



Work in Progress Srl
Corso di Porta Romana, 6
20122 Milano
t +39 02 78621700
www.wip.it

committente

EQUINIX HYPERSCALE 2 (ML7) Srl

NUOVO DATA CENTER A SETTIMO MILANESE (MI)

commessa	file			
20-02 ML7	ML7-CC6-T23.docx			
data emissione	revisione	redatto	controllato	approvato
06.10.2023	-	PCH	MMG	LV

VERIFICA DI OTTEMPERANZA
ALLE CONDIZIONI AMBIENTALI

VALUTAZIONE AMBIENTALE
CAMPI ELETTROMAGNETICI

cod. elaborato

CC6 T23



EQUINIX

EQUINIX

ML7x / ML8x

Valutazione Ambientale Campi Elettromagnetici

<i>JOB NUMBER</i>	201012	<i>AUTHOR</i>	PCH
<i>DOCUMENT REF.</i>	ML070-DRN-ZZ-ZZ-CA-E-POWR-0004	<i>APPROVED</i>	MMG
<i>REVISION</i>	B		
<i>DATE</i>	14/06/2023		

 **This document is designed for two-side printing.**

B	14.06.2023	PCH	Comments integrations – issued for review
A	22.05.2023	PCH	Issued for review
Rev	Date	Author	Issue Status

Document History

Sommario

1	INTRODUZIONE	5
1.1	Definizioni	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	12
2.1	Normativa Comunitaria	12
2.2	Normativa Nazionale	12
2.3	Norme CEI	12
3	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSISSIMA FREQUENZA	13
3.1	Introduzione	13
3.2	Normative	13
3.3	Art. 4. Obiettivi di qualità	13
3.4	Art. 6 “Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”	13
4	CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSISSIMA FREQUENZA	14
4.1	Introduzione	14
4.2	Formule analitiche approssimate (CE 106-11)	15
4.3	Linee aeree trifase a semplice terna (CEI 106-11 – Rif. 6.2.1)	15
5	LOCALIZZAZIONE DELL’INTERVENTO	17
5.1	Inquadramento geografico dell’area	17
5.2	Identificazione degli ambiti di trasformazione	19
6	ANALISI TECNICA	22
6.1	Descrizione del sito e degli edifici	22
6.2	Alimentazione elettrica	22
7	IMPIANTO – SORGENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI	24
8	DESCRIZIONE DEL CALCOLO DELLA DPA	35
8.1	Calcolo DPA condutture	35
8.2	Calcolo DPA trasformatore	37
9	CALCOLO DELLA DPA MLSS1	38
9.1	Cavidotto Interrato 132 kV di trasmissione da sottostazione TERNA a Sottostazione Utente MLSS1	38
9.2	Barrature GIS 132 kV di distribuzione Alta Tensione Cabina Utente MLSS1	40
9.3	Cavidotto Interrato 132 kV fra quadro GIS di MLSS1 ai Trasformatori AT/MT	41
9.4	Cavidotto Interrato 132 kV fra quadro GIS di MLSS1 ai Trasformatori AT/MT caso con due linee sovrapposte	44
9.5	Cavidotto Aereo 132 kV a ridosso dei Trasformatori AT/MT di MLSS1	47
9.6	Trasformatore AT/MT di MLSS1	49
9.7	Cavidotto Interrato 11,5 kV fra i Trasformatori AT/MT e le Cabine di Distribuzione MT periferiche di sottostazione MLSS1	51
9.8	Cabine di Distribuzione MT periferiche di sottostazione MLSS1	53

9.9	Cavidotto Interrato 11,5 kV dalle Cabine di Distribuzione MT periferiche di sottostazione MLSS1 alle cabine MT del sito di ML7Xx e ML8Xx	55
10	CALCOLO DELLA DPA PER DISTRIBUZIONE MT DI ML7X E ML8X.....	57
10.1	Gruppo elettrogeno MT con Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito	57
10.2	Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito nel caso di 10 linee coesistenti	62
11	CALCOLO DELLA DPA PER DISTRIBUZIONE BT DI ML7X E ML8X.....	64
11.1	Cavidotto aereo 0,4 kV in Blindosbarra.....	64
11.2	Cavidotto aereo 0,4 kV in cavo	66
12	CONCLUSIONI	68
13	APPENDICE	74
13.1	Grandezze, convenzioni e simboli	74
13.2	Nozioni di base (CEI 106-11).....	75

1 INTRODUZIONE

Per procedere alla messa in servizio del Datacenter ML7x e ML8x viene redatta una Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) con 6 requisiti di cui al numero 4 si richiede che il proponente dovrà proporre un completo studio di impatto per la tematica dei campi elettromagnetici, analizzando gli impatti ascrivibili alle numerose apparecchiature installate nell' area anche all' aperto, alle sottostazioni elettriche (la nuova e l' esistente) e agli eventuali elettrodotti di accesso da realizzare o da potenziare.

A tal fine è stato redatto questo studio del Campo Elettromagnetico presente nel sito EQUINIX per la redazione di una relazione avente i seguenti scopi:

- Fornire indicazioni riguardo le distanze di prima approssimazione (DPA) dalle sorgenti di campo elettrico e magnetico dovuto a tutti gli impianti elettrici di distribuzione e trasformazione in Alta Tensione (AT) ed in Media Tensione (MT) nell'intorno ed asserviti agli edifici dei Datacenter ML7x e ML8x. Nel documento verranno altresì analizzati gli impianti elettrici in Bassa Tensione (BT) di particolare potenza.
- Calcolare la distanza di prima approssimazione DPA per elettrodotti di nuova realizzazione per autorizzazioni ambientali legge n.36/2001; DPCM 8/07/2003; D.M. 29/05/2008, redatta con procedimento semplificato per autorizzazioni integrate ambientali.
- Fornire una relazione con calcoli della fascia di rispetto indicando il luogo di punti intorno alla sorgente avente induzione magnetica superiore al riferimento della Norma CEI EN 55024. (qualità del servizio e/o interferenza tra le apparecchiature)

In questo documento si andrà a calcolare la Distanza di Prima Approssimazione (DPA), valutata con la metodologia generale della Guida CEI 106-11 per la situazione di progetto prevista per la realizzazione di un nuovo impianto di alimentazione elettrica asservito all'alimentazione di un nuovo data center in località "Il Castelletto" nel Comune di Settimo Milanese (MI) da parte di Equinix Hyperscale 2 (ML7x) Srl per la fornitura di servizi clouds come server, risorse di archiviazione, database, rete, software, analisi e intelligence.

Il data center sarà composto da due complessi principali denominati ML7x e ML8x che, per ragioni legate allo sviluppo immobiliare dell'area e all'evoluzione dell'attività, verranno realizzati in fasi e separatamente. Il data center non svolgerà alcun tipo di attività produttiva ed entrambe le unità saranno alimentate dall'energia elettrica proveniente da una stazione di trasformazione AT/MT denominata MLSS1, prossima ai due complessi che è collegata alla Stazione Elettrica denominata "Baggio" nel comune di Settimo Milanese con un nuovo elettrodotto in doppio cavo interrato che garantisce una più alta affidabilità di alimentazione della rete.

Per garantire l'operatività del data center anche in caso di improbabili interruzioni di rete si prevede l'installazione di gruppi elettrogeni di emergenza per una potenza pari a 78,7 MW termici a servizio del data center ML7x e 45,9 MW termici a servizio del data center ML8X, per un totale di 124,6 MW termici (in seguito anche "MWt").

1.1 Definizioni

Di seguito si riportano le definizioni utilizzate nel presente documento in accordo al documento "RTI CTN_AGF 1/2000" dal titolo "Guida Tecnica per la misura dei campi elettromagnetici compresi nell'intervallo di frequenza 100 kHz-3 GHz in riferimento all'esposizione della popolazione" redatto dall'ANPA" ovvero dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente -Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi

1.1.1 Campo elettrico (E)

Si definisce campo elettrico una quantità vettoriale che, in ogni punto di una data regione di spazio, rappresenta il rapporto tra la forza esercitata su una carica elettrica di prova q ed il valore della carica medesima. L'unità di misura del campo elettrico nel sistema S.I. è il volt/metro (V/m).

1.1.2 Campo magnetico (H)

Si definisce campo magnetico una quantità vettoriale-assiale definita in ogni punto di una data regione di spazio in modo tale che il suo rotore sia eguale alla densità di corrente elettrica totale, compresa la corrente di spostamento. L'unità di misura del campo magnetico nel sistema S.I. è l'ampère/metro (A/m).

1.1.3 Campi a frequenza multipla

Sovrapposizione di due o più campi elettromagnetici di fase arbitraria e di frequenza diversa.

1.1.4 Conducibilità

Rapporto tra la densità di corrente di conduzione in un mezzo e l'intensità del campo elettrico. La conducibilità è espressa in siemens per metro (S/m).

1.1.5 Corrente di contatto

Corrente che passa attraverso il corpo quando quest'ultimo viene in contatto con un oggetto conduttore immerso in un campo elettromagnetico.

1.1.6 Densità di corrente

Corrente indotta da un campo elettromagnetico nell'unità di superficie all'interno del corpo umano. La densità di corrente si esprime in ampère per metro quadrato (A/m²).

