



PROVINCIA DI ROMA



PROVINCIA DI LATINA



COMUNE DI NETTUNO



COMUNE DI LATINA



Proponente		<p>NET1 POWER S.r.l. Sede: Viale A. Volta, 101 50131 Firenze P.IVA 07230420486</p>
------------	---	--

Progettazione, Coordinamento e progettazione elettrica		<p>STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA MEZZINA dott. ing. Antonio Via T. Solis 128 71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072 Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net</p>	 <small>Empresa Registrada ER-01512008</small>		
--	---	---	--	--	---

Studio di impatto ambientale	 VDP S.r.l. Via Federico Rosazza n. 38 - 00153 Rome - Italy Tel. +39 065800506-065883135-0658343877 Fax +39 065896686 mail: vdp@vdpsrl.it	Studio archeologico	<p>Dott. Archeologo Antonio Mangia cell. 338 3362537 E-Mail: amangia@yahoo.it Elenco Nazionale dei Professionisti dei Beni Culturali del Ministero della Cultura n.1516</p>
		Studio litologico geologico e geotecnico	<p>Dott. Nazario Di Lella Tel./Fax 0882.991704 cell. 328 3250902 E-Mail: geol.dilella@gmail.com Ordine regionale dei Geologi della Puglia matr. n. 345</p>
		Studio acustico	<p>STUDIO FALCONE Ingegneria Ing. Antonio Falcone Tel. 0884.534378 Fax. 0884.534378 E-Mail: antonio.falcone@studiofalcone.eu Ordine degli Ingegneri di Foggia matr. n.2100</p>
		Studio strutturale	<p> STM TECHNICAL SOLUTIONS Ing. Tommaso Monaco Tel. 0885.429850 Fax 0885.090485 E-Mail: ing.tommaso@studiotecnicomonaco.it Ordine degli Ingegneri della provincia di Foggia matr. n. 2906</p>
		Consulenza topografica	<p>Geom. Matteo Occhiochiuso Tel. 328 5615292 E-Mail: matteo.occhiochiuso@virgilio.it Collegio dei Circondariale Geometri e Geometri Laureati di Lucera matr. n. 1101</p>

Opera	<p>Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Fotovoltaico denominato "NETTUNO" da realizzarsi su aree demaniali militari in località "Eschieto" nel territorio comunale di Nettuno (RM) per una potenza complessiva di 40,322 MWp nonchè delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto</p>
-------	--

Oggetto	Folder: VIA_5
	Nome Elaborato: DocumentazioneSpecialistica_02.pdf
	Descrizione Elaborato: Valutazione previsionale dei campi elettromagnetici

00	Luglio 2023	Progetto definitivo	Geom. P. Massaro	Ing. A. Mezzina	NET1 POWER S.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione

Scala: /	
Formato: A4	



PROPONENTE:

NET1 POWER S.R.L.

Sede Legale: Viale A. Volta, 101 - 50131 FIRENZE

C.F. e P.IVA 07230420486

PEC net1powersrl@legalmail.it



**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
DENOMINATO "NETTUNO" DA REALIZZARSI SU AREE DEMANIALI MILITARI IN LOCALITÀ "ESCHIETO"
NEL TERRITORIO COMUNALE DI NETTUNO (RM) PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 40,322 MWp
NONCHÈ DELLE OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI ALLA COSTRUZIONE E
ALL'ESERCIZIO DELL'IMPIANTO**

VALUTAZIONE PREVISIONALE DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

RELAZIONE TECNICA



SOMMARIO

1. PREMESSA E OGGETTO	3
2. LEGGI, NORME E LETTERATURA DI RIFERIMENTO	3
3. OBIETTIVO E METODOLOGIA DI VERIFICA.....	4
4. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PARCO FOTOVOLTAICO.....	7
5. CASI STUDIO DI CUI CALCOLARE DPA E FASCE DI RISPETTO.....	11
6. CONCLUSIONI.....	26



1. PREMESSA E OGGETTO

Il progetto riguarda un impianto FV che la soc. Net1 Power s.r.l. P.IVA 07230420486 intende realizzare nel comune di Nettuno (RM), su terreni del Demanio Militare presso il Poligono Militare “UTTAT Nettuno”, in località “Eschieto”.

La presente relazione tecnica è stata redatta al fine di esporre lo studio di impatto elettromagnetico previsionale generato dalle opere elettriche di utenza per la produzione e per la connessione alla RTN dell’impianto fotovoltaico ricadente nella Regione Lazio, in Provincia di Roma, nel territorio comunale di Nettuno, alla località “**Eschieto**”, avente una potenza complessiva di **40,322 MWp**.

Lo studio di impatto elettromagnetico si rende necessario al fine di una valutazione del campo elettrico e magnetico nei riguardi della popolazione.

Questa relazione ha lo scopo di meglio dettagliare i dati di calcolo, i risultati ottenuti e le verifiche del rispetto dell’obiettivo di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003.

2. LEGGI, NORME E LETTERATURA DI RIFERIMENTO

1. Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
2. DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.
3. DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”;
4. DM 29 maggio 2008 “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell’induzione magnetica”;
5. DM 21 marzo 1988, n. 449 “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne;
6. CEI EN 50341-2-13 Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 2-13: Aspetti Normativi Nazionali (NNA) per l'Italia (basati sulla EN 50341-1:2012);
7. CEI EN 50341-1 Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1kV in corrente alternata Parte 1: Prescrizioni generali - Specifiche comuni;



8. CEI 11-4;
9. CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV";
10. CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo";
11. 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 I";
12. CEI 106 -12 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT
13. CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche";
14. Rapporto CESI-ISMES A7034603 "Linee guida per l'uso della piattaforma di calcolo - EMF Tools v. 3.0";
15. Software della BiShielding MAGIC® – Magnetic Induction Calculation v. 1.8.5.0. Software per il calcolo dei campi magnetici generati da sorgenti di tipo elettrico, quali trasformatori, sistemi di linee elettriche, cabine MT/BT, buche giunti, blindosbarre, impianti elettrici. Strumento per l'analisi di impatto ambientale dei campi magnetici e per la determinazione delle fasce di rispetto per linee elettriche e cabine MT/BT, secondo quanto previsto dalla Legge Quadro n.36/2001 (esposizione ai campi magnetici della popolazione) e dal D.Lgs. 81/08 (valutazione dei rischi in ambiente lavorativo).
16. Rapporto CESI-ISMES A8021317 "Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per cabine primarie".
17. e-distribuzione S.p.A. : Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08

3. OBIETTIVO E METODOLOGIA DI VERIFICA

L'impianto fotovoltaico e le sue opere elettriche connesse, in bassa, media a alta tensione, come noto, sono sorgenti di emissione di campi elettrici e magnetici a frequenza industriale di 50 Hz (bassa frequenza: campo da 30 a 300 Hz).

Lo studio previsionale dei campi magnetici consiste essenzialmente nel determinare il valore di detto campo, attraverso la sua induzione magnetica (B: espressa in μT), in prossimità delle opere elettriche dell'impianto oggetto di studio, e quindi verificare il rispetto dell'obiettivo di qualità stabilito dal



D.P.C.M 8 luglio 2003, ossia verificare che il volume di detto campo, in cui l'induzione magnetica è maggiore di $3 \mu\text{T}$, non interessa luoghi in cui vi può essere la presenza di popolazione in maniera continuativa come ad esempio aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, ambienti ospedalieri, penitenziari, centri commerciali e comunque luoghi in cui vi può essere la permanenza della popolazione per più di 4 ore al giorno (**aree sensibili**).

Per il campo elettrico è da osservare che nelle correnti applicazioni degli impianti elettrici il suo valore al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m tenendosi sempre ben al di sotto di detto valore. Per tale ragione, anche per la quale l'obiettivo di qualità è stabilito dal DPCM 8 luglio 2003 per il solo campo magnetico, esso non è solitamente considerato nelle valutazioni previsionali dei campi elettrici e magnetici.

Ai fini della verifica le norme di Legge e Tecniche si definiscono i seguenti due fondamentali parametri: La **DPA**, per le linee, è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto (**Fig. 1**). Per le cabine secondarie (CS), Cabine Primarie (CP) e Sottostazioni (SSE) è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della CS o dalla recinzione della CP o SSE stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

La Distanza di Prima Approssimazione (DPA) è determinata secondo i criteri del paragrafo 5.1.3 (Procedimento semplificato: calcolo della distanza di prima approssimazione) dell'Allegato al DM 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008) "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

La **Fascia di Rispetto** è invece lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale a $3 \mu\text{T}$ (obiettivo di qualità).

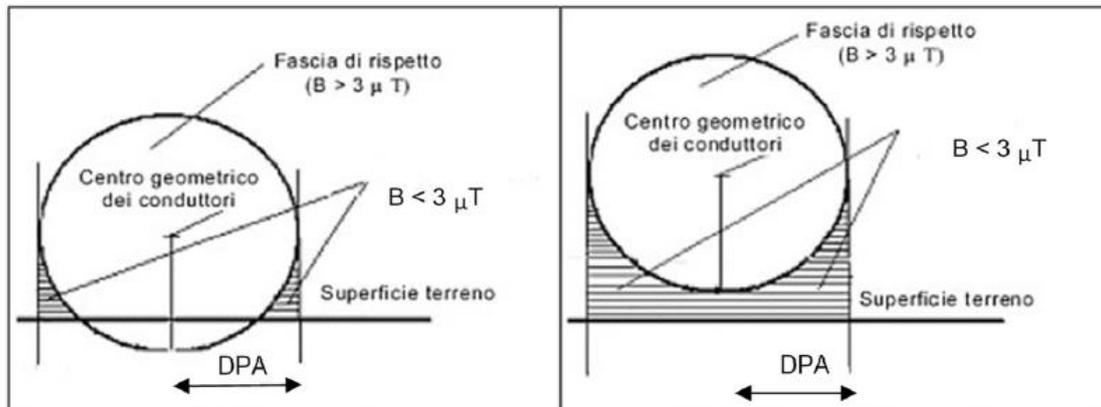


Fig. 1 Scheda di principio per la definizione della Fascia di rispetto e della DPA.

