



PROPONENTE:

HEPV04 S.R.L.
Via Alto Adige, 160/A - 38121 Trento (TN)
hepv04srl@legalmail.it

MANAGEMENT:

EHM.Solar

EHM.SOLAR S.R.L.
Via della Rena, 20 39100 Bolzano - Italy
tel. +39 0461 1732700
fax. +39 0461 1732799
info@ehm.solar
c.fiscale, p.iva e R.I. 03033000211

NOME COMMESSA:

**CONSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO
AGROVOLTAICO AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE
PARI A 56.500 kW E POTENZA MODULI PARI
A 62.160 kWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA
RETE ELETTRICA - IMPIANTO RFVP76**

STATO DI AVANZAMENTO COMMESSA:

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE UNICA

CODICE COMMESSA:

HE.18.0064

PROGETTAZIONE INGEGNERISTICA:



STC S.r.l

Via V. M. STAMPACCHIA, 48 - 73100 Lecce
Tel. +39 0832 1798355
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu
Direttore Tecnico: Dott. Ing. Fabio Calcarella



4IDEA S.r.l

Via G. Brunetti, 50 - 73019 Trepuzzi
Tel. +39 0832 760144
pec 4ideasrl@pec.it
info@studioideassociati.it

PROGETTISTA:



COLLABORATORE:

AMBIENTE IDRAULICA STRUTTURE

STUDI FAUNISTICI

STUDI PEDO-AGRONOMICI

CONSULENZA LEGALE

STUDIO LEGALE PATRUNO
Via Argiro, 33 Bari
t.f. +39 080 8693336



OGGETTO:

Relazione di verifica esposizione ai campi elettromagnetici

SCALA:

n.a.

DATA:

OTTOBRE 2021

NOME FILE:

6JUCTX0
_DocumentazioneSpecialistica_04-agg

TAVOLA:

R04 agg

N. REV.	DATA	REVISIONE
1	30.09.2019	Prima emissione
2	09.2020	Aggiornamento per variazione Connessione

ELABORATO	VERIFICATO	VALIDATO
STC	responsabile commessa Fabio Calcarella	direttore tecnico HEPV04 S.r.l
STC	Fabio Calcarella	HEPV04 S.r.l

Sommario

1	Oggetto.....	2
2	Compatibilità Elettromagnetica	3
2.1	Riferimenti normativi	3
2.2	Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite	4
2.3	Campo magnetico.....	5
2.4	Campo elettrico	7
3	Fonti di emissione.....	7
3.1	Campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti	8
3.1.1	Caso A - Linea elettrica in cavo interrato costituita da 6 terne di cavi MT posate a trifoglio (arrivo linee in Cabina di Smistamento).....	10
3.1.2	Caso B - Linea elettrica in cavo interrato costituita da 3 terne di cavi MT posate a trifoglio da 630 mmq (dorsale esterna).....	14
3.1.3	Caso C - Elettrodotto AT di collegamento alla RTN	20
3.2	Gruppo di trasformazione	25
3.3	Sottostazione Elettrica di Trasformazione 30/150 kV	27
3.3.1	Determinazione della fascia di rispetto.....	29
3.4	Conclusioni e Distanze di prima approssimazione (DPA).....	32
3.4.1	Impianto Fotovoltaico.....	33
3.4.2	Cavidotto di collegamento alla SSE (dorsale esterna)	34
3.4.3	Cavidotto AT di consegna alla SE Terna	34
3.4.4	Sottostazione Elettrica di trasformazione 30/150 kV	34



1 Oggetto

Scopo del progetto è la realizzazione di un “Parco Fotovoltaico” per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (sole) e l'immissione, attraverso un'opportuna connessione, dell'energia prodotta nella Rete di Trasmissione Nazionale.

L'impianto avrà potenza nominale pari a 56.500 kW e una potenza installata pari a 62.160 kWp. Interesserà un'area agricola ricadente nel Comune di Latiano (BR), sia per quanto riguarda l'impianto fotovoltaico propriamente detto, sia per quanto riguarda le opere di connessione (cavidotto e SSE).

Sarà costituito da 155.400 moduli fotovoltaici da 400 W ognuno raggruppati in 5.550 stringhe e montati su strutture metalliche ad inseguitori solari monoassiali, “Tracker”.

L'energia prodotta dall'impianto sarà convogliata dopo la trasformazione da BT in MT, mediante un cavidotto interrato di lunghezza pari a circa 1.700 m, ad una Sottostazione Elettrica Utente, anch'essa di nuova costruzione ed oggetto del presente progetto, ubicata nei pressi della futura Stazione Elettrica AT di Terna, per l'immissione nella RTN ad Alta Tensione.

L'impianto sarà distribuito su un'area con quota s.l.m. pari a circa 100 metri, e del tutto pianeggiante. I terreni in questione, hanno tutti destinazione agricola e sono seminativi.

L'area è stata suddivisa in 6 lotti denominati “field” o “campi” le cui caratteristiche sono riportate nelle tabelle seguenti:

Lotto	Latitudine	Longitudine	Comune
Field A	40°35'29.43"N	17°42'32.78"E	Latiano (Br)
Field B	40°35'13.64"N	17°42'44.46"E	Latiano (Br)
Field C	40°34'54.32"N	17°42'41.58"E	Latiano (Br)
Field D	40°35'05.79"N	17°43'16.31"E	Latiano (Br)
Field E	40°35'42.91"N	17°42'12.01"E	Latiano (Br)
Field F	40°35'36.31"N	17°42'29.17"E	Latiano (Br)

Tabella A – Ubicazione geografica delle opere

Lotto	Estensione (ha)	Potenza (MW)	Rapporto ha / MW	Ubicazione NCT
Field A	24,07	15,030	1,60	Foglio 13 (Latiano)
Field B	18,95	11,200	1,69	Foglio 13 (Latiano)
Field C	27,47	17,371	1,58	Foglio 13 (Latiano)
Field D	21,6	12,521	1,72	Foglio 13 (Latiano)
Field E	7,97	4,289	1,85	Foglio 9 (Latiano)
Field F	2.59	1,747	1,48	Foglio 9 (Latiano)
Totale	102,65	62,160	1,65	

Tabella B – Estensione e Potenza installata in KW di ciascun "campo"

L'impianto elettrico del Parco Fotovoltaico si sviluppa secondo lo schema a blocchi riportato nell'elaborato "Schema a blocchi rete MT Parco fotovoltaico".

2 Compatibilità Elettromagnetica

2.1 Riferimenti normativi

- D.M. del 29 maggio 2008;
- Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato A al DM 29.05.08;
- Norma CEI 106-11 (*Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art.6)*);
- D.P.C.M. del 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*";

- Legge n.36 del 22 febbraio 2001;
- Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449.

2.2 Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

- All'art.3 comma 1: 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 μT** per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;
- All'art.3 comma 2: 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 μT** , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio;
- Art.4 comma 1. 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 μT per il valore dell'induzione magnetica**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio
- Lo stesso DPCM, all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità (**$B=3\mu\text{T}$**) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale *fascia di rispetto* lo spazio circostante l'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 all'obiettivo di qualità.

- Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.
- ***Pertanto, obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento al limite di qualità di 3 μ T.***

2.3 Campo magnetico

I campi elettromagnetici sono un insieme di grandezze fisiche misurabili, introdotte per caratterizzare un insieme di fenomeni osservabili indotti senza contatto diretto tra sorgente ed oggetto del fenomeno, vale a dire fenomeni in cui è presente un'azione a distanza attraverso lo spazio.

Esso è composto in generale da tre campi vettoriali, il *campo elettrico*, il *campo magnetico* e un terzo campo che spesso per semplicità viene escluso che è il "*termine di sorgente*". Questo significa che i vettori che caratterizzano il campo elettromagnetico hanno ciascuno un valore definito in ciascun punto del tempo e dello spazio.

I vettori che modellizzano le grandezze introdotte nella definizione del modello fisico dei campi elettromagnetici sono quindi:

E: Campo elettrico

B: Campo di induzione magnetica

parallelamente:

D: spostamento elettrico o induzione dielettrica

H: Campo magnetico

L'esposizione umana ai campi elettromagnetici è una problematica relativamente recente che assume notevole interesse con l'introduzione massiccia dei sistemi di telecomunicazione e dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. In realtà anche in assenza di tali sistemi siamo costantemente immersi nei campi elettromagnetici per tutti quei fenomeni naturali riconducibili alla natura elettromagnetica, primo su tutti l'irraggiamento solare.

Per quanto concerne i fenomeni elettrici si fa riferimento al campo elettrico, il quale può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica.

