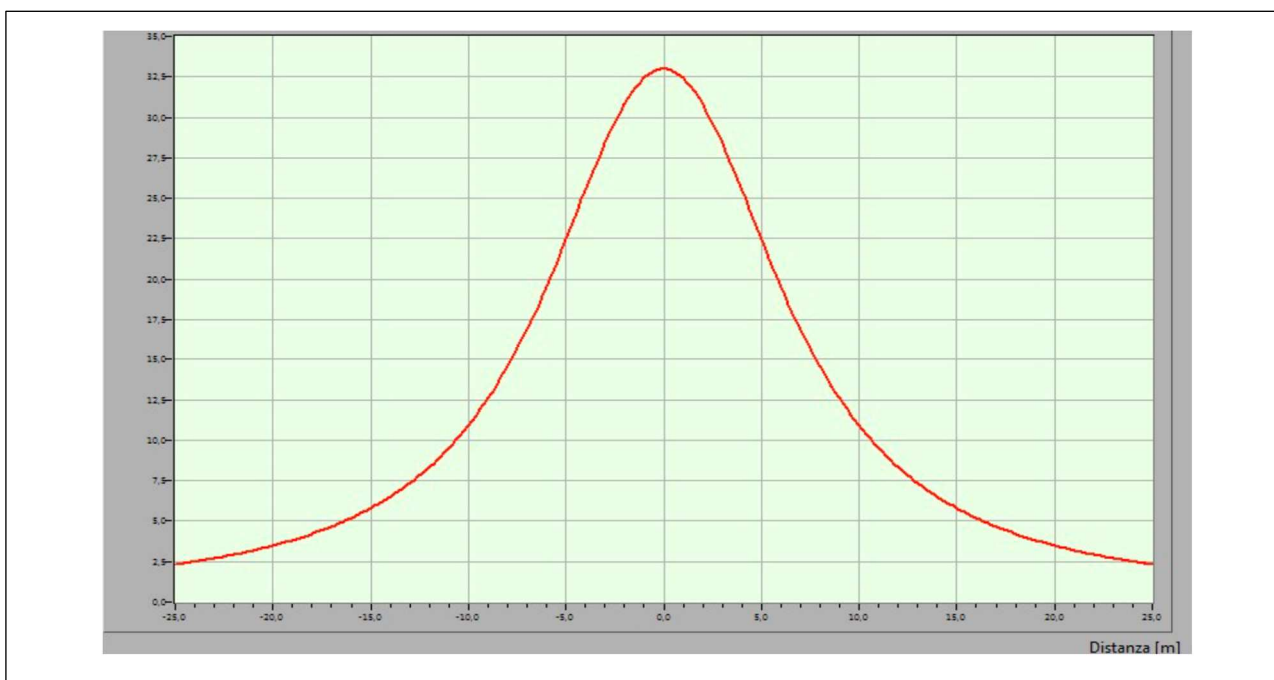
La disposizione semplificata di tali conduttori è pertanto la seguente:



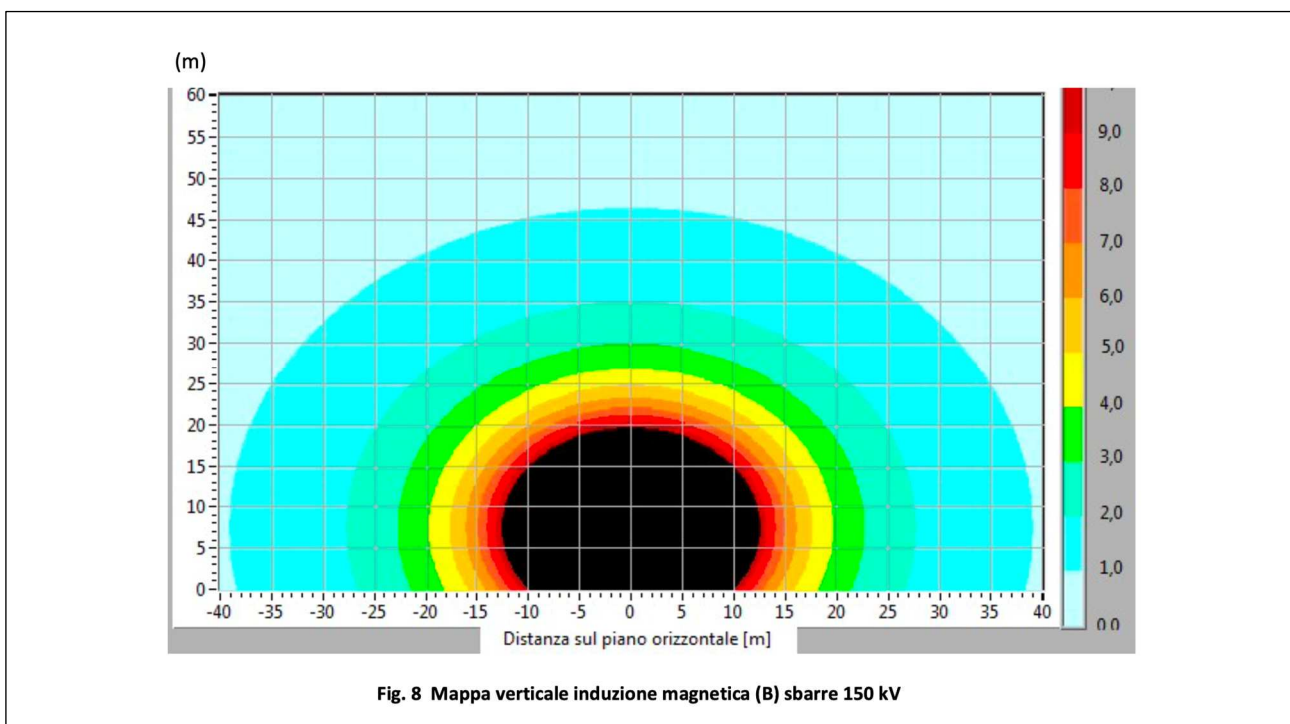
Per quanto su detto abbiamo il seguente andamento di campo elettrico calcolato in sezione ortogonale all'asse sbarre a 1 m sul suolo:



