



**COMMITTENTE:**

**ASELLUS S.R.L.**  
via Mercato, 3, 20121 - Milano (MI)

**NOME COMMESSA:**

**COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO  
AGROVOLTAICO AVENTE POTENZA IN  
IMMISSIONE PARI A 15.3 MW E POTENZA  
MODULI PARI A 19.97 MW<sub>p</sub> CON RELATIVO  
COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA  
IMPIANTO 03**

**STATO DI AVANZAMENTO COMMESSA:**

**PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE UNICA**

**CODICE COMMESSA:**

**HE.18.0019**

**PROGETTISTA:**

**ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO**

dott. ing. **ALBERTO ALBUZZI**  
ISCRIZIONE ALBO N. 2435

**COLLABORATORE:** Girardi per. ind. Mirko

**CONSULENTI:**

**Ambiente:**

Ing. Angelo Volpe  
vico de Dominicis, 9  
72100 - Brindisi (BR)

**Geologia e geotecnica:**

Dott. Geol. Dario Fischetto  
corso G. Garibaldi, 27  
72100 - Brindisi (BR)

**Impatto acustico:**

Dott. Geol. Martino Scarafile  
C.da Restano n° 45  
72014 Cisternino (Br)

**Studi pedo-agronomici e faunistici :**

Dr. Antonio Frioli  
via Mesagne, 7  
72028 - Torre Santa Susanna (BR)

**Idraulica:**

Dott.ssa Geol. Angela Inverì  
via L. Ariosto I str. prv., 7  
70043 Monopoli (BA)

**OGGETTO:**

**04 VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE**  
Relazione sugli impatti elettromagnetici

**SCALA:**

-

**DATA:**

**APRILE 2021**

**NOME FILE:**

6UJG3T7\_DocumentazioneSpecialistica\_04.pdf **DUR.RE02**

**TAVOLA:**

N. REV.	DATA	REVISIONE
0	04.2021	Emissione

**ELABORATO**  
M.Girardi

**VERIFICATO**  
responsabile commessa  
A.Albuzzi

**VALIDATO**  
direttore tecnico  
N.Zuech

Costruzione ed esercizio  
impianto di produzione  
dell'energia elettrica da  
fonte fotovoltaica avente  
potenza in immissione pari  
a 15,3MW e potenza moduli  
pari a 19,97MWp con  
relativo collegamento alla  
rete elettrica

## Impianto 03

RELAZIONE SUGLI IMPATTI ELETTROMAGNETICI

aprile '21

Heliopolis S.p.a.

Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento ai sensi dell'articolo 2497 del C.C. da parte di Innoval5 S.r.l.  
Sede legale: Galleria Passarella, 1 - 20122 Milano - Italy. Sede operativa: via Alto Adige, 160/A - 38121 Trento - Italy  
Tel. +39 0461 1732700 - Fax +39 0461 1732799  
www.heliopolis.eu - info@heliopolis.eu - PEC: heliopolisspa@pcert.it  
Capitale sociale € 2.000.000 i.v. - Cod. fisc., p. Iva e iscr. Registro Imprese di Milano n. 08345510963 - R.E.A. n. MI 2019395



## Sommario

1	PREMESSE.....	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3	VERIFICA DEL RISPETTO DELLE DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA) 6	
3.1	I CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	6
3.2	ELETTRODOTTI.....	6
3.3	PROCEDURA DI CALCOLO DELLE DPA.....	9
3.4	VERIFICA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI STAZIONE UTENTE 150 kV.....	11
3.5	VERIFICA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO DI PRODUZIONE.....	14
3.5.1	SORGENTI DI INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO.....	14
3.5.2	CONDIZIONI DI CARICO E IPOTESI DI CALCOLO.....	15
3.6	FASCE DI RISPETTO CABINE ELETTRICHE.....	16
3.7	EFFETTI CUMULATIVI CON LINEE ED IMPIANTI ELETTRICI ESISTENTI.....	17
4	CONCLUSIONI.....	19

## 1 PREMESSE

Il presente elaborato riguarda la realizzazione di un parco fotovoltaico per la produzione di energia elettrica mediante lo sfruttamento del sole da realizzarsi nel Comune di Avetrana (TA) a cura della società Asellus S.r.l.

L'impianto fotovoltaico individuato con il codice di rintracciabilità dell'ente distributore 201900352 con potenza massima in immissione pari a 15.300 kW ed installata di 19.968 kWp (in seguito denominato impianto O3) sorgerà nel Comune di Avetrana (TA) e verrà allacciato alla Rete di Distribuzione in antenna a 150 kV con il nuovo ampliamento della stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di Erchie.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection).