1.1.7 Densità di energia

Energia incidente su un'area unitaria normale alla direzione di propagazione dell'onda elettromagnetica. È espressa in Joule per metro quadrato (J/m²).

1.1.8 Densità di potenza (S)

Potenza che fluisce nell'unità di superficie posta perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda elettromagnetica. È normalmente espressa in watt per metro quadro (W/m²).

1.1.9 Densità di potenza media nel tempo

Valore istantaneo della densità di potenza, mediato nel tempo, definito dalla formula:

$$S_m = \frac{1}{T} \int_T S(t) dt$$

Dove:

T è il periodo del segnale generato dalla sorgente.

1.1.10 Densità di potenza, picco

Densità di potenza istantanea massima che si manifesta quando si trasmette potenza.

1.1.11 Densità di potenza, di onda piana equivalente

Termine di uso comune associato a qualsiasi onda elettromagnetica, uguale in ampiezza alla densità di potenza di un'onda piana che ha la stessa intensità dei campi elettrico (E) e/o magnetico (H).

1.1.12 Effetto diretto dell'esposizione

Conseguenza di una interazione diretta dei campi elettromagnetici con il corpo umano esposto.

1.1.13 Effetto indiretto dell'esposizione

Conseguenza di una interazione indiretta che si manifesta quando il corpo umano viene a contatto con oggetti metallici in campi elettromagnetici.

1.1.14 Esposizione breve

Tempi di esposizione più brevi del corrispondente tempo di media.

1.1.15 Esposizione continua

Esposizione per periodi di tempo più lunghi del corrispondente tempo di valutazione della media.

1.1.16 Esposizione non uniforme

Livelli di esposizione non uniforme si determinano quando i campi non sono uniformi su volumi di dimensioni paragonabili alle dimensioni del corpo umano considerato nella sua interezza. Questa situazione può essere causata da onde stazionarie, da radiazione diffusa oppure può verificarsi in zona di campo vicino.

1.1.17 Esposizione parziale del corpo

L'esposizione parziale ha luogo quando si ha una deposizione localizzata di energia.

1.1.18 Frequenza (f)

Numero di cicli o periodi nell'unità di tempo. L'unità di misura nel sistema S.I. è l'hertz (Hz).

1.1.19 Impedenza d'onda del vuoto

Rapporto tra l'intensità del campo elettrico e quella del campo magnetico di un'onda elettromagnetica che si propaga. Per un'onda piana che si propaga nel vuoto, l'impedenza d'onda intrinseca del vuoto è circa 377 Ohm.

1.1.20 Induzione elettrica (D)

Modulo di un vettore, pari al prodotto dell'intensità del campo elettrico (E) per la costante dielettrica (ϵ):

$$D = \epsilon \times E.$$

L'induzione elettrica è espressa in coulomb per metro quadrato (C/m²).

1.1.21 Induzione magnetica (B)

Modulo di un vettore, pari al prodotto dell'intensità del campo magnetico (H) per la permeabilità magnetica (μ) del mezzo:

$$\mu = \frac{B}{H}$$

L'induzione magnetica si esprime in tesla (T).

1.1.22 Livello di esposizione

Valore della grandezza considerata quando una persona è esposta a campi elettromagnetici.

1.1.23 Lunghezza d'onda (λ)

La lunghezza d'onda (λ) di un'onda elettromagnetica è legata alla frequenza (f) ed alla velocità di propagazione (c) dall'espressione $c = f \times \lambda$. Nel vuoto la velocità di un'onda elettromagnetica è uguale alla velocità della luce. La lunghezza d'onda si esprime in metri (m).

1.1.24 Media temporale della potenza assorbita (P_m)

Tasso di trasferimento di energia, mediato nel tempo, definito dalla formula seguente:

$$P_m = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt$$

Dove:

t_1 e t_2 sono i tempi di inizio e fine dell'esposizione. Il periodo $t_2 - t_1$ rappresenta la durata dell'esposizione.

1.1.25 NIR

Campi elettromagnetici non ionizzanti (fra 300 kHz e 300 GHz)

1.1.26 Obiettivi di qualità

Sono valori di campo elettromagnetico da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, usando tecnologie e metodiche di risanamento disponibili, al fine di minimizzare l'esposizione della popolazione.

1.1.27 Onda piana

È una distribuzione di campo elettromagnetico propagativo, in cui in ogni punto i vettori campo elettrico e campo magnetico sono perpendicolari fra loro e giacciono su piani perpendicolari alla direzione di propagazione.

1.1.28 Permeabilità magnetica (μ)

La permeabilità magnetica di un materiale è definita dal rapporto fra il valore dell'induzione magnetica (B) e l'intensità del campo magnetico (H):

$$\mu = \frac{B}{H}$$

La permeabilità magnetica μ si esprime in henry per metro (H/m).

1.1.29 Permettività, o costante dielettrica (ϵ)

Proprietà di un materiale dielettrico (ad esempio un tessuto biologico) definita dal rapporto fra l'intensità dell'induzione elettrica (D) e l'intensità del campo elettrico (E)

$$\epsilon = \frac{D}{E}$$

La costante dielettrica si esprime in farad per metro (F/m).

1.1.30 Polarizzazione

Caratteristica dei campi elettromagnetici che descrive la direzione e l'ampiezza, variabili nel tempo, del vettore di campo elettrico; in particolare, indica la figura tracciata, in funzione del tempo, dall'estremità del vettore campo elettrico in un punto fisso nello spazio come è vista lungo la direzione di propagazione.

1.1.31 Popolazione

Tutti i non esposti a campi elettromagnetici per ragioni professionali.

1.1.32 Punti caldi

Zona o volume molto localizzati di irraggiamento o assorbimento di energia elettromagnetica, prodotto da radiazione diffusa, da effetti focalizzanti o da altre disomogeneità.

1.1.33 Radiazione diffusa

Campo elettromagnetico risultante da correnti indotte in un oggetto secondario, conduttore o dielettrico, da onde elettromagnetiche incidenti sull'oggetto stesso da una o più fonti primarie. L'oggetto diffondente è talvolta chiamato "re-irradiatore" o "irradiatore secondario".

1.1.34 Radio frequenza (RF)

È l'intervallo di frequenza da 10 kHz – 300 GHz.

1.1.35 Rapidità di variazione dell'induzione magnetica

Derivata rispetto al tempo dell'induzione magnetica.

1.1.36 Regione di campo lontano

Regione di spazio, sufficientemente lontano dalla sorgente, nella quale il campo elettromagnetico ha una distribuzione caratteristica dell'onda piana. L'estensione di questa regione dipende dalle dimensioni massime lineari D del sistema d'antenna e dalla lunghezza d'onda λ del campo stesso. Si assume convenzionalmente che la regione di campo lontano inizi ad una distanza dalla sorgente maggiore della quantità r eguale alla maggiore fra le quantità λ e $\frac{D^2}{\lambda}$.

1.1.37 Regione di campo vicino

Regione in prossimità di un'antenna o di altra struttura radiante, in cui i campi elettrico e magnetico non presentano la caratteristica dell'onda piana, ma variano notevolmente da punto a punto. La regione di campo vicino si suddivide ancora in regione reattiva ($r < \frac{\lambda}{10}$), che è la più vicina alla struttura radiante e che contiene buona parte dell'energia immagazzinata e la regione radiante in cui il campo di radiazione predomina su quello reattivo, ma si scosta sostanzialmente dall'onda piana e ha configurazione complessa.

1.1.38 Tempo di media (tm)

Intervallo di tempo su cui è mediata l'esposizione allo scopo di determinare il rispetto dei limiti.

1.1.39 Valore efficace (root-mean-square [rms])

Valore efficace di una grandezza fisica, a(t), che varia nel tempo con periodo T. Esso si ottiene calcolando la radice quadrata del valore medio rispetto al tempo del quadrato della funzione che descrive la grandezza stessa nel modo seguente:

$$A_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \times \int_T a^2(t) dt}$$

1.1.40 Asse della linea elettrica

È il piano verticale passante per i punti centrali delle basi dei due sostegni di estremità di ogni campata costituente la linea ovvero per il conduttore centrale di una linea aerea a bandiera o di una terna di cavi interrati.

