

COMMITTENTE IBERDROLA RENEVABLES ITALIA S.P.A. Piazzale dell'industria , 40 – 0144 Roma (RM)		COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
ELABORAZIONI I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con socio unico – Via Michele Giua s.n.c. ZI CACIP, 09122 Cagliari Tel./Fax +39.070.658297 Web www.iatprogetti.it		PAGINA 1 di 24



IMPIANTO AGRIVOLTAICO “MERCURIA”

- COMUNE DI BENETUTTI (SS) -




OGGETTO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE		
PROGETTAZIONE I.A.T. CONSULENZA E PROGETTI S.R.L. ING. GIUSEPPE FRONGIA	Gruppo di lavoro: Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile) <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Ing. Marianna Barbarino Ing. Enrica Batzella Dott. Pian. Terr. Andrea Cappai Dott. Agronomo Federico Corona Ing. Paolo Desogus Pian. Terr. Veronica Fais Ing. Antonio Dedoni (Rumore) Dott. Geol. Mauro Pompei Dott. Fabio Mancosu Dott. Nat. Maurizio Medda (Fauna) Ing. Gianluca Melis </td> <td style="width: 50%;"> Dott. Fabrizio Murru Dott. Nat. Alessio Musu Pian. Terr. Eleonora Re Ing. Elisa Roych Dott.ssa Anna Luisa Sanna (Archeologia) Agr. Dott. Nat. Fabio Schirru (Flora e vegetazione) </td> </tr> </table>	Ing. Marianna Barbarino Ing. Enrica Batzella Dott. Pian. Terr. Andrea Cappai Dott. Agronomo Federico Corona Ing. Paolo Desogus Pian. Terr. Veronica Fais Ing. Antonio Dedoni (Rumore) Dott. Geol. Mauro Pompei Dott. Fabio Mancosu Dott. Nat. Maurizio Medda (Fauna) Ing. Gianluca Melis	Dott. Fabrizio Murru Dott. Nat. Alessio Musu Pian. Terr. Eleonora Re Ing. Elisa Roych Dott.ssa Anna Luisa Sanna (Archeologia) Agr. Dott. Nat. Fabio Schirru (Flora e vegetazione)
Ing. Marianna Barbarino Ing. Enrica Batzella Dott. Pian. Terr. Andrea Cappai Dott. Agronomo Federico Corona Ing. Paolo Desogus Pian. Terr. Veronica Fais Ing. Antonio Dedoni (Rumore) Dott. Geol. Mauro Pompei Dott. Fabio Mancosu Dott. Nat. Maurizio Medda (Fauna) Ing. Gianluca Melis	Dott. Fabrizio Murru Dott. Nat. Alessio Musu Pian. Terr. Eleonora Re Ing. Elisa Roych Dott.ssa Anna Luisa Sanna (Archeologia) Agr. Dott. Nat. Fabio Schirru (Flora e vegetazione)		

Cod. pratica 2023/0411

Nome File IBER-AVB-RP3_Relazione di calcolo della DPA da linee e cabine elettriche.docx


REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEG.	CONTR.	APPR.
0	15/02/2024	Emissione	FM	GF	IBER

Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della I.A.T. Consulenza e progetti s.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 2 di 24

INDICE

1	PREMESSA	3
2	PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	5
4.3	Cavidotto MT di collegamento impianto FV – SSE Utente condivisa.....	14
4.4	Cabine di conversione e trasformazione MT/BT.....	15
4.5	Cabina di raccolta MT.....	16
5	CALCOLO DPA STALLO AT STAZIONE ELETTRICA PRODUTTORE	17
6	CALCOLO DPA CAVO AT CONNESSIONE SSE UTENTE – SE TERNA	18
7	PRESENZA DI PERSONE NELL’IMPIANTO	20
9.1	Norme legislative	23
9.2	Norme tecniche.....	23
9.3	Guide ENEL.....	23
9.4	Altri riferimenti bibliografici	23

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 3 di 24

1 PREMESSA

La Iberdrola Renovables Italia S.p.a, con sede in Piazzale dell'industria n. 40 – 0144 Roma (RM), intende realizzare un impianto agrivoltaico con moduli fotovoltaici installati su inseguitori solari monoassiali ubicato in Comune di Benetutti (Città Metropolitana di Sassari), denominato "Mercuria".

La centrale solare in progetto avrà una potenza nominale AC di 31,25 MW, data dalla somma delle potenze nominali dei singoli inverter, e sarà costituita da n. 749 inseguitori monoassiali (di cui n. 124 da 2x14 moduli FV, n. 110 da 2x28 moduli FV e n.515 da 2x42 moduli FV) per una potenza lato DC pari a 37,024 MW_P.

Il preventivo di connessione con codice pratica n. 202202123 prevede che l'impianto venga collegato in antenna sulla sezione a 150 kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) di smistamento della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) da inserire in entra-esce alla linea RTN a 150 kV "Bono-Buddusò" previo potenziamento/rifacimento della linea RTN a 150 kV "Chilivani-Siniscola 2" e realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV tra la SE di Santa Teresa e la nuova SE Buddusò.

La progettazione delle opere finalizzate alla connessione dell'impianto alla RTN ha previsto la realizzazione di una Sottostazione Elettrica (SSE) di trasformazione 150/30 kV asservibile a più impianti, di cui la stessa Iberdrola Renovables ed eventuale Produttore futuro, che costituiranno una connessione in condominio di alta tensione condividendo lo stallo cavo AT, il cavidotto AT e lo stallo produttore nella futura SE di smistamento.


L'energia prodotta dall'impianto, a seguito della trasformazione al livello di Alta Tensione (150 kV) per mezzo del trasformatore 30/150 kV dedicato da 40 MVA, verrà convogliata tramite il cavo interrato AT verso la sezione a 150 kV della nuova Stazione di Terna, prevista nelle adiacenze della SSE Utente.

L'elettrodotto AT a 150 kV per il collegamento della centrale alla futura SE di smistamento costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.


La presente relazione, in conformità al procedimento per il calcolo della fascia di rispetto di cui al § 5.1.3 del D.M. 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), fornisce una valutazione previsionale dei campi elettromagnetici associati all'esercizio delle opere impiantistiche relative alla messa in esercizio delle infrastrutture elettriche necessarie, stimando quantitativamente i valori delle fasce di rispetto (distanza di prima approssimazione - DPA) dalle opere previste dal progetto.

La determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle opere elettromeccaniche che insistono sulla porzione di territorio interessata dal progetto è stata condotta in accordo con i seguenti criteri:

- sono stati considerati i dati caratteristici delle linee e si è assunta come portata in corrente circolante nelle linee, la relativa "corrente in servizio normale" così come definita all'interno della norma CEI 11-60 per le parti aeree e la CEI 11-17 per le linee in cavo;

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 4 di 24

- le linee sono schematizzate secondo quanto previsto dalla norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- delimitazione delle regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a 3 μ T (art. 4 DPCM 8 luglio 2003, obiettivi di qualità);
- le proiezioni verticali a livello del suolo di dette superfici determinano le fasce di rispetto arrotondando all'intero più vicino le dimensioni espresse in metri. Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 5 di 24

2 PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo di qualità (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).


Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al D.M. 29 maggio 2008 (*Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA) nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di realizzazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati.

Al fine di facilitare la lettura della presente relazione si richiamano le seguenti definizioni:

Fascia di rispetto: Spazio circostante un elettrodotto (Figura 2.1) che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, con induzione magnetica maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μ T), alla portata in corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60 (DPCM 08-07-03, art. 6 c. 1).

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 6 di 24

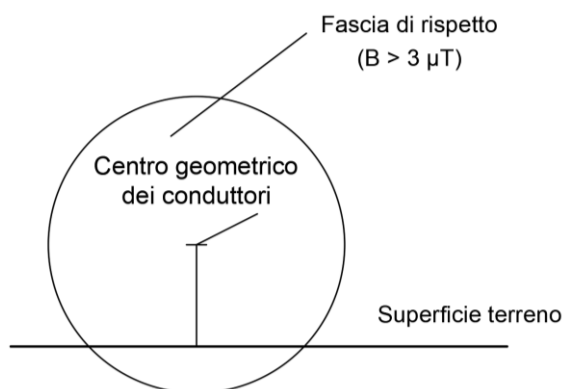


Figura 2.1 - Fascia di rispetto intorno all'elettrodotto

All'interno della fascia di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a 4 ore (Legge 36/01, art. 4, c. 1, lettera h) giornaliere.

Per la determinazione delle fasce di rispetto si deve far riferimento a:

- obiettivo di qualità ($B = 3 \mu T$);
- portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata (per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17).

Distanza di prima approssimazione (DPA): Garantisce che ogni punto distante dall'elettrodotto più di DPA si trovi all'esterno della fascia di rispetto (Figura 2.2).

Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea (rappresenta una semi-fascia). Mentre per le cabine elettriche è intesa come la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti (tetto e pavimento compresi).

All'interno della DPA sono individuabili anche aree che in condizioni di esercizio normali presentano una induzione magnetica $< 3 \mu T$.

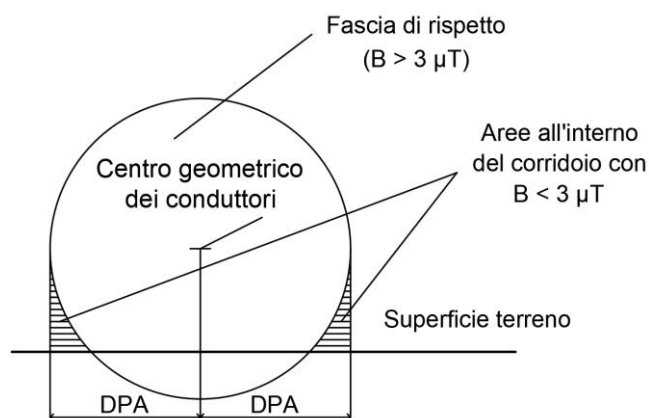



Figura 2.2 - Calcolo della DPA per un elettrodotto

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 7 di 24

Elettrodotto: insieme delle linee elettriche per il trasporto dell'energia elettrica;

Linea: collegamenti con conduttori elettrici, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione;

Tronco: collegamento metallico che permette di unire due impianti (compresi gli allacciamenti);


Tratta: porzione di tronco di linea avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, meccanico e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN;

Impianto: officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla trasformazione e/o conversione dell'energia elettrica transitante (Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie e Cabine utente).

Il DM 29.05.08 fornisce quindi le procedure per il calcolo delle fasce di rispetto delle linee elettriche, esistenti ed in progetto, in particolare, secondo quanto previsto al § 3.2, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrato, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee in corrente continua);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i..

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 8 di 24


3 OPERE DA REALIZZARE E ASSOGGETTAMENTO AL DM 29.05.08

Per quanto riguarda l'assoggettamento al D.M. 29.05.08 delle opere da realizzare nell'impianto fotovoltaico in questione, esso è suddivisibile nelle seguenti sezioni:

1. sezione impianto di generazione realizzata con moduli fotovoltaici e distribuzione elettrica in corrente continua, a tensione minore di 1500 V c.c., tramite conduttori isolati;
2. sezione di conversione tramite inverter per passaggio da corrente continua a corrente alternata trifase in bassa tensione, 800 V – 50 Hz;
3. sezione di elevazione della tensione per raggiungere il valore di MT a 30 kV - 50 Hz per la connessione delle cabine di trasformazione (tramite trasformatore elevatore) e distribuzione con conduttori interrati;
4. sezioni di distribuzione dell'energia, realizzata mediante cavo interrato esercito a 30 kV, tra la cabina di raccolta d'impianto posta ai confini dell'impianto FV fino alla Sottostazione Elettrica (SSE) di trasformazione 150/30 kV in condivisione con altro Produttore.

Tenuto conto di quanto espresso precedentemente, la progettazione dell'impianto fotovoltaico in esame prevede quindi la realizzazione delle seguenti opere assoggettabili al DM 29.05.08:

- cavidotti per la interconnessione delle cabine di conversione e trasformazione interne all'impianto con percorso interrato;
- cavidotto interrato di MT per la connessione della cabina di raccolta dell'impianto alla SSE Utente;
- cavidotto AT 150 kV;
- cabine di conversione e trasformazione;
- cabina di raccolta.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 9 di 24

4 FASCE DI RISPETTO E DPA SECONDO DM 29.05.08


Nella valutazione delle DPA per le opere strumentali all'impianto fotovoltaico in esame si fa riferimento ai valori di DPA indicati nella norma CEI 106-11 e alle elaborazioni con il software Magnetic Induction Calculation (MAGIC) della società Be Shielding s.r.l, che raccoglie diversi moduli di calcolo dei campi magnetici associabili alle varie tipologie di sorgenti. La modellizzazione delle sorgenti fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed è bidimensionale per le linee elettriche e tridimensionale per le cabine elettriche.