Il 12 luglio 1999 il Consiglio dell'Unione Europea ha emesso una Raccomandazione rivolta agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro normativo per la protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, basandosi sui migliori dati scientifici disponibili. A tal proposito, il Consiglio ha pertanto avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP.

Nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla CE di continuare ad adottare tali linee guida.

Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge quadro 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità in relazione agli impianti in grado di provocare inquinamento elettromagnetico.

L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito:

- il limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- il valore di attenzione, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- l'obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore del campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante le raccomandazioni del Consiglio della Comunità Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dal CNIRP. Infatti tutti i Paesi dell'Unione Europea, hanno accettato il parere del Consiglio della CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 08.07.2003, che ha fissato il limite di esposizione in 100 microtesla per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico. Esso ha inoltre stabilito il valore di attenzione di 10 microtesla, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

Quale obiettivo di qualità da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, è stato fissato il valore di 3 microtesla. Tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio.

Non si deve pertanto fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea. Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione

ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 08.07.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento.

In tal senso, con sentenza n. 307 del 7.10.2003 la Corte Costituzionale ha dichiarato l'illegittimità di alcune leggi regionali in materia di tutela dai campi elettromagnetici, per violazione dei criteri in tema di ripartizione di competenze fra Stato e Regione stabiliti dal nuovo Titolo V della Costituzione. Come emerge dal testo della sentenza, una volta fissati i valori-soglia di cautela per la salute, a livello nazionale, non è consentito alla legislazione regionale derogarli, nemmeno in modo maggiormente cautelativo.

Si riassumono di seguito le norme (tecniche e non) a cui fare riferimento:

#### Normativa cogente

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"
- D.P.C.M. 23 aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione dei campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"
- DM 21 marzo 1988, n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" e s.m.i."
- 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"
- Circolare del Ministero dell'Ambiente del 15/11/2004 "Protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Determinazione fasce di rispetto"

#### Norme tecniche

- 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"
- CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV".
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".
- 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".
- CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche".

- Rapporto CESI-ISMES A7034603 "Linee Guida per l'uso della piattaforma di calcolo - EMF Tools v. 3.0".
- Rapporto CESI-ISMES A8021317 "Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per cabine primarie".

## 3 VERIFICA DEL RISPETTO DELLE DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA)

### 3.1 I CAMPI ELETTROMAGNETICI

La presenza di un conduttore attraversato da una corrente alternata determina intorno ad esso la presenza di un campo elettromagnetico.

In presenza di tensioni-correnti elevate l'esposizione a questo campo determina un rischio, che pertanto dev'essere minimizzato.

In particolare si fa di solito riferimento alle cosiddette radiazioni non ionizzanti a bassa frequenza (ELF - Extremely low frequency), riferite ai campi elettromagnetici generati dalle linee elettriche (o elettrodotti), che comprendono anche le stazioni e le cabine di trasformazione.

I parametri fisici di riferimento sono l'induzione magnetica che si misura in microTesla ( $\mu\text{T}$ ) ed il campo magnetico si misura invece in Ampere/metro ( $\text{A}/\text{m}$ ).

L'induzione magnetica non è altro che il campo magnetico che si genera all'interno di un corpo immerso in un campo magnetico esterno.

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

- i limiti di esposizione del campo elettrico<sup>1</sup> (5 kV/m) e del campo magnetico (100  $\mu\text{T}$ ) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10  $\mu\text{T}$ ) e l'obiettivo di qualità (3  $\mu\text{T}$ ) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (i cosiddetti "luoghi tutelati").

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

### 3.2 ELETTRODOTTI

L'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione costituiscono l'elettrodotto. Le linee elettriche sono utilizzate per la trasmissione e la distribuzione dell'energia elettrica, e possono essere classificate in base alla tensione di esercizio, che è una costante che caratterizza la linea:

- Linee elettriche di trasporto ad altissima tensione - AAT -220 kV-380kV, collegano le centrali di produzione alle stazioni primarie;

---

<sup>1</sup> Il campo elettrico 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.

- Linee elettriche di distribuzione ad alta tensione – AT attorno ai 150 kV, collegano le stazioni primarie alle grandi utenze o alle cabine primarie;
- Linee elettriche di distribuzione a media tensione – MT in prevalenza 15- 30 kV, partono dalle cabine primarie ed alimentano le cabine secondarie e medie utenze industriali;
- Linee elettriche di distribuzione a bassa tensione – BT 220-380 V, collegano le cabine secondarie agli utenti della zona.