Per i fenomeni di natura magnetica si fa riferimento ad una caratterizzazione dell'esposizione ai campi magnetici, non in termini del vettore campo magnetico, ma in termini di induzione magnetica, che tiene conto dell'interazione con ambiente ed i mezzi materiali in cui il campo si propaga. Dal punto di vista macroscopico ogni fenomeno elettromagnetico è descritto dall'insieme di equazioni note come equazioni di Maxwell.

La normativa attualmente in vigore disciplina in modo differente i valori ammissibili di campo elettromagnetico, distinguendo così i "campi elettromagnetici quasi statici" ed i "campi elettromagnetici a radio frequenza".

Nel caso dei campi quasi statici, ha senso ragionare separatamente sui fenomeni elettrici e magnetici e ha quindi anche senso imporre separatamente dei limiti normativi alle intensità del campo elettrico e dell'induzione magnetica.

Il modello quasi statico è applicato per il caso concreto della distribuzione di energia, in relazione alla frequenza di distribuzione dell'energia della rete che è pari a 50Hz. In generale gli elettrodotti dedicati alla trasmissione e distribuzione di energia elettrica sono percorsi da correnti elettriche di intensità diversa, ma tutte alla frequenza di 50Hz, e quindi tutti i fenomeni elettromagnetici che li vedono come sorgenti possono essere studiati correttamente con il modello per campi quasi statici. Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz, costituiscono una sorgente di campi elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz.

DENOMINAZIONE		SIGLA	FREQUENZA	LUNGHEZZA D'ONDA
FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE		ELF	0 - 3kHz	> 100Km
FREQUENZE BASSISSIME		VLF	3 - 30kHz	100 - 10Km
RADIOFREQUENZE	FREQUENZE BASSE (ONDE LUNGHE)	LF	30 - 300kHz	10 - 1Km
	MEDIE FREQUENZE (ONDE MEDIE)	MF	300kHz - 3MHz	1Km - 100m
	ALTE FREQUENZE	HF	3 - 30MHz	100 - 10m
	FREQUENZE ALTISSIME (ONDE METRICHE)	VHF	30 - 300MHz	10 - 1m
MICROONDE	ONDE DECIMETRICHE	UHF	300MHz - 3GHz	1m - 10cm
	ONDE CENTIMETRICHE	SHF	3 - 30GHz	10 - 1cm
	ONDE MILLIMETRICHE	EHF	30 - 300GHz	1cm - 1mm
INFRAROSSO		IR	0,3 - 385THz	1000 - 0,78mm
LUCE VISIBILE			385 - 750THz	780 - 400nm
ULTRAVIOLETTO		UV	750 - 3000THz	400 - 100nm
RADIAZIONI IONIZZANTI		X	> 3000THz	< 100nm

Spettro elettromagnetico

2.4 Campo elettrico

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, come l'inverso della distanza dai conduttori. I valori efficaci delle tensioni di linea variano debolmente con le correnti che le attraversano; l'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante.

La presenza di alberi, oggetti conduttori o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo elettrico, e in particolare all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno.

Per le linee elettriche aeree, l'intensità maggiore del campo elettrico si misura generalmente al centro della campata, ossia nel punto in cui i cavi si trovano alla minore distanza dal suolo. L'andamento e il valore massimo delle intensità dei campi dipenderà anche dalla disposizione e dalle distanze tra i conduttori della linea.

3 Fonti di emissione

Le apparecchiature elettromeccaniche previste nella realizzazione del parco fotovoltaico in oggetto generano normalmente, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti del parco fotovoltaico:

- Elettrodotti:

- linee elettriche BT di interconnessione fra gli inverter di campo e le cabine di trasformazione;
- linee elettriche MT di interconnessione fra le Cabine di Trasformazione dei sottocampi e la Cabina di Smistamento;
- elettrodotto MT di vettoriamento dell'energia prodotta dall'impianto dalla Cabina di Smistamento e la SSE;
- le cabine di trasformazione primarie e secondarie;
- Linea AT di collegamento alla RTN.

Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

3.1 Campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti

Quella che viene presentata in questi paragrafi è una valutazione analitica del campo magnetico generato dagli elettrodotti, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia dei cavi utilizzati.

In linea generale l'utilizzo di cavi MT in configurazione ad "elica visibile" con sezione sino a 240 mm², fanno sì che il campo magnetico prodotto sia notevolmente inferiore a quello prodotto da cavi analoghi posati in piano o a trifoglio. Le particolarità costruttive di questi cavi, ossia la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione dovuta alla cordatura, fa sì che il campo elettromagnetico generato dai cavi di sezione 120 – 240 mm² risulta essere infatti di gran lunga inferiore ai valori limite richiesti e, pertanto, già dopo una prima analisi qualitativa, se ne può escludere la valutazione numerica, così come previsto dalla normativa e dalle leggi vigenti.

Nello specifico del nostro caso, sono stati considerati cavi posati a trifoglio "worst-case". Tale scelta è stata dettata dal fatto che al momento non è nota la disponibilità sul mercato e quindi quelle che potranno essere le scelte in fase di progettazione esecutiva.

Nella tabella che segue si schematizza la configurazione dei cavidotti MT all'interno del campo, specificandone la tipologia, la lunghezza e il tratto di appartenenza.

Sottocampo 1	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.A1 - A2	215	226	10	236	3x1x50 mmq
CAB.A2 - A3	226	237	10	247	3x1x50 mmq
CAB.A3 - A4	197	207	10	217	3x1x95 mmq
CAB.A4 - A5	198	208	10	218	3x1x120 mmq
CAB.A7 - BCdS	664	697	10	707	3x1x300 mmq
Totale				1.625	

Sottocampo 2	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.B1 - B2	175	184	10	194	3X1x50 mmq
CAB.B2 - B3	32	34	10	44	3x1x50 mmq
CAB.B3 - B4	106	111	10	121	3X1x95 mmq
CAB.B4 - BCdS	598	628	10	638	3x1x185 mmq
Totale				997	

Sottocampo 3.1	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.C1 - C2	142	149	10	159	3X1x50 mmq
CAB.C2 - C3	191	201	10	211	3x1x50 mmq
CAB.C3 - CdS	26	27	10	37	3z1z95 mmq
Totale				407	

Sottocampo 3.2	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.C5 - C6	351	369	10	379	3X1x50 mmq
CAB.C6 - C4	417	438	10	448	3x1x50 mmq
CAB.C4 - CdS	543	570	10	580	3x1x120 mmq
Totale				1.407	

Sottocampo 4	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.D1 - D4	395	415	10	425	3X1x50 mmq
CAB.D3 - D2	254	267	10	277	3x1x50 mmq
CAB.D2 - D4	128	134	10	144	3X1x95 mmq
CAB.D4 - CdS	786	825	10	835	3x1x185 mmq
Totale				1.681	

Sottocampo 5	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.E1 - E2	370	389	10	399	3x1x50 mmq
CAB.E2 - F	428	449	10	459	3x1x185 mmq
CAB.F - CdS	1.813	1.904	10	1.914	3z1z50 mmq
Totale				2.772	

Per la valutazione del campo magnetico generato da tali elettrodotti occorre innanzitutto individuare le possibili diverse configurazioni che si presentano nel caso in esame, e sulla base di questi individuare i diversi casi sui quali effettuare la valutazione del campo.

Si possono individuare nel parco fotovoltaico in progetto le seguenti tipologie di elettrodotti:

- CASO A: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 6 terne di cavi MT posata a trifoglio ed afferenti alla Cabina di Smistamento;

- CASO B Linea elettrica in cavo interrato costituita da 3 terne di cavi MT posate a trifoglio da 630 mmq.

Tali casistiche sono riferite alle sezioni costituite da cavi di sezione 50-300 mm², della tipologia ARP1H5(AR)E nel caso di cavi MT e cavi di sezione 300 mm² della tipologia FG16R16 0,6/1 kV nel caso di cavi BT.

3.1.1 Caso A - Linea elettrica in cavo interrato costituita da 6 terne di cavi MT posate a trifoglio (arrivo linee in Cabina di Smistamento)

Nel seguente paragrafo verrà calcolato il campo di induzione magnetica generato dalle 5 linee MT in arrivo al Cabina di Smistamento dai sottocampi dell'impianto e che qui sotto specifichiamo. Possiamo considerare questo il "worst case" cioè la situazione più gravosa riscontrabile all'interno dell'impianto.