I valori di DPA sono altresì determinati con riferimento alla Guida ENEL "Campi magnetici da correnti a 50 Hz - Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" in cui si considera la portata in corrente in servizio normale o la portata dell'elettrodotto in progetto fornendo la fascia di rispetto con un'approssimazione ≤ 1 m, arrotondando comunque i valori ottenuti al mezzo metro superiore.

4.1 Valutazione DPA cavidotti di connessione impianto – cabina collettore

Le linee di distribuzione dell'energia elettrica previste in progetto (distribuzione interna MT e cavidotto MT di collegamento alla SSE Utente condivisa) saranno del tipo tripolare (ARG7H1RX o equivalente) di varie sezioni e posate secondo interrimento diretto o entro tubi corrugati a doppia parete con resistenza allo schiacciamento di 750N ad una profondità di 1,1/1,2 m, con una quota maggiore di 1 m all'estradosso.

Come riportato in Figura 2.3, nella distribuzione interna all'impianto sono previste varie configurazioni con terne multiple di cavi. Nei casi in cui si verificano tali configurazioni, si indicano i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m dal suolo tramite il software MAGIC.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 10 di 24

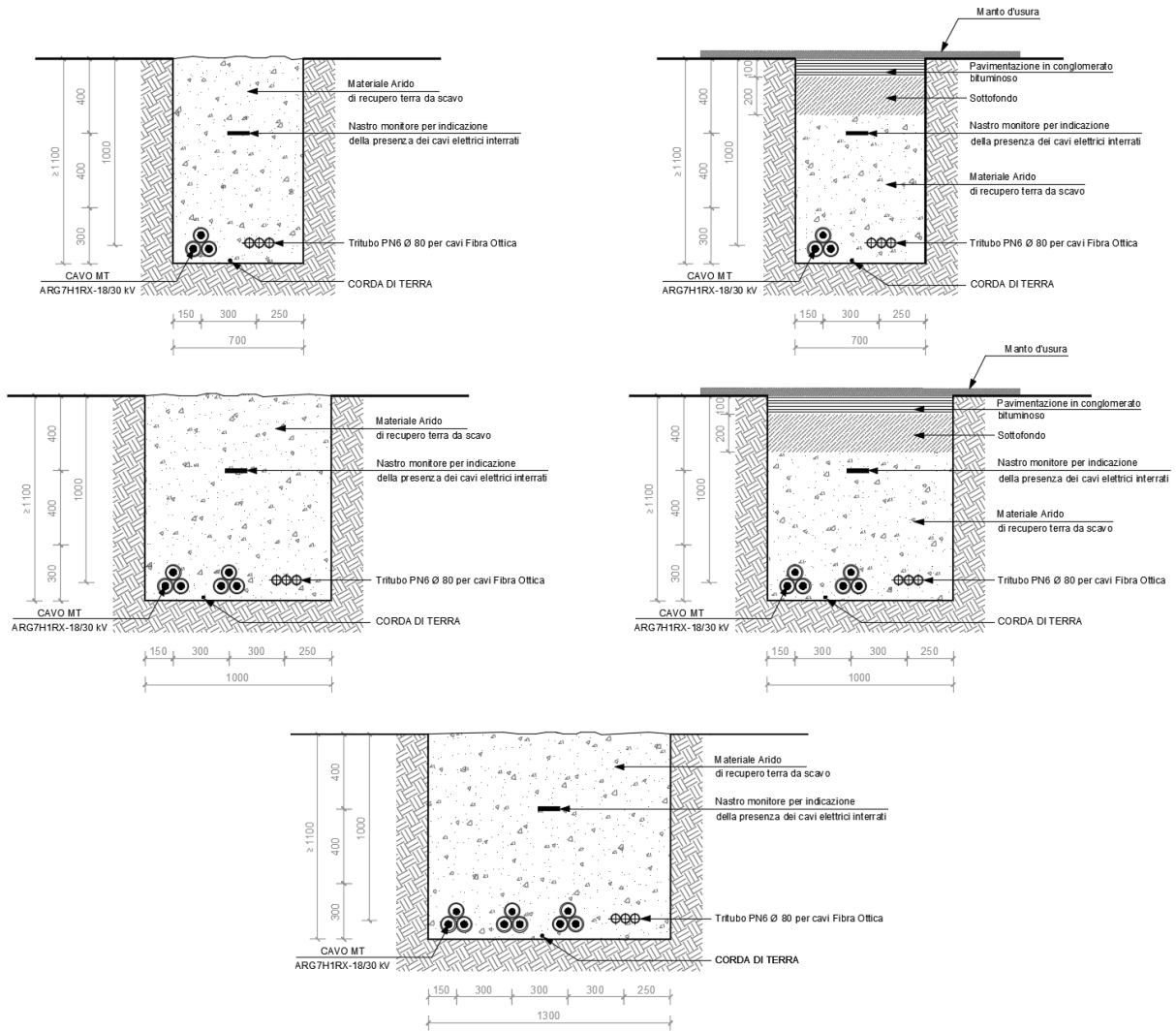


Figura 2.3 – Tipico modalità di posa distribuzione interna MT

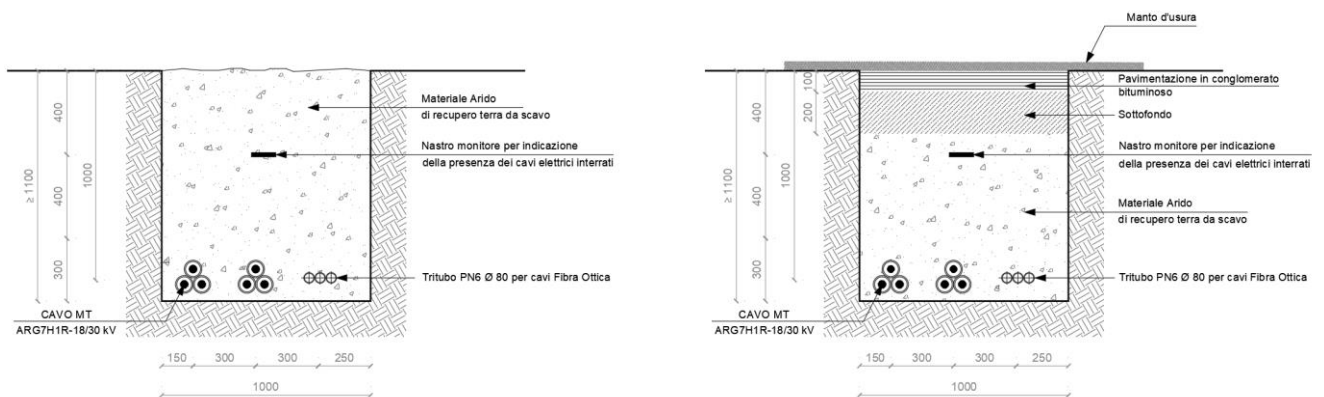



Figura 2.4 - Tipico modalità di posa cavidotto MT di collegamento impianto FV - SSE Utente 150/30 kV