In base alla struttura della linea si possono distinguere due tipologie di elettrodotti:

- linee aeree;
- linee interrate.

### Linee aeree

Le linee aeree sono la tipologia di linea che più contribuisce all'esposizione della popolazione ai campi ELF: la corrente scorre attraverso appositi conduttori, che possono variare sia come numero che come caratteristiche tecniche, come ad esempio tipo di materiale (rame, alluminio, alluminio acciaio) e dimensione.

Nella maggior parte dei casi viene preferita la corrente alternata in un sistema trifase: l'energia scorre attraverso terne di conduttori (ad ogni conduttore è associata una fase, la differenza di fase tra i conduttori è di  $120^\circ$ ), tesi in aria tra specifici sostegni verticali e fissati ad essi attraverso elementi isolanti, che, oltre a permettere il collegamento meccanico, servono da isolatori elettrici. I sostegni hanno lo scopo di mantenere i conduttori lontani tra loro, dal terreno e da qualunque altro oggetto.

L'altezza dei sostegni è variabile ed è funzione della tensione presente nella linea, della minima distanza dal terreno richiesta dalle norme e dall'orografia del terreno sottostante.

I conduttori possono essere fissati ai tralicci secondo diverse geometrie che dipendono anche dalle condizioni circostanti. I sostegni possono essere di diversi materiali (i tralicci in acciaio vengono utilizzati solitamente per linee ad alta tensione, mentre sostegni in cemento armato o legno vengono usati per linee a media e bassa tensione).

Un traliccio può portare un solo gruppo di tre conduttori oppure due gruppi: si parla rispettivamente di singola terna e di doppia terna.

L'intensità di campo elettrico generato da un elettrodotto dipende in primo luogo dal livello di tensione e dalla distanza dalla linea: aumenta all'aumentare della tensione, e diminuisce allontanandosi dalla linea. Dipende anche dalla configurazione della linea stessa. A parità di distanza dalla linea, il campo si riduce all'aumentare dell'altezza della linea, al diminuire della distanza tra le fasi, all'aumentare del bilanciamento delle fasi, al diminuire delle distanze delle eventuali funi di guardia dai conduttori.

Il campo elettrico presenta un massimo nella zona sottostante la linea, ma decresce abbastanza rapidamente all'allontanarsi della linea stessa. Il campo magnetico prodotto

da una linea aerea aumenta tanto più è alta l'intensità della corrente che scorre nella linea e diminuisce allontanandosi dall'asse della linea.

Poiché il campo magnetico prodotto da una linea dipende dalla corrente, che a differenza della tensione varia notevolmente al variare delle condizioni di carico, l'intensità del campo può assumere valori assai diversi in diversi periodi di osservazione. Come il campo elettrico, anche il campo magnetico dipende dalla configurazione dei cavi.

Se l'elettrodotto serve zone abitative, si avranno valori più alti nelle ore trascorse normalmente in casa (colazione, pranzo e cena); se l'elettrodotto, invece, serve una zona industriale, l'andamento del campo seguirà il corso della produzione industriale.

## Le linee interrate

Negli ultimi anni molte linee aeree, soprattutto alle medie e basse tensioni, sono state sostituite con cavi interrati. In questo caso i tre conduttori sono tenuti separati da guaine protettive ed isolanti e sono localizzati in appositi condotti sotterranei alla profondità di circa 1-1,5 metri.

Le linee interrate, oltre a ridurre notevolmente l'impatto paesaggistico, riducono in maniera significativa anche il campo elettrico e magnetico. L'attuale scarsa diffusione di tale tipo di linee delle alte tensioni è dovuta principalmente al maggior costo di posa in opera rispetto alle tradizionali linee aeree e al maggior costo di manutenzione e di esercizio. Ciò ne limita l'utilizzo a brevi tratte di attraversamento di centri urbani.

