



REGIONE MOLISE



PROVINCIA DI CAMPOBASSO

COMUNE DI SAN MARTINO IN PENSILIS E COMUNE DI ROTELLO

OGGETTO: PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 80.788,89 KWp E MASSIMA IN IMMISSIONE IN RETE IN AC DI 63.240 KW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE IN LOCALITA' "CASALPIANO"

N. 11 REV 3	ELABORATO RELAZIONE DI COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA						
Prog.	Codice STMG	REV.	NOME FILE	ESEGUITO DA	APPROVATO DA	DATA	SCALA
AU	201901018	03	IT-SMR_11_rev3	ING. GIOVANNI MARSICANO	ING. GIOVANNI MARSICANO	GEN 2022	

PROGETTAZIONE:



IL COMMITTENTE:

SR PROJECT 5 Srl
Via largo Guido Donegani,2
Cap 20121 Milano (Mi)
P.Iva 10706920963

Firma
IL TECNICO
Ing. Marsicano Giovanni

Eseguito	Controllato
Ing. Marsicano Giovanni	Ing. Marsicano Giovanni

COMUNI DI:

San Martino in Pensilis (CB) – Rotello (CB)

Località "CASALPIANO"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO IN DC DI 80.788,89 KWp e MASSIMA IN IMMISSIONE IN RETE IN AC DI 63.240 KW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE IN LOCALITA' "CASALPIANO".

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' ELETTRROMAGNETICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Elaborato nr. IT_SMR_11_rev3

Committente :

SR PROJECT 5 SRL

Via Largo Guido Donegani nr. 2
20121 Milano (MI)
P.IVA 10706920963

Progettazione:



Sede Legale e operativa:

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

INDICE

1	
Premessa	
3	
2 Normativa di Riferimento	3
3 Descrizione Generale dell’Impianto Fotovoltaico	5
4 Descrizione Tecnica dell’Impianto Fotovoltaico	8
4.1 Caratteristiche del generatore Fotovoltaico.....	10
4.2 Caratteristiche del gruppo di conversione e trasformazione.....	11
4.3 Caratteristiche delle cabine di raccolta in MT.....	15
4.4 Cavi elettrici.....	16
4.4.1 Criteri di progettazione e soluzioni di calcolo.....	16
4.4.2 Caratteristiche generali cavo interrato in MT.....	17
4.4.3 Cavidotto Interrato AT a 150 kV.....	17
4.4.4 Caratteristiche generali cavo interrato in AT.....	18
4.4.5 Sottostazione MT/AT di utenza.....	19
5 Calcolo dei Campi Elettromagnetici	21
5.1 Campi Elettromagnetico Impianto Fotovoltaico.....	21
5.1.1 Moduli Fotovoltaici.....	21
5.1.2 Inverter.....	21
5.1.3 Cabine Elettriche di trasformazione.....	22
5.1.4 Linee MT in corrente alternata.....	23
5.1.5 Linea AT in corrente alternata.....	31
5.1.6 Stazione Elettrica di utenza.....	34
6 Analisi dei risultati	36
7	
Conclusioni	37

1. PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi. L'impianto fotovoltaico sorgerà in località "Casalpiano" del Comune di San Martino in Pensilis (Cb) e con relative opere di connessione ricadenti nel Comune di Rotello (Cb). L'impianto fotovoltaico di progetto avrà una potenza nominale di picco in DC pari a 80.788,89 kWp con una corrispondente potenza in immissione massima in AC di 63.240 kW. Il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico è stato valutato in considerazione della disponibilità di superficie sulla quale installare i moduli fotovoltaici e della distanza dal punto di connessione. In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alla cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione. Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette. Nel presente studio sono state prese in considerazione le condizione maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti. Verrà riportata l'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale dei cavidotti e nelle immediate vicinanze, fino ad una distanza massima di 20 m dall'asse del cavidotto; la rilevazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di 0m, +1,5m, +2m, +2,5m e +3m dal livello del suolo.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003. Nel DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

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

"Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ 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 μ 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 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio". [art. 4]

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 μ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto FV trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione (circa 63.240 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 ²)
0,1 $f \leq 3$ MHz	60	0,2	-
3 $f \leq 3000$ MHz	20	0,05	1
3 $f \leq 3000$ 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 ²)
0,1 $f \leq 3000$ 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 ²)
-------------------------	---	---	--

0,1 $f \leq 3000 \text{ GHz}$	6	0,016	0,10 (3MHz-300GHz)
--	---	-------	--------------------

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

3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il progetto prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico della potenza complessiva in DC di **80.788,89 kWp** a cui corrisponde un potenza di connessione in AC di **63.240 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 159.978 pannelli fotovoltaici monocristallino, per una potenza di picco complessiva di 80.788,89 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. 963 inseguitori da 104 moduli in configurazione verticale e nr. 467 inseguitori da 78 moduli in configurazione verticale e nr. 450 inseguitori da 52 moduli in configurazione verticale che saranno installati a una distanza di pitch uno dall'altro in direzione est-ovest di 9 metri. Il modello di modulo fotovoltaico previsto è "TSM-DEG18MC.20(II)" della TRINASOLAR da 505 Wp bifacciale in silicio monocristallino. L'impianto fotovoltaico interesserà complessivamente una superficie contrattualizzata di 139,04 Ha di cui soltanto 43,31 Ha saranno occupati dagli inseguitori, dalle cabine di trasformazione e consegna 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 **San Martino in Pensilis (Cb)** in località "Casalpiano" ai seguenti Fogli e particelle:

F. 71 p. 25,98,34,85,86,93,95,171,170,84,88,94,92,90,47,58,59,61,77,193,194, 62,76,204, 158,175, 154,164,180,179,165,183 e F.75 p. 2, 40, 17,41,25,67, 115, 105.

L'impianto fotovoltaico è essenzialmente suddiviso in 6 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)
S. Martino in Pensilis (Cb)	1	71	25,98	50,54	23,97	4,46	507942.33 m	4629044.81 m

S. Martino in Pensilis (Cb)	2	71	34,85,86,93,171,84,88,94,89,92,170,95	49,19	36,77	13,37	508640.65 m	4628881.01 m
S. Martino in Pensilis (Cb)	3	71	90,47,58,59,61,77,193,194,62,76,204,	38,47	31,97	7,58	507677.94 m	4628504.00 m
S. Martino in Pensilis (Cb)	4	71	158,175,176,154,164,180,179,165,183	22,31	21,63	7,0	507944.78 m	4629350.32 m
S. Martino in Pensilis (Cb)	5	75	2, 40	7,6	7,6	1,77	507715.96 m	4628163.00 m
S. Martino in Pensilis (Cb)	6	75	17,41,25,67, 115, 105	17,97	17,1	6,08	507519.43 m	4627684.00 m
Rotello	Sottostazione Elettrica di trasformazione Lato Utente 30/150 kV	45	185	0,6	0,0826		506130 m	4622391 m
Rotello	Sottostazione di condivisione 150 KV in Comune con altri Produttori	45	185	0,6	0,4		506130 m	4622391 m
				Tot..Ha 186,08	Tot. Ha 139,522	Tot .Ha 40,26		

Le aree impegnate dalle opere sono costituite da terrazzamenti sub-pianeggianti e da aree con versanti a quote tra 409 e i 365 m.s.l.m. con pendenza non superiore all'11% in direzione ovest verso est 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 statale SS 480 che costeggia i CAMPI 5 e 6 ,dalla strada interpodereale Casalpiano asfaltata che costeggia i CAMPI 1,2,3,4, e dalla strada vicinale Masseria Licursi che costeggia il CAMPO 6. La connessione dell'impianto alla RTN è prevista in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV della stazione elettrica di trasformazione esistente di Rotello (anche detta SE 380/150 kV di Rotello nel prosieguo) come previsto nel preventivo di connessione rilasciato da terna e regolarmente accettato – STMG cod. id. 201901018-. L'impianto fotovoltaico sarà collegato tramite un cavidotto interrato di circa 10,5 km in media tensione alla sottostazione di trasformazione 30/150 kV (anche detta SE di Utenza nel prosieguo), prevista in adiacenza alla SE 380/150 kV e precisamente al F. 45 p. 185 del Comune di Rotello(Cb). L'accesso alla SE di Utenza avviene dalla strada Comunale Piano Palazzo.

Il collegamento in antenna a 150 kV sarà effettuato tramite un cavidotto interrato a 150 kV di lunghezza pari a circa 1200 metri che sarà posato lungo la strada comunale Fontedonico sino ad arrivare allo stallo di connessione assegnato da Terna Spa alla sottostazione 380/150 kV di Rotello attraverso un'area comune a più produttori ubicata sempre AL F. 45 P. 185 del Comune di Rotello ove sarà prevista la realizzazione del sistema elettromeccanico di condivisione dello stallo di partenza a 150 kV e di arrivo al su detto stallo di connessione a 150 kV. All'interno della esistente sottostazione di Terna RTN 380/150 kV sarà installato un nuovo trasformatore per permettere ai diversi produttori nell'area di dispacciare l'energia elettrica prodotta dai loro impianti sulla rete elettrica nazionale. Tale area di condivisione si rende necessaria in quanto Terna Spa ha comunicato a mezzo **pec prot. 72376 in data 17/09/2021 (Allegata alla presente relazione) alla società SR Project 5 Srl** oltre alla planimetria della Stazione Elettrica (SE) RTN a 380/150 kV dalla quale si evince l'ubicazione dello stallo assegnato, che: " **Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle infrastrutture di rete, sarà necessario condividere lo stallo in stazione con le iniziative codice pratica 201900981 della Vs. società, codice pratica 201901558 della società EG Helios S.r.l., codice pratica 201901325 della società Sonnedix Santa Chiara S.r.l., codice pratica 202001830 della società Sorgenia Renewables S.r.l., e con ulteriori utenti della RTN**". A seguito di tale comunicazione le società SR Project 5 Srl , EG helios S.r.l., Sonnedix Santa Chiara S.r.l., Sorgenia Renewables S.r.l." hanno sottoscritto in data 29/09/2021 un accordo di condivisione "Accordo utilizzo sottostazione di collegamento a se RTN 380/150 kv di ROTELLO e condivisione stallo terna in se RTN 380/150 kv di Rotello " (Allegato alla presente relazione tecnica) e dato incarico alla società INSE Srl per la progettazione delle opere di rete richieste da Terna , della stazione di condivisione a 150 kV e delle relative stazioni utenti MT/AT di ciascun produttore. A seguito della progettazione il progetto delle opere di rete è stato inviato a Terna per essere benestariato con comunicazione 26/10/2021 . (Allegato alla presente relazione tecnica) – Terna ha comunicato alla società SR Project 5 Srl con pec prot.106164 comunicazione P202110106164-30/12/2021 il benessere del progetto delle opere di rete come da STMG 201901018. L'intero impianto fotovoltaico occupa un'area contenuta e ricadente completamente nel territorio comunale di **San Martino In Pensilis (CB)** mentre nel **Comune di Rotello (Cb)** ricadranno le sole 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 3 terne di cavi da 400mmq in un unico scavo che percorrono a partire dai **CAMPI 1,10 e 6** la strada interpodereale **Casalpiano**, la **SS 480**, la **SP 78**, **Strada Comunale Colle Palombara Mandrone**, **Strada Comunale Fontedonico** e **Piano Palazzo**. Si tratta della maggior parte di strade asfaltate, imbrecciate e sterrate interpoderali. Solo per brevi tratti è previsto l'attraversamento di terreni agricoli.

4. DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da N° 159.978 moduli da 505 Wp cad. ed avrà una potenza complessiva in DC di 80.788,89 kWp mentre in AC di 63.240 kW.

Il generatore fotovoltaico sarà suddiviso in n° 6 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	6.874	8.941	1.3	681	2	Nr. 2 da 3.437
2	20.622	26.811,46	1.3	2043	6	Nr.6 da 3.437
3	13.748	15.191,41	1.1	1363	4	Nr.4 da 3.437
4	9.999	14.101,62	1.41	990	3	Nr.1 da 3.125 Nr.2 da 3.437
5	3.437	3.545,1	1.03	342	1	Nr.1 da 3.437
6	8.560	12.197,77	1.42	929	3	Nr.3 da 3.125
TOTAL E	63.240	80.788,89		6.348	19	

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 63.240 kW così come previsto nella STMG rilasciata al Committente.

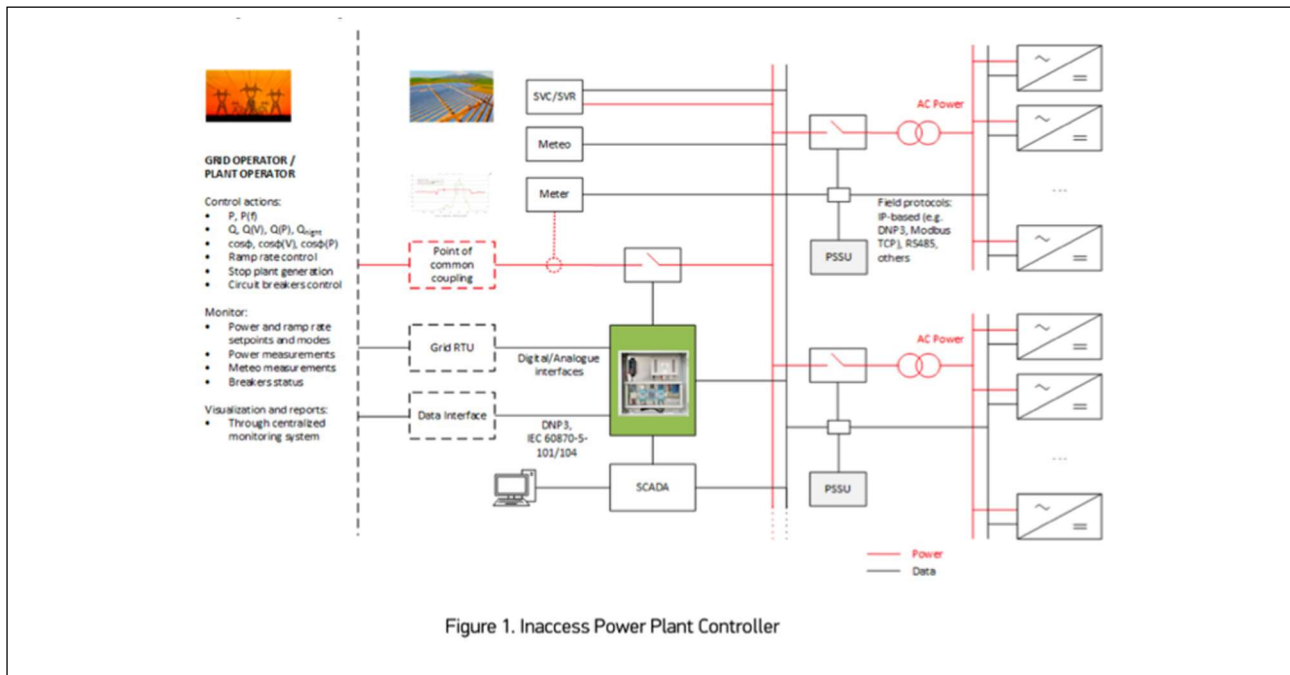


Figura 4-1 Sistema InAccess Power Plant Controller

I moduli, riuniti a gruppi di 28, saranno collegati elettricamente in serie tra di loro e costituiranno una stringa della potenza unitaria di 11.200 Wp. Ai capi della stringa sarà presente una tensione a circuito aperto di circa 831,6 Vcc. L'insieme di N° 279 stringhe per un totale di N° 7812-8592 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 1, 2 e 3 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 9 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 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 43,31 Ha ed essa è l'occupazione al suolo maggiore quando i moduli sono disposti orizzontalmente al suolo.

4.1 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 505 Wp in silicio monocristallino bifacciali modello "TSM-DEG18MC.20 (II)" della TRINASOLAR. Il decadimento delle prestazioni è non superiore al 10% nell'arco di 12 anni e non superiore al 15% in 30 anni.

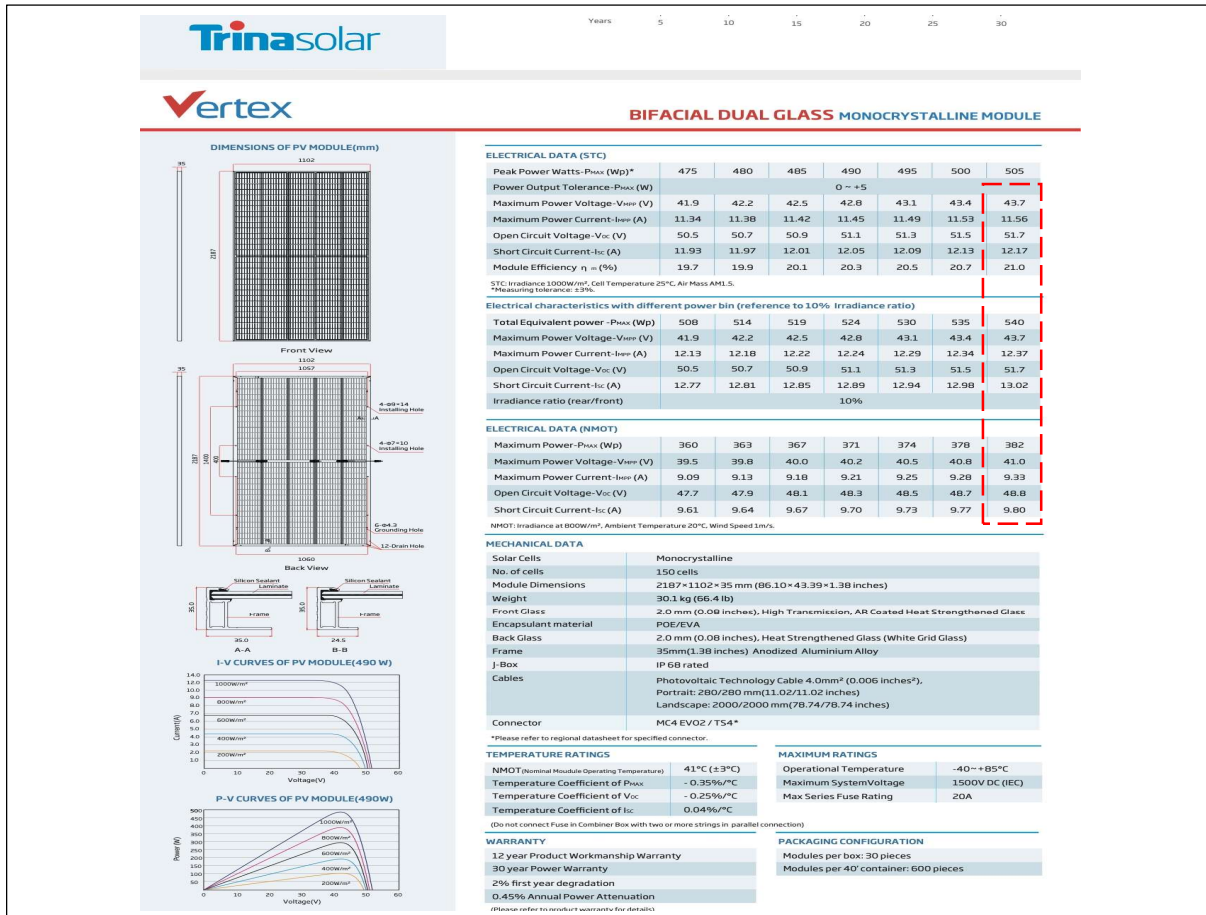


Figura 4-2 Caratteristiche tecniche modulo fotovoltaico di progetto

I Dati tecnici caratteristici dei moduli fotovoltaici sono i seguenti:

- 150 celle in silicio monocristallino collegate in serie;
- Tensione alla massima potenza , V_m= 43.7
- Tensione massima di circuito aperto, V_{oc} = 51.7 V
- Corrente alla massima potenza , I_m = 11.56 A
- Corrente massima di Corto circuito, I_{sc} = 12.17 A

- Superficie anteriore: vetro temperato in grado di resistere alla grandine (Norma CEI/EN 161215);
- Incapsulamento delle celle : EVA
- Cornice di alluminio anodizzato
- Terminali di uscita: cavi pre-cablati a connessione rapida impermeabile resistenti ai raggi UV da 4 mmq, 1200 mm
- Presenza di diodi di bypass per minimizzare la perdita di potenza dovuta ad eventuali danneggiamenti di qualche modulo fotovoltaico



Figura 4-3 Tabella prestazionale in funzione del tempo, del pannello di progetto

4.2 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° 6 Campi di generazione fotovoltaica a loro volta suddivisi in un totale di 19 sottocampi

N° 19 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. 8 cabine SG3400HV-MV-20** e **nr. 12 cabine SG3125HV-MV-20**



HIGH YIELD

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

SAVED INVESTMENT

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

EASY O&M

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

GRID SUPPORT

- Compliance with standards: IEC 61727, IEC 62116
- Low/high voltage ride through (LHVVRT)
- Active & reactive power control and power ramp rate control

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

SG3400/3125/2500HV-MV-20

Type designation	SG3400HV-MV-20	SG3125HV-MV-20	SG2500HV-MV-20
Input (DC)			
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
MPP voltage range for nominal power	875 - 1300 V	875 - 1300 V	800 - 1300 V
Ns. of independent MPP inputs	1	1	1
Ns. of DC inputs	1 (Optional: 2, 24 negative grounding or floating, 28 negative grounding)		18 - 24
Max. PV input current	478 A	478 A	350 A
Output (AC)			
AC output power	3393 kVA@ 25 °C / 3437 kVA@ 45 °C	3393 kVA@ 25 °C / 3437 kVA@ 45 °C	2750 kVA@ 45 °C / 3437 kVA@ 50 °C
Max. AC output current	3458 A	3458 A	2886 A
AC voltage range	30 - 35 kV		
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 - 55 Hz; 60 Hz / 55 - 65 Hz		
THD	< 3 % (at nominal power)		
DC current injection	< 0.5 % In		
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading - 0.8 lagging		
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3		
Inverter			
Inverter Max. efficiency	99.0 %		
Inverter Euro. efficiency	98.7 %		
Transformer			
Transformer rated power	3437 kVA	3125 kVA	2500 kVA
Transformer max. power	3393 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	Dy11		
Transformer cooling type	ONAN (Oil Natural Air Natural)		
Oil type	Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request		
Protection and Function			
DC input protection	Load break switch + fuse		
Inverter output protection	Circuit breaker		
AC MV output protection	Circuit breaker		
Overvoltage protection	DC Type I + A / C Type II		
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes / Yes		
Insulation monitoring	Yes		
Overheat protection	Yes		
Q at night function	Optional		
General Data			
Dimensions (W*H*D)	6058 * 2896 * 2438 mm		
Weight	17 T	17 T	18 T