1.1.41 Centro geometrico dei conduttori

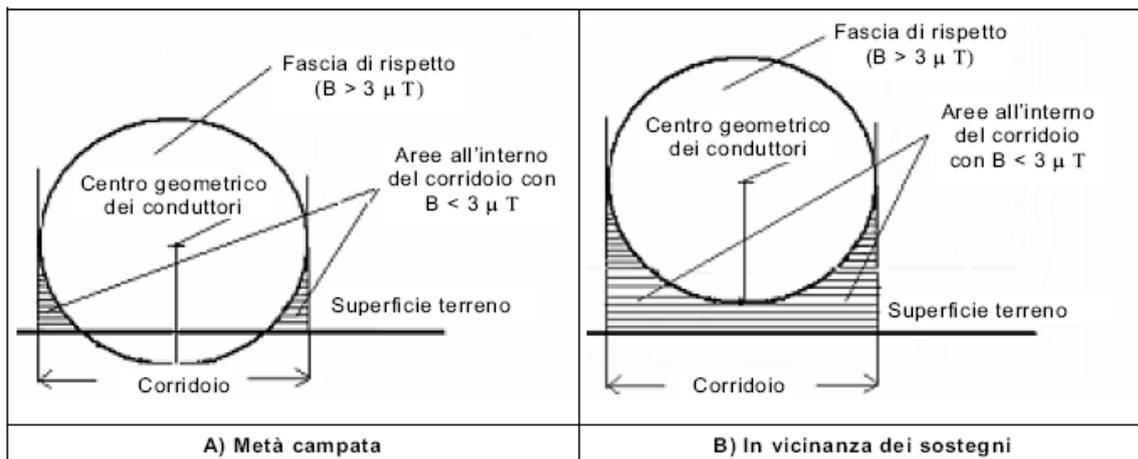
Si assume come centro geometrico dei conduttori il baricentro del triangolo determinato dall'intersezione di un piano (x, y) ortogonale ai tre conduttori di fase della linea e avente come vertici i centri di tali conduttori o dei fasci nel caso di conduttori a fascio. Nella Figura 1 è schematizzata la costruzione di detto centro geometrico, richiamando, per comodità, le formule che esprimono le sue coordinate G (xG, yG) in funzione delle coordinate dei vertici del triangolo A (x1, y1), B (x2, y2), C (x3, y3).

1.1.42 Fascia di rispetto

È lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, 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 ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità.

Salvo situazioni particolari, nel caso di linee elettriche aeree in conduttori nudi e di cavi interrati unipolari, i conduttori si mantengono tra di loro paralleli; quindi, lo spazio comprendente tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale ad un determinato valore definiscono attorno ai conduttori un volume, centrato sul baricentro dei conduttori stessi, la cui sezione trasversale ha forma e dimensione dipendenti dalla geometria della linea, dall'intensità della corrente e dal valore dell'induzione magnetica prescelto. Ad esempio, la Figura 2 illustra come nell'intorno di una linea a 380 kV a semplice terna, per il valore di corrente considerato, la suddetta sezione trasversale tende a diventare sempre più simile ad un cerchio col diminuire del valore prescelto per l'induzione magnetica.

Si noti che, anche per effetto della disposizione dei conduttori secondo una catenaria, la proiezione al suolo lungo tutta la linea, dei punti più esterni dell'isolinea relativa al valore dell'induzione magnetica di $3 \mu\text{T}$, delimita una striscia di terreno (o corridoio) che presenta al suo interno non solo zone interessate da valori di induzione magnetica superiori all'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ ma anche aree, più o meno estese a seconda dell'altezza da terra dei conduttori, in cui l'induzione magnetica è inferiore a tale valore.



Fasce di rispetto, corridoi e aree all'esterno delle fasce di rispetto ma all'interno dei corridoi con valori di induzione magnetica inferiori all'obiettivo di qualità: confronto tra le situazioni a metà campata e in vicinanza dei sostegni (CEI 106-11).

Questo aspetto va tenuto presente qualora si volesse, per motivi di praticità ed in via preliminare (ad esempio per individuare più semplicemente e rapidamente le possibili situazioni critiche), calcolare l'ampiezza di tale striscia di terreno quale indice conservativo della fascia di rispetto. Sul piano pratico-applicativo si potrebbe suggerire un approccio a due livelli che consenta da un lato di utilizzare il calcolo della suddetta striscia di terreno come proiezione al suolo della fascia di rispetto (larghezza costante ecc.) e dall'altro di evitare misure eccessivamente ed ingiustificatamente penalizzanti per l'uso del territorio, demandando la verifica precisa dei valori di campo ad una successiva, più accurata, valutazione.

1.1.43 Tratte omogenee di una linea

Insieme di campate successive di una linea aerea caratterizzate dalla stessa tipologia e disposizione reciproca dei conduttori nello spazio (realizzate con lo stesso tipo di sostegno), ovvero di tratte di cavo interrato caratterizzate dalla stessa tipologia e disposizione di posa dei cavi.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa Comunitaria

Raccomandazione del Consiglio 519/1999/CE del 12 Luglio 1999 recante "Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0Hz a 300GHz".

Con essa il Consiglio fornisce agli stati membri i valori relativi ai limiti base ed ai livelli di riferimento, così come definiti dall'ICNIRP (International Commission Non Ionizing Radiation Protection) nelle proprie linee guida.

2.2 Normativa Nazionale

- ❑ D.P.C.M. 23 Aprile 1992 "Limiti massimi d'esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.
- ❑ D.M. 10 Settembre 1998 n. 381 "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana".
- ❑ Documento interministeriale, di cui al Decreto del Ministero dell'Ambiente 2 giugno 1997, relativo alle linee guida applicative del D.M. 10 Settembre 1998 n. 381.
- ❑ Legge 22 Febbraio 2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"
- ❑ D.P.C.M. 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti d'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 (50Hz) generati dagli elettrodotti.
- ❑ 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".

2.3 Norme CEI

- ❑ Norma CEI 211-4 del 1996 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"
- ❑ Norma CEI 211-6 del 2001 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz— 10kHz.
- ❑ Norma 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"

3 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSISIMA FREQUENZA

3.1 Introduzione

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e l'Associazione Internazionale per le Protezioni Radiologiche (IRPA) definiscono con l'acronimo "ELF" (Extremely Low Frequency) i campi elettromagnetici sinusoidali a frequenze comprese fra 30 e 300 Hz, il cui campo magnetico alle basse frequenze viene usualmente espresso come densità di flusso magnetico in tesla (T) o meglio in sottomultipli millitesla e microtesla (mT, μ T).

In tale ambito, in considerazione di possibili effetti sanitari attribuibili all'esposizione ai campi elettrici e magnetici presenti nelle vicinanze di linee di trasmissione ad alta tensione, la frequenza di maggiore rilevanza protezionistica è quella di 50 Hz (frequenza di rete) adottata in Italia e in Europa e quella di 60Hz in uso negli Stati Uniti e in Canada.

3.2 Normative

Alle basse frequenze, e precisamente per quella di rete 50 Hz, per i lavoratori le raccomandazioni dell'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) indicano un limite di 500 μ T (micro tesla) per l'induzione magnetica, mentre per quanto riguarda la popolazione si può fare riferimento ai livelli previsti nella Raccomandazione Europea del 12/7/1999 e al limite di esposizione pari a 100 μ T stabilito dal "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 ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti". È da tener presente che quest'ultimo è espressamente riferito al problema della esposizione a campi derivanti dalla generazione, trasformazione e trasporto dell'energia elettrica.

Sempre nello stesso decreto, nell'art. 3 al 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 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

3.3 Art. 4. Obiettivi di qualità

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 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

3.4 Art. 6 "Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"

Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

L'APAT, sentite l'ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

4 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSISSIMA FREQUENZA

Per il calcolo della fascia di rispetto così come definita precedentemente occorre che si conoscano i seguenti dati (che dovranno essere acquisiti per tratte omogenee di linea):

- ❑ portata in corrente in servizio normale (che deve essere dichiarata dal gestore della linea);
- ❑ numero e tipologia dei conduttori aerei o dei cavi interrati, loro disposizione relativa e sistema di riferimento rispetto all'asse della linea;
- ❑ condizioni di fase relativa delle correnti elettriche.
- ❑ Inoltre, anche se non strettamente indispensabili per la determinazione della fascia di rispetto, ma allo scopo di verificare con precisione il rispetto dell'obiettivo di qualità, ove necessario all'interno delle fasce di rispetto, è necessario conoscere anche i seguenti parametri.
- ❑ altezza dei conduttori all'attacco ai sostegni e lunghezza delle campate;
- ❑ altezza dei conduttori sul suolo nelle condizioni di temperatura di progetto di cui al DM 21 marzo 1988 n°449 e norma CEI 11-4, Articolo. 2.2.04, ipotesi 3 (55 °C per le linee in zona A e 40 °C per le linee in zona B), con catenaria verticale.

Per ciò che attiene esclusivamente alla metodologia di calcolo per la determinazione della striscia di terreno precedentemente citata, risulta possibile desumere le indicazioni geometriche sul posizionamento reciproco dei conduttori anche avvalendosi di una misurazione strumentale diretta.

4.1 Introduzione

Il modello normalizzato per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta in una sezione trasversale di una linea elettrica aerea è quello descritto nella norma CEI 211-4, che viene considerato applicabile anche alle linee in cavo interrato.

Si tratta di un modello bidimensionale che applica la legge di Biot e Savart per determinare l'induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi la legge di sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti, supposte simmetriche ed equilibrate.

Vengono assunte le seguenti schematizzazioni della linea:

- ❑ tutti i conduttori sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro;
- ❑ le correnti sono considerate concentrate negli assi centrali dei conduttori aerei o dei cavi e, nel caso dei conduttori aerei a fascio, negli assi centrali dei fasci, cioè negli assi dei cilindri aventi come generatrici gli assi dei subconduttori dei fasci;
- ❑ per le linee aeree non vengono considerate le correnti indotte nelle funi di guardia in quanto il loro effetto sull'induzione magnetica è ritenuto trascurabile; analogamente per le linee in cavo interrato non si tiene conto delle correnti indotte negli schermi;
- ❑ il suolo è considerato perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e quindi si trascurano le immagini dei conduttori rispetto al suolo, che alla frequenza industriale risultano a profondità molto elevate;

Il modello bidimensionale considerato, con le schematizzazioni sopra elencate, fornisce risultati del tutto accettabili per la maggior parte delle situazioni riscontrabili per le linee aeree e in cavo.