Da queste definizioni risulta evidente che:

1. la DPA è di fatto una “maggiorazione cautelativa”, ma di più semplice calcolo, della fascia di rispetto;
2. ***l’obiettivo di qualità è verificato se la DPA, o in maniera più rigorosa la fascia di rispetto, non interessa aree sensibili come sopra definite.***

Quindi la verifica del rispetto dell’obiettivo di qualità si riduce essenzialmente a determinare le DPA o, in modo più rigoroso, le fasce di rispetto degli elettrodotti, cabine secondarie, cabine primarie e sottostazioni e verificare che queste fasce non interessino aree sensibili.

[Come si analizzerà più oltre i casi studio saranno calcolati sia in riferimento alle DPA che alle fasce di rispetto.](#)

Considerazione qualitativa fondamentale.

L’impianto fotovoltaico, le sue cabine di conversione e trasformazione, l’elettrodotto MT 30 kV di collegamento alla sottostazione, la sottostazione 30/150 kV e la linea interrata 150 kV per il collegamento della sottostazione allo stallo assegnato nella Stazione Elettrica RTN TERNA di “Latina Nucleare” ubicata nel Comune di Latina (LT), si sviluppano per la loro totalità in aperta campagna, lontano da aree sensibili come sopra definite. Pertanto, considerando le DPA o fasce di rispetto hanno, come si vedrà in seguito, estensione di pochi metri, risulta preliminarmente e qualitativamente evidente che le DPA non interessano aree sensibili.

Il tracciato dell’elettrodotto dorsale di collegamento del campo fotovoltaico alla sottostazione, transita in pochi punti a distanza più ravvicinata ad aree ed edifici adibiti a case, abitazioni,

opifici e depositi rurali. Tuttavia anche in questi casi le DPA non interessano aree in cui vi può essere la presenza di popolazione per più di 4 ore al giorno.

4. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PARCO FOTOVOLTAICO.

In questo paragrafo si riporta una descrizione generale e sintetica dell'impianto fotovoltaico e delle sue opere elettriche di connessione allo scopo di inquadrare da subito le sue caratteristiche generali e parametri ai fini del calcolo delle DPA e fasce di rispetto e quindi delle successive verifiche del rispetto dell'obiettivo di qualità.

Nel seguito di questa relazione si approfondiranno in dettaglio tutti gli aspetti tecnici dell'impianto fotovoltaico.

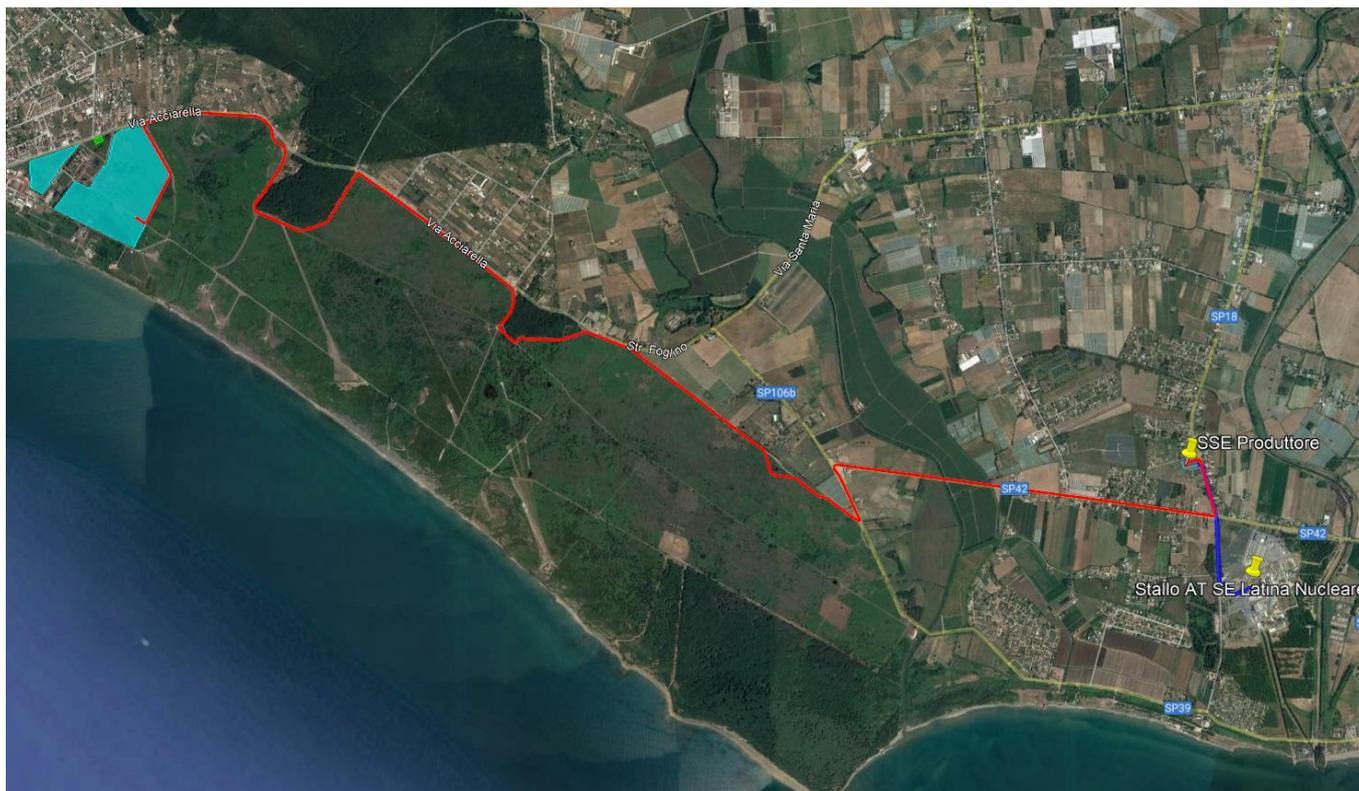


Fig. 2. Planimetria su ortofoto del progettato impianto fotovoltaico: in ciano è riportata l'area del generatore fotovoltaico, in rosso l'elettrodotto dorsale MT di collegamento tra l'impianto e la SSE, in blu l'elettrodotto dorsale AT, con l'indicatore in giallo sono riportate la SSE Produttore e la SE Latina Nucleare;

L'impianto fotovoltaico avrà una potenza complessiva di **40,322 MWp**.

La centrale fotovoltaica si svilupperà su un'area complessiva di circa **55,08 ha**, a cui corrisponde una densità di potenza pari a:



$$D = P / S = 40,322 / 55,08 = 0,73 \text{ MW/ha}$$

L'Impianto Fotovoltaico sarà strutturato in **9 subcampi** elettricamente indipendenti, raggruppati in **2 Sottocampi**.

I vari sub-campi sono strutturati, mediante elettrodotti interrati in MT, in gruppi (sottocampi) collegati in serie che fanno capo alla Cabina di raccolta presente nel sottocampo "B".

Nelle Cabina di Raccolta avviene il parallelo tra i vari Sottocampi e la somma delle energie prodotte viene conferita in SSE tramite appositi elettrodotti dorsali.

Ciascun sottocampo sarà costituito da cabine di fine serie (MASTER), dalle quali si dipartirà un elettrodotto interno che verrà collegato alle sbarre MT della Cabina di Raccolta (CdR).

Dalla CdR partirà l'elettrodotto interrato MT verso la SSE produttore.

In definitiva l'impianto fotovoltaico, costituito dall'insieme dei due Sottocampi sarà caratterizzato da:

- 1) **79.846** moduli fotovoltaici della potenza di **505Wp** cadauno;
- 2) **3.071** stringhe da **26** moduli cadauna;
- 3) **9** Cabine di conversione DC/AC e trasformazione bT/MT 0,8/30kV;
- 4) **1** Cabina di Raccolta;
- 5) **3** Cabine Locali tecnici bT;
- 6) **2** Sottocampi di potenza rispettivamente di **21,835 Mwp e 18,487** cadauno per una potenza di picco complessiva del generatore fotovoltaico pari a **40,322 MWp**
- 7) **1 Elettrodotto dorsale interrato MT 30 kV** per la connessione alla SSE, di lunghezza pari a circa **13,8 Km**
- 8) **1 Sottostazione Elettrica** di Trasformazione MT/AT
- 9) **Area comune** condivisa con altri produttori in area SSE
- 10) **1 Elettrodotto dorsale interrato AT 150 kV** per la connessione alla SE Terna di lunghezza pari a **1,4 Km**
- 11) **Apparecchiature AT** nello stallo assegnato in area SE Terna, per la connessione alla RTN.

Le **cabine di conversione e trasformazione** sono tutte ubicate all'interno della recinzione perimetrale dell'impianto fotovoltaico e ad una distanza da tale recinzione di alcune decine di metri. Internamente all'area recintata dell'impianto fotovoltaico, i collegamenti MT 30 kV tra le cabine di conversione e trasformazione sono realizzati con cavi interrati tripolari ad elica visibile con passo di 1m tipo ARE4H5RX di formazione 3x1x185 mm².