Figura 4-4 Locale ubicazione cabine inverter e di trasformazione

Gli inverters saranno ubicati in cabinati prefabbricati dalle dimensioni in pianta di 6057x 2438 mm, pari a 14,76 mq in grado di garantire condizioni ambientali ottimali ed adeguato potere di scambio termico grazie all'impiego di condizionatori ad avviamento automatico nei periodi estivi. Le cabine di conversione saranno installate nei pressi dei moduli per ridurre le perdite di potenza dovute al trasporto dell'energia. Le fondazioni su cui vengono sistemate le cabine sono del tipo a vasca in modo da consentire il passaggio dei cavi elettrici sotto il pavimento. Le cabine così composte

poggiano su una platea di calcestruzzo dello spessore di 10-15 cm, gettata a circa 60 cm di profondità, previo scavo. In ogni cabina di conversione saranno sistemati N° 1 inverter trifase composto da 1 trasformatore da 3125 / 3437 kVA 875/915 V cadauno, i quali vengono poi collegati in parallelo su di un unico condotto sbarre trifase. Dal condotto sbarre verrà alimentato il trasformatore BT/MT. E' stata scelta la taglia dell'inverter di 3125/3437 kVA modulare in quanto si tratta di standard, disponibile sul mercato e con buone prestazioni. Ogni "inverter" sarà costituito da un insieme di componenti, quali filtri e dispositivi di sezionamento, protezione e controllo che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza dal generatore alla rete, in conformità ai requisiti normativi, tecnici e di sicurezza applicabili. La potenza max in uscita di ogni inverter AC sarà di 3.593 kVA. Gli inverters sono progettati per inseguire il punto di massima potenza del proprio campo fotovoltaico, sulla curva I-V caratteristica (funzione MPPT), costruendo l'onda sinusoidale in uscita con la tecnica PWM, che permette di contenere l'ampiezza delle armoniche entro valori accettabili. Nella cabina di conversione sono contenuti gli interruttori di manovra e le apparecchiature di protezione. Dalle cabine di conversione, che in totale saranno N° 19, 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.

Trasformatori BT/MT

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

Quadri corrente alternata (QCA)

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

Il quadro sarà equipaggiato con i seguenti dispositivi:

- n° 1 interruttore magnetotermico per l'inverter CCA1
- n° 1 interruttore magnetotermico per l'inverter CCA2
- n° 1 interfaccia di rete tipo Thytronic o similare (certificato DK5940)
- n° 1 dispositivo di interfaccia di rete, contattore tetrapolare da 3125 kW, riduttori di tensione e corrente bobina di sgancio tipo ABB o similare.
- n° 1 interruttore magnetotermico per il sezionamento del parallelo
- n° 1 interruttore magnetotermico per il sezionamento del trasformatore BT/MT
- n° 1 interruttore magnetotermico/differenziale per il sezionamento del lato utenze BT

Il quadro è completo di accessori quali: morsetti passanti, guide DIN, cavi di collegamento, capicorda, numeri segna-cavo, cartelli monitori. I Quadri QCA saranno ubicati nella cabine di conversione.

4.3 CARATTERISTICHE DELLE CABINE DI RACCOLTA IN MT

Le cabine di parallelo avranno la funzione di ricevere attraverso un quadro sbarre l'energia elettrica MT (30 kV) proveniente da un gruppo di N° 2,3 0 5 cabine di conversione di ciascun campo e di

smistarla con unico cavo verso la Stazione Utente. Le cabine di parallelo, in cabinati prefabbricati dalle dimensioni 8000x3000x2400 mm, saranno ubicate nei pressi dei cavidotti MT; la loro funzione è di ridurre la lunghezza complessiva dei cavi ed il numero degli stessi in entrata alla Stazione Utente (totale linee entranti N° 3), con conseguente riduzione della superficie d'ingombro della Stazione utente. In totale sono previste 6 cabine di parallelo MT, ognuna posizionata all'ingresso di ciascun campo fotovoltaico.

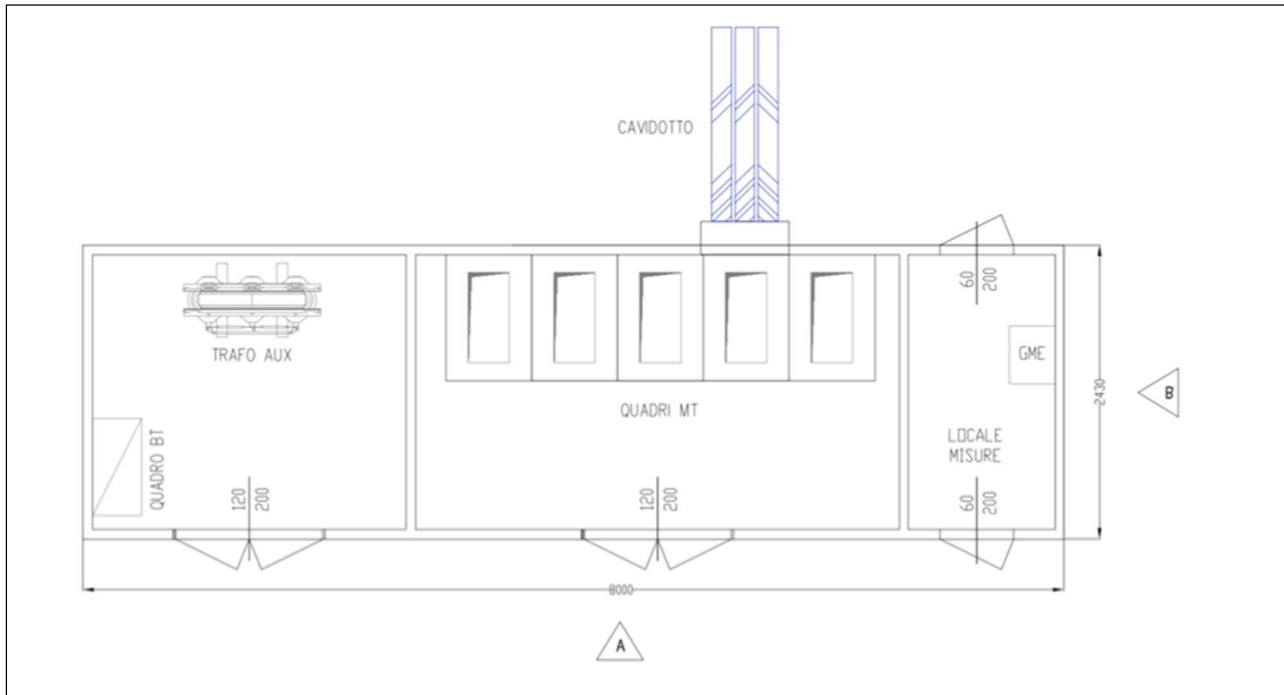


Figura 4-5 Locale cabina di Parallelo MT- Prospetto

4.4 CAVI ELETTRICI

4.4. 1 Criteri di progettazione e soluzioni di calcolo

La struttura generale dell'impianto elettrico è sistemicamente definita dalla sottostazione MT/AT da cui partono 3 linee di cavo MT **L1-L2-L3** che arrivano rispettivamente alle cabine di parallelo **CB//1, CB//2, CB//3**. A loro volta da queste cabine di parallelo MT situate rispettivamente nei CAMPI 1,2,3 si dipartono le seguenti linee MT che collegano alle altre cabine di parallelo di ciascun CAMPO:

Linea L4

Collega la cabina di parallelo CB// 4 con la cabina di parallelo CB//1

Linea L5

Collega la cabina di parallelo CB// 5 con la cabina di parallelo CB//1

Linea L6

Collega la cabina di parallelo CB// 6 con la cabina di parallelo CB//3

Linea L7

Collega la cabina di parallelo CB// 7 con la cabina di parallelo 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.

4.4.2 Caratteristiche generali cavo interrato in MT

I cavi di energia in corrente alternata MT (30 kV) saranno trifasi del tipo unipolare con conduttore a corda rotonda compatta in alluminio da 18/30 kV del tipo ARE4H5EX idonei per tale tipo di applicazione. I cavi di energia saranno posati nel terreno protetti da appositi copri cavi con pozzetti di ispezione intervallati ogni 40-50 m. ed in corrispondenza di ogni cambio di direzione . All'interno delle cabine i cavi saranno posati in cunicoli e/o su canaline . I cavi in MT all'interno di ciascun campo che escono dalle cabine inverter/trasformazione e giungono alle cabine di parallelo saranno in alluminio del tipo ARE4H5EX 18/30 kV e avranno sezioni 1x(3x1)x240 mmq. I cavi che dalle 3 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 ϕ	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

4.4.3 CAVIDOTTO INTERRATO IN AT 150 kV

Al fine di connettere l'impianto fotovoltaico di progetto alla Rete Elettrica Nazionale RTN come da preventivo di connessione rilasciato da Terna SPA – STMG cod. id. 201901018 – regolarmente accettata dal proponente dell'iniziativa, sarà necessario realizzare un cavidotto in AT a 150 kV , singola terna che colleghi Stazione di condivisione/trasformazione 30/150 kV alla sezione 150kV della stazione di

trasformazione di Terna "Rotello" è stato previsto un collegamento in cavo 150kV che segue prevalentemente la strada esistente per circa 1150 m. Il cavidotto in AT a 150 kV in singola terna sarà ubicato nel Comune di Rotello (Cb). Esso si dipartirà dalla barra 150 kV della stazione di condivisione/trasformazione 150 kV che verrà ubicata in località Piano Palazzo del comune di Rotello al F. 45 p. 185 e raggiungerà lo stallo di connessione assegnato da Terna. Esso avrà una lunghezza media di circa 1200 metri e sarà posato quasi per intero lungo la strada comunale che dalla sottostazione elettrica di trasformazione di Utenza porta sino foglio F. 30 p. 58 del Comune di Rotello ove sarà prevista la realizzazione del sistema elettromeccanico di condivisione del sistema di barre in AT e la partenza di un unico cavidotto a 150 kV e di arrivo al su detto stallo di connessione assegnato da TERNA. Solo l'ultimo tratto del cavidotto in AT prima dell'arrivo allo stallo di connessione assegnato da Terna Spa percorrerà per circa 270 metri le particelle 58 del Foglio 30 di Rotello. Tra le possibili soluzioni è stato individuato il tracciato più funzionale, che tenga conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente locale, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia. Non vengono attraversati canali e corsi d'acqua. Una parte del cavidotto in AT ricade nel vincolo idrogeologico, inevitabile in quanto tutta la sottostazione RTN 380/150 kV ricade in tale vincolo pertanto sarà necessario acquisire il parere da parte del Servizio Valorizzazione e Tutela Economia Montana e delle Foreste della Regione Molise.