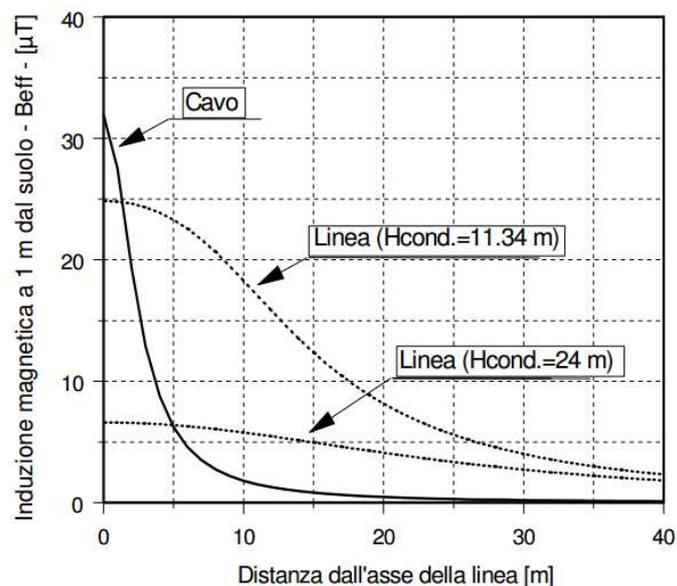


Figura 1: Andamento dell'induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse della linea

Come si evince dalla Figura 1 l'intensità del campo elettrico generato da linee interrate è insignificante già al di sopra delle linee stesse grazie all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno. Le linee in cavo interrato permangono invece

significative sorgenti di campo magnetico, in quanto le guaine dei cavi non costituiscono un'efficace schermatura a tale riguardo.

Il campo magnetico generato da una linea interrata si distribuisce in maniera diversa rispetto a quello generato da una linea aerea di tensione e di corrente corrispondente per diversi motivi.

In primo luogo risulta diversa la distanza minima che separa i conduttori stessi da terra (almeno 1 metro). A causa di questo risulta che il valore massimo di campo magnetico prodotto dall'elettrodotto interrato al disopra dei cavi risulta confrontabile, se non addirittura maggiore, di quello prodotto da un elettrodotto aereo di pari caratteristiche elettriche.

Tuttavia essendo diversa anche la distanza che separa i vari conduttori tra loro (pochi centimetri), si ha che, non appena ci si allontana dalla linea, i valori di campo magnetico prodotti dall'elettrodotto interrato si riducono assai più rapidamente di quelli dell'elettrodotto aereo.

### **3.3 PROCEDURA DI CALCOLO DELLE DPA**

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti).

Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La "metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA).

Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

Al fine di semplificare sia l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche) che le attività di gestione territoriale relative a progettazioni di nuovi luoghi tutelati sono state elaborate alcune schede sintetiche con le DPA per le tipologie ricorrenti di linee e cabine elettriche

Dette distanze sono state calcolate in conformità al procedimento semplificato per il calcolo della fascia di rispetto di cui al § 5.1.3 del Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008).

Nelle schede sintetiche sopra citate sono tabellate le DPA in relazione alla geometria dei conduttori e alla portata di corrente in servizio normale.

Nel nostro caso si può fare riferimento solo alle linee MT e Cabine Secondarie (CS).

Anche per casi complessi è inoltre previsto un procedimento semplificato che permette di individuare aree di prima approssimazione che hanno la medesima valenza delle DPA.

Le DPA permettono quindi, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici.

I campi ELF possono essere stimati anche attraverso l'utilizzo di programmi di calcolo, per la cui applicazione è necessaria la conoscenza di alcuni dati della linea elettrica.

In particolare serve conoscere le caratteristiche geometriche della linea (diametro dei conduttori e loro reciproca posizione spaziale, distanza da terra), le sue caratteristiche elettriche (tensione, intensità di corrente) e la posizione (distanza e altezza) del punto dove devono essere valutati i campi rispetto ai conduttori della linea. Il calcolo che segue si rifà direttamente alle indicazioni della norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche" pubblicata dal Comitato Elettrotecnico Italiano nel luglio 1996.

Trascurando il calcolo di verifica del campo elettrico che, per come detto in precedenza, risulta non significativo per le linee elettriche interrate, l'algoritmo di calcolo utilizzato per il calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge Biot-Savart, che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo percorso da una corrente I attraverso la formula:

$$B = \mu_0 / 2\pi x (I/d) \times (u_i \times u_r)$$

dove:

d = distanza tra il conduttore e il punto di calcolo;

( $u_i \times u_r$ ) = prodotto vettoriale dei versori che indicano il verso della corrente e della relativa normale

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e dette ( $x_i, y_i$ ) le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

$$B_x = \mu_0 / 2\pi \sum I_i [(y - y_i) / ((x - x_i)^2 + (y - y_i)^2)]$$

$$B_y = \mu_0 / 2\pi \sum I_i [(x - x_i) / ((x - x_i)^2 + (y - y_i)^2)]$$

### Cabine elettriche

Nel caso di cabine elettriche, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

1. Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
2. Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box unificate ENEL (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della Cabina, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

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

Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la DPA da considerare è quella della linea MT entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una "box", la DPA va calcolata con la formula di cui sopra (§ 5.2.1. del DM 29.05.08).