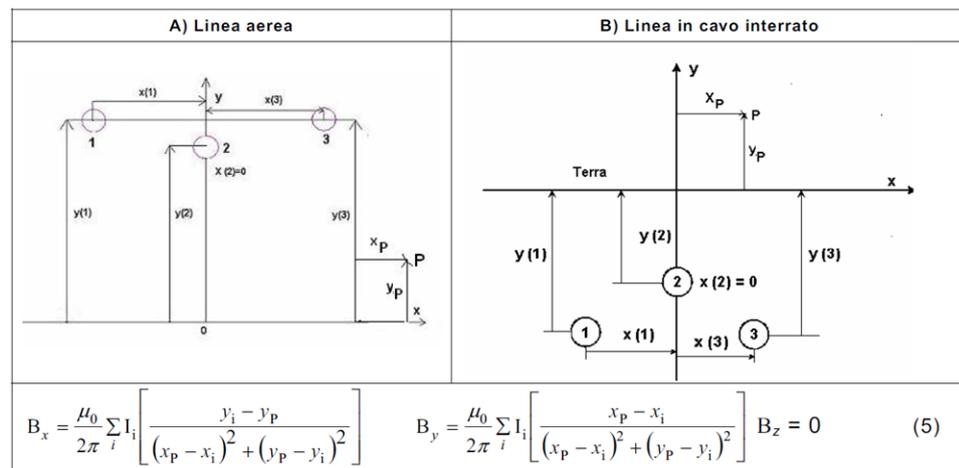
L'algoritmo di calcolo considera in sintesi i seguenti passi:

- a. i valori efficaci e le fasi delle correnti sinusoidali sui conduttori sono rappresentati attraverso fasori (numeri complessi): I_i è il fasore della corrente i ; sul conduttore i ;
- b. con riferimento ad un generico punto di coordinate (xP, yP) sul piano ortogonale ai conduttori si calcolano i fasori delle componenti spaziali dell'induzione magnetica totale B_x e B_y attraverso le formule riportate nella Figura 4, nella quale è anche illustrato il significato dei simboli usati nelle formule stesse, con riferimento alle linee aeree e a quelle in cavo interrato; per queste ultime la profondità di

posa dei cavi (coordinata del centro geometrico di ciascun cavo) va introdotta con il segno negativo; per semplicità e maggior chiarezza, gli schemi riportati si riferiscono a linee a semplice terna, ma ovviamente le formule sotto riportate valgono per linee a doppia terna, introducendo opportunamente i fasori delle correnti in modo da rappresentare la disposizione delle fasi;

c. il valore efficace dell'induzione B magnetica viene ottenuto con la formula già sopra illustrata:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$



Schematizzazione delle linee aeree e in cavo interrato e formule per la determinazione dei fasori delle componenti spaziali dell'induzione magnetica

4.2 Formule analitiche approssimate (CE 106-11)

In alternativa all'utilizzazione del modello di calcolo normalizzato sopra descritto, che richiede l'uso di codici di calcolo, seppur relativamente semplici, si può ricorrere a formule analitiche approssimate, che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal centro geometrico dei conduttori della linea elettrica o reciprocamente la distanza da tale centro geometrico a cui si verifica un prefissato valore di induzione magnetica: esse sono pertanto molto utili per valutazioni approssimate e immediate delle fasce di rispetto delle linee aeree e in cavo interrato.

Tali formule derivano dalla considerazione che l'induzione magnetica generata da un sistema di conduttori di lunghezza infinita e tra di loro paralleli può essere espresso dalla scomposizione in serie della legge di Biot-Savart e che, per punti relativamente lontani dai conduttori, quali quelli di interesse per la valutazione delle fasce di rispetto a $3 \mu T$, lo sviluppo in serie può essere troncato al primo termine con un'approssimazione tanto più accettabile tanto più è elevata la distanza dai conduttori. Con questa approssimazione le curve isolivello dell'induzione magnetica sono le circonferenze aventi per centro il centro geometrico dei conduttori.

4.3 Linee aeree trifase a semplice terna (CEI 106-11 – Rif. 6.2.1)

Formule approssimate per una terna di conduttori disposti a triangolo.

Per una terna di conduttori disposti ai vertici di un triangolo equilatero con distanza tra i conduttori pari a S [m], percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A], l'induzione magnetica B [μT] in un punto distante R [m] dal baricentro dei tre conduttori, con $R \gg S$, è data dalla seguente equazione approssimata:

$$B = 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S \times I}{R^2} \quad [\mu T]$$

Dalla equazione suddetta si ricava la distanza R' corrispondente ad un valore di B pari a $3 \mu\text{T}$ (micro tesla):

$$R' = 0,286 \times \sqrt{S \times I} \quad [m]$$

Nel caso di linee reali con disposizione geometrica dei conduttori assimilabile alla disposizione a triangolo, come parametro S si assume la media delle distanze tra i tre conduttori ($SA, B; SB, C; SA, C$)

5 LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Il sito si colloca in un'area del Comune di Settimo Milanese ricadente tra gli ambiti di trasformazione (con ristrutturazione urbanistica e destinati ad attività produttive) disciplinati dal Documento di Piano del PGT.

Gli interventi in progetto riguardano il comparto industriale della "Ex Italtel", oggi dismesso e in disuso, che si colloca in prossimità del confine con il Comune di Cornaredo (MI) e per cui è stato elaborato uno specifico Piano Attuativo denominato "Castelletto Uno".

Il progetto si colloca esternamente al Parco Agricolo Sud di Milano.

In prossimità del sito è presente il Parco Storico Castelletto al cui interno sorge Villa Litta Modignani, bene architettonico non vincolato ma giudicato meritevole di conservazione.

L'area di progetto non interessa alcun elemento della Rete Ecologica Regionale e Provinciale.

Accanto al lotto di progetto è presente il Fontanile del Testiole, la cui fascia di rispetto risulta esterna all'area oggetto di intervento.

5.1 Inquadramento geografico dell'area

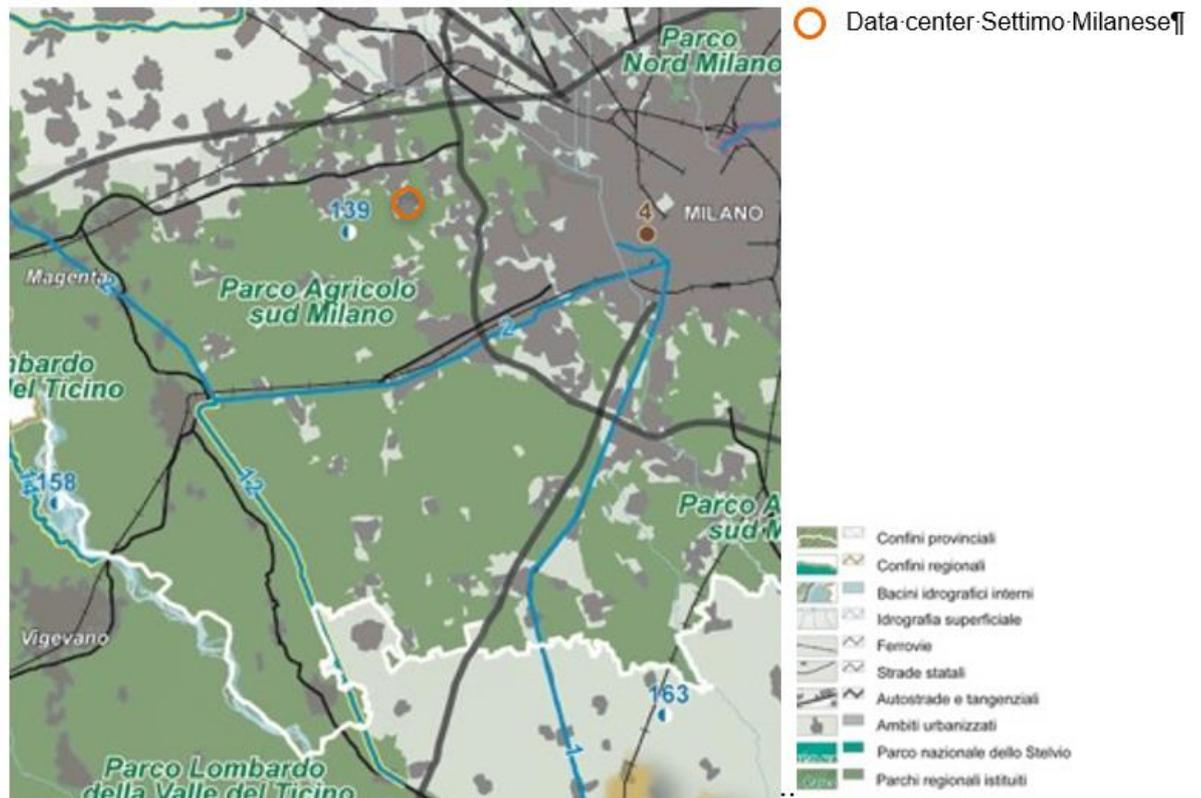


Tavola D "Quadro di riferimento della disciplina paesaggistica regionale"