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 11 di 24

4.2 Risultati di calcolo

4.2.1 Cavidotto composto da una terna di cavi MT

In Figura 2.5 è riportata graficamente la curva equilivello a $3 \mu\text{T}$ dell'induzione magnetica generata da una terna di cavi MT con formazione $3 \times 1 \times 240 \text{ mm}^2$ disposti a trifoglio e attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata pari a 345 A.

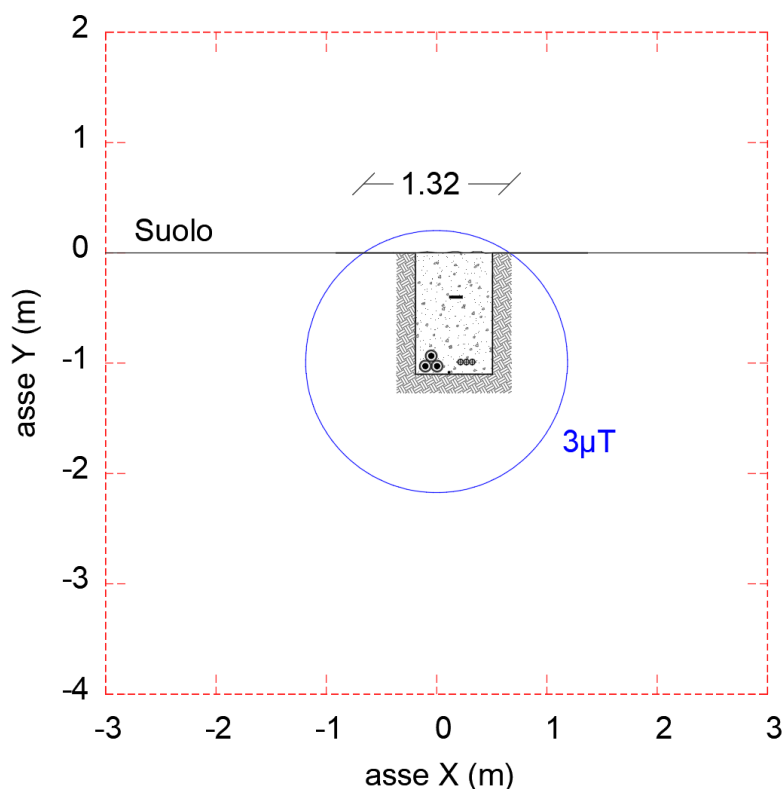



Figura 2.5 - Curva Equilivello $3 \mu\text{T}$ – 1 terna di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con una terna di cavi MT di sezione pari a 240 mm^2 e attraversati da una corrente di 345 A, pari alla portata della sezione maggiore presente per la tipologia di cavidotto in esame (cavidotto tipo A), i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di $3 \mu\text{T}$ per una distanza di circa 1,3 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto (tale valore di distanza corrisponde alla fascia di rispetto). Pertanto, per le tratte in cui sono presente una terna di conduttori si assumerà una fascia di rispetto pari a 2 m.

Per il caso in esame si può notare come i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di $3 \mu\text{T}$ per una distanza di circa 1,0 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto (tale valore di distanza corrisponde alla fascia di rispetto). Pertanto, per le tratte in cui sono presenti due terne di conduttori si assumerà una fascia di rispetto pari a 2 m.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 12 di 24

Si riportano di seguito i parametri considerati per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 2.1 - Sezione Tipo "A" - 1terna di cavi interrati

Formazione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3x1x240	345	1,0	0,05

4.2.2 Cavidotto composto da due terne di cavi MT

In Figura 2.6 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica generata da un cavidotto MT costituito da due terne di cavi di sezione pari a 240 mm² con disposizione a trifoglio e attraversati dalla corrente nominale di 345 A.

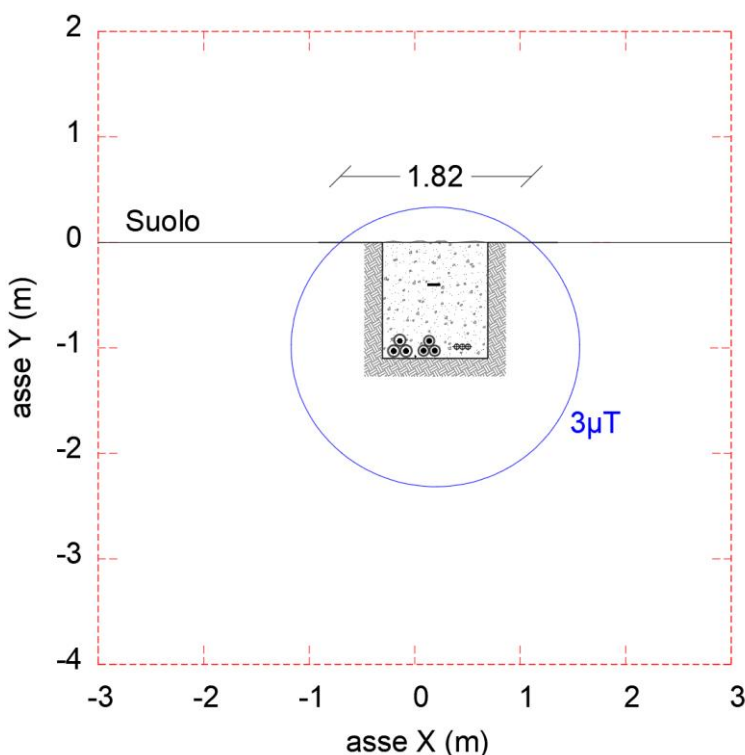


Figura 2.6 - Curva Equilivello 3 μ T – 2 terne di cavi MT

Per il caso in esame si può notare come i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 1,8 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto (tale valore di distanza corrisponde alla fascia di rispetto). Pertanto, per le tratte in cui sono presenti due terne di conduttori si assumerà una fascia di rispetto pari a 3 m.