- Linea SC1 terna di cavi 300 mmq – P = 15.030,40 kWp - $I_b = 298 \text{ A}$ – ($I_z = 364 \text{ A}$);
- Linea SC2 terna di cavi 185 mmq – P = 11.200,00 kWp - $I_b = 222 \text{ A}$ – ($I_z = 276 \text{ A}$);
- Linea SC3.1 terna di cavi 95 mmq – P = 8.646,4 kWp - $I_b = 172 \text{ A}$ – ($I_z = 190 \text{ A}$);
- Linea SC3.2 terna di cavi 120 mmq – P = 8.724,8 kWp - $I_b = 174 \text{ A}$ – ($I_z = 217 \text{ A}$);
- Linea SC4 terna di cavi 185 mmq – P = 12.521,6 kWp - $I_b = 249 \text{ A}$ – ($I_z = 276 \text{ A}$);
- Linea SC5 terna di cavi 50 mmq – P = 6.036,8 kWp - $I_b = 120 \text{ A}$ – ($I_z = 130 \text{ A}$);

Per tener conto della presenza di due o più terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che tenesse conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

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

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

È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello, che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna, della quale sono note le caratteristiche geometriche. Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi

unipolari posati a trifoglio e non elicordati: in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema, essendo il campo magnetico generato dal un cavo elicordato meno intenso di quello di una terna posata a trifoglio.

Per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S * I}{R^2}$$

dove:

B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante;

R [m] dal conduttore centrale;

S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Possiamo quindi riscrivere la formula nella maniera seguente:

$$Bi = 0,1 * \sqrt{6} \frac{Si * Ii}{(x - xi)^2 + (y - d)^2}$$

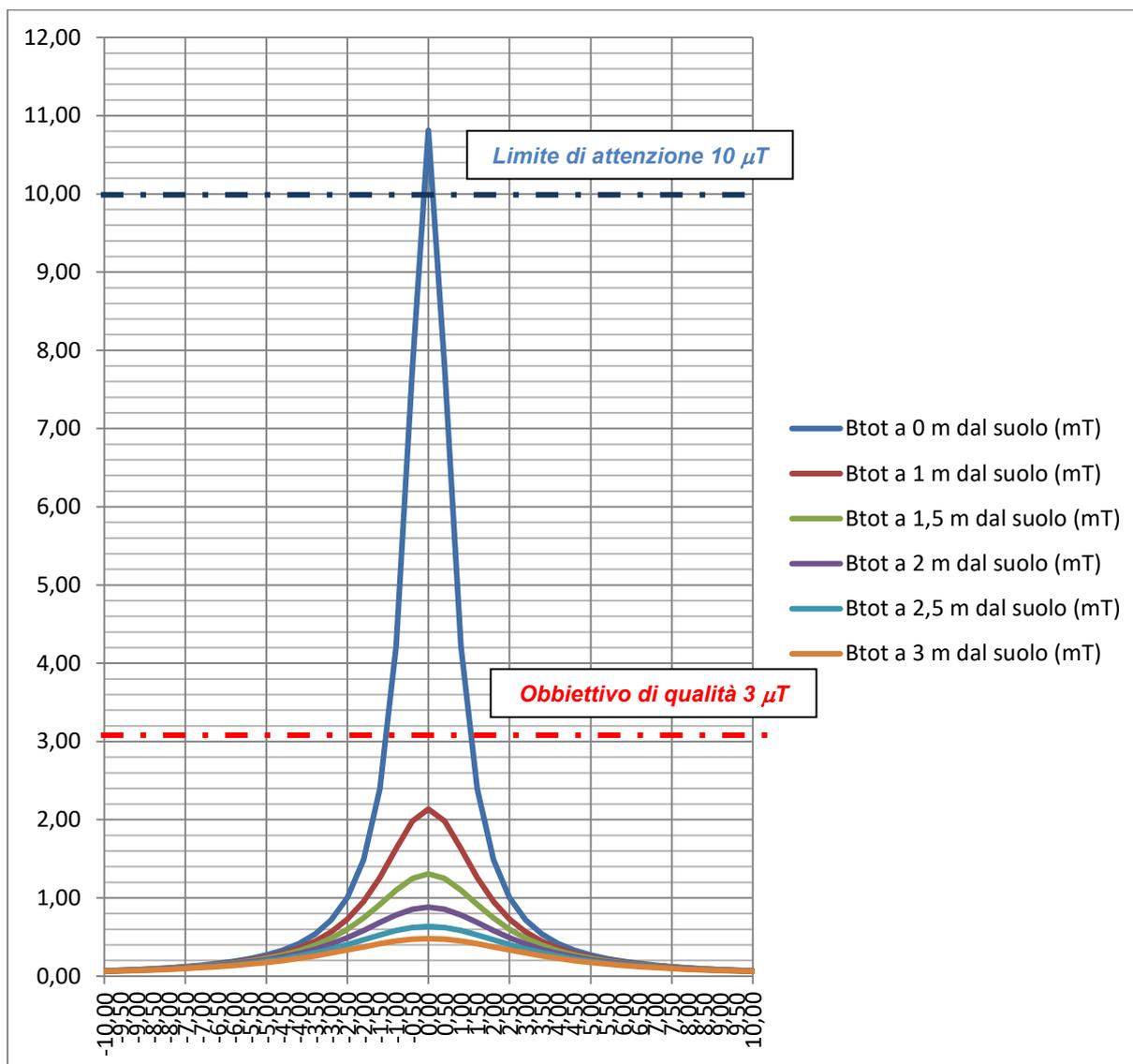
dove Bi è il campo magnetico generato dalla i-esima terna di cavi.

Quindi il campo di induzione magnetica sarà dato dalla somma dei campi di induzione generato da ciascuna delle cinque terne.

Nel caso specifico in esame, applicando la formula di cui sopra si ottengono i risultati riportati nella tabella seguente.

Il calcolo è stato effettuato per diverse altezze dal livello del suolo e con intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m. Inoltre si è tenuto conto della profondità di posa dei cavi all'arrivo in cabina prima dell'attestazione nei quadri MT. Si è considerata quindi una profondità pari a 0,80 m.

Distanza dall'asse centrale (m)	Btot a 0 m dal suolo (μT)	Btot a 1 m dal suolo (μT)	Btot a 1,5 m dal suolo (μT)	Btot a 2 m dal suolo (μT)	Btot a 2,5 m dal suolo (μT)	Btot a 3 m dal suolo (μT)
-10,00	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
-9,50	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
-9,00	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
-8,50	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08
-8,00	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09
-7,50	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
-7,00	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
-6,50	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12
-6,00	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14
-5,50	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15
-5,00	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18
-4,50	0,33	0,29	0,27	0,25	0,22	0,20
-4,00	0,42	0,36	0,33	0,29	0,26	0,23
-3,50	0,54	0,45	0,39	0,34	0,30	0,26
-3,00	0,72	0,57	0,48	0,41	0,35	0,30
-2,50	1,00	0,73	0,60	0,49	0,40	0,33
-2,00	1,49	0,96	0,74	0,58	0,46	0,38
-1,50	2,39	1,26	0,92	0,69	0,53	0,41
-1,00	4,22	1,63	1,10	0,78	0,58	0,45
-0,50	7,77	1,98	1,25	0,86	0,62	0,47
0,00	10,81	2,14	1,31	0,88	0,64	0,48
0,50	7,77	1,98	1,25	0,86	0,62	0,47
1,00	4,22	1,63	1,10	0,78	0,58	0,45
1,50	2,39	1,26	0,92	0,69	0,53	0,41
2,00	1,49	0,96	0,74	0,58	0,46	0,38
2,50	1,00	0,73	0,60	0,49	0,40	0,33
3,00	0,72	0,57	0,48	0,41	0,35	0,30
3,50	0,54	0,45	0,39	0,34	0,30	0,26
4,00	0,42	0,36	0,33	0,29	0,26	0,23
4,50	0,33	0,29	0,27	0,25	0,22	0,20
5,00	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18
5,50	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15
6,00	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14
6,50	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12
7,00	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
7,50	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
8,00	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09
8,50	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08
9,00	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
9,50	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
10,00	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06



Il grafico mostra come nel caso in esame, l'obiettivo di qualità, pari a $<3 \mu T$, è raggiunto già sull'asse del cavidotto stesso, ad una quota dal suolo pari ad 1 m, risultando pari a **$2,14 \mu T$** .

