

REGIONE LOMBARDIA  
PROVINCIA DI MILANO

DEVELOG 5 S.r.l.

Via Durini, 9 - 20122 Milano

OPERE DI CONNESSIONE PER IMPIANTO DI CONSUMO 100MW  
IN COMUNE DI NOVIGLIO (MI)

PROGETTO DEFINITIVO - FASE AUTORIZZATIVA

Titolo elaborato:

VALUTAZIONE PRELIMINARE SULL' INTENSITÀ  
DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Elab. n.

CM001

Scala:

Revisioni	2				
	1				
	0		EMISSIONE	D. Di Lenarda	E. Livon
		Data	Oggetto	Redatto	Controllato

Project management:



L22 è una divisione di:  
Lombardini22 S.p.A.  
Via Lombardini 22  
T +39 02 36 59 62 00  
ufficio.tecnico@l22.it

20143 Milano, Italia  
F +39 02 83 20 13 97  
www.l22.it

Capitale sociale Euro 100 000 i.v.  
C.F./P.IVA: 05505600964 R.E.A. 1827099  
Sistema di gestione qualità conforme alla UNI EN ISO  
9001:2015 - Certificato Nr. 50 100 8319 da TÜV Italia

Progettisti opere di connessione AT:



LIVON INEGNERIA ENERGIA AMBIENTE

L.I.N.E.A. s.r.l.  
Via Tavagnacco, 89/9 - 33100 Udine  
tel. 0432 410536 - info@lineaing.com  
www.lineaing.com

ing. Erika LIVON

ing. David Di Lenarda



File:  
DEVL01A-CM001-ICE-00

Data Progetto  
Luglio 2021

A termini di legge ci riserviamo la proprietà' di questo elaborato  
con divieto di riprodurlo o copiarlo senza nostra autorizzazione

## Sommario

<b>A. Premessa</b> .....	<b>2</b>
<b>B. Normative di riferimento</b> .....	<b>3</b>
<b>C. Considerazioni sul campo elettrico</b> .....	<b>4</b>
<b>D. Valutazione dell'intensità del campo magnetico</b> .....	<b>4</b>
D.1 Caratteristiche tecniche del cavo .....	5
D.2 Valutazione del campo magnetico .....	6
D.2.1 Calcolo della DPA della linea con conduttori posati a trifoglio .....	7
D.2.2 Calcolo della DPA in corrispondenza della buca giunti.....	8
<b>E. Conclusioni</b> .....	<b>9</b>

confidential  
Paolo.colombo Paolo.colombo  
starching.it  
Jul 04, 2022 1:14 PM EDT

## **A. PREMESSA**

Con il presente documento si determina in via teorica l'andamento dell'induzione magnetica prodotto dall'elettrodotto a 132 kV in progetto per la connessione di un impianto di consumo alla rete elettrica nazionale.

L'elettrodotto in oggetto è progettato per trasportare la potenza di 100 MVA ed è costituito da due linee in cavo, posate a trifoglio in trincee separate distanti un metro una dall'altra e predisposte l'una in riserva dell'altra. Tali terne di cavi, collegano la Cabina dell'Utente (nel seguito CP) con la Stazione Elettrica Terna di Lacchiarella in provincia di Milano.

Lo scopo di questo elaborato consiste nello stabilire la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) in corrispondenza dell'elettrodotto interrato e delle buche giunti. Inoltre saranno riportate alcune considerazioni riguardanti l'andamento del campo elettrico prodotto dall'elettrodotto in cavo.

confidential  
Paolo.colombo Paolo.colombo  
starching.it  
Jul 04, 2022 1:14 PM EDT

## **B. NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

Le normative e legislazione in vigore per la valutazione dell'intensità del campo magnetico, relativa all'opera in oggetto, sono le seguenti:

- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 211-4: Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche;
- Norma CEI EN 50341-1: Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1kV in corrente alternata – Parte 1: Prescrizioni generali-Specifiche comuni;
- Norma CEI EN 61936-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata;
- D.P.C.M. 23 aprile 1992: Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno;
- D.P.C.M. 8 luglio 2003: Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz;
- D.Lgs. n.159 del 1 agosto 2016: Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE
- D.M. 29 maggio 2008 e Allegato: "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electrical and magnetic fields (1Hz-100kHz).