4.4.4 Caratteristiche generali cavo interrato in AT

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

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

Tensione di isolamento del cavo

Dalla tab.2.1.06 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento 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 , 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.

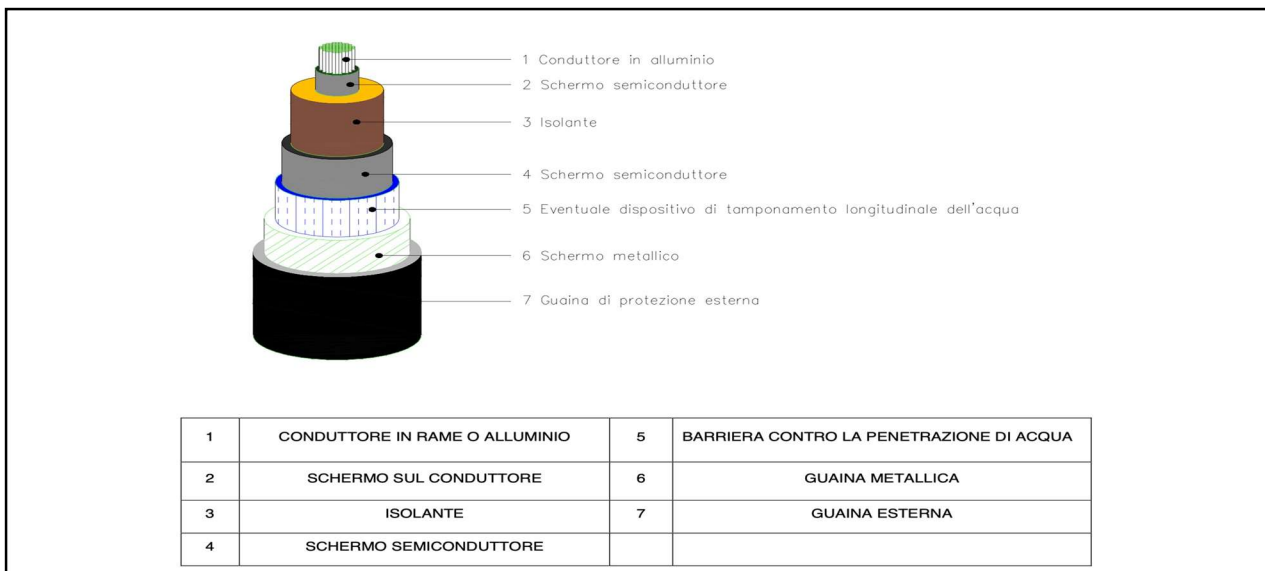


Figura 4-6 Caratteristiche tecniche Cavo AT per trasporto energia

4.4.5 Sottostazione MT/AT di Utenza

La stazione sarà del tipo all'aperto. La stazione elettrica (SE) di utenza 30/150 kV sarà ubicata nel Comune di Rotello (Cb) al Foglio 45 p. 185. 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 60 MVA /80 MVA

Trasformatore trifase di potenza 30/150 kV, 60/80 MVA, ONAN/ONAF, gruppo vettoriale YNd11, provvisto di commutatore sotto carico lato AT (150 ±10x1,25%/30 kV) e cassonetto di contenimento cavi MT. Con scaricatori incorporati dimensionato per alloggiare n.3 terne di cavi MT da 400mm² Cu.

• Tipo	immerso in olio
• Tipo di servizio	continuo
• Temperatura ambiente	40°C
• Classe di isolamento	A
• Metodo di raffreddamento	ONAN/ONOF
• Tipo d'olio:	minerale conforme CEI-EN 60296
• Altezza d'installazione	<=100 m
• Frequenza nominale	50 Hz
• Potenza nominale: ONAN/ONAF	80/100 MVA
• Tensioni nominali (a vuoto):	
- AT	150 kV
- MT	30 kV
• Regolazione tensione AT:	± 10x1,25 %
• Tipo di commutatore (CSC):	sotto carico (CEI EN 60214- 1)

• Collegamento fasi:	
- avvolgimento AT	Y stella (con neutro accessibile)
- avvolgimento MT	Δ triangolo
• Gruppo di collegamento	YNd11
• Classe d'isolamento:	
-Lato AT	
-Lato MT	
Tensione di Tenuta a Frequenza Industriale	
-Lato AT	
-Lato MT	
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico:	
-Lato AT	
-Lato MT	
Sovratemperature ammesse:	
- massima temperatura ambiente	40°C
- media avvolgimenti	65°C
- nucleo magnetico	75°C
PERDITE DI GARANZIE IEC	
PERDITE A VUOTO A Un	≤ 30 kV
CORRENTE A VUOTO A Un	0,2%
Perdite Cu a 75°C	≤ 165 kV
Tensione di corto circuito Vcc:	13%
Massimo livello presione sonora:	70 dB a 0,3 m

Sezionatore di linea, per la derivazione dalle sbarre condivise 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:	
o - valore efficace	31,5 kVA
o - 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 disezionamento	860 kV
Tensione di tenuta a frequenza di esercizio (1m)	
Contatti ausiliari disponibili	
- verso terra	325 kV
- sulla distanza di sezionamento	375 kV 4NA+4NC
Alimentazione circuiti ausiliari:	325 kV
- motore:	110 Vcc +10% -15%
- circuiti di comando:	110 Vcc +10% -15%
- resistenza di riscaldamento:	230 Vca
Isolatori tipo:	C6-750
linea di fuga:	25 mm/KV

Per ulteriori dettagli sui parametri tecnici della SE di Utenza si può far riferimento all'elaborato BS248-EU01 Relazione tecnica illustrativa opere Utente per la connessione alla RTN.

Componenti Principali della Stazione di Condivisione

<p>SEZIONE AT</p> <p>➤ 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norme di riferimento: CEI EN 62271 • Tensione nominale: 170 kV • Corrente nominale: 1250 A • Corrente nominale di breve durata: <ul style="list-style-type: none"> - 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: <ul style="list-style-type: none"> - verso massa 750 kV - sulla distanza di sezionamento 860 kV • Tensione di tenuta a frequenza di esercizio (1 min.): <ul style="list-style-type: none"> - verso terra 325 kV - sulla distanza di sezionamento 375 kV • Contatti ausiliari disponibili 4NA+4NC • Alimentazione circuiti ausiliari: <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>➤ Sezionatore tripolare verticale a tre colonne/fase, completo di comando motorizzato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norme di riferimento: CEI EN 62271 • Tensione nominale: 170 kV • Corrente nominale: 1250 A • Corrente nominale di breve durata: <ul style="list-style-type: none"> - valore efficace 31,5 kA - valore di cresta 80,0 kA 	<ul style="list-style-type: none"> • Durata ammissibile della corrente di breve durata 1 s • Tensione di prova ad impulso atmosferico: <ul style="list-style-type: none"> - verso massa 750 kV - sulla distanza di sezionamento 860 kV • Tensione di tenuta a frequenza di esercizio (1 min.): <ul style="list-style-type: none"> - verso terra 325 kV - sulla distanza di sezionamento 375 kV • Contatti ausiliari disponibili 4NA+ 4NC • Alimentazione circuiti ausiliari: <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>➤ 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;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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
<ul style="list-style-type: none"> - n° circuiti di chiusura: 1 • Tensioni di alimentazione ausiliaria: <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>➤ 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</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norme di riferimento CEI EN 60044-1 • 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: <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>➤ Trasformatori di tensione induttivi per esterno, per misure fiscali:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norme di riferimento CEI EN 60044-2 	<ul style="list-style-type: none"> • Tensione nominale 150 kV • Tensione massima di riferimento per l'isolamento: 170 kV • Isolamento SF6 • Fattore di tensione nominale (funzionamento x 30 s) 1.5 • Tensione di tenuta a frequenza industriale: 325 kV • Tensione di tenuta ad impulso atmosferico: 750 kV • Rapporto: 150.000:v3/100:v3 • Prestazioni e classi di precisione: <ul style="list-style-type: none"> • N° 1 Nucleo misure 10 VA cl. 0.2 cert. UTF • Linea di fuga isolatori: 25 mm/kV <p>➤ Trasformatori di tensione capacitivi per misure e protezione:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norme di riferimento CEI EN 60044-2 • Tensione nominale 150 kV • Tensione massima di riferimento per l'isolamento: 170 kV • Isolamento carta-olio • Capacità 4000 µF • Fattore di tensione nominale (funzionamento x 30 s): 1.5 • Tensione di tenuta a frequenza industriale: 325 kV • Tensione di tenuta ad impulso atmosferico: 750 kV • Rapporto: 150000:v3/100:v3 100:v3-100:3 • Prestazioni e classi di precisione: <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>➤ Scaricatori di sovratensione, per esterno ad ossido di zinco completi di condensatrici 170KV 10KA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norme di riferimento: CEI EN 60099 • Tensione nominale: 150 kV • Tensione di riferimento per l'isolamento: 170 kV • Tensione residua con onda 8/20 µs a corrente di scarica di: <ul style="list-style-type: none"> 5 kA 322 kV 10 kA 339 kV

<ul style="list-style-type: none"> • Tensione residua con onda 30/60 IIs a corrente di scarica di: <table border="0"> <tr><td>20 kA</td><td>373 kV</td></tr> <tr><td>0,5 kA</td><td>277 kV</td></tr> <tr><td>1 kA</td><td>286 kV</td></tr> <tr><td>2 kA</td><td>297 kV</td></tr> </table> • 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 <p>SEZIONE BT</p> <p>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.</p> <p>SISTEMA DI DISTRIBUZIONE IN CORRENTE ALTERNATA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il sistema di distribuzione in corrente alternata sarà costituito da: <table border="0"> <tr><td>o n. 1 gruppo elettrogeno</td><td>15 kW, 0,4 kV</td></tr> <tr><td>o n. 1 quadro di distribuzione</td><td>400 / 230 Vc.a.</td></tr> </table> • I carichi alimentati in corrente alternata saranno i seguenti: <ul style="list-style-type: none"> 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 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. <p>SISTEMA DI DISTRIBUZIONE IN CORRENTE CONTINUA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il sistema di distribuzione in corrente continua è costituito da: Una stazione di energia composta da: 	20 kA	373 kV	0,5 kA	277 kV	1 kA	286 kV	2 kA	297 kV	o n. 1 gruppo elettrogeno	15 kW, 0,4 kV	o n. 1 quadro di distribuzione	400 / 230 Vc.a.	<ul style="list-style-type: none"> o n. 1 raddrizzatore carica batteria a due rami 110 V cc o n. 1 inverter con by pass completo di interruttori di distribuzione 230 V ac o n. 1 batteria di accumulatori al piombo, tipo ermetico, 110 V cc • Un quadro di distribuzione in corrente continua i cui carichi alimentati saranno i seguenti: <ul style="list-style-type: none"> o motori sezionatori AT, 110 V cc o motori interruttori AT e MT, 110 V cc o bobine apertura e chiusura, 110 V cc o segnalazione, comandi, allarmi dei quadri protezione, comando e controllo, 110 V cc. o i carichi in corrente alternata 230 V ac che non sopportano buchi di tensione, quali Scada e modem. <p>2.2 SISTEMA PROTEZIONE, CONTROLLO, MISURE E TELECONTROLLO</p> <p>Quadro comando, protezioni e controllo costituito come di seguito descritti.</p> <p>SEZIONE PROTEZIONI AT</p> <p>Protezione a microprocessore avente le seguenti funzioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S0 protezione di massima corrente ad azione rapida; • S1 protezione di massima corrente ad azione ritardata; • S1N protezione di massima corrente omopolare ritardata • 27 protezione di minima tensione; • S9 protezione di massima tensione; • S9V0 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
20 kA	373 kV												
0,5 kA	277 kV												
1 kA	286 kV												
2 kA	297 kV												
o n. 1 gruppo elettrogeno	15 kW, 0,4 kV												
o n. 1 quadro di distribuzione	400 / 230 Vc.a.												