Il campo di induzione magnetica calcolato al livello del suolo (0 metri dal piano campagna) risulta essere pari a **$10,81 \mu T$** . Tale valore, è superiore al limite di attenzione di **$10 \mu T$** , ma di poco. Inoltre il valore dei **$10 \mu T$** è fissato per tempi di permanenze nelle vicinanze dei conduttori non inferiori a quattro ore giornaliere, per altro in ambienti diversi da quello in esame. Si prevedono comunque, nelle fasi di esercizio e manutenzione dell'impianto, tempi

di permanenza di personale addetto all'interno delle Cabine, inferiori alle 4 ore. Per tempi che dovessero prospettarsi superiori, si prevede la disalimentazione di parte o di tutto l'impianto, a seconda della zona sulla quale si andrà ad operare.

Dalla tabella si può notare come il valore di $3\mu T$ (limite di qualità) lo si raggiunge ad una distanza dai conduttori (punto di ingresso in cabina) compresa tra 1,00 e 1,50. In via cautelativa assumeremo come **DPA** una distanza nell'intorno della Cabina pari a **2 m** dove il valore è pari a **1,49 μT** .

In **fase di esercizio**, pertanto, il funzionamento dei cavidotti elettrici produrrà campi elettromagnetici di entità modesta ed inferiore ai livelli di qualità previsti dal DPCM 8 luglio 2003. Inoltre i cavidotti saranno installati in gran parte al di sotto di strade secondarie in aree agricole dove non vi è presenza di abitazioni, e dove non è prevista la permanenze continuativa di persone.

3.1.2 Caso B - Linea elettrica in cavo interrato costituita da 3 terne di cavi MT posate a trifoglio da 630 mmq (dorsale esterna)

Analizziamo adesso il caso della linea MT per il collegamento tra Cabina di Smistamento (che raccoglie la potenza generata dai cinque sottocampi) e la Sottostazione Utente di Trasformazione 30/150 kV. La linea è costituita da due terne di cavi MT da 630 mmq. Ciascuna di esse trasporterà una corrente pari a 400 A.

Come nel caso precedente, per tener conto della presenza di due terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che tenesse conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

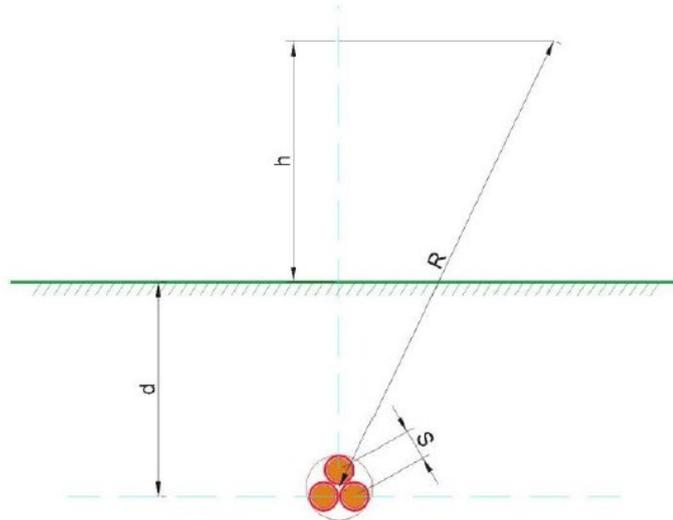
Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

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

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

Analogamente a quanto fatto per il Caso A, è possibile effettuare una semplificazione del modello, che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna, della quale sono note le caratteristiche geometriche. Si terrà conto anche in questo caso il modello

del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordato. In questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema, essendo il campo magnetico generato dal un cavo elicordato meno intenso di quello di una terna posata a trifoglio.



Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S * I}{R^2}$$

dove:

B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante;

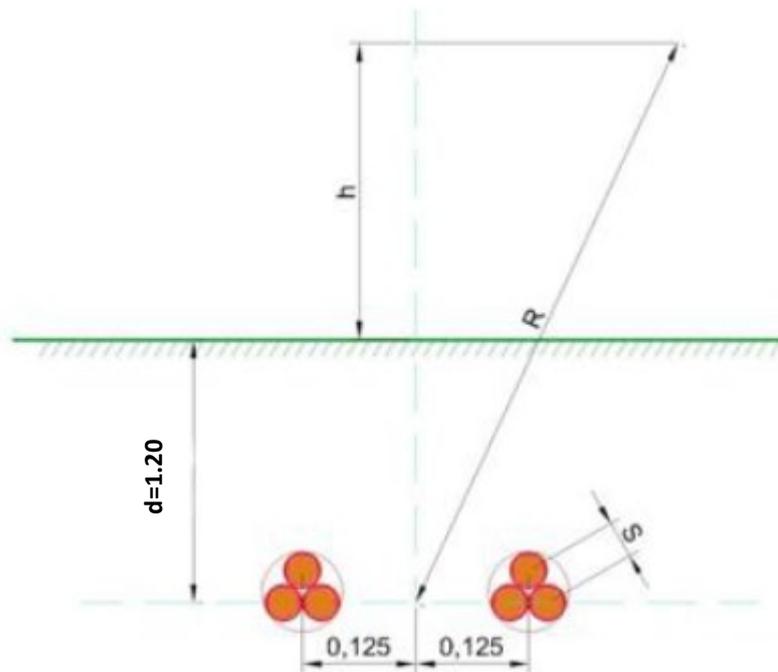
R [m] dal conduttore centrale;

S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle due terne, e fissando l'asse centrale del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S_1 * I_1}{(x-x_1)^2 + (y-d)^2} + B = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S_2 * 2}{(x-x_2)^2 + (y-d)^2}$$



dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle due terne di cavi), Si [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i-esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a li [A] (specifica della terna i-esima).

Per quanto riguarda la corrente I_i , il DPCM 8/07/2003 all'art.6 indica di fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, così come definita dalla norma CEI 11- 60, la quale regolamenta la portata al limite termico delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV. Trattandosi nel caso specifico invece di linea interrata in media tensione (30 kV), e non potendosi fare riferimento a quanto previsto dal decreto, si è fatto riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definita dalla norma CEI 11-17.

Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h, le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

Profondità di posa dei cavi	-1.20 m
Distanza terna 1 dall'asse y	- 0.125 m
Distanza terna 2 dall'asse y	0.125 m
Sezione terne	3x1x630 mmq
Portata cavo di ciascun cavo	412 A

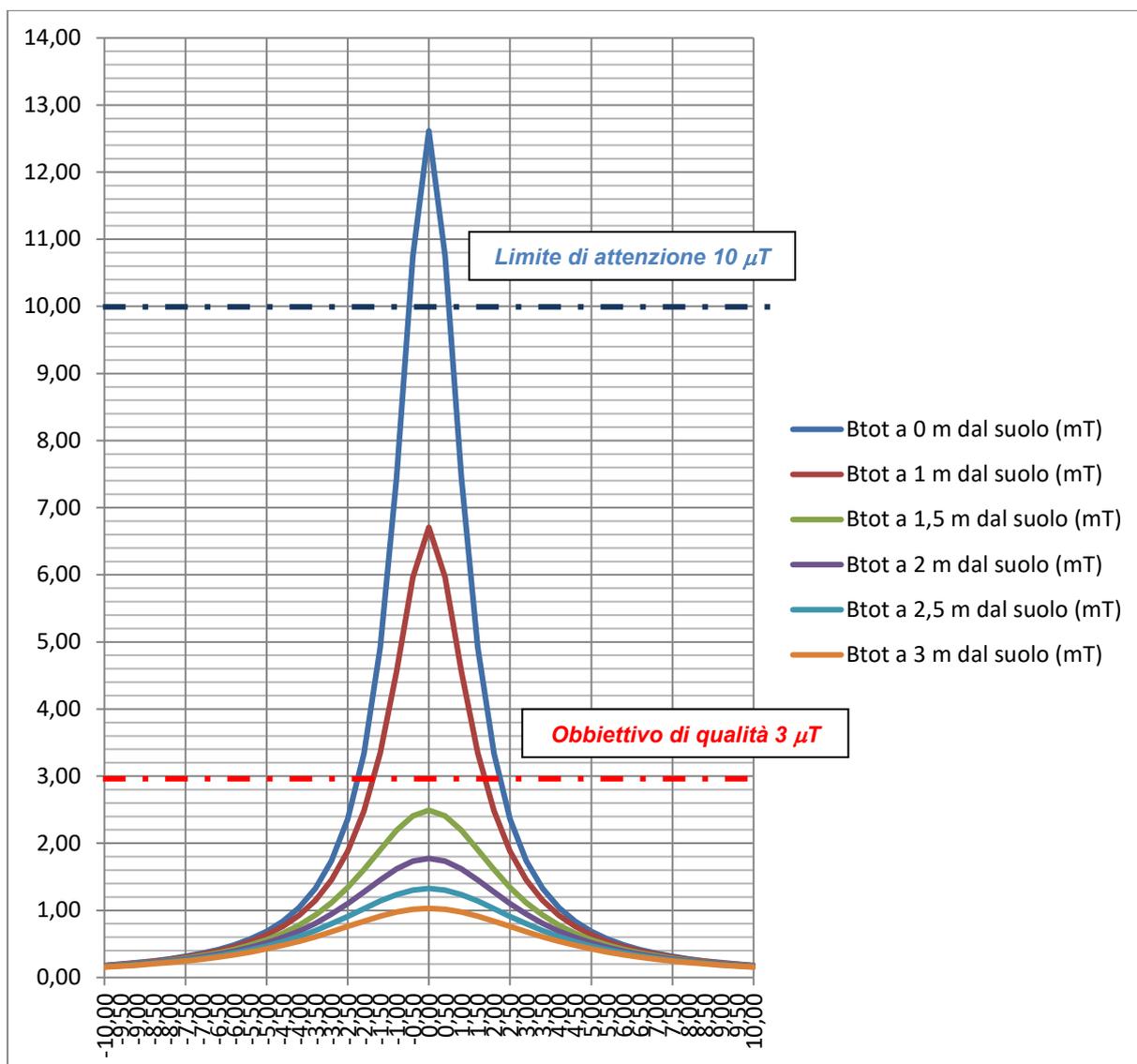
Quindi il campo di induzione magnetica sarà dato dalla somma dei campi di induzione generato da ciascuna delle tre terne.