Nella seguente Tabella 2.2 si riportano i parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software.


 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 13 di 24

Tabella 2.2 - Sezione Tipo "B" - 2 terne di cavi interrati

Formazione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3x1x240	345	1,0	0,05

4.2.3 Cavidotto composto da tre terne di cavi MT

In Figura 2.6 viene riportato il caso relativo alla tratta di cavidotto in corrispondenza della cabina di raccolta in cui convergono le linee di sottocampo. In particolare la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica è relativa ad un cavidotto MT costituito da tre terne interrate da 240 mm² disposte a trifoglio e attraversate dalle rispettive correnti nominali:

- n.2 terne da 70 mm²: 171 A;
- n.1 terna da 150 mm²: 263 A.

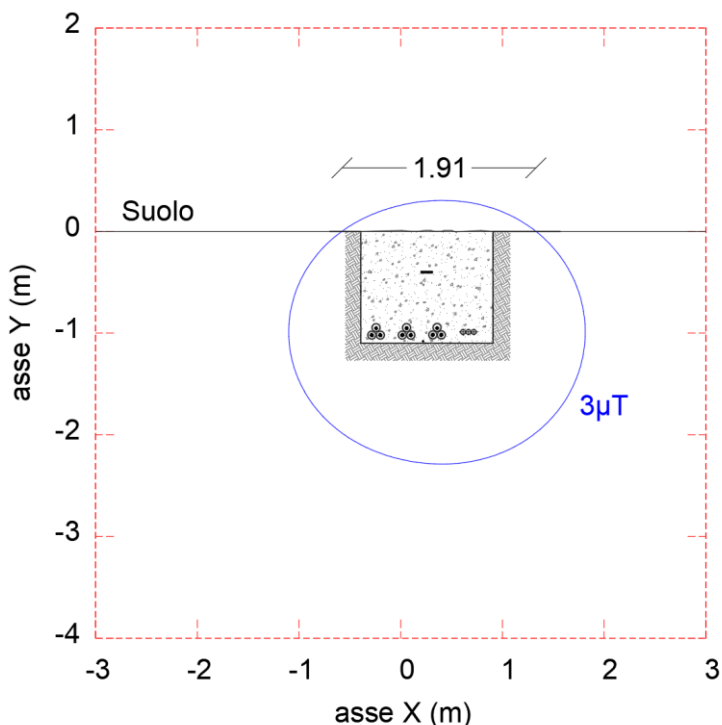


Figura 2.7 - Curva Equilivello 3 μ T – 3 terne di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con tre terne di cavi MT, i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 1,9 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto.

Pertanto, per la tratta in esame si assumerà una fascia di rispetto di 3 m. Nella seguente Tabella 2.3 sono riportati i parametri considerati per la simulazione tramite software.


 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 14 di 24

Tabella 2.3 - Sezione Tipo "C" - 3 terne di cavi interrati

Formazione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
2 x (3x1x70)	171	1,0	0,05
3x1x150	263	1,0	0,05

4.3 Cavidotto MT di collegamento impianto FV – SSE Utente condivisa

In Figura 2.8 viene riportata la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica generata da un cavidotto interrato costituito da n.2 terne di cavi MT da 500 mm² con disposizione a trifoglio e attraversata dalla corrente nominale della sezione sopracitata pari a 513 A.

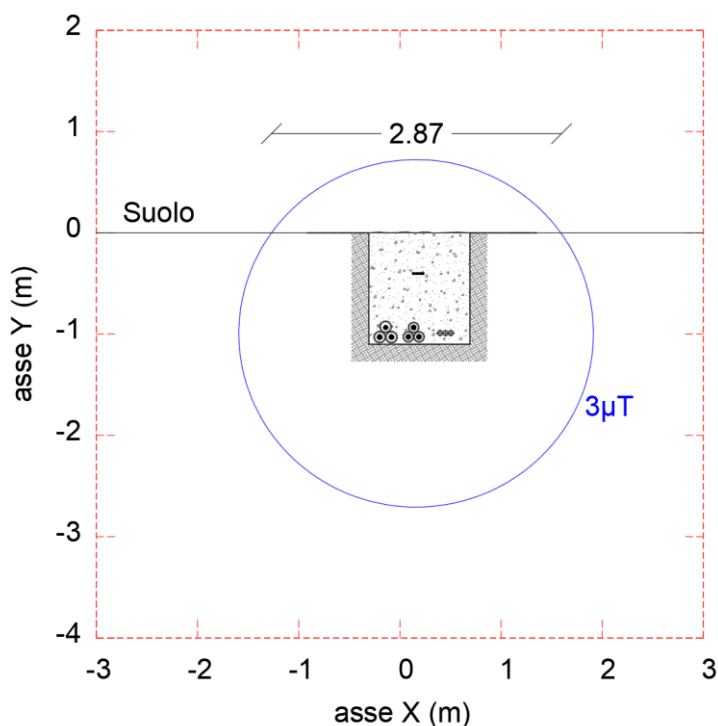



Figura 2.8 - Curva Equilivello 3 μ T – 2 terne di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con n.2 terne di cavi MT attraversati da una corrente di 513 A, i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 2,9 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto.

Pertanto, per la tratta di collegamento dell'impianto FV con la SSE di Utente in cui sono presenti n.2 terne di cavi da 500 mm² si assumerà una fascia di rispetto pari a 4 m alla quale corrisponderà una DPA di 2 m.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 15 di 24

Si riportano di seguito i parametri considerati per effettuare il calcolo attraverso il software

Tabella 2.4 - Sezione Tipo "B" – 2 terne di cavi interrati

Formazione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3x1x500	513	1,0	0,05

4.4 Cabine di conversione e trasformazione MT/BT

La realizzazione dell'impianto prevede complessivamente l'impiego di n. 10 cabine di conversione e trasformazione equipaggiate di trasformatore elevatore MT/BT da 3125 kVA, ciascuna delle quali comprende inoltre n.1 trasformatore ausiliario da 5 kVA ed i quadri di sezionamento e manovra.

Nel caso delle cabine elettriche, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al DM 29.05.08, la fascia di rispetto è intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina e va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dall'inverter applicando la seguente relazione:


$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0,5241} \cdot \sqrt{I}$$

Dove:

- I è la corrente nominale BT in ingresso/uscita dal trasformatore;
- x distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (0,05 m).