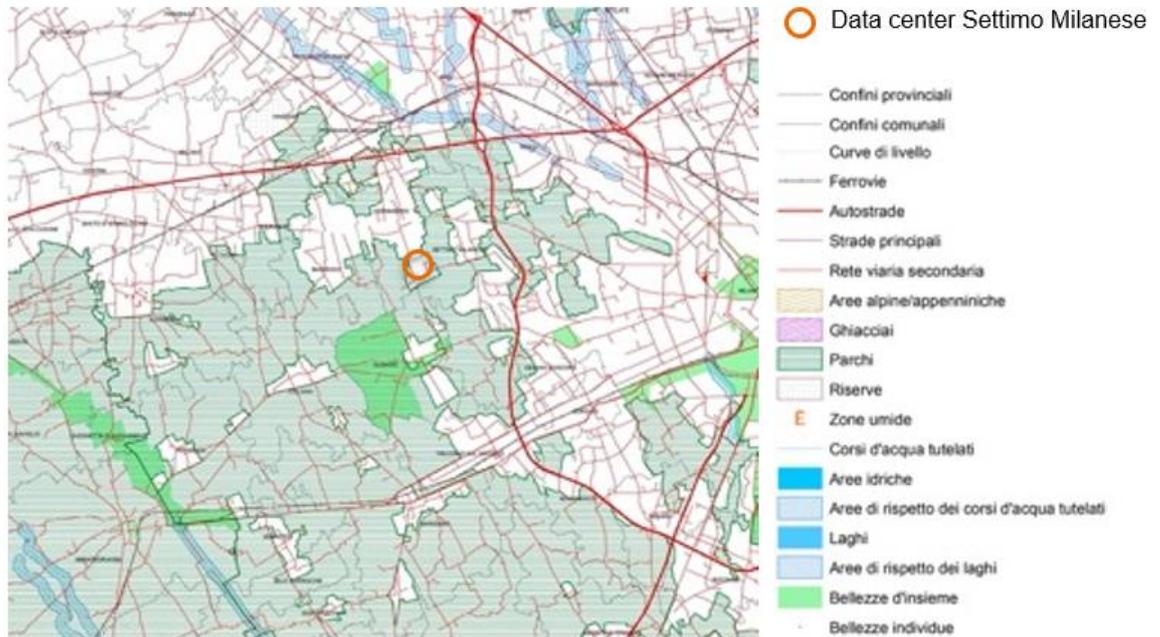


Tavola I "Quadro sinottico Tutele Paesaggistiche di Legge – Articoli 136 e 142 D.Lgs.42/04

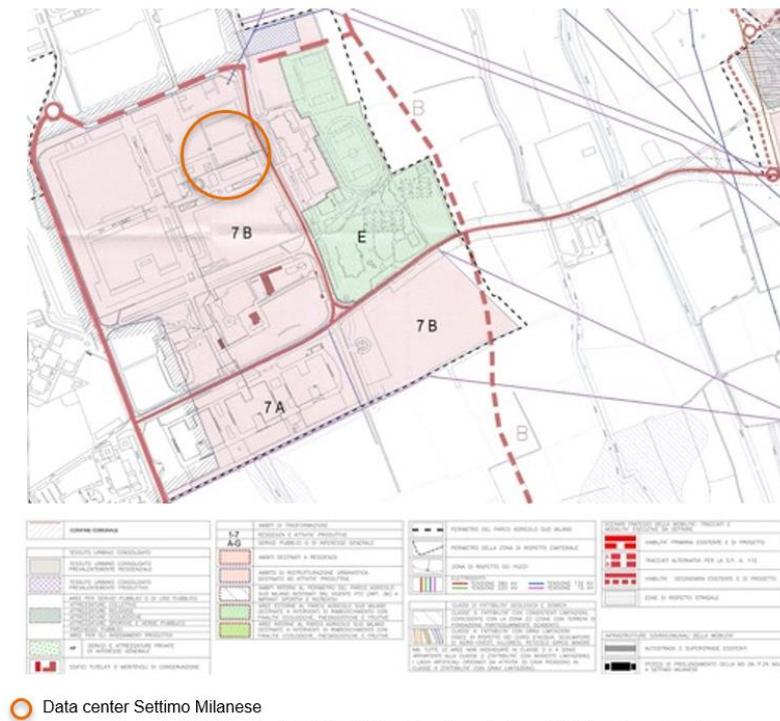
Il sito ricade in classe V rispetto alla Zonizzazione acustica comunale.

Ciascuno dei due Datacenter sarà composto dalle seguenti aree funzionali, tutte interconnesse e direttamente comunicanti tra di loro:

- Area Amministrativa, distribuita su cinque piani fuori terra.
- Area di carico al piano terra.
- Area Server, distribuita su quattro piani fuori terra.
- Aree Tecniche (gruppi elettrogeni, serbatoi di carburante interrati, locali tecnici elettrici, locale tecnico pompe, impianti di ventilazione).
- Strade, Parcheggi e Aree Verdi.

Per l'alimentazione dell'edificio è prevista una connessione alla rete di alta tensione del Distributore locale, una sottostazione di trasformazione interna AT/MT e delle cabine dedicate per l'immissione nella rete interna all'edificio. Da ciascuna cabina è derivata una stringa di alimentazione in bassa tensione. In alcune stringhe è prevista l'installazione di UPS per lo stoccaggio di energia in accumulatori statici (batterie) al litio. Tale energia viene poi utilizzata per garantire l'alimentazione in continuità assoluta delle utenze in modo da non avere alcuna discontinuità nell'alimentazione in caso di brevi mancanze di rete oppure in caso di fuori servizi più lunghi nell'attesa dell'entrata in servizio dei gruppi motogeneratori di soccorso.

L'intervento si colloca in un sito industriale (ex Italtel), parzialmente dismesso, individuato come "Ambito di ristrutturazione urbanistica destinato ad attività produttive" e soggetto a piani attuativi. La riqualificazione dell'intero ambito è iniziata nel 2014 con l'adozione del Programma Integrato di Intervento denominato "Data 4 Italy" (ambito 7A).



5.2 Identificazione degli ambiti di trasformazione

Il nuovo Datacenter verrà realizzato in località il Castelletto, nel Comune di Settimo Milanese (MI). L'accesso principale al sito sarà dalla via Privata Marisa Bellisario, direttamente collegata alla viabilità comunale (Via Reiss Romoli).

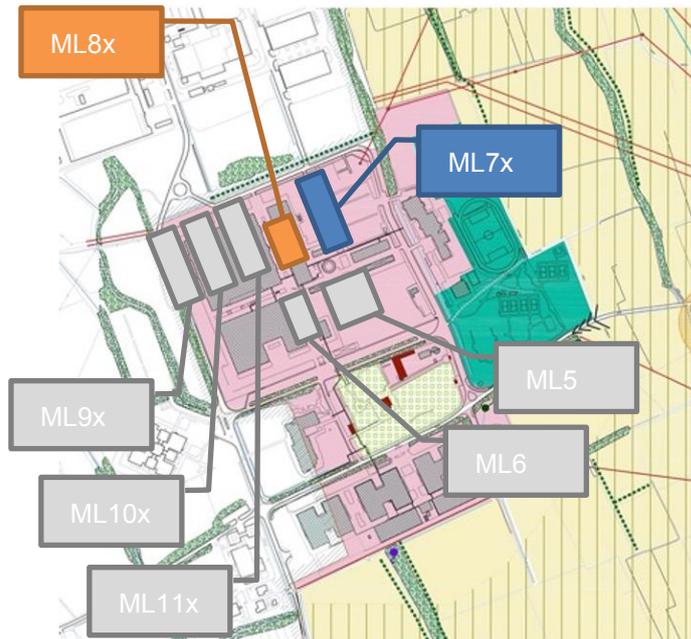
Le principali coordinate Gauss-Boaga del progetto sono riportate di seguito:

- Ingresso principale: N 5036002,16; E 1502995,98.
- Centroide: N 5035963,27; E 1502948,41.

Il Comune di Settimo Milanese si trova immediatamente a ovest di Milano, fra il tracciato della A50 "Tangenziale Ovest di Milano" in prossimità dell'uscita 3a e quello della SP11R - Padana Superiore. Il territorio comunale è attraversato in direzione nord-sud dalla SP172 Baggio-Nerviano. Gli insediamenti sono distribuiti intorno alle tre frazioni storiche di Vighignolo a nord, di Settimo Milanese con le cascine Olona e Castelletto in posizione baricentrica e di Seguro con la cascina Gallarata, al confine meridionale del territorio comunale.

A sud e a est del nucleo residenziale, in prossimità della A50 "Tangenziale Ovest di Milano" e al confine con il Comune di Milano, si riscontra la presenza di insediamenti produttivi. Un'ulteriore area industriale (ex Italtel) si colloca a ovest, in corrispondenza della cascina Castelletto. L'area industriale, dismessa, sta attraversando una fase di trasformazione e conversione con la realizzazione di data center afferenti a diverse società.

In Figura 4 1 si riporta un estratto della Carta dell'inquadramento territoriale del PGT del comune di Settimo Milanese con la localizzazione del data center all'interno del "Tessuto urbano consolidato non residenziale".