Nel caso specifico del caso in esame applicando la formula di cui sopra si ottengono i risultati riportati nella tabella seguente.

Il calcolo è stato effettuato per diverse altezze e con intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale (m)	Btot a 0 m dal suolo (μT)	Btot a 1 m dal suolo (μT)	Btot a 1,5 m dal suolo (μT)	Btot a 2 m dal suolo (μT)	Btot a 2,5 m dal suolo (μT)	Btot a 3 m dal suolo (μT)
-10,00	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15
-9,50	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,17
-9,00	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18
-8,50	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20
-8,00	0,28	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22
-7,50	0,31	0,30	0,29	0,27	0,26	0,25
-7,00	0,36	0,34	0,32	0,31	0,29	0,27
-6,50	0,42	0,40	0,37	0,35	0,32	0,30
-6,00	0,49	0,46	0,42	0,39	0,37	0,34
-5,50	0,57	0,54	0,48	0,45	0,41	0,38
-5,00	0,69	0,63	0,56	0,52	0,47	0,43
-4,50	0,84	0,76	0,66	0,60	0,54	0,48
-4,00	1,04	0,93	0,78	0,69	0,61	0,54
-3,50	1,33	1,15	0,93	0,81	0,70	0,61
-3,00	1,74	1,46	1,12	0,94	0,80	0,68
-2,50	2,36	1,88	1,34	1,10	0,91	0,76
-2,00	3,34	2,48	1,61	1,28	1,03	0,84
-1,50	4,92	3,35	1,90	1,45	1,14	0,91
-1,00	7,44	4,56	2,19	1,62	1,24	0,97
-0,50	10,75	5,96	2,41	1,73	1,30	1,02
0,00	12,61	6,71	2,49	1,77	1,33	1,03
0,50	10,75	5,96	2,41	1,73	1,30	1,02
1,00	7,44	4,56	2,19	1,62	1,24	0,97
1,50	4,92	3,35	1,90	1,45	1,14	0,91
2,00	3,34	2,48	1,61	1,28	1,03	0,84
2,50	2,36	1,88	1,34	1,10	0,91	0,76
3,00	1,74	1,46	1,12	0,94	0,80	0,68
3,50	1,33	1,15	0,93	0,81	0,70	0,61
4,00	1,04	0,93	0,78	0,69	0,61	0,54
4,50	0,84	0,76	0,66	0,60	0,54	0,48
5,00	0,69	0,63	0,56	0,52	0,47	0,43
5,50	0,57	0,54	0,48	0,45	0,41	0,38
6,00	0,49	0,46	0,42	0,39	0,37	0,34
6,50	0,42	0,40	0,37	0,35	0,32	0,30
7,00	0,36	0,34	0,32	0,31	0,29	0,27
7,50	0,31	0,30	0,29	0,27	0,26	0,25
8,00	0,28	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22
8,50	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20
9,00	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18
9,50	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,17
10,00	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.



Il grafico mostra come nel caso in esame, l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu T$ al livello del suolo, è raggiunto ad una distanza dall'asse del cavidotto compresa tra 2,00 m e 2,50 m risultando pari a in corrispondenza dei 2,50 m pari a **$2,36 \mu T$** .

Quindi possiamo fissare come valore della fascia di rispetto, **$2,50 m$ dall'asse del cavidotto**.

Tuttavia bisogna considerare che l'obiettivo di qualità pari a $3 \mu T$ è fissato per ambienti diversi da quello in esame, in particolare è fissato "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". Nello specifico l'elettrodotto percorrerà, al di sotto del suolo ad una profondità non inferiore a 1,2 m, strade sterrate pubbliche, a distanza da eventuali abitazioni superiore a quella della fascia di rispetto di cui prima.

3.1.3 Caso C - Elettrodotto AT di collegamento alla RTN

Di seguito si valuta l'impatto elettromagnetico nella SSE prodotto dal cavo AT per il collegamento alla RTN e la valutazione della DPA (Distanza di Prima Approssimazione) entro la quale il valore del campo di induzione elettromagnetica è pari ai $3\mu T$ (obiettivo di qualità secondo il D.P.C.M. 8 luglio 2003).

Calcoliamo adesso la corrente che attraverserà il cavo AT a 150 kV applicando la formula

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi}$$

Nel caso in esame si ha:

- P_{max} = Potenza massima dell'impianto in progetto (62,328 MW);
- V_n = Tensione nominale del cavo AT (150 kV).

Indicando con I_{b_max} la massima corrente che potrà circolare nel cavo abbiamo:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{62.160 \cdot 10^6}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 150 \cdot 10^3} = \mathbf{252 \text{ A}}$$

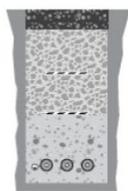
Con riferimento alla "Linea guida ENEL per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08" nella scheda A14 (semplice terna di cavi disposti in piano – serie 132/150 kV) nel caso specifico per sezione totale dei cavi di 1.600 mmq, si riporta una **DPA** (ovvero una distanza dalla linea oltre la quale l'induzione magnetica è $< 3 \mu T$) pari a 5,10 metri. Si fa presente, però, che tale valore è calcolato considerando una corrente che attraversa i cavi pari a 1.110 A, nel caso del presente impianto fotovoltaico, come già calcolato con la formula sopra riportata, la corrente che attraverserà il cavo AT (pari a quella che attraversa le sbarre

AT) avrà un valore di **252 A**, pertanto la DPA sarà sicuramente inferiore a quella calcolata nella scheda presa come riferimento.