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

Nel caso delle cabine di trasformazione 0,6/30 kV dei sottocampi, trattandosi di cabine con correnti nominali bt massime pari a 3308 A, la DPA si può assumere pari a 5 metri secondo quanto illustrato in Figura 2.9.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 16 di 24

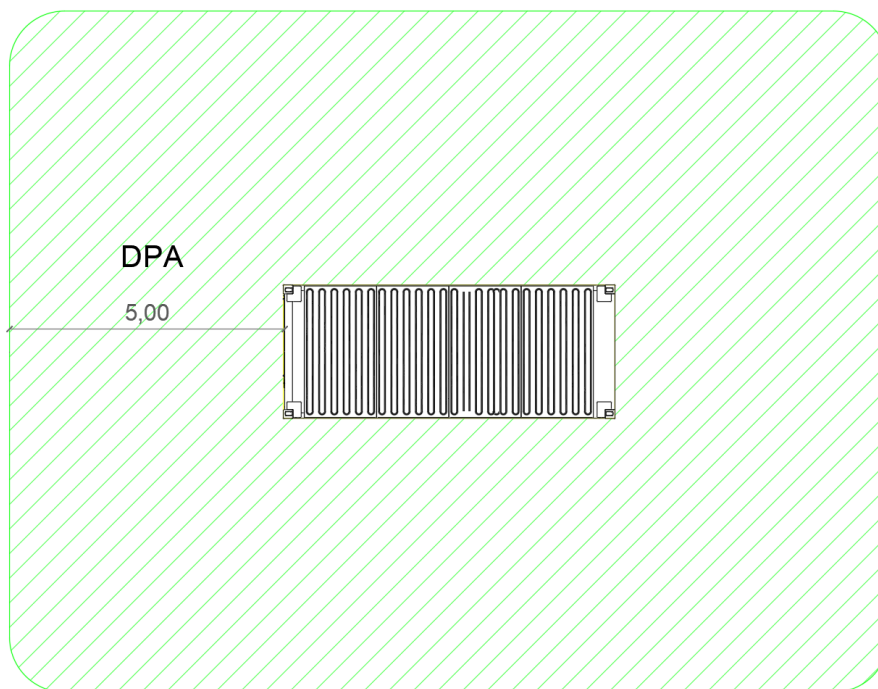


Figura 2.9 - DPA per le cabine di trasformazione

4.5 Cabina di raccolta MT

Sulla cabina di raccolta convergeranno esclusivamente le linee di sottocampo con una corrente massima molto inferiore alle correnti in gioco nelle cabine trasformazione; sono inoltre presenti all'interno solo trasformatori per servizi ausiliari di potenza trascurabile.

Essendo la corrente di riferimento delle linee MT molto inferiore della corrente di riferimento per il calcolo della DPA delle cabine di trasformazione, si assume comunque un valore cautelativo di DPA pari a 2 m.

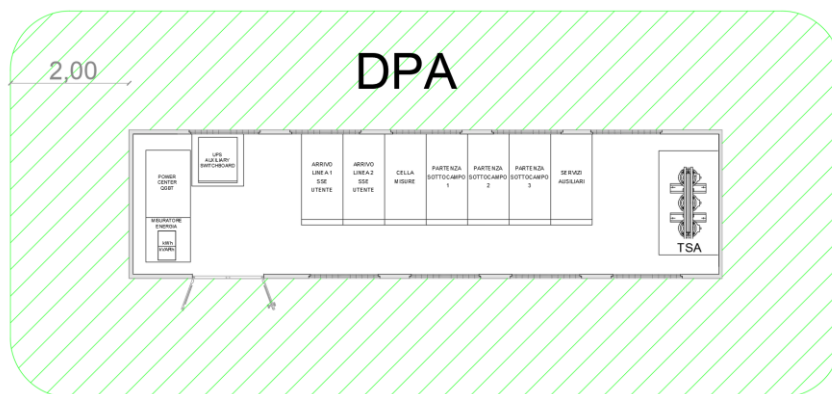



Figura 2.10 - DPA Cabina di raccolta MT

 www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 17 di 24

5 CALCOLO DPA STALLO AT STAZIONE ELETTRICA PRODUTTORE

Analogamente alle linee elettriche, anche nel caso delle stazioni lo spazio definito da tutti i punti caratterizzati da valori di induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità definisce attorno a tali impianti un volume che delimita la fascia di rispetto.

Per le stazioni, la DPA (e di conseguenza la fascia di rispetto), rientrano generalmente nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso (DM del 29 maggio 2008).

In particolare, nel caso in oggetto, per una terna di conduttori disposti in piano (stallo linea) con una corrente di esercizio pari a circa 120 A ed una distanza S tra le fasi AT pari a 2,2 m, la distanza d dal baricentro delle sbarre, a cui corrisponde un campo di $3 \mu\text{T}$, si può calcolare con la seguente espressione (norma CEI 106.11):

$$d = 0.34 * \sqrt{(S * I)}$$

Nel funzionamento atteso della stazione con la potenza complessiva di connessione sullo stallo di 31,25 MW, con correnti previste fino a circa 120 A, si ricava una distanza d pari a circa 6 m.

In tal caso, verrà assunta una DPA pari a 6 m che, come si può notare in Figura 5.1, ricade all'interno dei confini dell'area della Sottostazione Utente.