### C. CONSIDERAZIONI SUL CAMPO ELETTRICO

Si considerano i limiti di esposizione fissati in 5kV/m dalla legislatura in vigore.

Per quanto riguarda il caso in oggetto dato che si tratta di un cavo schermato il campo elettrico viene confinato all'interno dello strato isolante e degli strati semiconduttivi del cavo stesso, infatti la guaina esterna del cavo, a contatto con il terreno assumerà potenziale nullo. A valle di queste considerazioni si può affermare che all'esterno dei cavi si avrà assenza di campo elettrico.

### D. VALUTAZIONE DELL'INTENSITÀ DEL CAMPO MAGNETICO

In materia esposizione ed intensità di campo elettrico e magnetico il D.P.C.M. 23 aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", fissava all'art.4, in 5 kV/m e 100  $\mu$ T il valore di detti limiti per tutti gli elettrodotti ad alta tensione (132, 220 e 380 kV) comunque eseguiti.

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti, nonché le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di emissioni elettromagnetiche, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni. I valori fissati sono riportati nella tabella seguente

DPCM 08 Luglio 2003 (f = 50 Hz)	Limite di Esposizione Campo Magnetico
Limite di esposizione	100 $\mu$ T
Valore di attenzione* (Limite per strutture antecedenti il 2003)	10 $\mu$ T
Obiettivo di Qualità dopo il 2003*	3 $\mu$ T

\*da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio

In particolare, per tutte le nuove costruzioni il campo magnetico deve essere contenuto entro i confini di proprietà.

Il cavidotto 132 kV in oggetto percorre strade campestri e tratte di viabilità pubblica, in ogni caso non si attraversano zone sensibili. Inoltre si specifica che viene contenuto il valore di 100  $\mu$ T al disotto del piano di calpestio lungo tutta il tratto della linea.

## D.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CAVO

I cavi considerati sono del tipo ARE4H5E con conduttore in alluminio e isolamento in polietilene reticolato XLPE.

Il singolo cavo è costituito da un conduttore in alluminio, coperto da uno strato semiconduttivo, ricoperto a sua volta dallo strato isolante in polietilene reticolato, da un secondo strato semiconduttivo, da una guaina impermeabilizzante, dallo schermo metallico in rame, e dalla guaina esterna in polietilene. Il cavo risponde ai requisiti della specifica TERNA UX LK101-Cavi unipolari isolati in XLPE per sistemi con tensione massima  $U_M=245$  kV. Il cavo è predisposto per il funzionamento alla tensione nominale concatenata di 132 kV e risponde alla norma costruttiva IEC 62067.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche tecniche del cavo considerato.

### Dati tecnici

- Tipo di cavo: ARE4H5E;
- Tensione nominale d'isolamento ( $U_0/U$ ): 87/150 kV;
- Tensione massima permanente di esercizio ( $U_M$ ): 170 kV;
- Sezione nominale: 1x1200 mm<sup>2</sup>;

### Dati tecnici

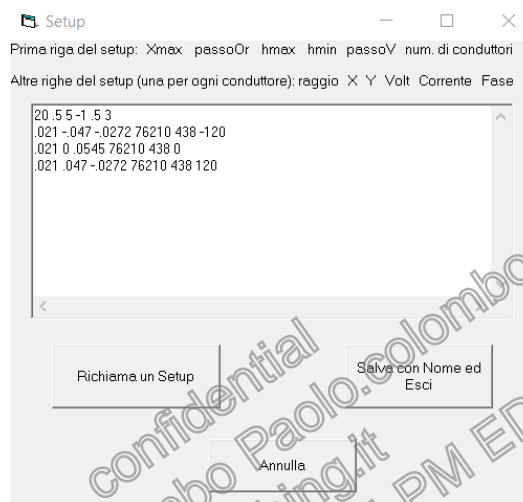
- Conduttore: Alluminio;
- Semiconduttore interno polietilene reticolato spessore 15 mm;
- Isolante polietilene reticolato spessore 15 mm;
- Semiconduttore esterno polietilene reticolato spessore 15 mm;
- Schermo metallico guaina in alluminio saldato sezione 150 mm<sup>2</sup>;
- Guaina esterna guaina in alluminio saldato sezione 150 mm<sup>2</sup>;
- Diametro esterno del cavo 95 mm (indicativo);
- Peso netto del cavo 10 kg/m.