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

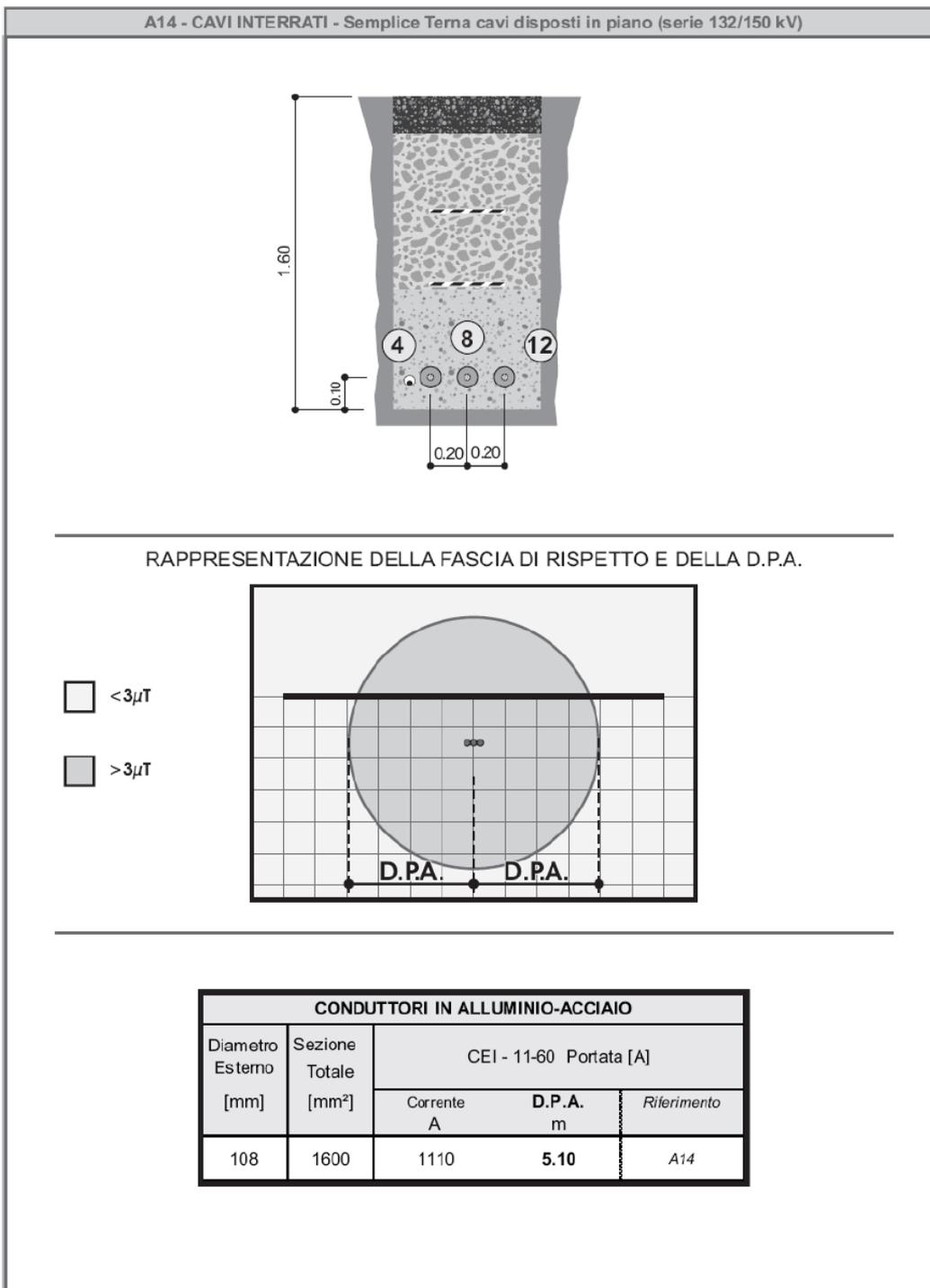
DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/IUN

Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
Tubolare Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV) <u>Scheda A13</u>	22.8 mm 307.75 mm²		576	22	A13a
			444	19	A13b
	31.5 mm 585.35 mm²		870	27	A13c
			675	23	A13d
CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti in piano (serie 132/150 kV) <u>Scheda A14</u>	108 mm 1600 mm²		1110	5.10	A14
CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV) <u>Scheda A15</u>	108 mm 1600 mm²		1110	3.10	A15
CABINA PRIMARIA ISOLATA IN ARIA (132/150kV - 15/20kV) Trasformatori 63MVA <u>Scheda A16</u>	Distanza tra le fasi AT = 2.20 m		870	14	A16
	Distanza tra le fasi MT = 0.37 m		2332	7	

DPA per cavi interrati (“Linea guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’allegato al DM 29.05.08”)



DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/IUN



Scheda A14 ("Linea guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08")



Calcoliamo comunque il valore del campo di induzione B come fatto per i casi A e B

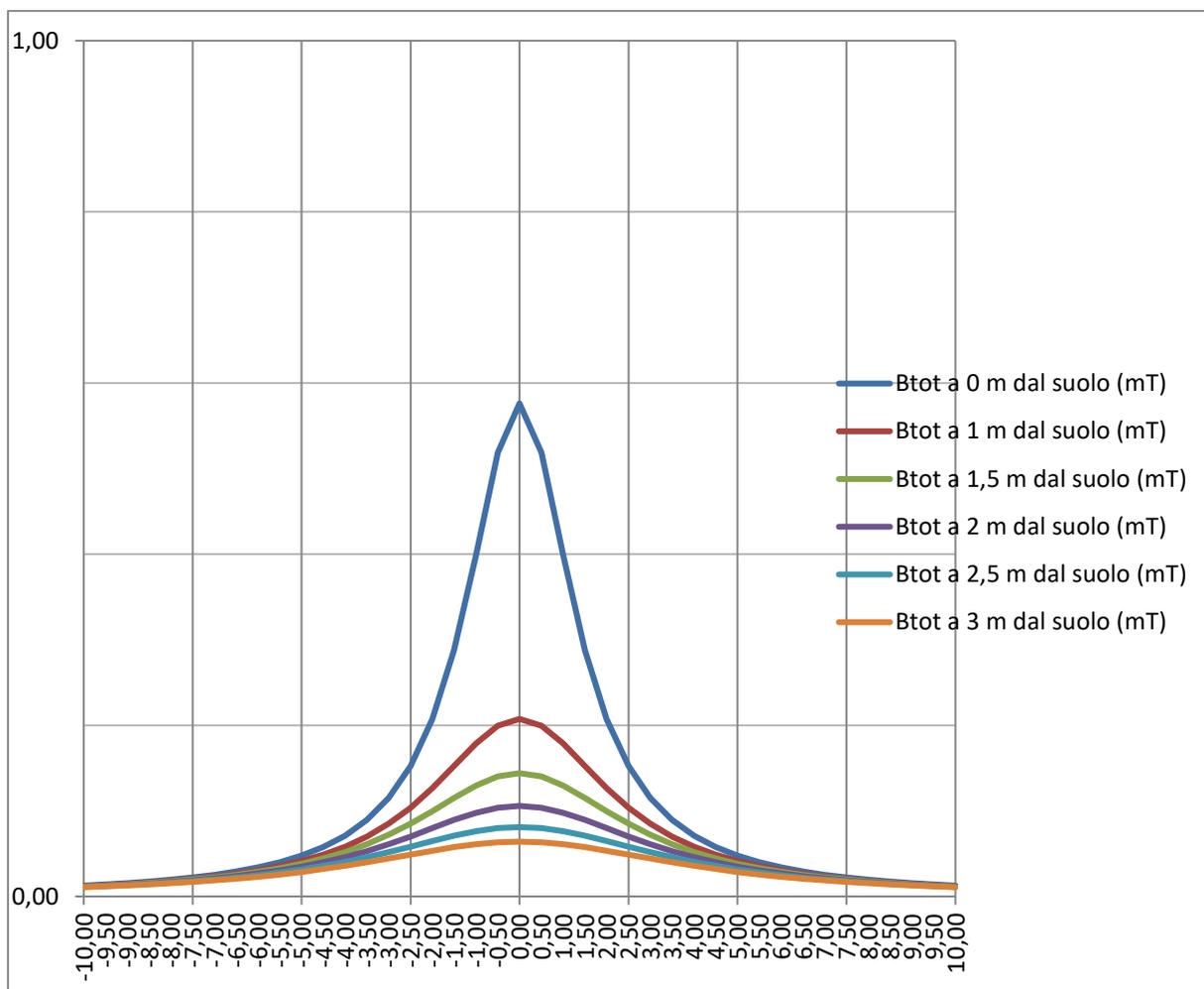
Utilizzando un conduttore di sezione pari a 300 mmq e utilizzando la formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S * I}{R^2}$$

avremo con I= 252 A

Distanza dall'asse centrale (m)	Btot a 0 m dal suolo (μT)	Btot a 1 m dal suolo (μT)	Btot a 1,5 m dal suolo (μT)	Btot a 2 m dal suolo (μT)	Btot a 2,5 m dal suolo (μT)	Btot a 3 m dal suolo (μT)
-10,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
-9,50	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
-9,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
-8,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
-8,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-7,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-7,00	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-6,50	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
-6,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
-5,50	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
-5,00	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
-4,50	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
-4,00	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
-3,50	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04
-3,00	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04
-2,50	0,15	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05
-2,00	0,21	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05
-1,50	0,29	0,15	0,12	0,09	0,07	0,06
-1,00	0,40	0,18	0,13	0,10	0,08	0,06
-0,50	0,52	0,20	0,14	0,10	0,08	0,06
0,00	0,58	0,21	0,14	0,11	0,08	0,06
0,50	0,52	0,20	0,14	0,10	0,08	0,06
1,00	0,40	0,18	0,13	0,10	0,08	0,06
1,50	0,29	0,15	0,12	0,09	0,07	0,06
2,00	0,21	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05
2,50	0,15	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05
3,00	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04
3,50	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04
4,00	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
4,50	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
5,00	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
5,50	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
6,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
6,50	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
7,00	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
7,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
8,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
8,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
9,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
9,50	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
10,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Che graficamente



E' evidente come il campo di induzione elettromagnetica abbia valori esigui che confermano quanto detto sopra facendo riferimento alle linee guida ENEL.