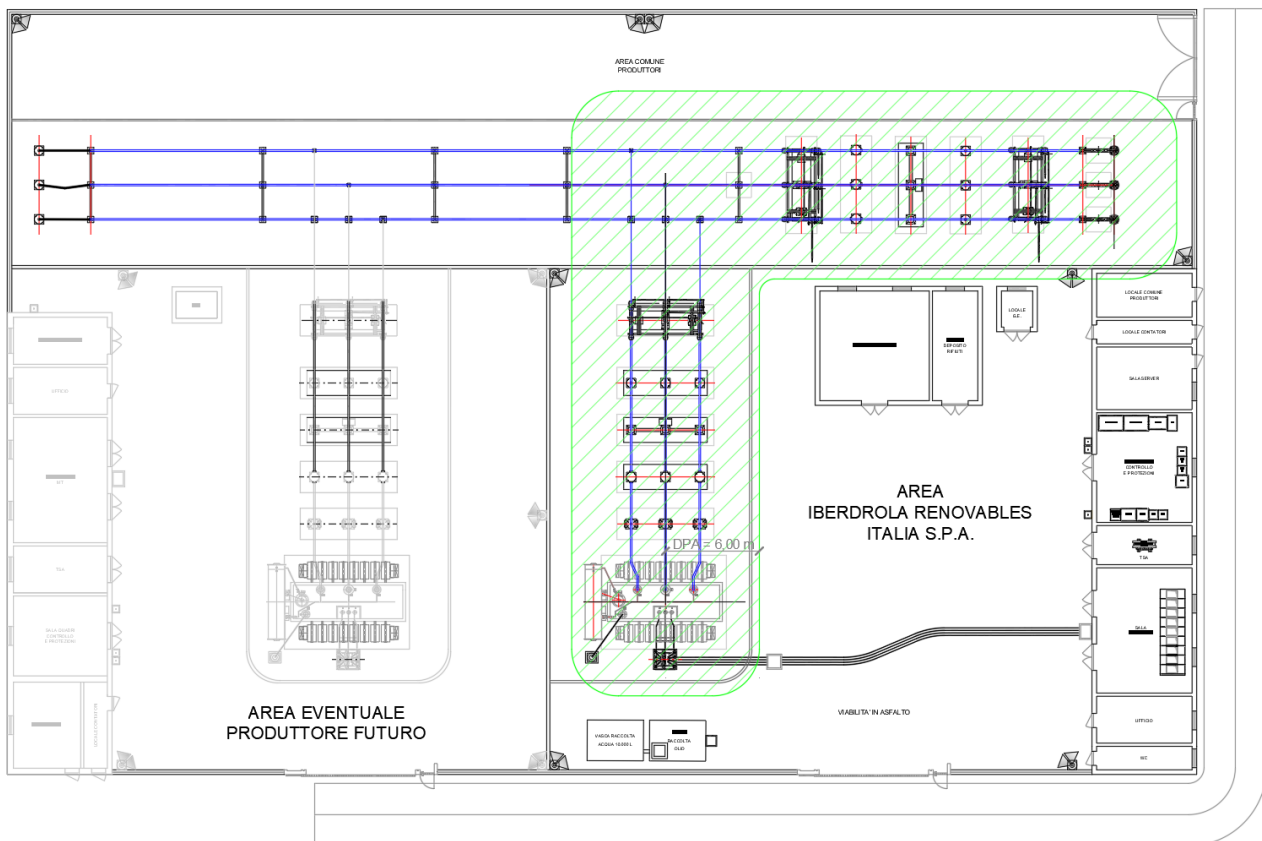



Figura 5.1 - DPA (in m) per lo stallo trasformazione nella SSE Utente 150/30 kV

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 18 di 24

6 CALCOLO DPA CAVO AT CONNESSIONE SSE UTENTE – SE TERNA

Per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29/05/08 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" si deve considerare la portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata e, nel caso in esame di cavi a 150 kV con sezione di 1600mm², si considera un valore di corrente pari a 1000 A.

La norma CEI 106-11 permette di determinare la distanza R_0 dall'asse della linea al livello del suolo ($h = 0$) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto di un valore prefissato (3 μ T).

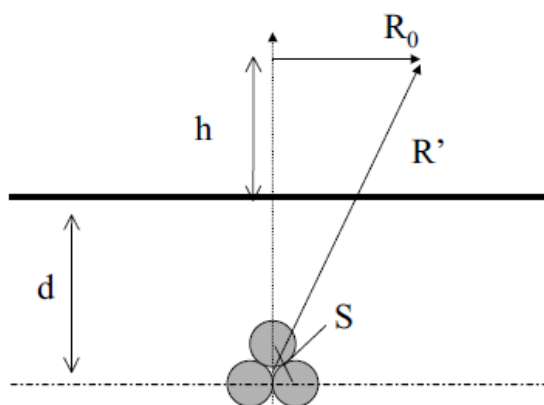



Figura 6.1 - Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (3 μ T)

La formula semplificata per il calcolo diretto della distanza R_0 dall'asse della linea al livello del suolo ($h=0$) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di 3 μ T è la seguente equazione:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2}$$

Applicando la formula indicata nella norma CEI 106-11 per il calcolo della distanza da terne di cavi unipolari interrati posati a trifoglio oltre la quale la distanza è inferiore all'obiettivo di qualità per il caso considerato, $S = 0,25$ m e $d=1,15$ m (equivalente alla profondità di posa di 1,2 m), ne deriva $R_0=2,63$ m; si assume pertanto una DPA = 3 m dall'asse della linea.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 19 di 24

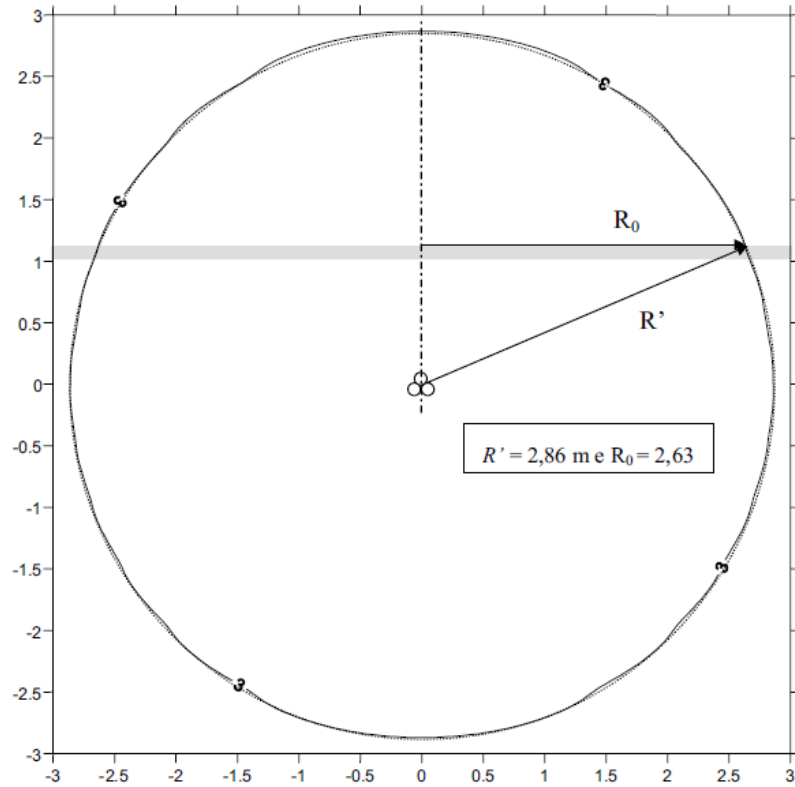



Figura 6.2 – Visualizzazione grafica calcolo R_0 Cavi AT posati a trifoglio

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 20 di 24

7 PRESENZA DI PERSONE NELL'IMPIANTO


L'impianto in progetto verrà telecontrollato a distanza e non richiede presenza costante di personale negli edifici durante il normale funzionamento.