Nella **sottostazione di trasformazione AT/MT** le apparecchiature e sbarre AT 150 kV sono ubicate completamente all'interno della sua recinzione. Le apparecchiature MT 30 kV e quelle BT 230/400 V

sono ubicate all'interno dell'edificio della sottostazione. Nella **Fig. 3** è riportata la planimetria elettromeccanica della sottostazione. La sottostazione è ubicata in prossimità della SE-RTN di TERNA denominata "Latina Nucleare" ubicata nel Comune di Latina (LT), isolata rispetto a aree abitate o adibite ad attività lavorative o produttive. Nelle aree perimetrali della sottostazione non vi sono aree sensibili. In **Fig. 4** è riportata una corografia su ortofoto dell'area della sottostazione dalla quale si nota la sua ubicazione in prossimità della SE-RTN di TERNA e in area isolata certamente dove non vi può essere la presenza di popolazione in modo continuativo o per più di 4 ore al giorno. Nella seguente **Fig. 5** è riportato uno schema a deformata della struttura dell'impianto elettrico dell'impianto fotovoltaico in studio con indicazione dei principali parametri elettrici.

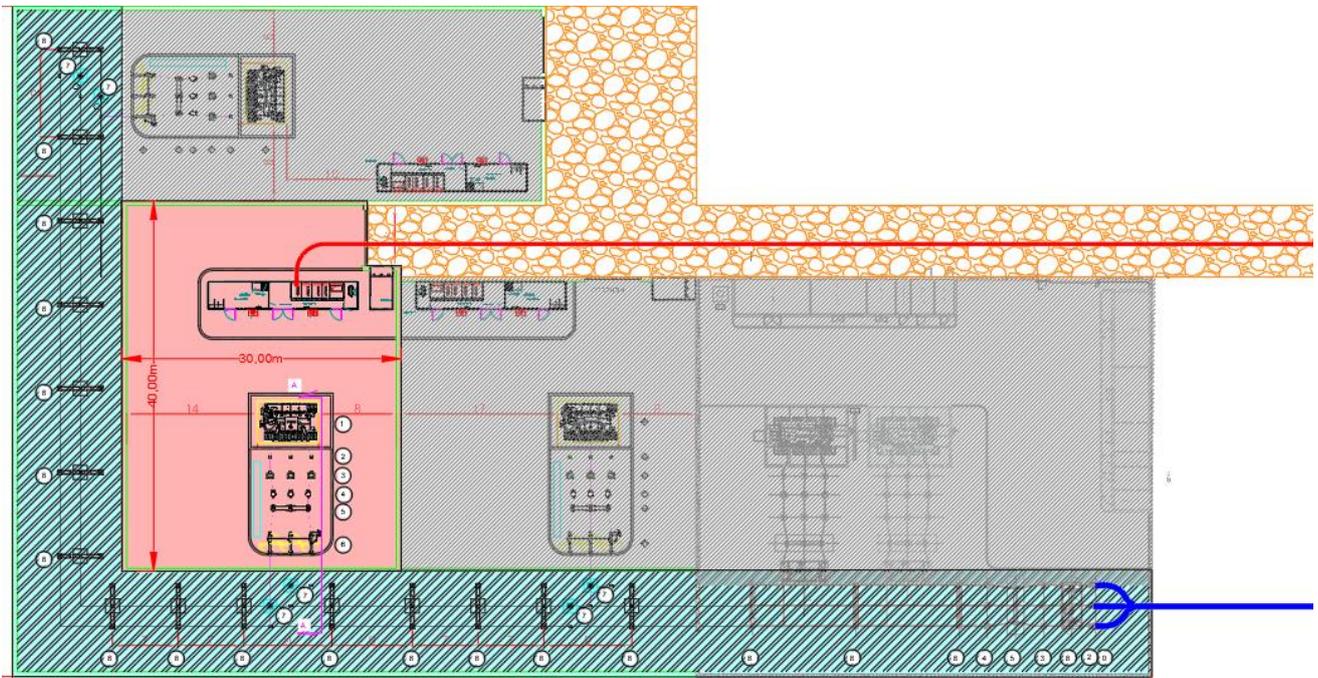


Fig. 3. Planimetria elettromeccanica della sottostazione



Fig. 4. Area di ubicazione della sottostazione produttore. In rosso elettrodotto dorsale di collegamento in MT 30 kV proveniente dal campo FV; in rosso la SSE produttore; in blu l'elettrodotto AT 150 kV di collegamento della SSE allo stallo TERNA.

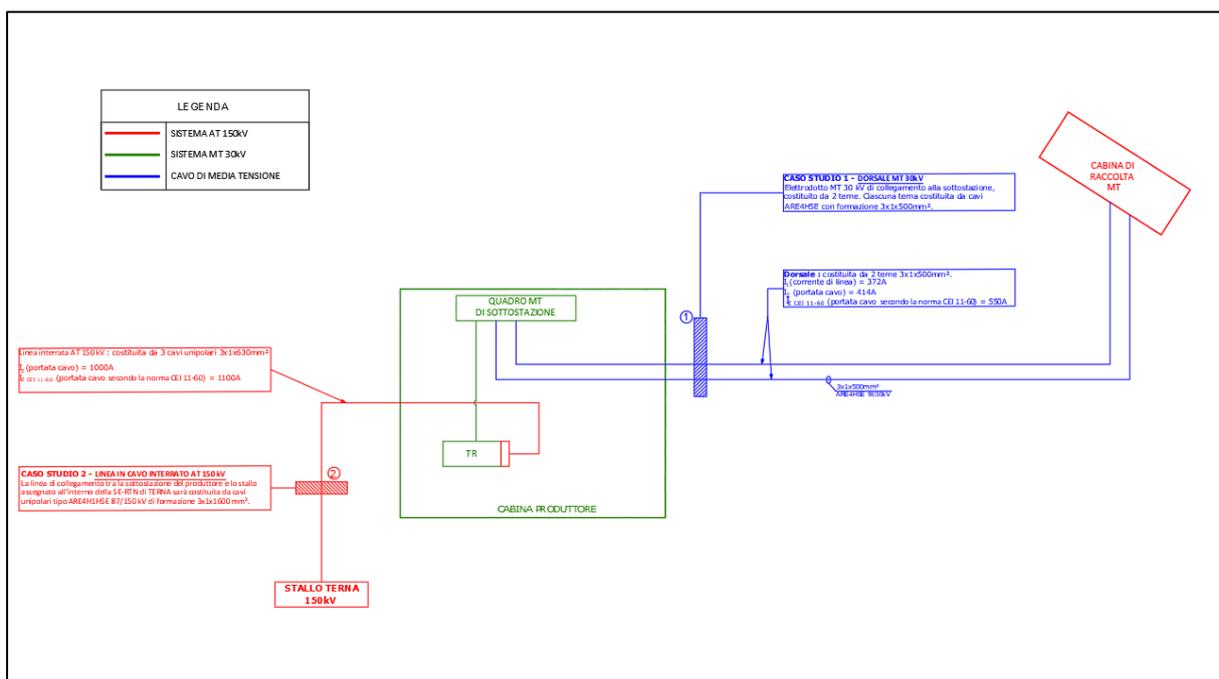


Fig. 5. Schema a deformata della struttura elettrica dell'impianto e indicazione dei principali parametri elettrici

5. CASI STUDIO DI CUI CALCOLARE DPA E FASCE DI RISPETTO.

Dalla dettagliata descrizione dell'impianto fotovoltaico, linea dorsale di collegamento alla sottostazione e sottostazione medesima, sopra condotta si può facilmente desumere che ai fini della verifica dell'obiettivo di qualità le situazioni impiantistiche interessanti da analizzare sono essenzialmente:

1. linea dorsale MT 30 kV tra l'impianto fotovoltaico e la sottostazione;
2. linea interrata AT 150 kV tra la sottostazione e la SE di TERNA.

Corrispondenti ai "casi studio" riportati nella precedente Fig. 5.

Ai fini della determinazione delle fasce di rispetto e delle DPA, il calcolo dell'induzione magnetica è stato effettuato in maniera analitica applicando la prima formula di Laplace, riferendosi ad un circuito generico filiforme percorso da una corrente i (Fig. 6):

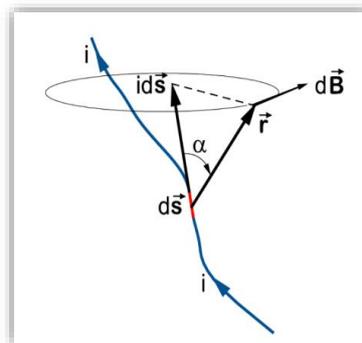


Fig. 6 Schema di campo magnetico

$$dB(r) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{r^3} i ds \times r \quad (1),$$

i è il modulo della corrente che circola nel conduttore;

ds è il vettore infinitesimo tangente al conduttore;

r è il vettore posizione del punto in cui si vuole determinare il campo;

Applicando il principio di sovrapposizione degli effetti, valido anche per i fenomeni magnetici, si ottiene il valore del vettore B integrando lungo l'intero circuito percorso dalla corrente i :

$$B(r) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{r^3} i \oint_C ds \times r \quad (2)$$

Nel caso particolare di filo rettilineo indefinito percorso da una corrente stazionaria i vale la Legge di Biot e Savart, che è un caso particolare della (1), sebbene dal punto di vista storico sia stato ricavato sperimentalmente prima della formulazione di Laplace:



$$B(r) = \frac{\mu_0 S X r}{4\pi r^2} i \quad (3)$$

Per il calcolo operativo ci si è avvalsi di un Software della BiShielding **MAGIC® – Magnetic Induction Calculation**
Versione 1.8.5.0

DORSALE MT

Come sopra accennato, la dorsale MT 30 kV tra l'impianto fotovoltaico e la sottostazione sarà realizzata con 2 terne di cavi interrati tipo ARE4H5E, ciascuna con formazione 3x1x500 mm². Tali terne saranno interrate secondo lo schema riportato nella **Fig. 7**: profondità di interramento di 1,35m; distanza tra le superfici affacciate delle terne di 0,25m; disposizione dei cavi nella terna a trifoglio.