Localizzazione Datacenter EQUINIX di Settimo Milanese

(Per completezza sono riportati in grigio gli edifici facenti parte del Campus ma non oggetto di questa analisi)

Nell'area "ex-Italtel" Equinix intende realizzare diversi edifici ad uso datacenter alimentati tramite due sottostazioni interne al complesso: la prima denominata MLSS1 sarà alimentata a 132 KV dalla sottostazione di Terna Denominata 'Baggio' posta a circa 3 km dal sito mentre la seconda, denominata MLSS2, sarà alimentata a 220 KV dalla sottostazione Terna posta nelle vicinanze del sito a circa 300 metri dal perimetro nord.

I cavidotti di alimentazione saranno tutti in doppia terna per garantire la continuità di esercizio in caso di guasto su una delle due linee.

Identificazione edificio	Stato Edificio	Sottostazione di alimentazione dell' Edificio	Tensione di alimentazione sottostazione
Equinix ML7x	In realizzazione	MLSS1	132 kV
Equinix ML8x	In progettazione	MLSS1	132 kV



Cavidotto linea alta tensione per MLSS1 da Sottostazione Terna di Baggio

Il cavidotto a 132KV proveniente dalla sottostazione Baggio seguirà la via Bellisario, la via Reiss Romoli, la via Tommaso Edison fino all'incrocio con via Achille.

6 ANALISI TECNICA

I datacenter Equinix sono ideati per fornire servizi di colocation e housing di server dei clienti che hanno necessità di affidare i propri dati ad un partner in grado di garantirne la massima sicurezza.

Le sale dati che ospitano i server dei clienti Equinix sono ambienti ad alto contenuto tecnologico e garantiscono alimentazione elettrica continua ed affidabile, nonché il pieno controllo delle condizioni ambientali (temperatura e umidità).

Per garantire la continuità di questi servizi, le facility di Equinix operano normalmente connesse alla rete elettrica nazionale e alimentano tutti gli apparati mediante energia prodotta al 100% da fonti rinnovabili.

Nei soli rari casi in cui la rete elettrica nazionale non si in grado di garantire la continuità del servizio elettrico a cause di guasti di rete, le facility sono supportate da gruppi elettrogeni alimentati a gasolio e dotati di filtri per l'abbattimento dei principali inquinanti.

6.1 Descrizione del sito e degli edifici

L'area di progetto, di forma indicativamente quadrangolare, prevede due ingressi al sito, entrambi lungo a strada Privata Marisa Bellisario: a sud-est si colloca l'ingresso principale, carrabile e pedonale, mentre a nord-est, in prossimità dell'area dei gruppi di continuità, è stato posizionato un ingresso secondario per grandi veicoli e mezzi di emergenza.

In prossimità dell'ingresso principale si colloca la cabina di trasformazione Enel che, per esigenze di accessibilità da parte del distributore, risulta collocata direttamente sul fronte stradale. All'interno dell'area si collocano i due edifici principali posti lungo l'asse Nord-Sud e paralleli a Via Bellisario.

La porzione dedicata agli uffici si compone di 5 piani con interpiano di circa 3.5 metri per tutti i piani escluso il piano terra che risulta invece avere un interpiano di 5.3 metri. L'area uffici è servita da un sistema di ventilazione e condizionamento meccanico, nonché illuminazione artificiale per garantire un adeguato comfort per le funzioni che qui si svolgeranno.

L'edificio Data Center ML8X, di dimensioni pari a circa la metà rispetto al precedente, presenta le medesime caratteristiche architettoniche e la stessa organizzazione planimetrica ma prevede per ciascun piano un'unica sala server.

Data la particolare funzione degli edifici, gli impianti ausiliari risultano essere numerosi e sono stati collocati principalmente a livello stradale.

Nella porzione nord dell'area sono stati collocati 12 gruppi elettrogeni di emergenza a servizio di ML7x e 7 dedicati a ML8x. Ciascun gruppo è provvisto di due serbatoi di gasolio interrati nello spazio immediatamente adiacente. Nell'area generatori è stato anche previsto un "loadbank" che verrà utilizzato, saltuariamente, per testare l'efficienza delle apparecchiature.

6.2 Alimentazione elettrica

Per l'alimentazione dell'edificio è prevista una connessione temporanea alla rete di media tensione del Distributore locale a 15 kV. La linea a 15 kV viene ricevuta dall'utilizzatore finale in una cabina prefabbricata affacciata sulla via Reiss Romoli. L'energia a 15 kV è poi ridotta a 11 kV per mezzo di due trasformatori MV/MV e distribuita nella rete interna all'edificio che prevede le cabine dedicate all'alimentazione dei carichi IT (cabine ewall), le cabine dedicate all'alimentazione dei circuiti ausiliari e di condizionamento (cabine mewall) ed una cabina ridondante che può essere utilizzata come back-up per l'alimentazione dei carichi critici, garantendo in tal modo la messa fuori servizio di porzioni di impianto mantenendo la continuità di alimentazione.

Non appena la sottostazione denominata MLSS1 sarà collaudata positivamente e pronta a erogare energia, il sito di ML7x sarà collegato ad essa in via definitiva, in modo da ricevere tensione a 11 kV. L'infrastruttura temporanea e l'allacciamento al Distributore locale in media tensione a 15 kV verranno dismessi.

Tutte le cabine contengono un quadro di media tensione ed un trasformatore abbassatore 11/0,4 kV. Nei quadri di media tensione avviene la commutazione con la sorgente di alimentazione di riserva, ovvero dei gruppi elettrogeni con motore primo a gasolio.

Da ciascuna cabina è derivata una stringa di alimentazione in bassa tensione a 400 V e 50 Hz per l'alimentazione dei carichi finali. In alcune stringhe è prevista l'installazione di UPS (Uninterruptible Power Supply) per lo stoccaggio di energia in accumulatori statici (batterie) al litio. Tale energia viene poi utilizzata per garantire l'alimentazione in continuità assoluta delle utenze in modo da non avere alcuna discontinuità nell'alimentazione in caso di brevi mancanze di rete oppure in caso di fuori servizi più lunghi nell'attesa dell'entrata in servizio dei gruppi motogeneratori di soccorso.

L'alimentazione di emergenza di soccorso, proveniente dalla stringa redundant, è distribuita mediante cavi o condotti sbarre prefabbricati sino a quadri finali o a commutatori di rete automatici (ATS: automatic transfer switch o STS: static transfer switch), in grado di selezionare autonomamente la migliore sorgente di alimentazione in base alla sua disponibilità ed alla sua qualità.

7 IMPIANTO – SORGENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Di seguito, sono riportate le caratteristiche tecniche ed i valori specifici relativi ai cavi Prysmian RG7H1R, RG26H1M16 e ARE4H5E, in base ai quali sono stati effettuati i calcoli di progetto.



Media tensione - Energia



HalogenFree
Pb Free

SLIMPOWER PLUS HT 105

RG26H1M16-12/20 kV

RG26H1M16-18/30 kV

**Costruzione, requisiti elettrici
fisici e meccanici:**

CEI UNEL 35334
IEC 60502 (p.c.a.)
CEI 20-13
HD 620

Resistenza agli idrocarburi: CEI 20-34/0-1

REAZIONE AL FUOCO

CONFORME CPR
REGOLAMENTO 305/2011/UE

Norme:	EN 60755:2014+A1:2016
Classe:	C ₀ -s1b, d1, a1
Classificazione: (CEI UNEL 35016)	EN 13501-6
Emissione di calore e fumi durante lo sviluppo della fiamma	EN 60399
Propagazione della fiamma verticale:	EN 60332-1-2
Gas corrosivi e stogantistici	EN 60754-2
Densità dei fumi trasparenti:	EN 61034-2
Organismo Notificato:	0051 - IMQ
CE	2019



www.prysmiancable.com



revisione n° 003 data 28/04/21

Descrizione

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G26, a spessore ridotto, con temperatura massima di esercizio di 105°C.
Un'elevata temperatura di esercizio ne consente l'impiego con un sovraccarico del 10% circa in esercizio continuo e/o maggiori margini in situazioni critiche rispetto ai cavi tradizionali.
- Conduttore: rame rosso, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso
- Isolamento (spessore ridotto): gomma, qualità G26 senza piombo (HD 620 DIH 2)
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo
- Schermo: fili di rame rosso, con nastro di rame in controspirale
- Guaina: termoplastica LS0H, qualità M16
- Colore: rosso

LS0H = Low Smoke Zero Halogen

N.B. Il cavo può essere fornito nella versione tripolare riunito ad elica visibile. In tal caso la sigla di designazione diventa RG26H1M16X seguita dalla tensione nominale di esercizio.

Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 14 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm² di sezione del rame

Marcatura

Pb free [Ditta] RG26H1M16 SLIMPOWER PLUS HT105 12/20 kV Cca-s1b,d1,a1 [form.] [anno] [ordine] [metrica]
Pb free [Ditta] RG26H1M16 SLIMPOWER PLUS HT105 18/30 kV Cca-s1b,d1,a1 [form.] [anno] [ordine] [metrica]

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio
RG26H1M16-12/20 kV: U_o/U 12/20 kV
RG26H1M16-18/30 kV: U_o/U 18/30 kV
- Tensione massima di esercizio
RG26H1M16-12/20 kV: U_m 24 kV
RG26H1M16-18/30 kV: U_m 36 kV
- Temperatura massima di esercizio: 105°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 300°C

Impiego e tipo di posa

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze; particolarmente indicati nei luoghi con pericolo d'incendio, nei locali dove si concentrano apparecchiature, quadri e strumentazioni dove è fondamentale la loro salvaguardia. Per posa in aria libera, in tubo o canale.