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 1250 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	6,34
Servizi Ausiliari	3x10	27,10	0,0109	0,199

Figura 5-1 Distanza prima approssimazione da cabine di trasformazione MT/BT

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

5.1. 4 Linee MT in corrente alternata

L'impianto fotovoltaico è suddiviso in 6 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
1	6.874	8.941	1.3	681	2	Nr. 2 da 3.437
2	20.622	26.811,46	1.3	2043	6	Nr.6 da 3.437
3	13.748	15.191,41	1.1	1363	4	Nr.4 da 3.437
4	9.999	14.101,62	1.41	990	3	Nr.1 da 3.125 Nr.2 da 3.437
5	3.437	3.545,1	1.03	342	1	Nr.1 da 3.437
6	8.560	12.197,77	1.42	929	3	Nr.3 da 3.125
TOTAL E	63.240	80.788,89		6.348	19	

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 del parco eolico 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)

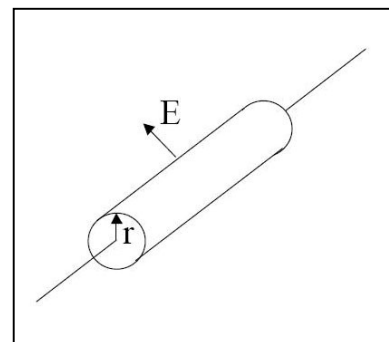
dove:

E = intensità del campo elettrico

ρ = densità di carica lineare

ϵ_0 = costante dielettrica o permittività nel vuoto $[(8,85418 \pm 0,00002)10^{-12} \text{ F/m}]$

r = raggio del conduttore



Campo elettrico generato da un conduttore percorso da corrente

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

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

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

ritenendo trascurabile il termine:

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

si ha:

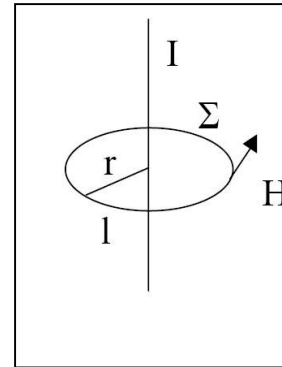
$$\nabla \times \bar{H} = \bar{J}$$

quindi nel caso di conduttore rettilineo percorso da corrente:

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

da cui:

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



Campo magnetico generato da un conduttore percorso da corrente

dove:

\mathbf{B} = intensità campo magnetico

I = intensità di corrente

d = distanza del punto di calcolo dal conduttore

\mathbf{u}_I = versore della corrente

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

μ_0 = permeabilità magnetica nel vuoto ($4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m)

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

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

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 :

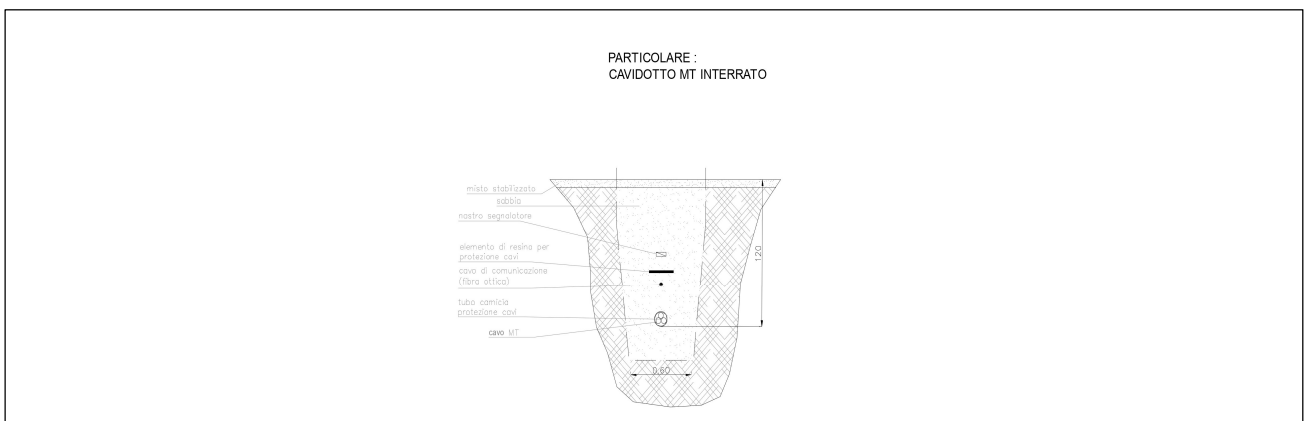


Figura 5-2 Particolare costruttivo posa cavidotto MT 30 kV singola terna

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

Elenco Tratte	Sezione Conduttore	Tipo	Corrente I [A]	B [μ T]
POWER STATION PS1 – Cab // 1	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,58	2,6
POWER STATION PS2 – Cab // 1	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,58	2,6
POWER STATION PS3 – Cab // 2	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,58	2,6
POWER STATION PS4 – Cab // 2	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,58	2,6
POWER STATION PS5 – Cab // 2	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,58	2,6
POWER STATION PS6 – Cab // 2	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,58	2,6
POWER STATION PS7 – Cab // 2	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,58	2,6
POWER STATION PS8 – Cab // 2	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,58	2,6
POWER STATION PS9 – Cab // 3	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,65	2,7
POWER STATION PS10 – Cab // 3	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,65	2,7
POWER STATION PS11 – Cab // 3	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,65	2,7
POWER STATION PS12 – Cab // 3	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	95,65	2,7
POWER STATION PS13 – Cab // 4	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	71,27	2,2
POWER STATION PS14 – Cab // 4	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	71,27	2,2
POWER STATION PS15 – Cab // 4	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	71,27	2,2
POWER STATION PS16 – Cab // 5	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	73,49	2,3
POWER STATION PS17 – Cab // 6	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	64,15	2,1
POWER STATION PS18 – Cab // 6	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	64,15	2,1
POWER STATION PS19 – Cab // 6	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	54,74	1,8
LINEA 4- Tratto : Cab//4 – Cab // 1	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	277,96	4,47
LINEA 5- Tratto : Cab//5 – Cab // 3	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	96,02	4,45
LINEA 6 - Tratto : Cab//6 – Cab // 2	1x(3x1x) 240 mm ²	Al	260,86	4,45

Dai risultati ottenuti si osserva che la quasi totalità delle linee MT di collegamento tra le cabine di trasformazione all'interno dei campi fino alle cabine di parallelo rispettano l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ in corrispondenza del piano di campagna. Solo per i tratti che riguardano la **Linea 4** e la **Linea 6** risulta che vengono superati i valori di $3 \mu\text{T}$ per cui per tali linee sono state calcolate le distanze di prima approssimazione. Le fasce di rispetto sono da definirsi in conformità alla metodologia di calcolo emanata dal decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29 maggio 2008 e pubblicato sulla G.U. n. 156 del 05.07.08 nel supplemento ordinario della G.U. n° 160. Il decreto suddetto definisce "fascia di rispetto" lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità come prescritto dall'art. 4, comma 1 lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore. L'art. 4 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa **"l'obiettivo di qualità" in $3 \mu\text{T}$** per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. Per la determinazione della fascia di rispetto relativa al cavidotto MT interrato si individua la distanza dall'asse del cavo in corrispondenza della quale si raggiunge il valore **$3 \mu\text{T}$** . Di seguito la tabella riassuntiva e la rappresentazione grafica dei valori del campo magnetico in funzione della distanza. I valori restituiti sono illustrati mediante una curva, i cui profili laterali descrivono i valori dell'induzione magnetica relativi alla configurazione del cavidotto in esame. I valori delle ascisse, sono espressi in metri ed indicano la distanza dal punto di origine del sistema cartesiano di riferimento, mentre l'ordinata è espressa in μT e rappresenta il valore del campo magnetico calcolato in corrispondenza delle relative distanze. Si evidenzia che il valore di $3 \mu\text{T}$ si ottiene per la **LINEA 4** a una distanza dall'asse del cavidotto di circa 1,5 metri e per la **LINEA 6** una distanza dall'asse di **1,5 metri**

Distanza in metri dall'asse del cavidotto	B[μT]
0	6,469388693
1	3,590468189
2	2,394622649
3	1,783565359
4	1,417813741
5	1,175482448
6	1,003462987
7	0,875159017
8	0,775839963
9	0,696706972
10	0,632187269

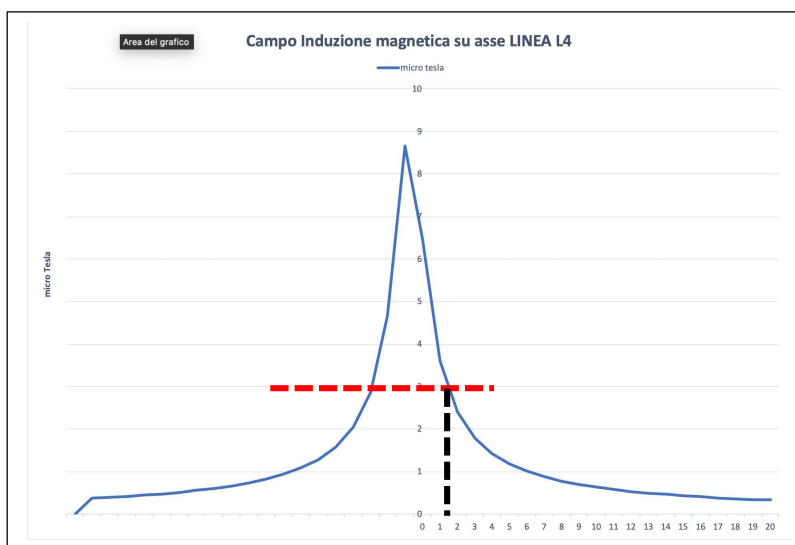


Figura 5-3 Valori induzioni magnetica ad altezza piano campagna al variare della distanza dall'asse a cavallo del cavidotto LINE 4

Distanza in metri dall'asse del cavidotto	B[μ T]
0	6,07139421
1	3,369583867
2	2,247306319
3	1,673841054
4	1,330590346
5	1,103167188
6	0,941730302
7	0,821319546
8	0,728110565
9	0,653845807
10	0,593295334