I locali tecnici dell'impianto saranno non presidiati, e con presenza umana limitata ai brevi tempi necessari per l'effettuazione di controlli, le verifiche, ispezioni e manovra impianti delle apparecchiature elettromeccaniche, le quali saranno conformi alle normative in vigore in termini di protezione ed emissione di campi elettromagnetici. Non saranno presenti apparecchiature che introducono problematiche particolari in termini di emissione di onde elettromagnetiche e/o radiazioni non ionizzanti.

Il personale sarà presente solo saltuariamente per controlli e quindi con permanenze limitate e prevalentemente inferiori alle quattro ore, oppure per manutenzione straordinaria o programmata con permanenze sicuramente superiori alle quattro ore.

La manutenzione che potrebbe esporre il personale a campi elettromagnetici, riguarda le cabine di conversione e trasformazione. Nella quasi totalità dei casi la manutenzione cosiddetta lunga nella parte di produzione e trasformazione, avviene fuori con gli impianti in sicurezza, quindi in assenza di tensione e corrente e quindi anche in assenza di campi elettromagnetici.

In conclusione, per quanto sopra esposto, la saltuaria presenza di persone nell'impianto non le espone a rischi specifici.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 21 di 24

8 CONCLUSIONI

La presente relazione ha valutato le fasce di rispetto per gli elementi dell'impianto agrivoltaico in progetto avente potenza di 37,024 MW_p (31,25 MW_{AC}) ed ubicato in agro del Comune di Benetutti.

L'impianto presenta sezioni funzionanti in corrente continua o a frequenza industriale 50 Hz, con tensioni limitate ad impianti di I categoria (circuiti alimentati a tensione nominale non superiore a 1000 V c.a. e 1500 V c.c), con l'eccezione dello stadio finale di elevazione a 30 kV richiesta per la successiva trasformazione al livello di AT a 150 kV nella sottostazione di utenza 150/30 kV e dunque l'immissione nella RTN.

Le parti di impianto assoggettabili al DM 29.05.08 sono costituite da:


- cavidotti per la interconnessione delle cabine di conversione e trasformazione interne all'impianto con percorso interrato;
- cavidotto interrato di MT per la connessione della cabina di raccolta dell'impianto alla SSE Utente;
- cavidotto AT 150 kV;
- cabine di conversione e trasformazione;
- cabina di raccolta.

Dal punto di vista del calcolo delle fasce di rispetto dalle opere assoggettabili al DM 29.05.08 si può concludere che:

- Per le linee di distribuzione dell'energia elettrica, la fascia di rispetto dagli elettrodotti varia a seconda del numero e della sezione delle terne dei cavi posate nello stesso scavo; in particolare per le tipologie di cavidotti e le modalità di posa impiegate nel progetto si sono individuate le fasce di rispetto riportate in Tabella 7.1:

Tabella 7.1 - DPA e fascia di rispetto in funzione del numero di terne di cavi MT


Numero terne/sezione posate nello stesso scavo	$B \leq 3\mu T$ [m]	DPA [m]	Fascia di rispetto [m]
1 terna da 240 mm ²	1,3	1,0	2
2 terne da 240 mm ²	1,8	1,5	3
2 terne da 70 mm ² e 1 terna da 240 mm ²	1,9	1,5	3

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 22 di 24

- Per il cavidotto MT che connette l'impianto FV con la SSE utente condivisa la DPA si può assumere pari a 2 m;
- Per il cavidotto AT a 150 kV la DPA si può assumere pari a 1,5 m dall'asse del cavidotto;
- Per le cabine di trasformazione MT/BT la DPA si può assumere pari a 5 m;
- Per la cabina di raccolta delle linee di sottocampo, tenuto conto dell'assenza di trasformatori elevatori ad esclusione di quelli dedicati ai servizi ausiliari, si assume comunque un valore cautelativo di DPA pari a 2 m.

All'interno delle succitate DPA, alcune ricadenti all'interno di aree entro la quale non è consentito l'accesso al pubblico, non sono previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata di persone oltre le quattro ore giornaliere.

In conclusione, per quanto sopra esposto e secondo i criteri di valutazione adottati, non sono rilevabili rischi specifici a carico della salute umana attribuibili alla propagazione di campi elettromagnetici.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 23 di 24

9 LEGGI, NORME E REGOLAMENTI

L'impianto dovrà essere realizzato "a regola d'arte", sia per quanto riguarda le caratteristiche di componenti e materiali sia per quel che concerne l'installazione. A tal fine dovranno essere rispettate norme, prescrizioni e regolamentazioni emanate dagli organismi competenti in relazione alle diverse parti dell'impianto stesso, alcune delle quali richiamate nella presente relazione.

Le principali leggi, norme e regolamenti cui il presente progetto si uniforma sono nel seguito richiamate.

9.1 Norme legislative

- Legge n. 36, del 22 febbraio 2001: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". G. U. n. 55 del 7 marzo 2001;
- 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" - G. U. n. 200 del 29 agosto 2003;
- Decreto Ministeriale 29 maggio 2008. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. (Supplemento ordinario n.160 alla G.U. 5 luglio 2008 n. 156).

9.2 Norme tecniche


- CEI 211-6. Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana;
- CEI 211-4. Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche.
- CEI 106-11. Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art. 6). Parte 1: linee elettriche aeree e in cavo;
- CEI 11-17. Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.

9.3 Guide ENEL

- Enel. Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08. Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche.

9.4 Altri riferimenti bibliografici

- M. Bruni e altri. Modellistica previsionale applicata allo studio dei campi magnetici in prossimità di cabine di trasformazione elettrica (MT/BT). ARPA Emilia Romagna;
- G. Licitra, F. Francia, N. Colonna. Esposizione al campo magnetico generato da cabine elettriche MT/BT di U.O. Fisica Ambientale Dipartimento ARPAT di Livorno;

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO "MERCURIA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO IBER-AVB-RP3
	TITOLO RELAZIONE DI CALCOLO DELLA DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE	PAGINA 24 di 24

- Stefano Cheli, Federica Fratini, Mauro Salvadori. Enel. Aspetti tecnici e autorizzativi per l'installazione di cabine secondarie nel rispetto dei limiti normativi esposizione a campi elettromagnetici. Metodologia di valutazione semplificata della fascia di rispetto (DPA). Padova 19/06/09.