3.2 Gruppo di trasformazione

Nel caso delle Cabine di Campo e Trasformazione, determiniamo direttamente il valore della **DPA**.

La **DPA**, Distanza di Prima Approssimazione, per le cabine e la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa, che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del perimetro di cabina più di DPA, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

Per fascia di rispetto s'intende, in questo caso, lo spazio circostante la cabina che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica d'intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (**3μT**). Il calcolo della DPA, deve essere effettuato anche per le *Cabine di Campo*, all'interno delle quali avviene la trasformazione da BT in MT a mezzo di un Trasformatore BT/MT. Si prende a tale scopo in considerazione, il trasformatore di taglia maggiore previsto all'interno dell'impianto e che risulta avere una potenza pari a 3.000 kVA.

Ai sensi del *DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1*, la **DPA** si determina applicando la formula di seguito riportata.

La struttura semplificata sulla base della quale si calcola la **DPA** è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso.

Quindi i dati necessari per il calcolo delle **DPA** sono:

- corrente nominale di bassa tensione del trasformatore;
- diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0.40942 * x^{0.5241}$$

Dove: **I** è la corrente nominale di bassa del trasformatore in (A);

x il diametro dei cavi in (m).

Nel caso in esame i dati di ingresso saranno assegnati considerando il "worst-case" del nostro progetto:

I = 2.441 A (valore massimo della corrente di bassa all'interno dell'impianto in ingresso al trasformatore).

x = diametro esterno massimo del cavo pari a 33 mm trattandosi un *FG16R16 3x(1x300 mmq)*.

Dal calcolo si ottiene:

DPA pari a 3,50 m

che arrotondata per eccesso all'intero superiore fissa il valore della **Distanza di Prima Approssimazione** pari a **4 m**.

Quindi la fascia di rispetto, rientra nei confini dell'aerea di pertinenza dell'impianto stesso, essendo le cabine sempre ubicate oltre il margine interno delle strade perimetrali, cioè ad una distanza dalla recinzione sempre superiore ai 4 m. Inoltre cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

3.3 Sottostazione Elettrica di Trasformazione 30/150 kV

L'energia proveniente dall'impianto fotovoltaico raggiungerà la Sottostazione di Trasformazione, ubicata in prossimità della nuova SE TERNA.. Qui è previsto:

- un ulteriore innalzamento della tensione con una trasformazione 30/150 kV;
- la misura dell'energia prodotta;
- la consegna a TERNA S.p.a.

La sottostazione avrà una superficie di circa 1.100 mq. Al suo interno sarà presente un edificio adibito a locali tecnici, in cui saranno allocati gli scomparti MT, i quadri BT, il locale comando controllo. Il gruppo elettrogeno, invece, sarà installato in apposito alloggio esterno, con copertura in lamiera.

È prevista altresì la realizzazione di uno stallo di trasformazione.

Il trasformatore 30/150 kV avrà potenza nominale di 63 MVA raffreddamento in olio ONAN/ONAF, con vasca di raccolta sottostante, in caso di perdite accidentali.

Oltre al trasformatore MT/AT saranno installate apparecchiature AT per protezione, sezionamento e misura:

- scaricatori di tensione;
- sezionatore tripolare con lame di terra;
- trasformatori di tensione induttivi per misure e protezione;
- interruttore tripolare 150kV;
- trasformatori di corrente per misure e protezione;
- trasformatori di tensione induttivi per misure fiscali.

La superficie su cui sorgerà la SSE avrà una forma rettangolare, con dimensione 32x33 m (1.056 mq). Tale area si colloca all'interno di un'area più grande che sarà completamente recintata, di forma poligonale, avente una superficie di 1.400 mq circa e comunque di proprietà della Società proponente. La restante area recintata, come richiesto da TERNA S.p.a., sarà a disposizione per un eventuale altro produttore che condividerà lo stesso stallo con la Società proponente.

La recinzione sarà realizzata con elementi prefabbricati “a pettine”, che saranno installati su apposito cordolo in calcestruzzo (interrato). La finitura del piazzale interno alla SSE sarà in asfalto. In corrispondenza delle apparecchiature AT sarà realizzata una finitura in ghiaietto.

Per quanto concerne la determinazione della fascia di rispetto, la SSE è del tutto assimilabile ad una Cabina Primaria, per la quale la fascia di rispetto rientra, nei confini dell’area di pertinenza dell’impianto (area recintata). Ciò in conformità a quanto riportato al paragrafo 5.2.2 dell’Allegato al Decreto 29 maggio 2008 che afferma che: per questa tipologia di impianti la DPA e, quindi, la fascia di rispetto, rientrano generalmente nei confini dell’area di pertinenza dell’impianto stesso.

L’impatto elettromagnetico nella SSE è essenzialmente prodotto:

- dall’utilizzo dei trasformatori BT/MT e MT/AT;
- dalla realizzazione delle linee/sbarre aeree di connessione tra il trafo e le apparecchiature elettromeccaniche;
- dalla linea interrata AT (già trattata nel paragrafo precedente).

L’impatto generato dalle linee/sbarre AT è di gran lunga quello più significativo e pertanto si propone il calcolo della fascia di rispetto dalle linee/sbarre AT.

Il sistema di linee in uscita dal trafo e che si collegano alle apparecchiature elettromeccaniche, sono assimilabili ad una linea aerea trifase 150 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2,2 m, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Nel caso in esame si ha:

- **S** (distanza tra i conduttori) = 2,2 m;
- **P_n** = Potenza massima nominale dell’impianto in progetto (56,500 MW);
- **V_n** = Tensione nominale delle sbarre AT (150 kV).

Indicando con: P_{nmax} = Potenza nominale massima dell’impianto si avrà: P_{nmax} = 56,600 MW

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{56.500 \cdot 10^6}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 150 \cdot 10^3} = 228 \text{ A}$$

ed utilizzando la **formula di approssimazione** proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, si avrà:

$$R' = 0,34 \times \sqrt{2,2 \times 228} = 7,63 \text{ m}$$

La distanza minima, misurata in pianta, delle linee/aeree di connessione trafo-apparecchiature elettromeccaniche e la recinzione è pari a 8,30 m sul lato ovest e 8,00 sul lato sud, 8,63 m sul lato nord. Inoltre tale distanza rispetto all'edificio (lato est) risulta pari a 14,95 m. Quindi entrambe risultano superiore ai 7,63 m calcolati prima.

I risultati ottenuti trovano conferma da quanto riportato nelle *Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3. dell'Allegato al DM 29.05.2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche*, di cui si riporta di seguito uno stralcio.

3.3.1 Determinazione della fascia di rispetto

Per le **DPA** ci si è rifatti alle “*Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3. dell'Allegato al DM 29.05.2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche*”, di cui si riporta di seguito lo stralcio per quanto di interesse che pongono la distanza di prima approssimazione dal centro delle sbatte AT pari a **14 m** considerando una corrente di 870 A (nel caso del nostro progetto la corrente è pari a 228 A). Si rimanda a tale proposito agli allegati grafici alla “*Relazione di verifica esposizione ai campi elettromagnetici*”.