## D.2 VALUTAZIONE DEL CAMPO MAGNETICO

Il campo magnetico è stato studiato in via analitica, in accordo alla norma CEI 211-4, conducendo simulazioni distinte per le modalità di posa più significative:

- Posa standard a trifoglio in trincea
- Buca giunti

La valutazione del campo magnetico è stata condotta attraverso un programma di calcolo apposito, edito da Maggioli Editore, sviluppato in accordo alla succinta Norma. L'interfaccia del programma prevede l'inserimento della geometria del sistema da studiare. Bisogna specificare per ogni conduttore di fase le coordinate orizzontale-verticale rispetto all'origine del sistema considerato. In entrambe i casi si adotta la convenzione ciclica delle fasi in senso antiorario.



Di seguito si riportano le analisi e i relativi risultati per i due casi distinti valutati.

### D.2.1 Calcolo della DPA della linea con conduttori posati a trifoglio

La dorsale a 132 kV che connette l’Utente alla Stazione Elettrica TERNA di Lacchiarella è formata da due linee, ciascuna composta da 3 conduttori unipolari posati a trifoglio in trincea. La profondità del letto di posa risulta essere di 1,5 m dal piano di calpestio. È stata valutata una terna di cavi percorsa da una terna di correnti equilibrate il cui modulo del vettore è pari a 438 A, ovvero corrispondente alla potenza di 100 MVA a 132 kV richiesta per la connessione a TERNA. L’analisi è stata condotta ipotizzando una terna di rinalzo all’altra, dunque con una sola linea attiva.

L’analisi dei risultati (riportata in *Figura 1*) mostra come il valore di 100  $\mu T$  (limite di esposizione) è confinato interamente sotto il piano di calpestio e come il campo magnetico con valori superiori a 3  $\mu T$  sia interamente contenuto entro 1.9 metri dall’asse della linea. Al livello del piano di calpestio il valore di campo di 3  $\mu T$  è confinato ad una distanza di circa 1,25 m dall’asse di linea.

Ciò considerato, la distanza di prima approssimazione (DPA), lungo la linea è definita, in via precauzionale, di 2m dall’asse di ciascuna linea, occupando una fascia di 5m complessivi.