Dal suddetto diagramma si evince che il valore massimo del campo elettrico calcolato ad un metro sul suolo è pari a 1,72 kV/m inferiore al valore di 5 kV/m di esposizione previsto dalla normativa. Per quanto riguarda l'andamento del campo magnetico abbiamo i seguenti diagrammi:



Dal grafico si riscontra che valori di campo magnetico a quota 1 metro sul piano terreno vale 35  $\mu\text{T}$  inferiore al limite di esposizione pari a 100  $\mu\text{T}$ . La mappa verticale dell'induzione magnetica calcolata a quota conduttori (7,5 m sul piano di stazione) è la seguente:



**Dai diagrammi si evince che i 3  $\mu$ T si ottengono alla distanza di circa 22 m dall'asse sbarra e conseguentemente la fascia di rispetto vale +/- 22 m centrata in asse sbarre.**

## 6. AMPLIAMENTO DELLA S.E. -RTN 380/150 KV DI FOGGIA -LOC. SPREACACENERE

Come si evince dall'Elaborato "PFFG-R-T03-Relazione Campi Elettromagnetici rev. 01" relativa al progetto benestariato da Terna dell'ampliamento della S.E. RTN 380/150 kV di Foggia in località Spreacacenero, il campo elettromagnetico generato dalla nuova Stazione Elettrica e dai relativi raccordi a 150 kV e 380 kV presenta i seguenti valori di DPA e fasce di rispetto :

	<b>Dpa (m)</b>	<b>Fascia di rispetto (m)</b>
<b>CAVO 380 kV</b>	5	+/-5
<b>1 CAVO 150 kV</b>	3,2	+/-4
<b>2 CAVI 150 kV</b>	4,4	+/-5
<b>LINEA AEREA 150 kV</b>	16	+/-16
<b>SBARRE 150 kV</b>	22,5	+/-23

Come si evince dalla corografia e dalla planimetria catastale allegata al progetto , all'interno dell'area di prima approssimazione (Dpa) calcolate, non ricadono edifici o luoghi adibiti ad abitazione con permanenza non inferiore alle 4 ore. Pertanto, dal punto di vista della compatibilità elettromagnetica le opere elettriche progettate, come illustrato nel piano tecnico delle opere di cui fa parte la presente relazione, sono conformi alla normativa vigente.

## 7 .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  $\mu$ T, sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza del cavidotto AT; d'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva di +/-2 m a cavallo della mezzeria del cavidotto AT di collegamento tra la stazione di trasformazione di utenza 30/150 kV e la stazione di Condivisione 150 kV e una semi ampiezza complessiva pari a +/- 4 metri per il cavidotto AT di collegamento tra la Stazione Condivisa a 150 kV e lo Stallo 150 kV assegnato da Terna . I cavidotti MT si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsissimamente antropizzati pertanto 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, della stazione di Condivisione 150 kV e dei brevi tratti di cavidotti di collegamento AT che si sviluppano in terreni agricoli lontani

da recettori sensibili. Anche per le Stazioni di Trasformazioni di Utenza , Condivisione 150 kV e ampliamento della Stazione 380/150 kV di Foggia , ad eccezione che in corrispondenza degli ingressi e delle uscite linea, al di fuori della recinzione della stazione, i valori dei campi elettromagnetici valutati rientrano nei limiti di legge.

## 8 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 sia interni ai Campi fotovoltaici che esterni di collegamento alla SE di Utenza è stato riscontrato come il valore del Campo di induzione magnetica di ciascuno di essi si tenga sotto il valore di 3µT rispettando gli obiettivi di qualità fissati per legge. 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. Lo stesso discorso vale per la Stazione di Trasformazione di Utenza 30/150 kV , di Condivisione 150 kV e la nuova stazione satellite 380/150 kV di Foggia dove i valori dei campi di induzione magnetica si attenuano a pochi metri dagli ingressi e uscite delle barre a 150 kV e pertanto le fasce di rispetto ricoprono aree in cui non ricadono recettori sensibili e che saranno frequentate dal personale di servizio per non più di 4 ore al giorno. Per i cavidotti AT i cui tracciati si sviluppano per intero in terreni ad uso agricolo, i valori dei campi di induzione magnetica calcolati si riportano sotto la soglia dei 3µT a pochi metri dall'interesse del cavidotto interrato ed è stato riscontrato che all'interno delle fasce di rispetto pari a massimo +/- 4 metri non rientrano ricettori sensibili .

Alla luce delle valutazioni effettuate si può ritenere che l'impatto elettromagnetico generato dall'impianto fotovoltaico e dalle sue opere connesse può essere considerato non significativo.

**ALLEGATI : IT\_FGA\_B\_4.1\_REV1-- -TAVOLE DPA SU ORTOFOTO SCALA 1:10.000**

**Capaccio Paestum , LI 19 novembre 2021**

**IL TECNICO**

***Ing. Marsicano Giovanni***