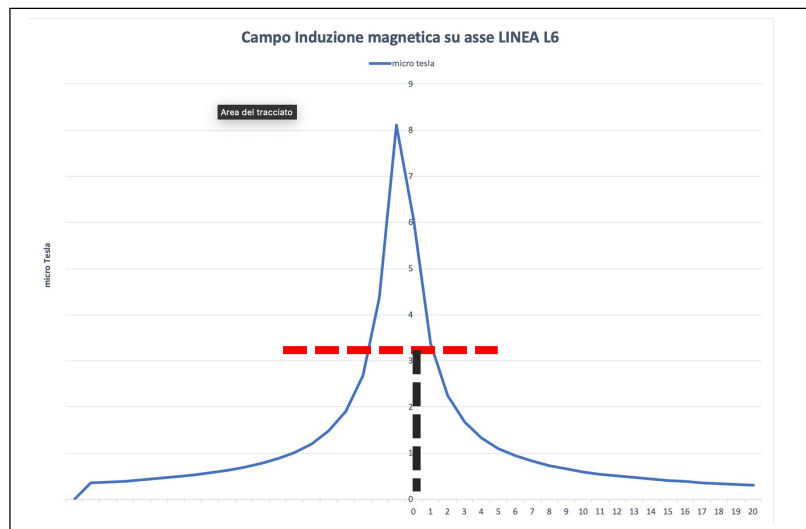


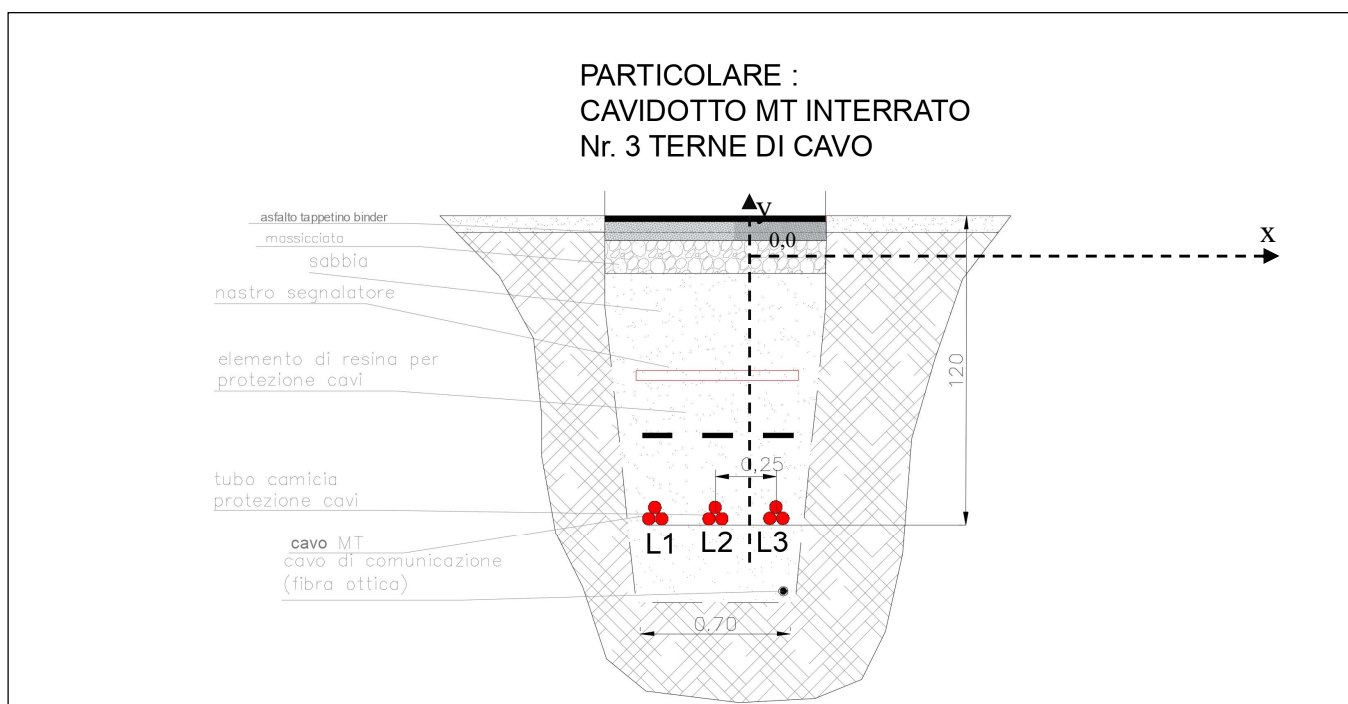
Figura 5-4 Valori induzioni magnetica ad altezza piano campagna al variare della distanza dall'asse a cavallo del cavidotto LINEA 6

Pertanto il valore della DPA per tali linee risulta mantenendo l'ordine del metro pari a :

DPA per la Linea 4 = \pm 2 metro

DPA per la Linea 6 = \pm 2 metro

Il calcolo dei valori di induzione magnetica dei cavidotti che partono dalle cabine di paralle **CB// 1, CB//2 e CB// 3** e vanno verso la sottostazione elettrica di utenza è stato effettuato considerando l'effetto cumulativo delle tre terne di cavidotti. Si è considerata la configurazione di posa a trifoglio delle 3 terne di cavidotto posate a 1,2 metri di profondità e i cui baricentri distano uno dall'altro di 250 mm .



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 mm² – Corrente massima trasportata a 360 A

Linea L2 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 3x1x400 mm² – Corrente massima trasportata a 624 A

Linea L3 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 3x1x400 mm² – Corrente massima trasportata a 367,44 A,

sono stati ricavati i seguenti risultati :

PARALLELISMO TRA LINEE				
DISTANZA DALL'ASSE DI SCAVO 3 TERNE CAVIDOTTI	CAMPO INDUZIONE MAGNETICA LINEA L1- B[μ T]	CAMPO INDUZIONE MAGNETICA LINEA L2 B[μ T]	CAMPO INDUZIONE MAGNETICA LINEA L3 B[μ T]	CAMPO INDUZIONE MAGNETICA TOTALE L1+L2+L3 B[μ T]
-20	0,06863512	0,15862338	0,07005358	0,29731208
-19	0,07238835	0,12547314	0,07388438	0,27174587
-18	0,07657541	0,13273071	0,07815797	0,28746408
-17	0,08127604	0,14087847	0,08295575	0,30511026
-16	0,08659079	0,15009070	0,08838033	0,32506183
-15	0,09264824	0,16059028	0,09456297	0,34780150
-14	0,09961551	0,17266688	0,10167423	0,37395661
-13	0,10771380	0,18670392	0,10993989	0,40435761
-12	0,11724221	0,20321982	0,11966521	0,44012724
-11	0,12861514	0,22293291	0,13127319	0,48282124
-10	0,14242369	0,24686773	0,14536711	0,53465853
-9	0,15954053	0,27653692	0,16283770	0,59891516
-8	0,18130928	0,31426942	0,18505634	0,68063505
-7	0,20990902	0,36384230	0,21424714	0,78799845
-6	0,24911515	0,43179960	0,25426353	0,93517829
-5	0,30606025	0,53050444	0,31238550	1,14895019
-4	0,39589913	0,68622516	0,40408105	1,48620535
-3	0,55659000	0,96475599	0,56809286	2,08943885
-2	0,90576583	1,56999410	0,92448499	3,40024491
-1	1,68318432	2,91751949	1,71797013	6,31867394
0	1,25968284	2,18345025	1,28571628	4,72884937
1	0,69834738	1,21046880	0,71277989	2,62159607
2	0,46554980	0,80695299	0,47517116	1,74767395

3	0,34667878	0,60090988	0,35384347	1,30143212
4	0,27555347	0,47762602	0,28124824	1,03442774
5	0,22843888	0,39596073	0,23315995	0,85755957
6	0,19499910	0,33799844	0,19902908	0,73202662
7	0,17005982	0,29477036	0,17357439	0,63840457
8	0,15075591	0,26131024	0,15387153	0,56593768
9	0,13537626	0,23465218	0,13817403	0,50820247
10	0,12283727	0,21291793	0,12537591	0,46113111
11	0,11241992	0,19486120	0,11474327	0,42202439
12	0,10362859	0,17962288	0,10577024	0,38902171
13	0,09611064	0,16659178	0,09809693	0,36079935
14	0,08960843	0,15532128	0,09146034	0,33639006
15	0,08392935	0,14547754	0,08566389	0,31507078
16	0,07892654	0,13680601	0,08055769	0,29629024
17	0,07448610	0,12910924	0,07602548	0,27962082
18	0,07051831	0,12223175	0,07197569	0,26472575
19	0,06695159	0,11604941	0,06833525	0,25133625
20	0,06372807	0,11046198	0,06504511	0,23923516

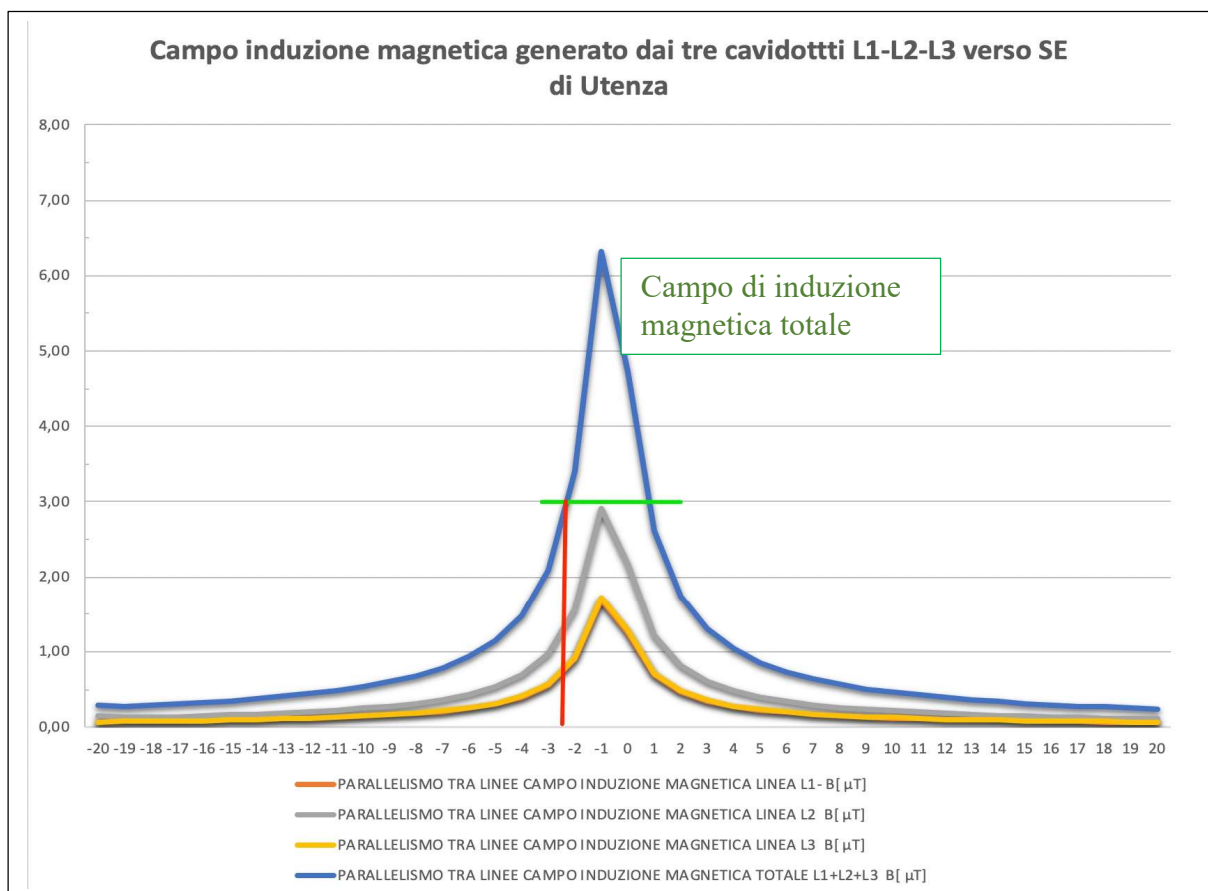


Figura 5-5 Campo induzione elettromagnetica generata dai 3 cavidotti L₁, L₂, L₃, verso SE di Utenza

Come si evince dai risultati numerici e dal grafico su riportato, il campo di induzione magnetica sul piano di campagna dato dall'effetto cumulativo del campo generato dalle tre terne di cavo delle linee L1 -L2 e L3 di arrivo alla sottostazione elettrica SE di Utenza scende sotto il valore dei $3\mu\text{T}$ a una distanza di oltre 1,5 metri dall'asse di scavo del cavidotto. Pertanto il valore della DPA per tali linee risulta mantenendo il valore al metro, essere pari a:

DPA per le Linee L1-L2-L3 = ± 3 metri a cavallo dell'asse del cavidotto.