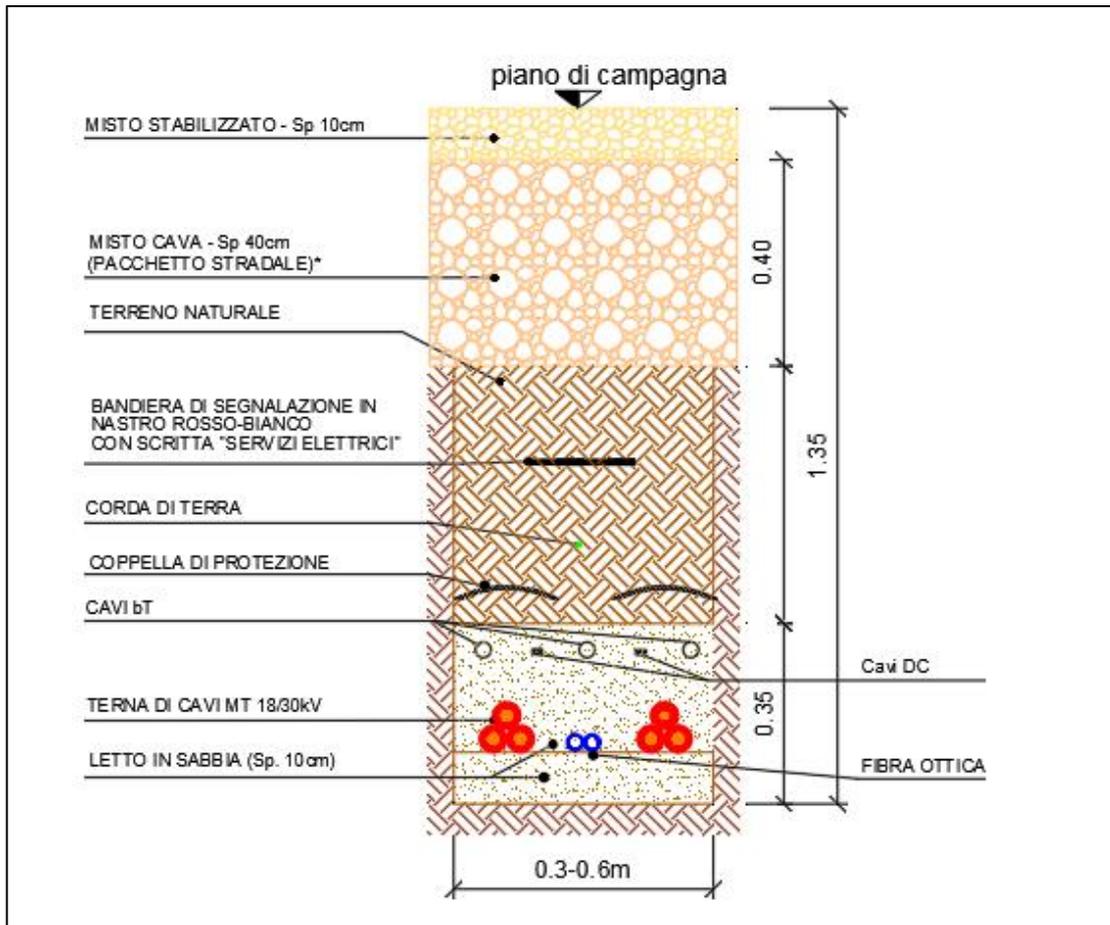


Fig. 7 Particolare posa terne di cavi della dorsale MT.

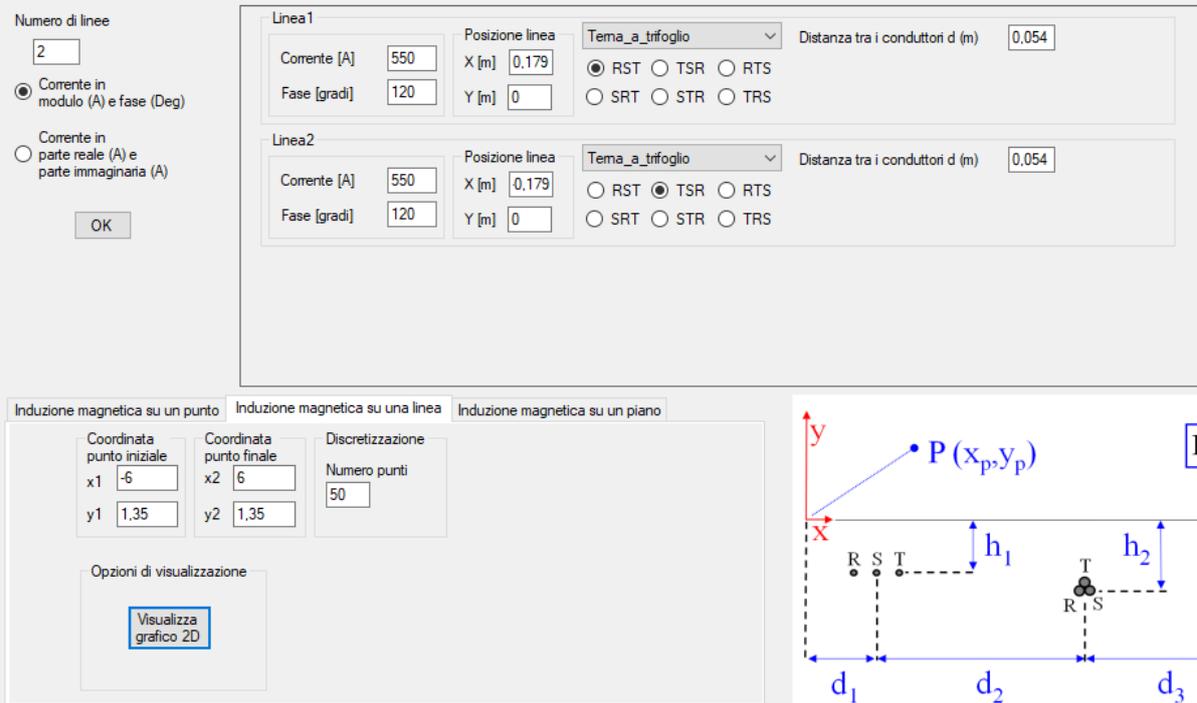
Le 2 terne della dorsale, saranno impiegate due in parallelo per il sotto impianto ovest e due in parallelo per sotto impianto est. Nelle **Fig. 8** sono riportate le correnti di linea su ciascuna terna in riferimento alla potenza massima di picco dell'impianto. Tuttavia il calcolo della fascia di rispetto e della DPA saranno effettuati in riferimento alla portata massima di ciascuna terna secondo norma CEI 11-60 che è pari a **550A**.

SOTTOCAMPO	CARATTERISTICHE LINEE						CARATTERISTICHE SUBCAMPI				CARATTERISTICHE DEL CAVO			
	Denominazione TRATTA	LUNGHEZZA GEOMETRICA	LUNGHEZZA ELETTRICA	SEZIONE	NUMERO MAX CIRCUITI RAGGRUPPATI	NUMERO TERNE	Pot. Nominale Subcampo kWp	Pot. Reale massima Subcampo kWp	Potenza reale max nel tratto [kWp]	CORRENTE Trafo Subcampo	CORRENTE LINEA	RESISTENZA SPECIFICA	REATTANZA SPECIFICA	PORTATA
		[m]	[m]	[mm ²]						I _{CAB}				
Dorsale	CdR-SSE	13800	14076	500	2	2	40322,0	37.096			372,27	0,0776	0,1036	413,19

Fig. 8 Correnti di servizio della dorsale in riferimento alla potenza massima di picco.

CASO STUDIO 1 (DORSALE COMPOSTA DA 2 TERNE)

Della dorsale con due terne è stato effettuato il calcolo dell'andamento dell'induzione magnetica su un piano esplorativo posto a quota piano di campagna (Fig. 9 e Fig. 10 rispettivamente per i dati di input e la curva risultante) e su un piano posto a 1,2m sopra il piano di campagna (Fig. 11 e Fig. 12 rispettivamente per i dati di input e la curva risultante) corrispondente a circa l'altezza media della statura di una persona.



Numero di linee:

Corrente in modulo (A) e fase (Deg)
 Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A)

OK

Linea1
 Corrente [A]:
 Fase [gradi]:
 Posizione linea: X [m]: Y [m]:
 Tema_a_trifoglio: RST TSR RTS
 SRT STR TRS
 Distanza tra i conduttori d (m):

Linea2
 Corrente [A]:
 Fase [gradi]:
 Posizione linea: X [m]: Y [m]:
 Tema_a_trifoglio: RST TSR RTS
 SRT STR TRS
 Distanza tra i conduttori d (m):

Induzione magnetica su un punto | Induzione magnetica su una linea | Induzione magnetica su un piano

Coordinata punto iniziale: x1: y1:
 Coordinata punto finale: x2: y2:
 Discretizzazione: Numero punti:

Opzioni di visualizzazione:

Diagramma: P(x_p, y_p)
 Conduttori: R, S, T
 Altezze: h_1, h_2
 Distanze: d_1, d_2, d_3

Fig. 9. Dati di input calcolo dell'induzione magnetica con 2 terne su un piano posto a quota piano campagna (1,35m)