Come prescritto all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 i proprietari/gestori provvedono a comunicare non solo l'ampiezza delle fasce di rispetto, ma anche i dati per il calcolo delle stesse ai fini delle verifiche delle autorità competenti, trasmessi mediante relazione contenente i dati caratteristici delle linee o cabine e le relative DPA, come riportati negli allegati A e B della presente Linea Guida, rispettivamente per linee AT/Cabine Primarie e per linee MT/Cabine Secondarie.

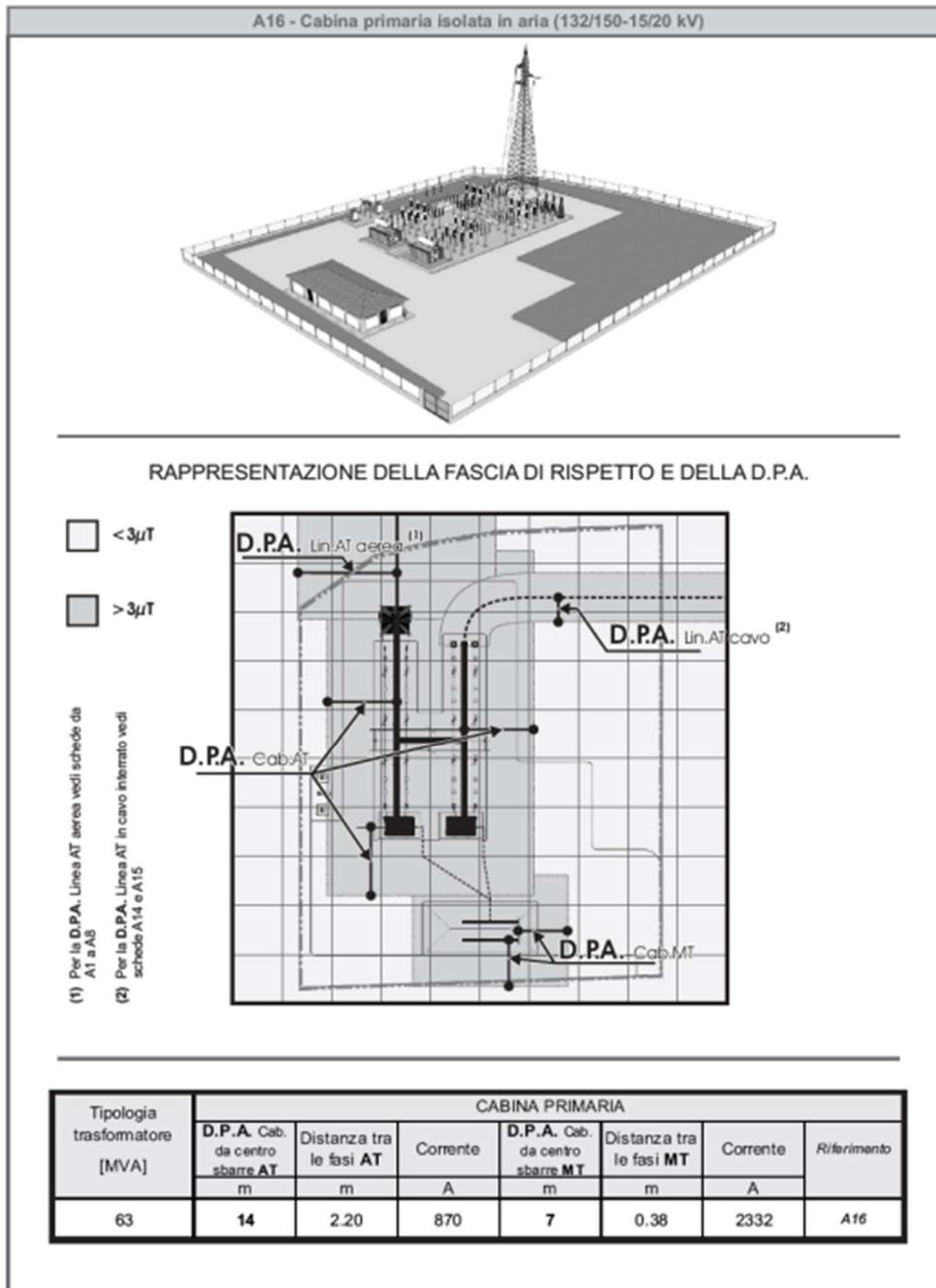
### **3.4 VERIFICA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI STAZIONE UTENTE 150 kV**