Ammissa la posa interrata, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Riferimento Regolamento Prodotti da Costruzione 305/2011/UE e Norma EN 50575:

Il cavo è adatto per l'alimentazione di energia elettrica nelle costruzioni ed altre opere di ingegneria civile.

RG26H1M16 - 18/30 kV**U₀/U: 18/30 kV****U max: 36 kV****RG26H1M16-18/30 kV / Caratteristiche tecniche**

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo esterno	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
						in aria		interrato*	
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 35	7,0	7,7	1,9	31,8	940	215	248	200	206
1 x 50	8,1	7,7	2,0	32,9	1450	256	290	231	240
1 x 70	9,7	7,1	2,0	33,3	1640	319	360	284	294
1 x 95	11,4	6,7	2,0	34,2	1900	389	441	339	351
1 x 120	13,0	6,4	2,0	35,2	2150	449	507	387	400
1 x 150	14,3	6,2	2,1	36,1	2440	506	576	432	448
1 x 185	16,0	6,0	2,1	37,4	2825	582	661	489	507
1 x 240	18,3	6,0	2,2	39,7	3420	689	775	567	583
1 x 300	20,6	6,1	2,3	42,6	4140	790	884	640	654
1 x 400	23,4	6,2	2,4	45,6	5165	915	1063	727	758
1 x 500	26,6	6,3	2,5	49,0	6240	1060	1237	825	861
1 x 630	30,1	6,4	2,5	52,7	7665	1220	1424	930	974

(*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:

- Resistività termica del terreno: 1 K·m/W
- Temperatura ambiente 20°C
- profondità di posa: 0,8 m

RG26H1M16-18/30 kV / Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 105°C e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		Ω/Km	a trifoglio	in piano	Ω/Km	
n° x mm ²	Ω/Km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	μF/km
1 x 35	0,524	0,665	0,665	0,13	0,20	0,13
1 x 50	0,387	0,516	0,516	0,14	0,20	0,15
1 x 70	0,268	0,358	0,358	0,13	0,19	0,17
1 x 95	0,193	0,258	0,258	0,12	0,18	0,19
1 x 120	0,153	0,205	0,205	0,12	0,18	0,22
1 x 150	0,124	0,166	0,166	0,11	0,17	0,24
1 x 185	0,0991	0,133	0,133	0,11	0,17	0,27
1 x 240	0,0754	0,102	0,102	0,10	0,16	0,30
1 x 300	0,0601	0,082	0,082	0,10	0,16	0,34
1 x 400	0,0470	0,065	0,065	0,0999	0,16	0,38
1 x 500	0,0366	0,053	0,052	0,095	0,15	0,42
1 x 630	0,0283	0,043	0,041	0,093	0,15	0,47

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
Single core 12/20 kV and 18/30 kV



Norma di riferimento
HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo

Anima

Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio

Semiconduttivo interno

Mescola estrusa

Isolante

Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)

Semiconduttivo esterno

Mescola estrusa

Rivestimento protettivo

Nastro semiconduttore igroespandente

Schermatura

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale
(R_{max} 3Ω/Km)

Gualina

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

Marchatura

PRYSMIAN (**) ARE4H5E <ensione>
<cross-section> <anno>

(**) sigla sito produttivo

Marchatura in rilievo ogni metro
Marchatura metrica ad inchiostro

Applicazioni

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Accessori idonei

Terminali

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),
FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132),
FMCTXs-630/C (pag. 136)

Giunti

ECOSPEED™ (pag. 140)

Standard

HD 620/IEC 60502-2

Cable design

Core

Compact stranded aluminium conductor

Inner semi-conducting layer

Extruded compound

Insulation

Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8)

Outer semi-conducting layer

Extruded compound

Protective layer

Semiconductive watertight tape

Screen

Aluminium tape longitudinally applied
(R_{max} 3Ω/Km)

Sheath

Polyethylene: red colour (DMP 2 type)

Marking

PRYSMIAN (**) ARE4H5E <rated voltage>
<cross-section> <year>

(**) production site label

Embossed marking each meter
Ink-jet meter marking

Applications

According to the HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

Suitable accessories

Terminations

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),
FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132),
FMCTXs-630/C (pag. 136)

Joints

ECOSPEED™ (pag. 140)



Condizioni di posa / Laying conditions



100 **Prysmian**
Group

CATALOGO CAVIE ACCESSORI / CABLES & ACCESSORIES CATALOGUE

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / *MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION*

ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
Single core 12/20 kV and 18/30 kV

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5E

sezione nominale	diámetro conduttore	diámetro sull'isolante	diámetro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1°C m/W	posa interrata a trifoglio p=2°C m/W
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation	underground installation trefoil p=1°C m/W	underground installation trefoil p=2°C m/W
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm ²)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	580	370
70	9,7	20,8	29	650	380
95	11,4	22,1	30	740	400
120	12,9	23,2	32	840	420
150	14,0	24,3	33	930	440
185	15,8	26,1	35	1090	470
240	18,2	28,5	37	1310	490
300	20,8	31,7	42	1560	550
400	23,8	34,9	45	1930	610
500	26,7	37,8	48	2320	650
630	30,5	42,4	53	2880	700

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	186	175	134
70	250	214	164
95	280	256	197
120	323	291	223
150	365	325	250
185	421	368	283
240	500	427	328
300	578	483	371
400	676	551	423
500	787	627	482
630	916	712	547

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450
70	9,7	25,6	34	870	450
95	11,4	26,5	35	950	470
120	12,9	27,4	36	1040	470
150	14,0	28,1	37	1130	490
185	15,8	29,5	38	1260	510
240	18,2	31,5	41	1480	550
300	20,8	34,7	44	1740	590
400	23,8	37,9	48	2130	650
500	26,7	41,0	51	2550	690
630	30,5	45,6	56	3130	760

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	190	175	134
70	235	213	164
95	285	255	196
120	328	291	223
150	370	324	249
185	425	368	283
240	503	426	327
300	581	480	369
400	680	549	422
500	789	624	479
630	918	709	545

MEDIA TENSIONE - DATI TECNICI / MEDIUM VOLTAGE - TECHNICAL DATA

RESISTENZA E REATTANZA RESISTANCE AND REACTANCE

Cavi isolati in materiale elastomerico / Cables insulated with elastomeric compounds

Resistenza apparente del conduttore (rame rosso) (alluminio) a 50 Hz e a 90 °C
Apparent resistance of red conductor (bare copper) (aluminium) at 50 Hz and at 90 °C

sezione nominale conductor cross-section (mm ²)	CAVI UNIPOLARI conduttore in rame - alluminio SINGLE CORE CABLES copper-aluminium conductor						CAVI UNIPOLARI conduttore in rame - alluminio tutte le tensioni SINGLE CORE CABLES copper-aluminium conductor any rated voltage		CAVI TRIPOLARI conduttore in rame - alluminio tutte le tensioni THREE CORE CABLES copper-aluminium conductor any rated voltage			
	1,8/3 kV - 3,6/6 kV (Ω/km)		6/10 kV - 8,7/15 kV (Ω/km)		12/20 kV - 18/30 kV (Ω/km)		26/45 kV (Ω/km)		(Ω/km)			
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al		
10	2,330	3,9100	2,3300	3,9100	-	-	-	-	2,330	3,9100	2,3300	3,9100
16	1,470	2,4700	1,4700	2,4700	-	-	-	-	1,470	2,4700	1,4700	2,4700
25	0,929	1,5600	0,9290	1,5600	0,9290	1,5600	-	-	0,929	1,5600	0,9270	1,5600
35	0,670	1,1200	0,6710	1,1500	0,6710	1,1500	-	-	0,670	1,1500	0,6690	1,1200
50	0,495	0,8320	0,4950	0,8320	0,4950	0,8320	-	-	0,495	0,8320	0,4940	0,8320
70	0,347	0,5830	0,3440	0,5800	0,3440	0,5800	0,3440	0,5800	0,344	0,5800	0,3430	0,5760
95	0,248	0,4160	0,2480	0,4160	0,2480	0,4160	0,2480	0,4160	0,248	0,4160	0,2470	0,4150
120	0,198	0,3330	0,1980	0,3330	0,1980	0,3330	0,1980	0,3330	0,198	0,3330	0,1960	0,3290
150	0,161	0,2700	0,1610	0,2700	0,1610	0,2700	0,1610	0,2700	0,161	0,2700	0,1600	0,2690
185	0,130	0,2180	0,1300	0,2180	0,1300	0,2180	0,1300	0,2180	0,130	0,2180	0,1290	0,2170
240	0,0984	0,1650	0,0983	0,1650	0,0982	0,1650	0,0981	0,1650	0,100	0,1680	0,1000	0,1680
300	0,0789	0,1320	0,0788	0,1320	0,0787	0,1320	0,0786	0,1320	0,081	0,1360	0,0800	0,1340
400	0,0625	0,1050	0,0624	0,1050	0,0623	0,1050	0,0622	0,1050	0,065	0,1090	0,0650	0,1090
500	0,0496	0,0833	0,0494	0,0830	0,0493	0,0828	0,0491	0,0825	0,053	0,0890	0,0536	0,0900
630	0,0396	0,0665	0,0394	0,0662	0,0393	0,0662	0,0391	0,0657	0,044	0,0739	-	-

Reattanza di fase a 50 Hz / Phase reactance at 50 Hz

sezione nominale conductor cross-section (mm ²)	CAVI UNIPOLARI (VALORI MEDI) SINGLE CORE CABLES (AVERAGE VALUES)						
	1,8/3 kV (Ω/km)	3,6/6 kV (Ω/km)	6/10 kV (Ω/km)	8,7/15 kV (Ω/km)	12/20 kV (Ω/km)	18/30 kV (Ω/km)	26/45 kV (Ω/km)
10	0,19	0,20	0,21	-	-	-	-
16	0,18	0,19	0,20	0,21	-	-	-
25	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	-	-
35	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	-
50	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19	0,20	-
70	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21
95	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20
120	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19
150	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19
185	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18
240	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,18
300	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17
400	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17
500	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17
630	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16

Note / Notes:
Validi sia per cavi in rame che alluminio.
Valid both for copper and aluminium cables.