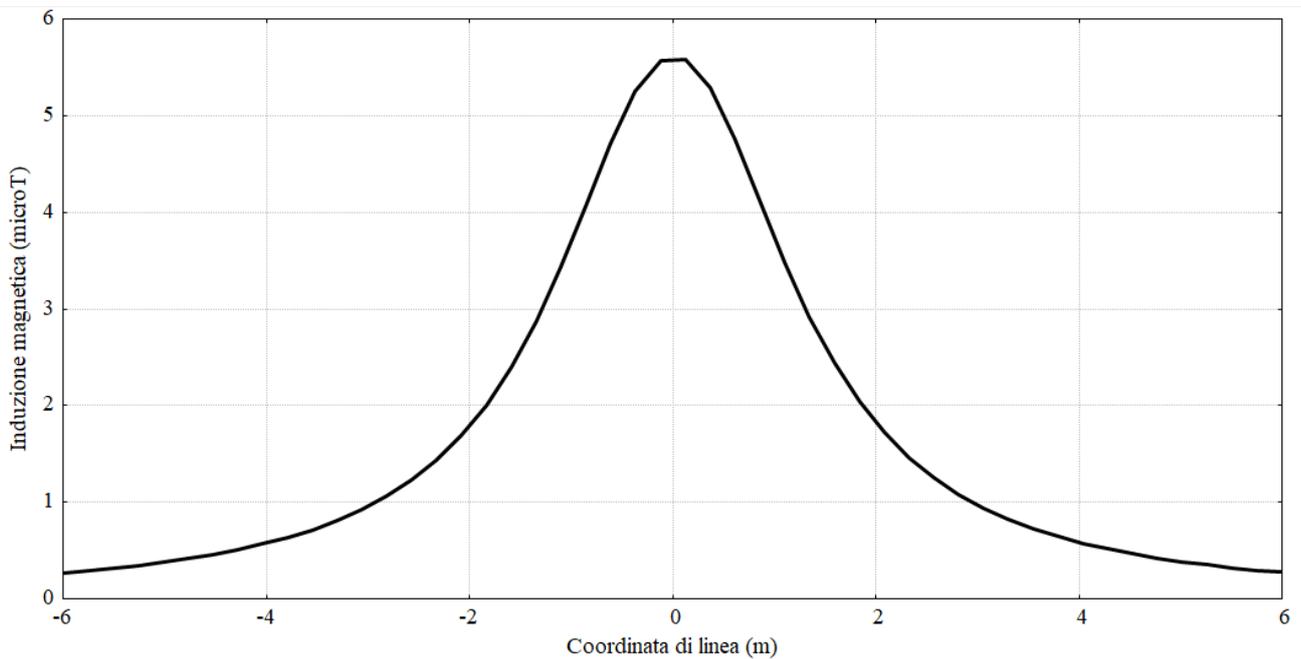


Fig. 10. Andamento dell'induzione magnetica con 2 terne su un piano posto a quota piano campagna(1,35m)

Numero di linee:
 Corrente in modulo (A) e fase (Deg)
 Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A)

Linea1

Corrente [A]: Fase [gradi]:

Posizione linea: Tema_a_trifoglio

X [m]: Y [m]:

RST TSR RTS
 SRT STR TRS

Distanza tra i conduttori d (m):

Linea2

Corrente [A]: Fase [gradi]:

Posizione linea: Tema_a_trifoglio

X [m]: Y [m]:

RST TSR RTS
 SRT STR TRS

Distanza tra i conduttori d (m):

Induzione magnetica su un punto | Induzione magnetica su una linea | Induzione magnetica su un piano

Coordinata punto iniziale

x1: y1:

Coordinata punto finale

x2: y2:

Discretizzazione

Numero punti:

Opzioni di visualizzazione:

The diagram shows a 2D coordinate system with x and y axes. A point P is located at coordinates (xp, yp). Two horizontal lines of conductors are shown below the point. The first line has three conductors labeled R, S, and T, with a vertical distance h1 from the line to the point. The second line has three conductors labeled R, S, and T, with a vertical distance h2 from the line to the point. Horizontal distances d1, d2, and d3 are marked between the lines and the point.

Fig. 11. Dati di input calcolo dell'induzione magnetica con 2 terne su un piano posto a 1,20m sopra quota piano campagna

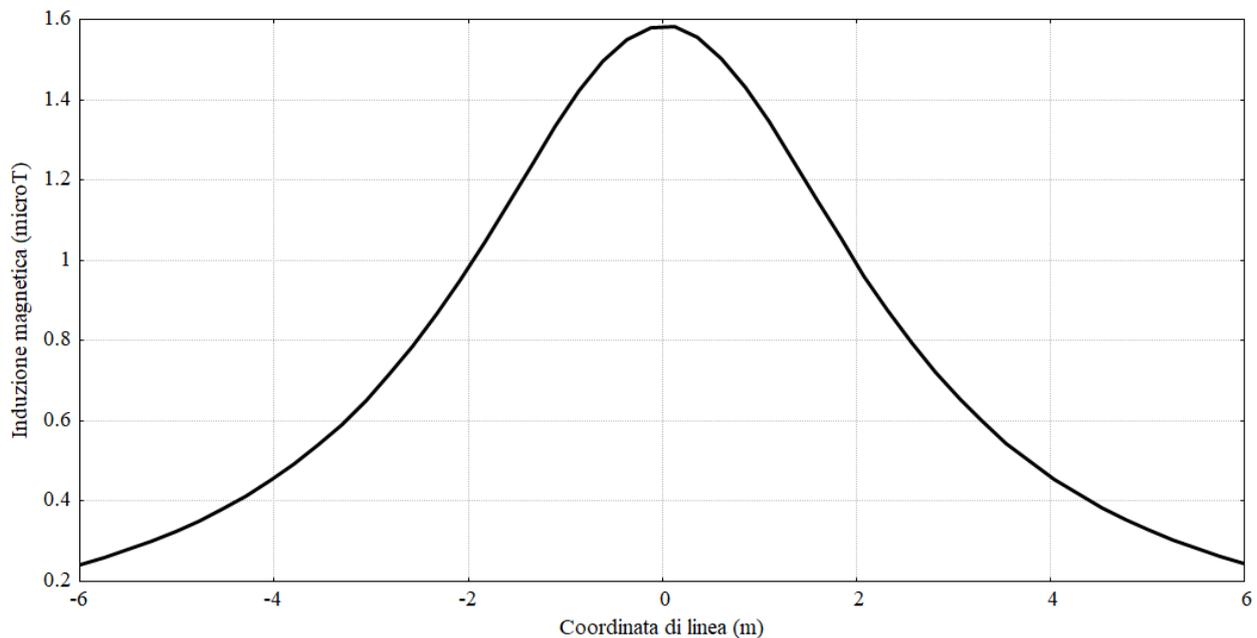


Fig. 12. Andamento dell'induzione magnetica con 2 terne su un piano posto a quota 1,20m su piano campagna

Il calcolo della DPA è stato eseguito determinando 4 punti sugli assi di riferimento X,Y a cui corrisponde una induzione di $3\mu\text{T}$. Tali punti sono qui di seguito esplicitati:

asse +X : 1,90 m, asse -X : -1,88m

asse +Y : 1,85 m, asse -Y : -1,83m

di seguito lo screenshot con calcolo dell'induzione nei punti sopra indicati

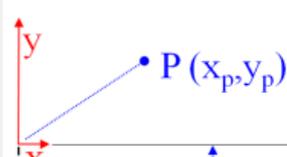
punto +X

Numero di linee:
 Corrente in modulo (A) e fase (Deg)
 Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A)
 OK

Linea1
 Corrente [A]:
 Fase [gradi]:
 Posizione linea: X [m] Y [m]
 Tema_a_trifoglio: RST TSR RTS
 SRT STR TRS
 Distanza tra i conduttori d (m):

Linea2
 Corrente [A]:
 Fase [gradi]:
 Posizione linea: X [m] Y [m]
 RST TSR RTS
 SRT STR TRS
 Distanza tra i conduttori d (m):

Induzione magnetica su un punto | Induzione magnetica su una linea | Induzione magnetica su un piano
 Coordinate del punto P: X (m) Y (m)
 Induzione magnetica nel punto P: 3,018 μT



punto -X

Numero di linee

Corrente in modulo (A) e fase (Deg)
 Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A)

OK

Linea1

Corrente [A] Fase [gradi]

Posizione linea X [m] Y [m]

Tema_a_trifoglio RST TSR RTS SRT STR TRS

Distanza tra i conduttori d (m)

Linea2

Corrente [A] Fase [gradi]

Posizione linea X [m] Y [m]

Tema_a_trifoglio RST TSR RTS SRT STR TRS

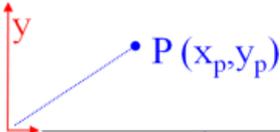
Distanza tra i conduttori d (m)

Induzione magnetica su un punto Induzione magnetica su una linea Induzione magnetica su un piano

Induzione magnetica su un punto

Coordinate del punto P X (m) Y (m)

Induzione magnetica nel punto P μT



punto +Y

Numero di linee

Corrente in modulo (A) e fase (Deg)
 Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A)

OK

Linea1

Corrente [A] Fase [gradi]

Posizione linea X [m] Y [m]

Tema_a_trifoglio RST TSR RTS SRT STR TRS

Distanza tra i conduttori d (m)

Linea2

Corrente [A] Fase [gradi]

Posizione linea X [m] Y [m]

Tema_a_trifoglio RST TSR RTS SRT STR TRS

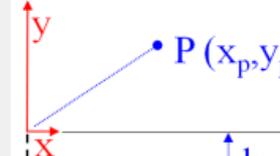
Distanza tra i conduttori d (m)

Induzione magnetica su un punto Induzione magnetica su una linea Induzione magnetica su un piano

Induzione magnetica su un punto

Coordinate del punto P X (m) Y (m)

Induzione magnetica nel punto P μT



punto -Y

Numero di linee

Corrente in modulo (A) e fase (Deg)
 Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A)

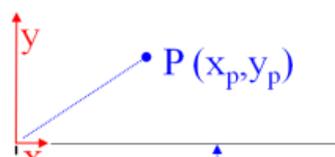
OK

Linea1
 Corrente [A]
 Fase [gradi]
 Posizione linea
 X [m]
 Y [m]
 Tema_a_trifoglio
 RST TSR RTS
 SRT STR TRS
 Distanza tra i conduttori d (m)

Linea2
 Corrente [A]
 Fase [gradi]
 Posizione linea
 X [m]
 Y [m]
 Tema_a_trifoglio
 RST TSR RTS
 SRT STR TRS
 Distanza tra i conduttori d (m)

Induzione magnetica su un punto Induzione magnetica su una linea Induzione magnetica su un piano

Induzione magnetica su un punto
 Coordinate del punto P
 X (m)
 Y (m)
 Induzione magnetica nel punto P
 3,015 μT



Nella seguente **Fig. 13** sono riportati i risultati del calcolo della DPA della dorsale con 2 terne.