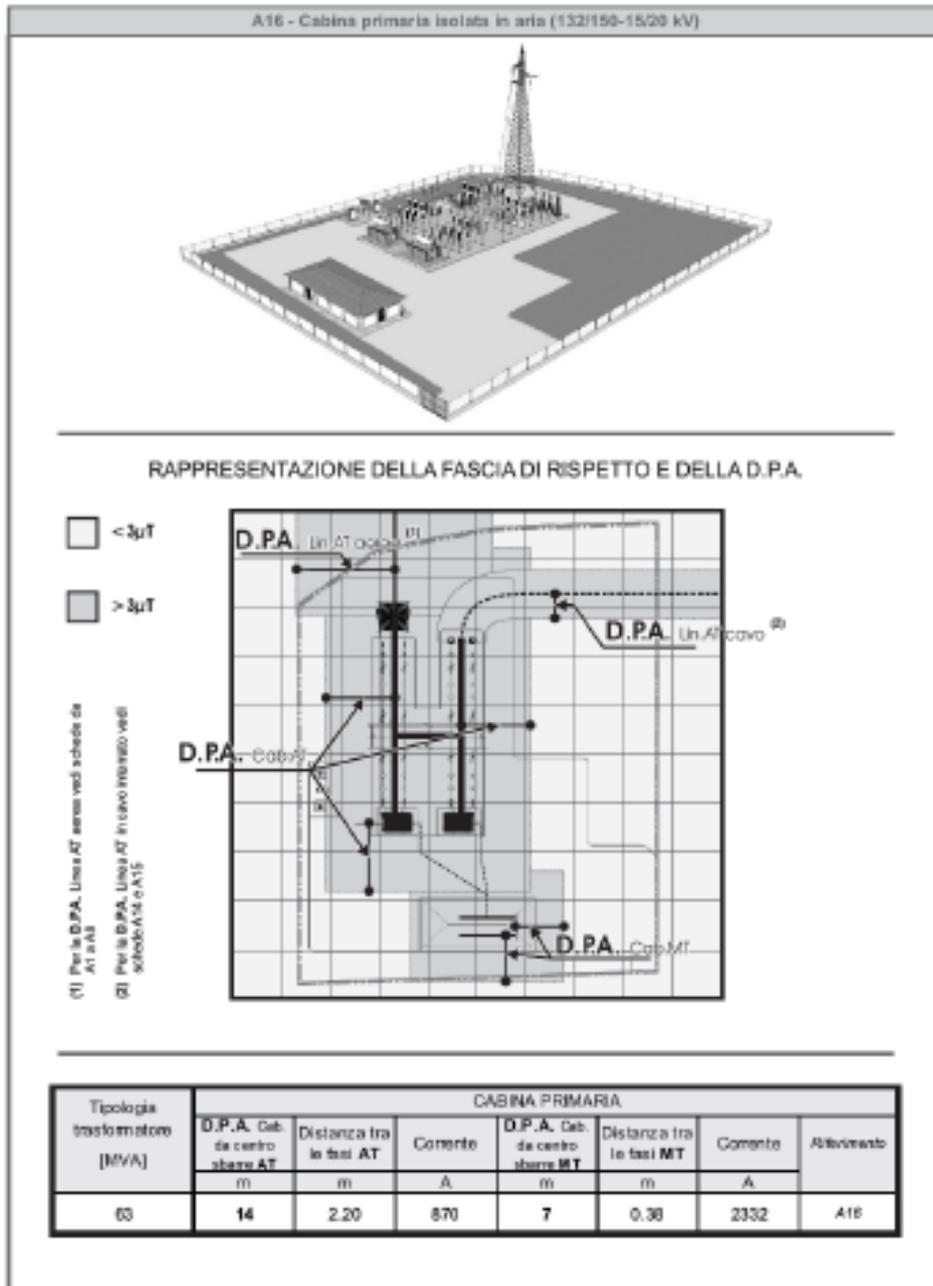
L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/TUN

Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
Tubolare Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV) Scheda A13	22.8 mm 307.75 mm²		576	22	A13a
			444	19	A13b
	31.5 mm 585.35 mm²		870	27	A13c
			675	23	A13d
CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti in piano (serie 132/150 kV) Scheda A14	108 mm 1600 mm²		1110	5.10	A14
CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV) Scheda A15	108 mm 1600 mm²		1110	3.10	A15
CABINA PRIMARIA ISOLATA IN ARIA (132/150kV - 15/20kV) Trasformatori 63MVA Scheda A16	Distanza tra le fasi AT = 2.20 m		870	14	A16
	Distanza tra le fasi MT = 0.37 m		2332	7	



DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QA/IT/IN



Inoltre:

- in conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 *la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) e, quindi, la fascia di rispetto rientra nei confini dell'aerea di pertinenza della cabina di trasformazione in progetto;*
- *la sottostazione di trasformazione è comunque realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio di almeno 400 m.*
- *all'interno dell'area della sottostazione non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione.*

Pertanto, si può quindi affermare che l'impatto elettromagnetico su persone, prodotto dalla realizzazione della SSE, sarà trascurabile.

3.4 Conclusioni e Distanze di prima approssimazione (DPA)

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti del Parco Fotovoltaico in oggetto ed in particolare alla SSE, in merito all'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici. A conforto di ciò che è stato fin qui detto, a lavori ultimati si potranno eseguire prove sul campo che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte.

Lo studio condotto conferma la conformità dell'impianto dal punto di vista degli effetti del campo elettromagnetico sulla salute umana.

Per quanto concerne i cavi interrati infatti, considerati gli accorgimenti di progetto adottati relativi a:

- minimizzazione dei percorsi della rete;
- disposizione a fascio delle linee trifase

si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

Per quanto concerne il sistema di linee di connessione trafo AT/MT e apparecchiature elettromeccaniche all'interno della SSE, abbiamo visto che la D.p.a. calcolata, ricade all'interno della SSE stessa e quindi non genera rischi di esposizione prolungata ai campi elettromagnetici dal momento che si tratta di *Officina Elettrica* a cui è consentito l'accesso di personale specializzato, peraltro in modo saltuario e non continuativo (per tempi non superiori alle 4 ore).

Le opere elettriche in progetto e relative DPA non interessano aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici o luoghi adibiti a permanenze di persone superiori a quattro ore, rispondendo pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall'art.4 del D.P.C.M 8 luglio 2003.

Inoltre, sono rispettate ampiamente le distanze da fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza prolungati, previste dal D.P.C.M. 23 aprile 1992 “*Limiti massimi di esposizione al campo elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno*”.

In definitiva volendo riassumere si sono assunte le seguenti Distanze di Prima Approssimazione:

3.4.1 Impianto Fotovoltaico

Cabine di Trasformazione: 4 m in tutto il loro intorno;
Cabina di Smistamento: 2 m in tutto l’intorno;
Cavidotto MT interni al parco fotovoltaico: 2,5 m dall’asse degli stessi (larghezza fascia 5 m).

3.4.1.1 Cabine di Smistamento e Trasformazione

Come riportato nel paragrafo ad esse dedicato, per le cabine di trasformazione è stata considerata una fascia di rispetto para 4 m, oltre la quale il valore del Campo di induzione magnetica risulta inferiore a 3 μT (valore di qualità).

Per la Cabina di Smistamento, si è considerato il “**worst-case**”, cioè il caso peggiore, rappresentato dall’arrivo di cinque terne di cavi MT con configurazione a trifoglio.

Dai calcoli effettuati è risultato che il valore di qualità pari a 3 μT lo si raggiunge ad una distanza dal centro dei conduttori e nel punto di ingresso in cabina ove la profondità di posa diminuisce sino a circa 0,80 m, compresa tra 0,50 e 1,00. In via cautelativa assumeremo come **DPA** una distanza nell’introno della Cabina pari a **2 m** dove il valore è pari a **1,49 μT** .

Tale distanza è quella che verrà considerata per la Cabina di Smistamento dell’impianto, che non ha funzione di trasformazione.

3.4.1.2 Cavidotti MT interni

Assumeremo come larghezza della fascia di rispetto 4,00 m, cioè 2,00 metri dall’asse da entrambi i lati, che fornisce un valore dell’induzione magnetica a quota 0 m dal suolo è pari a **2,08 μT** (wort-case).

Anche per la porzione di cavidotto che non ricade all’esterno delle aree di impianto, si assumerà una fascia di rispetto di larghezza pari a 4 metri. In quest’ultimo caso c’è da considerare l’effetto mitigante dato dalla profondità di posa dei cavi (1,20 m) che comporta

una ulteriore riduzione del campo di induzione magnetica. Infatti il “worst case” assume come profondità di posa 0,80 m (ingresso in Cabina).

3.4.2 Cavidotto di collegamento alla SSE (dorsale esterna)

Assumeremo come larghezza della fascia di rispetto 5,00 m, cioè 2,50 metri dall’asse da entrambi i lati che fornisce un valore dell’induzione magnetica a quota 0 m dal suolo pari a **2,36 μ T**.

3.4.3 Cavidotto AT di consegna alla SE Terna

Rifacendosi alle “Linee Guida per l’applicazione del § 5.1.3. dell’Allegato al DM 29.05.2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche”, assumeremo come DPA il valore di 5,10 m dall’asse.

3.4.4 Sottostazione Elettrica di trasformazione 30/150 kV

Sempre rifacendosi alle “Linee Guida per l’applicazione del § 5.1.3. dell’Allegato al DM 29.05.2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche”, Assumeremo una DPA pari a 14 m.

*Si riporta di seguito la planimetria dell’impianto con la rappresentazione grafica del campo di induzione magnetica generato dalle cabine di trasformazione e dal cavidotto. Oltre l’area evidenziata il campo di induzione elettromagnetica risulta inferiore a **3 μ T**.*