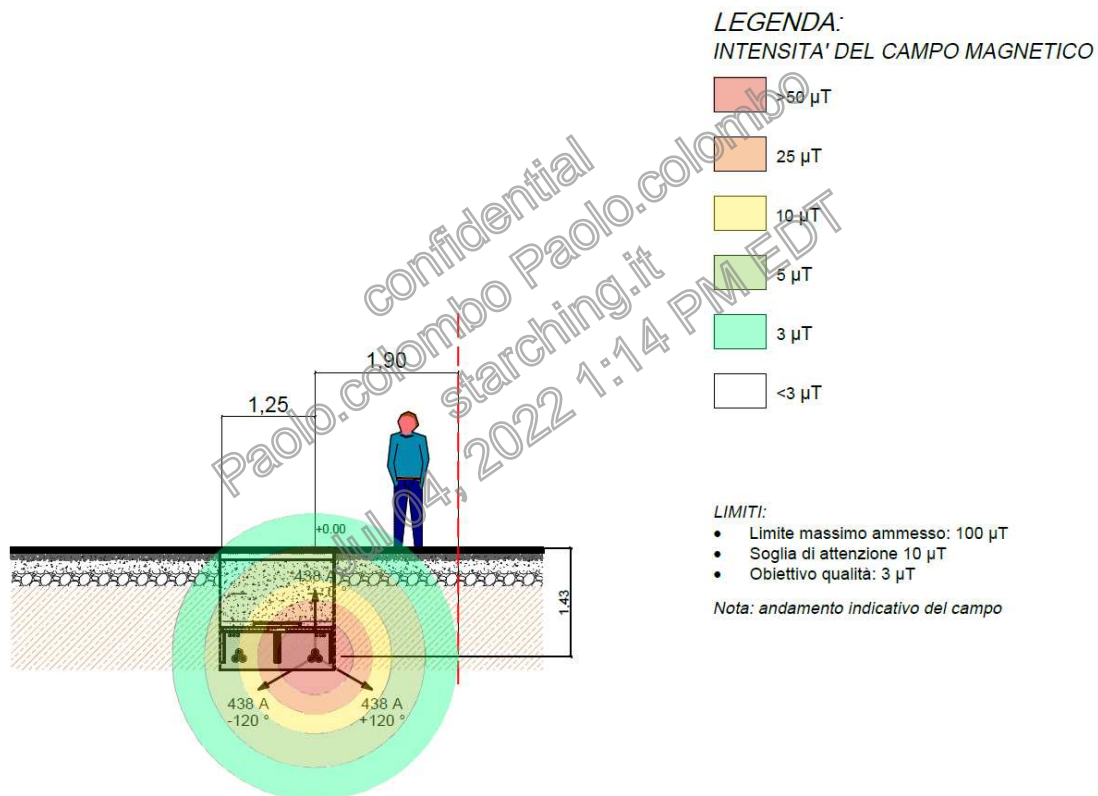


Figura 1 - Andamento del campo magnetico della linea AT 132kV in terna di cavo unipolare posato a trifoglio



### D.2.2 Calcolo della DPA in corrispondenza della buca giunti

Il campo magnetico prodotto dalla terna di cavi, attraversati da corrente pari a 438 A, in corrispondenza della buca giunti risulta più ampio. Tale fenomeno è imputabile alla disposizione della terna di cavi unipolari in prossimità del giunto. Infatti in sezione i cavi passano da una posa a trifoglio ad una posa in piano, con i conduttori posti alla distanza di 650 mm.

L'analisi dei risultati (riportata in *Figura 2*) mostra come il valore di 100  $\mu T$  (limite di esposizione) è confinato interamente sotto il piano di calpestio e come il campo magnetico con valori superiori a 3  $\mu T$  si estende fino a 5.8 metri dall'asse della linea. Al livello del piano di calpestio il valore di campo di 3  $\mu T$  raggiunge la distanza di 5.60 m dall'asse di linea.

Ciò considerato, la distanza di prima approssimazione (DPA), in corrispondenza delle buche giunti, considerando l'interasse tra le buche giunti delle due linee pari a 2.1m, è di 6.85metri, occupando una fascia di 13.7 metri complessivi.