Per il collegamento dell'impianto di produzione alla rete nazionale sarà necessario realizzazione una nuova Stazione Elettrica Utente per l'innalzamento della tensione da 30kV a 150kV per il successivo collegamento alla sbarra comune a 150kV che sarà collegata in cavo allo stallo della Stazione Elettrica di Terna 380/150kV posta nelle immediate vicinanze della nuova Stazione Utente (SU). Dalla SU sarà derivata una linea incavo interrato per il collegamento dell'impianto di produzione. La linea sarà posata in modalità interrata lungo Strade Vicinali e/o Comunale e in un tratto su Strada Provinciale 144.

Ai fine della determinazione dei campi elettromagnetici e del limite della fascia di rispetto per l'obiettivo di qualità ( $B = 3 \mu T$ ) è utile riferirsi alle "Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08" predisposte da E-DISTRIBUZIONE.

La nuova Stazione Utente sarà costituita da una sezione di arrivo a 150 kV dalla SE di Terna e dalla sezione di trasformazione da 150/30 kV.

In questo caso per il calcolo della DPA si può far riferimento alle soluzioni calcolate da E-DISTRIBUZIONE. Il base di E-DISTRIBUZIONE è peggiorativo rispetto alla situazione di progetto in quanto la sezione di trasformazione impiegata ha una potenza decisamente più bassa, 16 MVA contro i 63 MVA, ed una tensione lato MT più elevata, 30 kV contro i 20 kV; pertanto i valori di corrente che generano i campi magnetici sono inferiori rispetto al caso base. In ogni caso prendendo il caso base che prevede la DPA a 14 m, anche per la Stazione Utente tale fascia risulta sempre interna all'area della stazione stessa.



Pur considerando la DPA di 14m tale fascia risulta sempre interna all'area della futura SU in quanto l'asse del sistema a sbarre isolato in aria è posto a più di 14 m dal limite della recinzione.

### **3.5 VERIFICA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO DI PRODUZIONE**

L'Impianto O3 prevede, oltre alle stazioni di cui ai paragrafi precedenti, anche 3 cabine di trasformazione distribuite in campo per l'innalzamento da BT ad AT. Lato BT in campo è prevista l'installazione di inverter di conversione di stringa dislocati in campo CC/AC.

Il livello di tensione a partire dalla Stazione Utente fino alle cabine di campo sarà pari a 30kV 3F AC 50Hz, a partire dalle cabine di trasformazione in campo fino ai convertitori il livello di tensione sarà pari a 0.800kV 3F AC IT mentre il livello di tensione dai convertitori ai moduli fotovoltaici sarà pari a 1,5kVcc.

I cavidotti interrati relativi alla connessione degli impianti in MT saranno posizionati lungo la viabilità esistente, mentre non sono previste linee in cavo aereo.

#### **3.5.1 SORGENTI DI INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO**

Gli elementi costituenti gli impianti di produzione che possono essere considerati possibili sorgenti di inquinamento elettromagnetico sono i convertitori CC/AC, i trasformatori MT/BT, la rete interrata di MT che collega le cabine di campo con la Stazione Utente.

I trasformatori BT/MT con la relativa quadristica di media tensione sono installati all'interno delle strutture prefabbricate in campo. Al fine di valutare l'effettiva influenza di queste macchine sulla generazione di nuovi campi magnetici, va considerato che ogni cabina sarà di fatto situata ad una quota minima di circa 10 m rispetto ai confini con le proprietà confinanti per cui il contributo all'inquinamento elettromagnetico dovuto alle cabine di campo nei confronti delle proprietà limitrofe è notevolmente ridotto.

Considerazioni analoghe possono essere estese anche ai dispositivi elettrici delle cabine di consegna di e-distribuzione ed utente, in quanto le distanze di rispetto imposte dalle specifiche di riferimento (Codice di Rete di Terna e Regole Tecniche di Connessione di ENEL) rendono trascurabili gli effetti elettromagnetici riconducibili alle apparecchiature elettriche installate nelle stesse cabine.