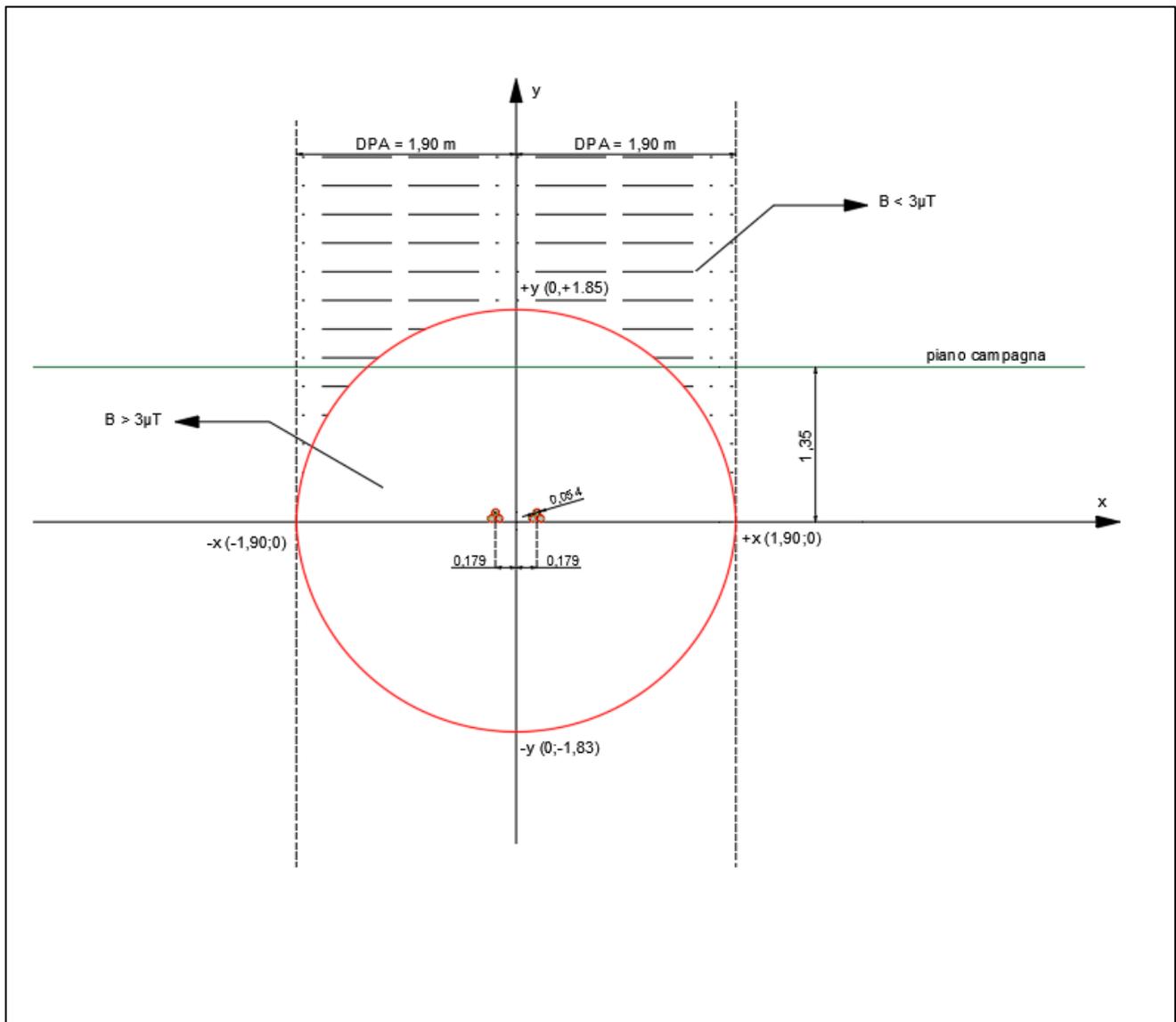


Fig. 13. DPA per la dorsale di collegamento con 2 terne

CASO STUDIO 2 (LINEA AT IN CAVO INTERRATO 150 kV)

La linea di collegamento tra la sottostazione del produttore e lo stallo assegnato all'interno della SE-RTN di TERNA sarà costituita da cavi unipolari tipo ARE4H1H5E 87/150 kV di formazione 3x1x1600 mm², con



conduttori in alluminio compatto, con schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafatura esterna, il tutto come riportato nella seguente **Tab. 1**.

Tipo di conduttore	Unipolare in XLPE (polietilene reticolato)
Sezione	1600 mm ²
Materiale del conduttore	Corde di alluminio compatta
Schermo semiconduttore interno	A base di polietilene drogato
Materiale isolamento	Polietilene reticolato
Schermo semiconduttore esterno (sull'isolante)	A base di polietilene drogato
Materiale della guaina metallica	Rame corrugato
Materiale della blindatura in guaina anticorrosiva	Polietilene, con grafite refrigerante (opzionale)
Materiale della guaina esterna	Polietilene
Tensione di isolamento	170 kV

Tab. 1. Dati tecnici del cavo AT 150 kV

Nella **Tab. 2** sono invece riportate le caratteristiche geometriche della posa interrata del cavo, mentre in **Fig. 14** è riportata la sezione dello scavo di posa della linea AT 150 kV.

Posa	Interrata in letto di sabbia a bassa resistività termica
Messa a terra degli schermi	"cross bonding" o "single point-bonding"
Profondità di posa del cavo	Minimo 1,90 m
Formazione	Una terna a trifoglio
Tipologia di riempimento	Con sabbia a bassa resistività termica
Profondità del riempimento	Minimo 1,10 m
Copertura con piastre di protezione in C.A.	spessore minimo 5 cm
Tipologia di riempimento fino a piano terra	Terra di riporto adeguatamente selezionata
Posa di Nastro Monitor in PVC – profondità	1,00 m circa

Tab. 2. Dati di posa interrata del cavo AT 150 kV

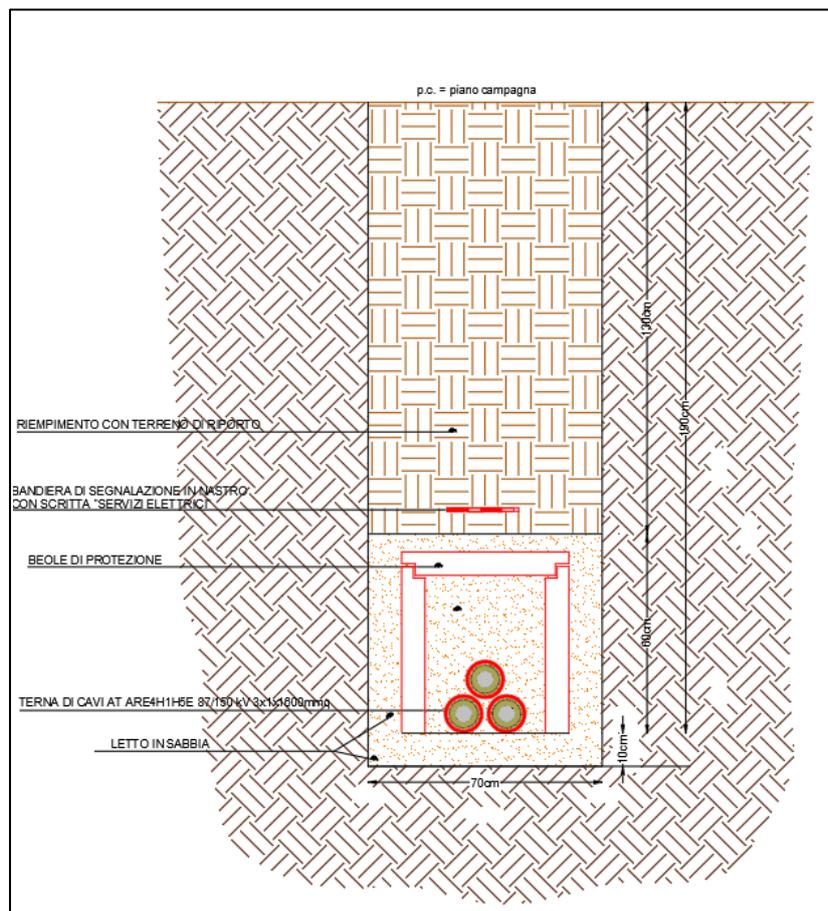


Fig. 14 Particolare posa terne di cavi della dorsale AT.

Il calcolo dell'induzione magnetica è stato effettuato assumendo una corrente di servizio pari a **1110A** corrispondente alla portata del cavo nelle condizioni di posa di che trattasi secondo la norma CEI 11-60. Da notare che tale corrente è superiore sia rispetto alla corrente massima di servizio dell'impianto, pari a 164 A (40,322 MW a 150 kV), sia rispetto a quella massima di uno stallo TERNA pari a 244 A (60MW a 150 kV).

Della dorsale è stato effettuato il calcolo dell'andamento dell'induzione magnetica su un piano esplorativo posto a quota piano di campagna (**Fig. 15** e **Fig. 16** rispettivamente per i dati di input e la curva risultante) e su un piano posto a 1,2m sopra il piano di campagna (**Fig. 17** e **Fig. 18** rispettivamente per i dati di input e la curva risultante) corrispondente a circa l'altezza di una persona.