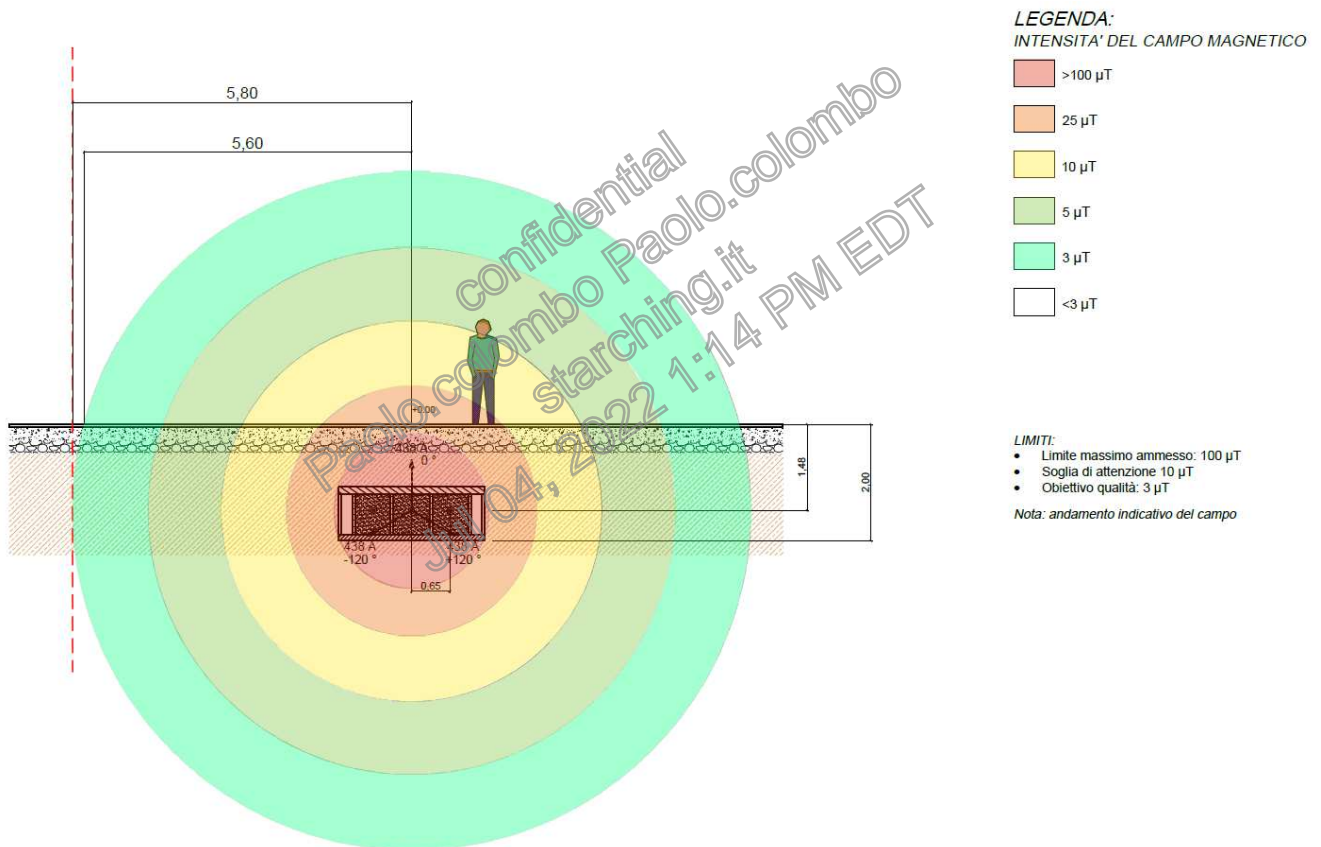


Figura 2 - Andamento del campo magnetico della linea AT 132kV in corrispondenza della buca giunti

## **E. CONCLUSIONI**

Considerate le caratteristiche di posa ed esercizio del cavidotto, sono state condotte le simulazioni in corrispondenza della posa di due terne a trifoglio ed in corrispondenza della buca giunti.

Il valore di campo magnetico di  $3 \mu T$ , riconosciuto dalla legislazione vigente come obiettivo di qualità per le nuove installazioni, sarà sempre contenuto entro le fasce di rispetto di DPA definite in 2.5 metri lungo il tracciato del cavidotto ed in 6.85 metri in corrispondenza delle buche giunti. Detta fascia di rispetto tiene conto della tipologia di posa, dell'interdistanza fra le due terne di cavi e della possibilità di alternanza delle condizioni di carico.

Al livello del piano di calpestio, il campo magnetico non raggiungerà mai valori superiori a  $100 \mu T$  definito come limite di esposizione.

confidential  
Paolo.colombo Paolo.colombo  
starching.it  
Jul 04, 2022 1:14 PM EDT