Per le linee interrate ed aeree a media tensione che collegano tra loro gli impianti di produzione di energia con la stazione di trasformazione MT/AT con una tensione di 30 kV, gli effetti elettromagnetici non risultano trascurabili a priori. Infatti, nonostante la rete MT venga interrata ad una profondità minima di 0,8 m per schermare l'emissione del campo elettro-magnetico (per cui può essere sistemata anche in prossimità di centri abitati), è comunque necessario che siano calcolate le relative fasce di rispetto a 3  $\mu$ T, nel rispetto della normativa vigente.

Per il calcolo di tali fasce di rispetto si fa riferimento alla norma CEI 211-4 e al Decreto del 29/05/08 emanato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare

recante "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

### 3.5.2 CONDIZIONI DI CARICO E IPOTESI DI CALCOLO

Il calcolo dell'induzione magnetica si basa sulle caratteristiche geometriche ed elettriche delle linee presenti nelle diverse configurazioni utilizzate.

In particolare sono state analizzate le configurazioni di posa riportate nella tabella sottostante.

Per tutte le configurazioni si ha posa interrata di cavi unipolari, con conduttore in alluminio, disposti a trifoglio disposte entro cavidotti in PVC, paralleli.

Linea	Tipo linea	Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Tipo di posa	Corrente di impiego
Tra Stazione Utente e cabine di trasformazione	Cavo in Media Tensione	3x1x630	Interrato a 80cm	300 A

I modelli di calcolo utilizzati sono quelli indicati dalla Norma CEI 211-4 del 2008, in particolare, essendo in presenza di conduttori rettilinei e paralleli di lunghezza relativamente elevata rispetto alla distanza tra i conduttori stessi, si è utilizzato un modello matematico bidimensionale.

Il calcolo dell'induzione magnetica è stato effettuato utilizzando i fasori (vettori rotanti) delle correnti dei diversi conduttori, il calcolo è effettuato direttamente coi numeri complessi.

Per ogni configurazione di posa si è ipotizzato una disposizione dei cavi a trifoglio con terne di correnti equilibrate, in fase fra le diverse linee (situazione peggiore dal punto di vista dell'induzione magnetica).

La corrente di calcolo utilizzata è stata la portata in regime permanente del cavo per il tipo di posa utilizzato, come definita da Norma CEI 11-17, la quale risulta di gran lunga superiore a quella di effettivo impiego dei cavi.

Il limite della fascia di rispetto viene individuato dai punti in cui l'induzione magnetica calcolata presenta un'intensità pari all'obiettivo di qualità ( $B = 3 \mu T$ ).

La DPA (Distanza di Prima Approssimazione) viene determinata proiettando al suolo verticalmente la fascia calcolata nelle condizioni che forniscono il risultato più cautelativo.



Figura 2: Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con il modello tridimensionale "Elico" della piattaforma "EMF Tools", che tiene conto del passo d'elica.