Numero di linee:

Corrente in modulo (A) e fase (Deg)
 Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A)

OK

Linea 1

Corrente [A]:
 Fase [gradi]:

Posizione linea
 X [m]:
 Y [m]:

Tema_a_trifoglio:
 Distanza tra i conduttori d (m):

RST TSR RTS
 SRT STR TRS

Induzione magnetica su un punto
 Induzione magnetica su una linea
 Induzione magnetica su un piano

Coordinata punto iniziale: x1 y1
 Coordinata punto finale: x2 y2
 Discretizzazione: Numero punti

Opzioni di visualizzazione:

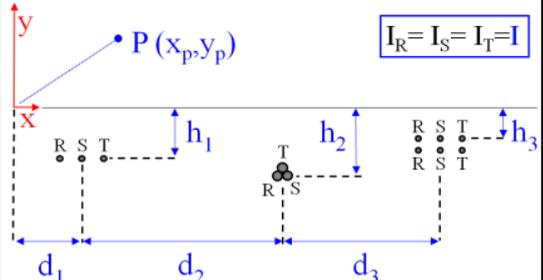


Fig. 15. Dati di input calcolo dell'induzione magnetica su un piano posto a quota campagna

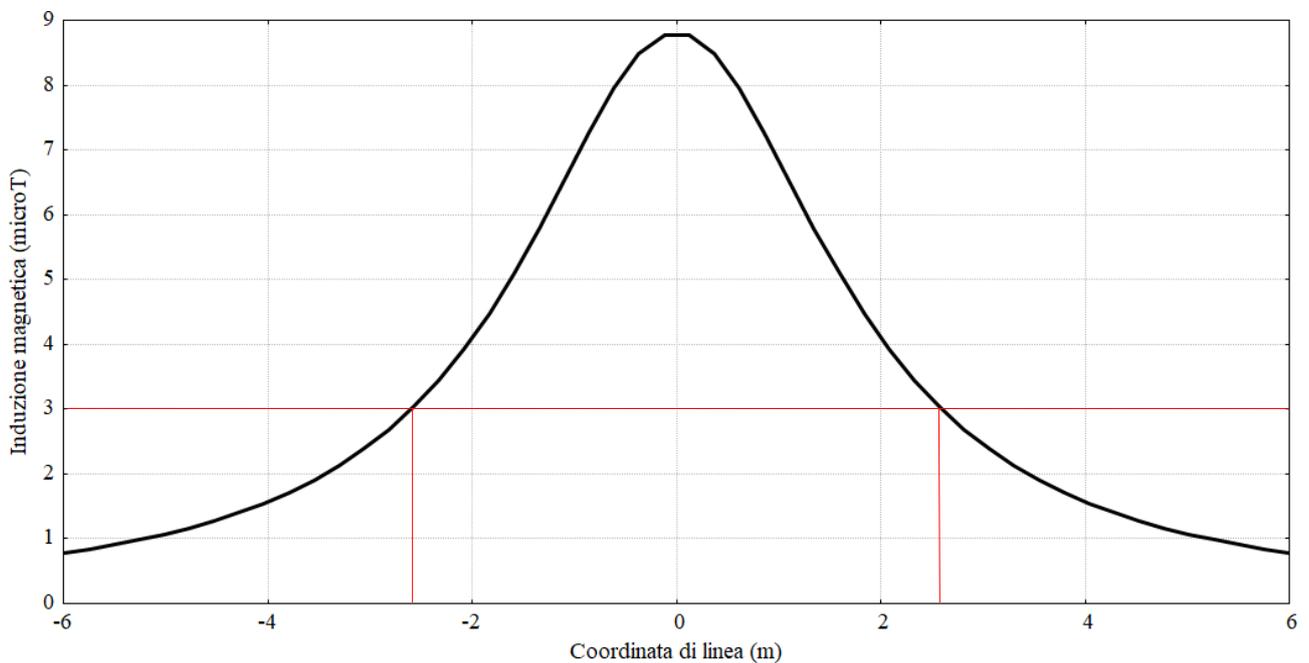


Fig. 16. Andamento dell'induzione magnetica su un piano posto a quota campagna

Numero di linee:
 Corrente in modulo (A) e fase (Deg)
 Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A)

Linea1
 Corrente [A]:
 Fase [gradi]:
 Posizione linea:
 X [m]:
 Y [m]:
 Tema_a_trifoglio: RST TSR RTS
 SRT STR TRS
 Distanza tra i conduttori d (m):

Induzione magnetica su un punto | Induzione magnetica su una linea | Induzione magnetica su un piano

Induzione magnetica su un punto:
 Coordinata punto iniziale: x1 y1
 Coordinata punto finale: x2 y2
 Discretizzazione: Numero punti

Diagramma schematico:
 Punto P (x_p, y_p)
 $I_R = I_S = I_T = I$
 Altezze: h_1, h_2, h_3
 Distanze: d_1, d_2, d_3
 Conduttori: R, S, T

Fig. 17. Dati di input calcolo dell'induzione magnetica su un piano posto a 1,20m sopra quota campagna

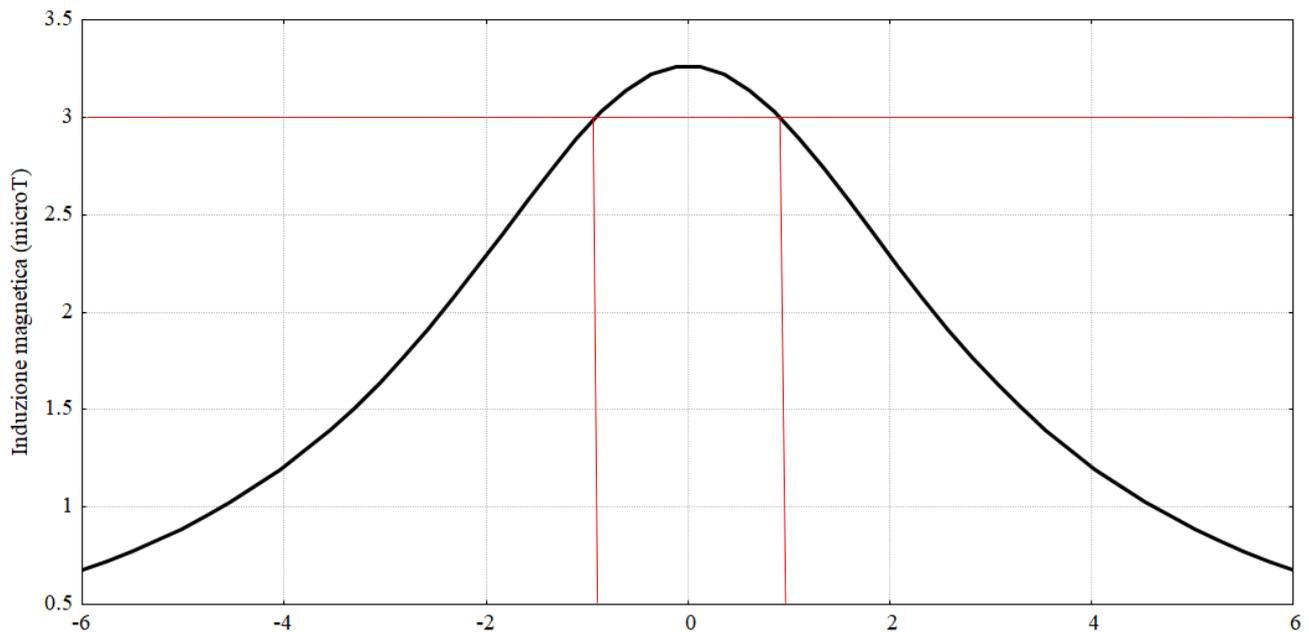


Fig. 18. Andamento dell'induzione magnetica su un piano posto a quota 1,20m su piano campagna



Il calcolo della DPA per è stato eseguito determinando 4 punti sugli assi di riferimento X,Y a cui corrisponde una induzione di $3\mu\text{T}$. Tali punti sono qui di seguito esplicitati:

asse +X : 3,2 m, asse -X : -3,2m

asse +Y : 3,2 m, asse -Y : -3,2m

di seguito lo screenshot con calcolo dell'induzione nei punti sopra indicati

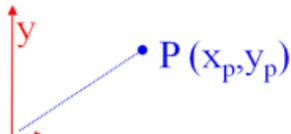
punto +X

Numero di linee <input type="text" value="1"/> <input checked="" type="radio"/> Corrente in modulo (A) e fase (Deg) <input type="radio"/> Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A) <input type="button" value="OK"/>	Linea1 Corrente [A] <input type="text" value="1110"/> Fase [gradi] <input type="text" value="120"/> Posizione linea X [m] <input type="text" value="0"/> Y [m] <input type="text" value="0"/> Tema_a_trifoglio <input checked="" type="radio"/> RST <input type="radio"/> TSR <input type="radio"/> RTS <input type="radio"/> SRT <input type="radio"/> STR <input type="radio"/> TRS Distanza tra i conduttori d (m) <input type="text" value="0,113"/>
Induzione magnetica su un punto Coordinate del punto P X (m) <input type="text" value="3,2"/> Y (m) <input type="text" value="0"/> Induzione magnetica nel punto P 3,001 μT	