E' da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico, che, come detto, è pari a 1.472,39 A nelle condizioni di massima erogazione, per tutte e tre le terne. Tale valore di picco viene raggiunto solo in alcune ore del giorno e in alcuni mesi dell'anno quando l'irraggiamento solare raggiunge i valori massimo nel sito preso in considerazione. 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 elettrica RTN "Rotello", 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. Il cavo sarà posato, lungo il tracciato, in configurazione a trifoglio, con schermi collegati con il sistema "cross bonding", temperatura del conduttore non superiore a 90° , profondità di posa 1,70 m, temperatura del terreno 20°C , resistività termica del terreno $1,5^\circ\text{Cxm/W}$. Con le ipotesi di cui sopra la corrente nominale in regime permanente, rilevata dalla scheda tecnica riportata nella relazione tecnica BS248-EU02-R è pari 1045 A.

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 mm² percorsa da corrente massima pari a 1045 A;

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

PARTICOLARE POSA CAVO AT INTERRATO

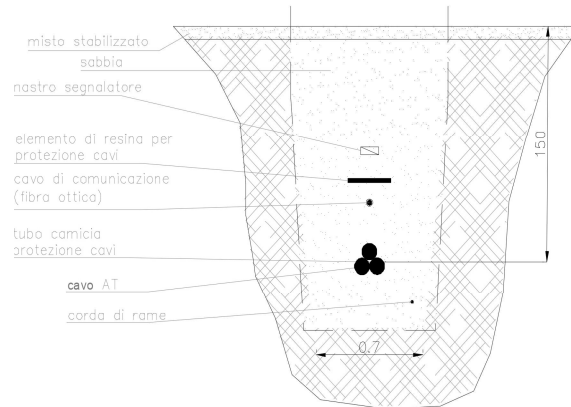


Figura 5-6 Particolare posa cavidotto interrato

LINEA AT - Cavidotto AT ad una terna di sezione 1600 mm² interrata a 1.5 m dal piano di campagna

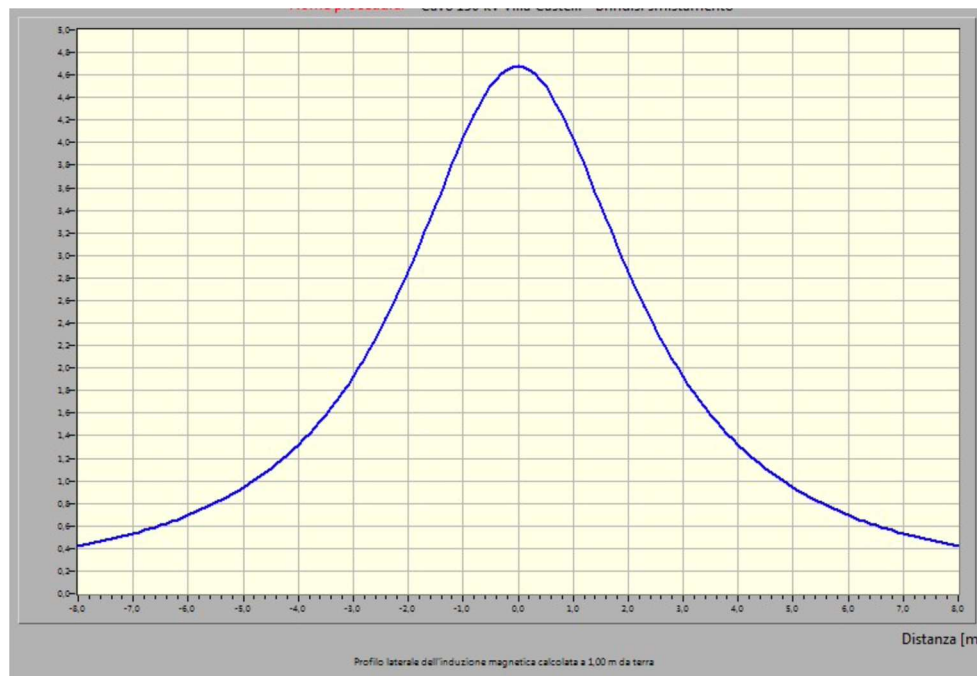
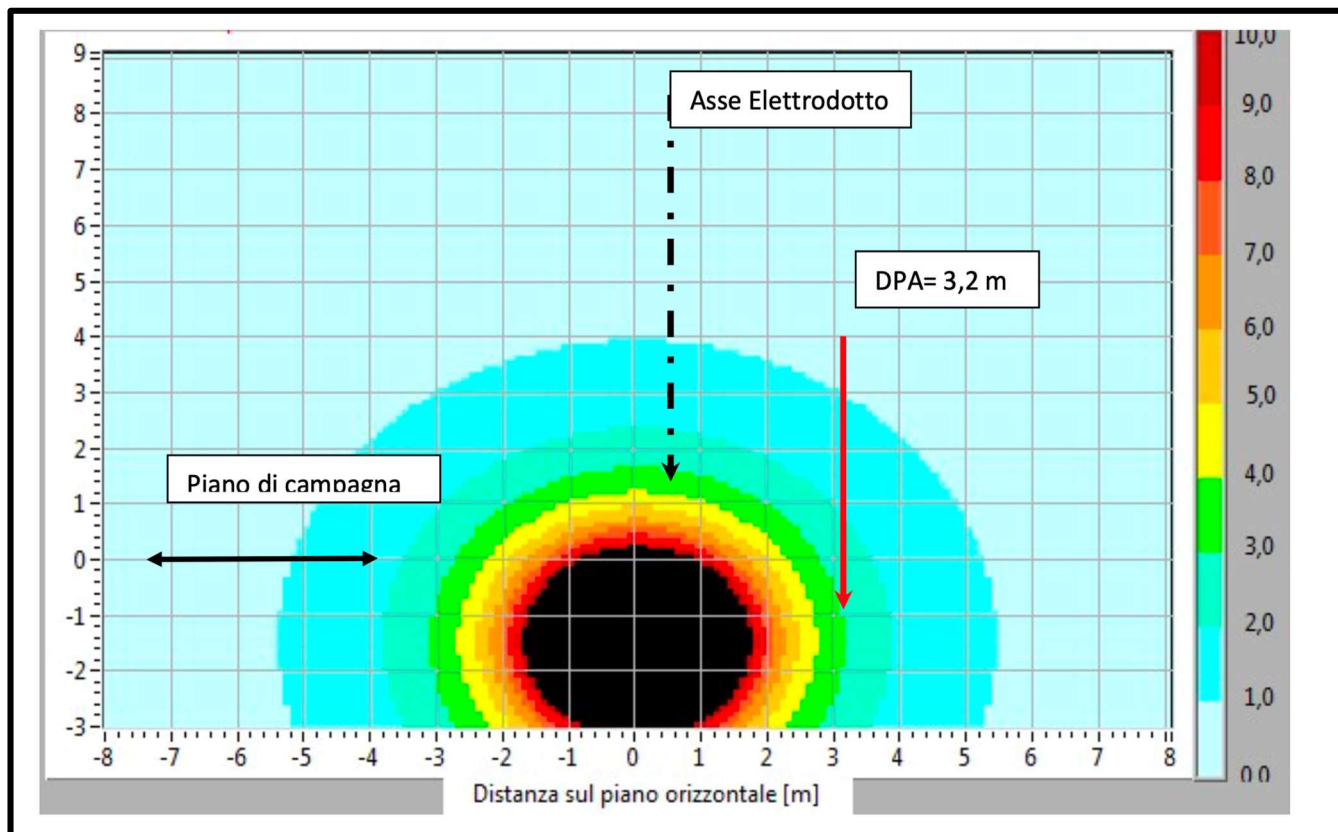


Fig. 3 Profilo laterale induzione magnetica (B) sezione tipo con indicazione della DPA - V=150 kV I = 1045 A

Dal grafico si riscontra che valori di campo magnetico a quota 1 metro sul piano terreno vale 4,7 μ T inferiore al limite di esposizione pari a 100 μ T.

La mappa verticale dell'induzione magnetica a quota conduttori è la seguente:



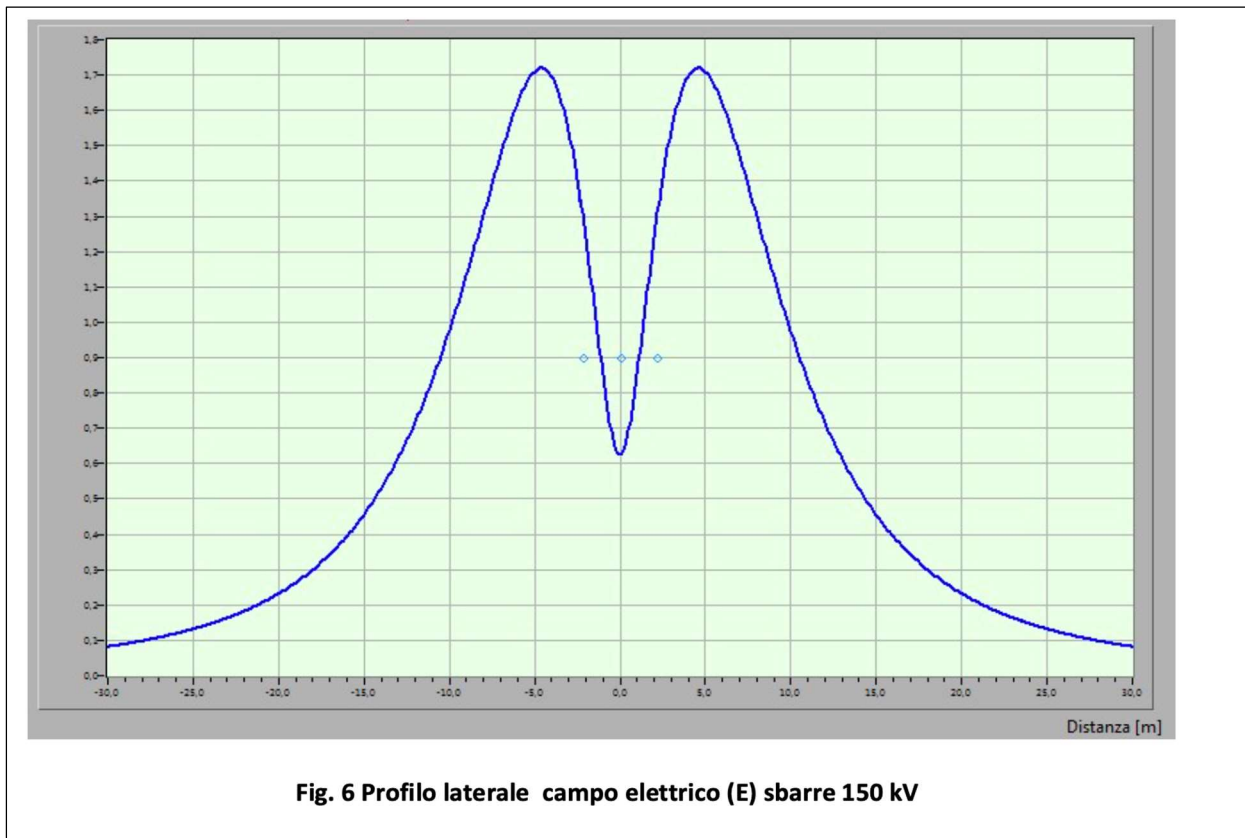
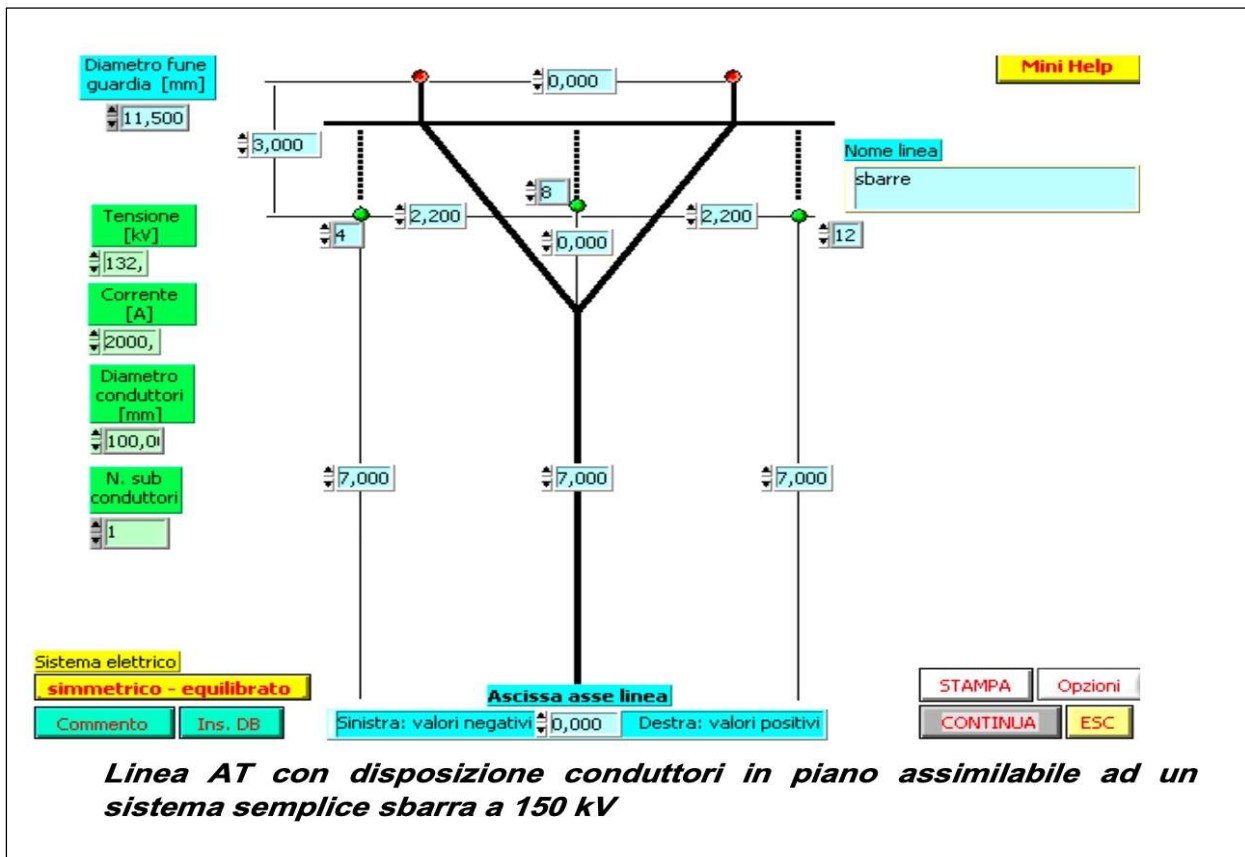
Mappa verticale induzione magnetica (B) sezione tipo con indicazione della DPA - V=150 kV I = 910 A

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

Si osserva quindi che la Dpa (distanza alla quale il valore di induzione magnetica è pari a 3 μ T) è di 3,20 m a sinistra e a destra dall'asse e pertanto la fascia di rispetto per tutto questo tratto vale circa 6,4 m quindi +/-4 m centrata in asse linea (arrotondamento per eccesso della DPA)

5.1.6 STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA

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



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:

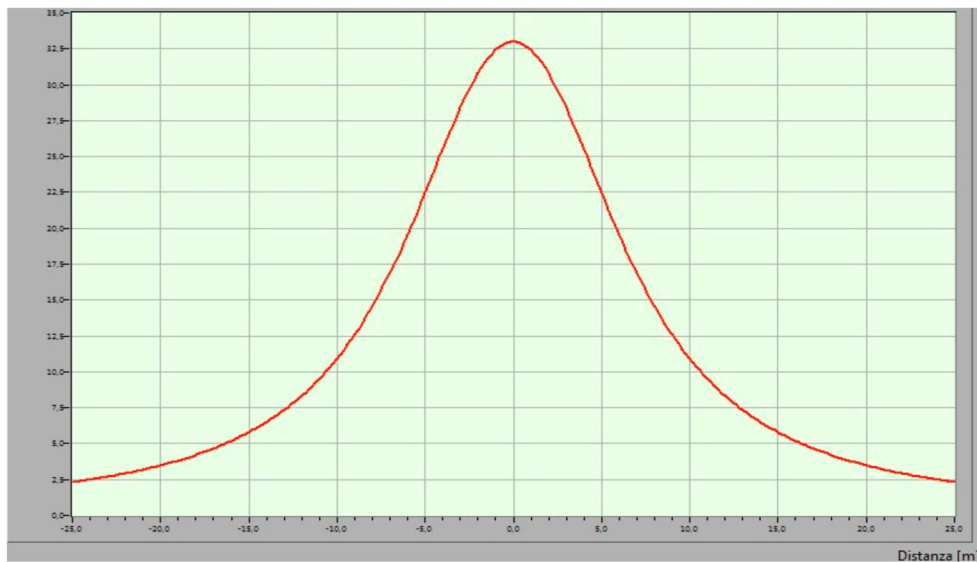


Fig. 7 Profilo laterale induzione magnetica (B) sbarre 150 kV

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

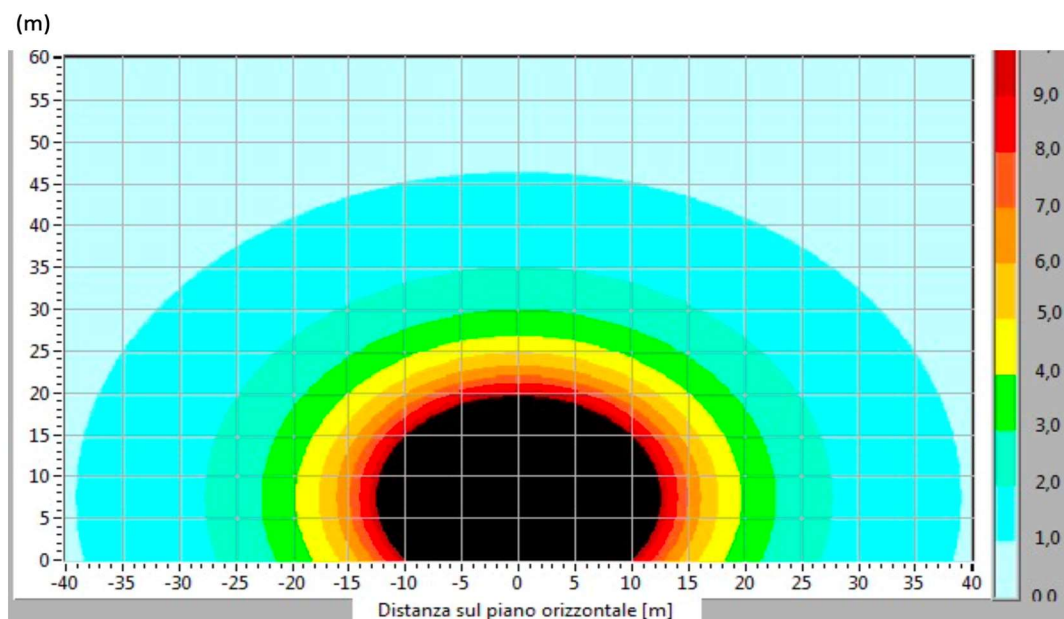


Fig. 8 Mappa verticale induzione magnetica (B) sbarre 150 kV

Dai diagrammi si evince che i 3 μ 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.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 μ T, sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza dei cavidotti MT esterni e del cavidotto AT; d'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva variabile da 1 m a 3 m a cavallo della mezzeria di tutto il cavidotto MT, della lunghezza di circa 11 km e di 4 m a cavallo della mezzeria del cavidotto AT che avrà una lunghezza di circa 1200 m. D'altra parte trattandosi di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsissimamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003. La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 6,34 m attorno alle cabine di trasformazione ed alla cabina di impianto, oltre che nelle immediate vicinanze della stazione di utenza AT/MT e del breve cavidotto AT. Infatti, anche per la stazione d'utenza, ad eccezione che in corrispondenza degli ingressi e delle uscite linea, al di fuori della recinzione della stazione, i valori di campo magnetico sono inferiori ai limiti di legge.

7 CONCLUSIONI

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete di 50 Hz degli elettrodotti". In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 150 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione. Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione. Infatti per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente ai cavidotti MT, in tutti i tratti interni realizzati mediante l'uso di cavi elicordati, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea. Per quanto concerne i tratti esterni, realizzati mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a 3 m e, sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno. Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al 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. Lungo il tracciato del cavidotto AT l'obiettivo di qualità si raggiunge a 4 metri (DPA) dalla linea di mezzeria del cavidotto, in tale fascia non ricadono ricettori sensibili e si esclude la permanenza di persone per più di 4 ore al giorno in quanto il cavidotto è posizionato lungo una strada comunale. Considerando che nelle cabine di trasformazione e nella cabina d'impianto non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.

ALLEGATI : IT_SMR_11.1_REV3_TAVOLA DI RAPPRESENTAZIONE DELLA DPA SCALA 1:10.000

Capaccio Paestum , LI 15 marzo 2022

IL TECNICO

Ing. Marsicano Giovanni