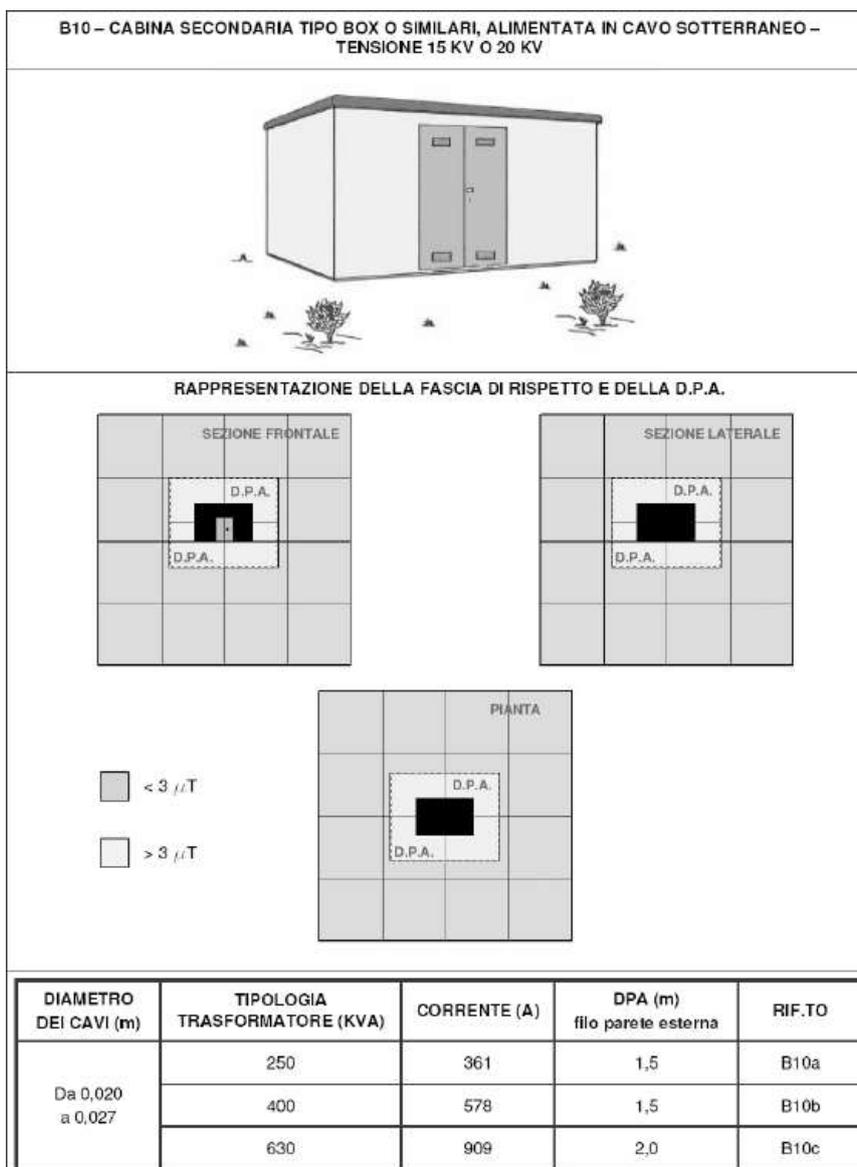
Da quanto sopra si evince che la DPA è di 0.7 m nel caso di cavo percorso da una corrente pari alla sua portata nominale di 324 A, ovvero confinata entro la profondità di posa del cavidotto.

Tenendo in considerazione il fatto che la massima corrente di impiego del cavo è di 300 A, pari alla potenza di 15,6 MW con tensione di 30 kV, e l'andamento lineare del valore del campo elettromagnetico con la corrente che lo genera, come indicato al paragrafo precedente, determinerà una fascia di rispetto pari a 1.10m dall'asse della linea che sarà confinata nell'area di scavo dell'elettrodotto.

### 3.6 FASCE DI RISPETTO CABINE ELETTRICHE

Le Cabine elettriche di campo e verrà realizzata nel rispetto delle specifiche di riferimento del settore specifico (Codice di Rete di Terna e Regole Tecniche di Connessione di ENEL), per cui gli effetti elettromagnetici dei suoi dispositivi elettrici si esauriranno all'interno del suo perimetro.

All'interno della cabina sono individuate le fasce di rispetto e le D.P.A., come indicato nello schema riportato in allegato, relativo a una cabina-tipo analoga a quella da realizzare.



*Figura 3: Indicazioni sulle D.P.A. in caso di cabina secondaria*

### 3.7 EFFETTI CUMULATIVI CON LINEE ED IMPIANTI ELETTRICI ESISTENTI

Le situazioni in cui vi sono possibili interferenze fra linee elettriche parallele, deviazioni o incroci fra linee sono considerate dalla Normativa vigente come “casi complessi”, nei quali per la descrizione della fascia di rispetto non risulta più sufficiente fornire la sola DPA.

In tali situazioni la metodologia di calcolo indicata dal Decreto 29 maggio 2008, prevede la possibilità di determinazione dell’Area di Prima Approssimazione sulla base di specifici incrementi parametrizzati; i casi complessi considerati dal Decreto sono i seguenti:

- parallelismi di linee elettriche aeree in AT;

- incroci di linee elettriche aeree AT/AT, AT/MT e MT/MT;
- derivazioni e cambi di direzione di linee elettriche aeree AT e MT

Nel caso specifico negli impianti di produzione oggetto del presente studio, le linee elettriche interne agli impianti sono tutte in cavo interrato e risultano sufficientemente distanziate da altre linee elettriche già esistente o in progetto, si possono pertanto escludere possibili effetti cumulativi.

#### 4 CONCLUSIONI

Dalle considerazioni esposte e dai risultati dei calcoli svolti si conclude che l'Impianto O3, compresa la nuova Stazione Elettrica, darà contributi minimi in termini di campo elettrico e di induzione magnetica che, nei riguardi dei terreni confinanti, risulteranno ampiamente al di sotto dei limiti di esposizione dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003.