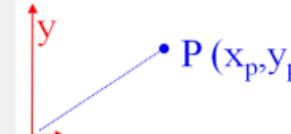
punto -X

Numero di linee <input type="text" value="1"/> <input checked="" type="radio"/> Corrente in modulo (A) e fase (Deg) <input type="radio"/> Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A) <input type="button" value="OK"/>	Linea1 Corrente [A] <input type="text" value="1110"/> Fase [gradi] <input type="text" value="120"/> Posizione linea X [m] <input type="text" value="0"/> Y [m] <input type="text" value="0"/> Tema_a_trifoglio <input checked="" type="radio"/> RST <input type="radio"/> TSR <input type="radio"/> RTS <input type="radio"/> SRT <input type="radio"/> STR <input type="radio"/> TRS Distanza tra i conduttori d (m) <input type="text" value="0,113"/>
Induzione magnetica su un punto Coordinate del punto P X (m) <input type="text" value="-3,2"/> Y (m) <input type="text" value="0"/> Induzione magnetica nel punto P 3,001 μT	

punto +Y

Numero di linee <input type="text" value="1"/> <input checked="" type="radio"/> Corrente in modulo (A) e fase (Deg) <input type="radio"/> Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A) <input type="button" value="OK"/>	Linea1 Corrente [A] <input type="text" value="1110"/> Fase [gradi] <input type="text" value="120"/> Posizione linea X [m] <input type="text" value="0"/> Y [m] <input type="text" value="0"/> Tema_a_trifoglio <input checked="" type="radio"/> RST <input type="radio"/> TSR <input type="radio"/> RTS <input type="radio"/> SRT <input type="radio"/> STR <input type="radio"/> TRS Distanza tra i conduttori d (m) <input type="text" value="0,113"/>
Induzione magnetica su un punto Induzione magnetica su una linea Induzione magnetica su un piano Coordinate del punto P Induzione magnetica nel punto P X (m) <input type="text" value="0"/> 3,063 μT Y (m) <input type="text" value="3,2"/>	
	

punto -Y

Numero di linee <input type="text" value="1"/> <input checked="" type="radio"/> Corrente in modulo (A) e fase (Deg) <input type="radio"/> Corrente in parte reale (A) e parte immaginaria (A) <input type="button" value="OK"/>	Linea1 Corrente [A] <input type="text" value="1110"/> Fase [gradi] <input type="text" value="120"/> Posizione linea X [m] <input type="text" value="0"/> Y [m] <input type="text" value="0"/> Tema_a_trifoglio <input checked="" type="radio"/> RST <input type="radio"/> TSR <input type="radio"/> RTS <input type="radio"/> SRT <input type="radio"/> STR <input type="radio"/> TRS Distanza tra i conduttori d (m) <input type="text" value="0,113"/>
Induzione magnetica su un punto Induzione magnetica su una linea Induzione magnetica su un piano Coordinate del punto P Induzione magnetica nel punto P X (m) <input type="text" value="0"/> 2,941 μT Y (m) <input type="text" value="-3,2"/>	
	

Nella seguente **Fig. 19** sono riportati i risultati del calcolo della DPA della dorsale AT.

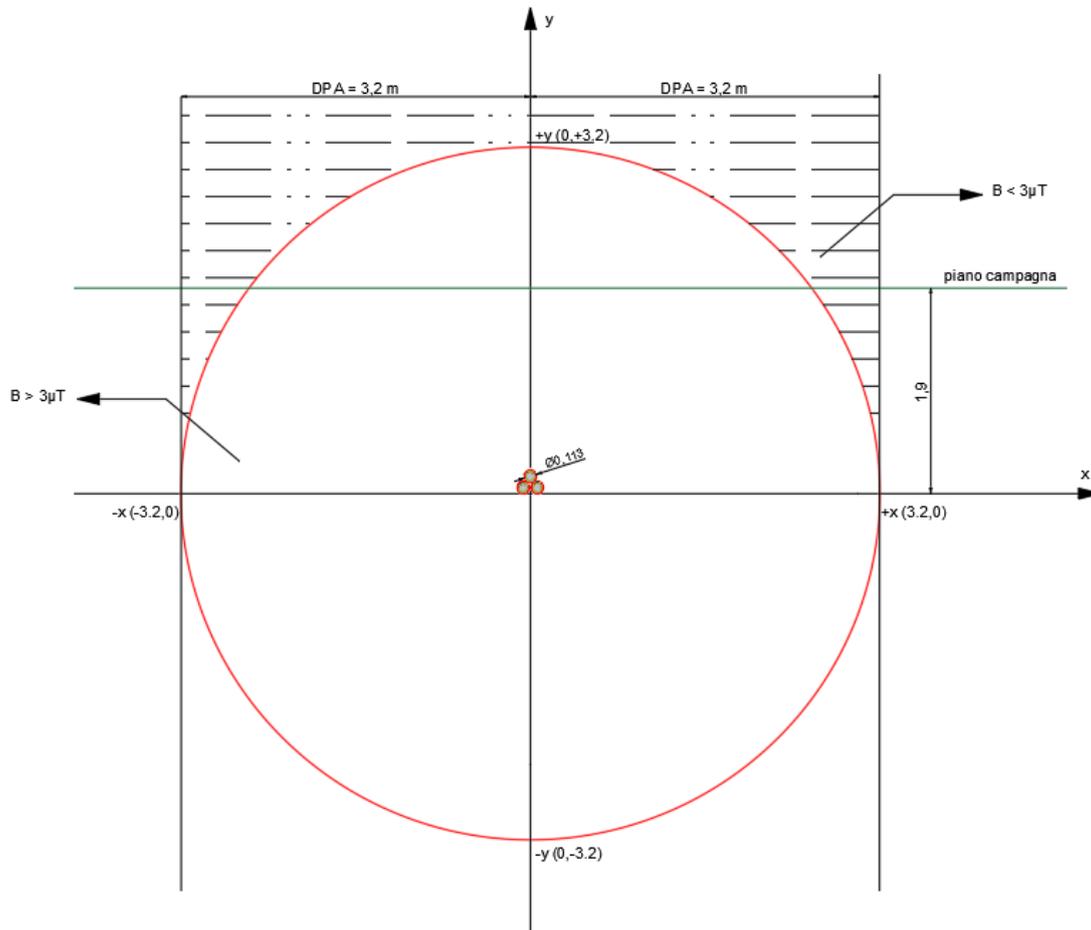


Fig. 19. DPA per la dorsale AT di collegamento tra sottostazione e stallo TERNA

6. CONCLUSIONI.

Come evidente dai grafici sopra riportati, in tutti i casi indagati il campo di induzione magnetica, riferita all'elettrodotto dorsale MT e la linea interrata AT 150 kV, determina delle DPA e fasce di rispetto che in nessun caso interessa aree sensibili intese come parchi giochi, scuole, abitazioni, ospedali, penitenziari e comunque aree ed edifici in cui vi può essere la permanenza di popolazione per più di 4 ore al giorno.

Analoga considerazione si può fare per l'intero campo fotovoltaico, e la sottostazione di trasformazione MT/AT 30/150 kV. Per quest'ultima, senza entrare nello specifico di calcoli complessi e laboriosi, dalla letteratura tecnica si evince che le DPA riferite alla parte AT sono dell'ordine di 14m mentre quelle riferite alla parte MT sono dell'ordine di 7m (Vedi **Fig. 20**).

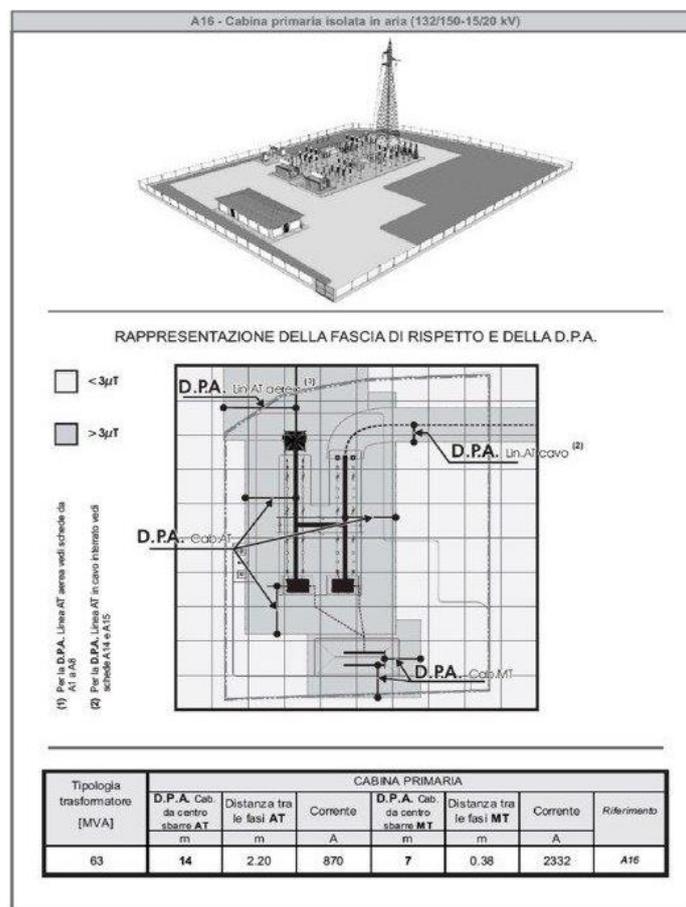


Fig. 20 Cabina primaria MT/AT

Con queste estensioni, le DPA restano quasi totalmente confinate all'interno della recinzione perimetrale della sottostazione o al massimo sono ad essa esterne di pochi metri. Anche nella peggiore delle ipotesi in cui tali fasce fossero totalmente esterne alla recinzione perimetrale, si avrebbe una DPA esterna massima di una quindicina di metri. In tal caso la DPA finisce comunque con il NON INTERESSARE, aree sensibili come sopra definite.



Per tutto quanto sopra analizzato, possiamo concludere che per tutte le parti dell'impianto fotovoltaico analizzato sono rispettati *gli obiettivi di qualità* di cui al D.P.C.M. 8 luglio 2003.

San Severo, Settembre 2023

STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA

Ing. MEZZINA Antonio