MEDIA TENSIONE - DATI TECNICI / MEDIUM VOLTAGE - TECHNICAL DATA

CAPACITÀ CAPACITANCE

Cavi isolati in materiale elastomerico (HEPR) / Cables insulated with elastomeric compounds (HEPR)

Capacità / Capacitance

sezione nominale conductor cross-section (mm ²)	schermati		armati		6/10 kV (μF/km)	8,7/15 kV (μF/km)	12/20 kV (μF/km)	18/30 kV (μF/km)	26/45 kV (μF/km)
	shielded (μF/km)	1,8/3 kV armoured (μF/km)	shielded (μF/km)	3,6/6 kV armoured (μF/km)					
10	0,20	0,16	0,21	0,14	0,17	-	-	-	-
16	0,27	0,18	0,23	0,16	0,19	0,17	-	-	-
25	0,28	0,21	0,27	0,18	0,20	0,19	0,18	-	-
35	0,32	0,23	0,30	0,19	0,24	0,20	0,17	0,14	-
50	0,36	0,25	0,33	0,22	0,26	0,22	0,19	0,15	-
70	0,42	0,28	0,38	0,24	0,30	0,24	0,21	0,16	0,15
95	0,48	0,30	0,43	0,25	0,34	0,27	0,23	0,18	0,16
120	0,53	0,32	0,47	0,28	0,37	0,29	0,25	0,19	0,17
150	0,58	0,34	0,51	0,29	0,40	0,32	0,27	0,21	0,19
185	0,67	0,37	0,56	0,31	0,43	0,34	0,29	0,22	0,21
240	0,73	0,38	0,61	0,32	0,49	0,39	0,33	0,25	0,23
300	0,81	0,41	0,64	0,35	0,54	0,43	0,36	0,27	0,25
400	0,90	0,44	0,67	0,38	0,59	0,47	0,40	0,29	0,27
500	0,93	0,45	0,70	0,39	0,66	0,52	0,44	0,32	0,30
630	0,97	-	0,80	-	0,76	0,59	0,50	0,37	0,33

Note / Notes:

Validi sia per cavi in rame che alluminio.
Valid both for copper and aluminium cables.

Cavi isolati in polietilene reticolato (XLPE) / Cables insulated with cross-linked polyethylene (XLPE)

Capacità / Capacitance

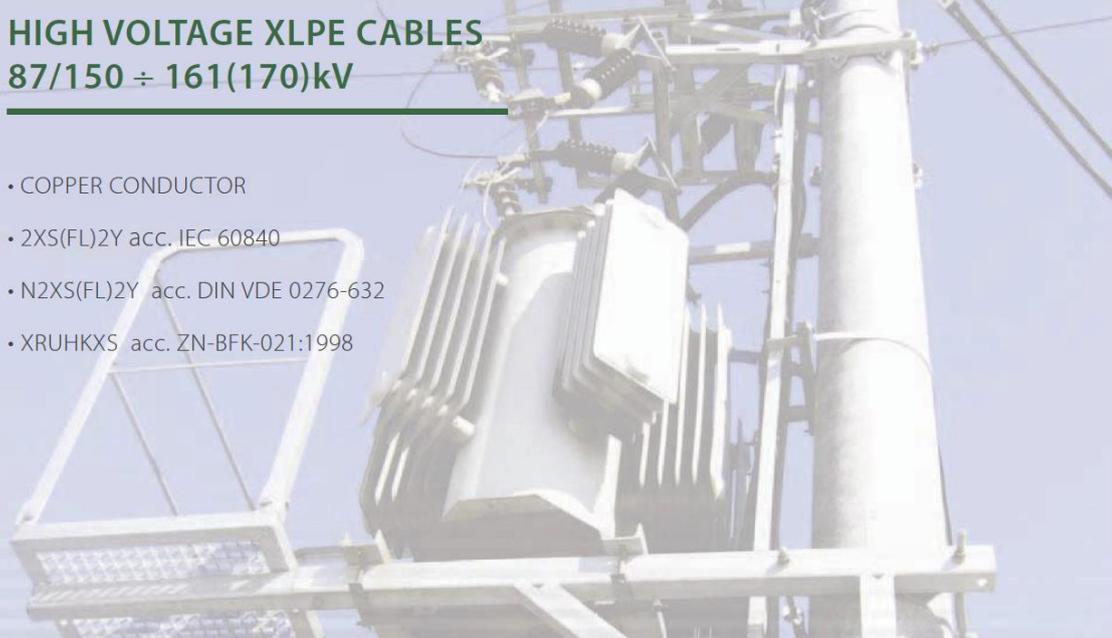
sezione nominale conductor cross-section (mm ²)	12/20 kV (μF/km)	18/30 kV (μF/km)
35	0,17	-
50	0,18	0,14
70	0,21	0,16
95	0,23	0,17
120	0,25	0,19
150	0,27	0,20
185	0,29	0,22
240	0,32	0,24
300	0,36	0,26
400	0,39	0,29
500	0,43	0,32
630	0,49	0,36

Cavi isolati in elastomero termoplastico (HPTE) / Cables insulated with thermoplastic elastomer (HPTE)

Capacità / Capacitance

sezione nominale conductor cross-section (mm ²)	12/20 kV (μF/km)	18/30 kV (μF/km)
50	0,19	0,13
70	0,22	0,15
95	0,25	0,17
120	0,28	0,19
150	0,29	0,21
185	0,31	0,23
240	0,35	0,26
300	0,38	0,29
400	0,42	0,32
500	0,46	0,34
630	0,52	0,38

Cavi alta tensione:



HIGH VOLTAGE XLPE CABLES 87/150 ÷ 161(170)kV

- COPPER CONDUCTOR
- 2XS(FL)2Y acc. IEC 60840
- N2XS(FL)2Y acc. DIN VDE 0276-632
- XRUHKXS acc. ZN-BFK-021:1998

Cross-section of conductor	Diameter of conductor	Insulation		Copper screen		Outer diameter of cable	Weight of cable	Max. pulling force	Min. bending radius
		Average thickness	Diameter over insulation	Cross-section	Diameter over screen				
mm ²		mm		mm ²	mm		kg / km	kN	m
1 x 240 RM	18.5 ^{+0.30}	22.0	66.4	95	74.0	84.9	7690	12	1.92
1 x 300 RM	20.5 ^{+0.30}	21.0	66.4	95	74.0	84.9	8170	15	1.92
1 x 400 RM	23.5 ^{+0.30}	20.0	67.2	95	74.9	85.7	8960	20	1.94
1 x 500 RM	26.5 ^{+0.40}	19.0	68.3	95	76.0	87.0	9970	25	1.97
1 x 630 RM	30.3 ^{+0.40}	19.0	73.2	95	80.5	92.1	11670	31.5	2.09
1 x 800 RM	34.6 ^{+0.50}	19.0	77.6	95	85.3	96.9	13610	40	2.20
1 x 1000 RM	37.6 ^{+0.50}	19.0	80.6	95	88.3	100.1	15670	50	2.28
1 x 1200 RMS	43.6 ^{+0.80}	19.0	87.4	95	95.3	107.5	18200	60	2.45
1 x 1400 RMS	46.6 ^{+1.0}	19.0	91.0	95	98.9	111.5	20430	70	2.54
1 x 1600 RMS	50.0 ^{+1.0}	19.0	95.0	95	103.3	116.1	22740	80	2.65
1 x 1800 RMS	53.3 ^{+1.0}	19.0	98.3	95	106.6	119.6	24850	90	2.73
1 x 2000 RMS	56.3 ^{+1.2}	19.0	101.5	95	109.8	123.0	27020	100	2.82

ELECTRICAL PARAMETERS

RM – round multiwire conductor

RMS – round multiwire segmented conductor (Milliken construction)

¹ – trefoil formation

² – phase distance at flat formation = 2 x cable diameter

³ – phase distance at flat formation = 70 mm + cable diameter

⁴ – SPB – Single Point Bonding; CB – Cross-bonding; Both-ends – Both-ends Bonding

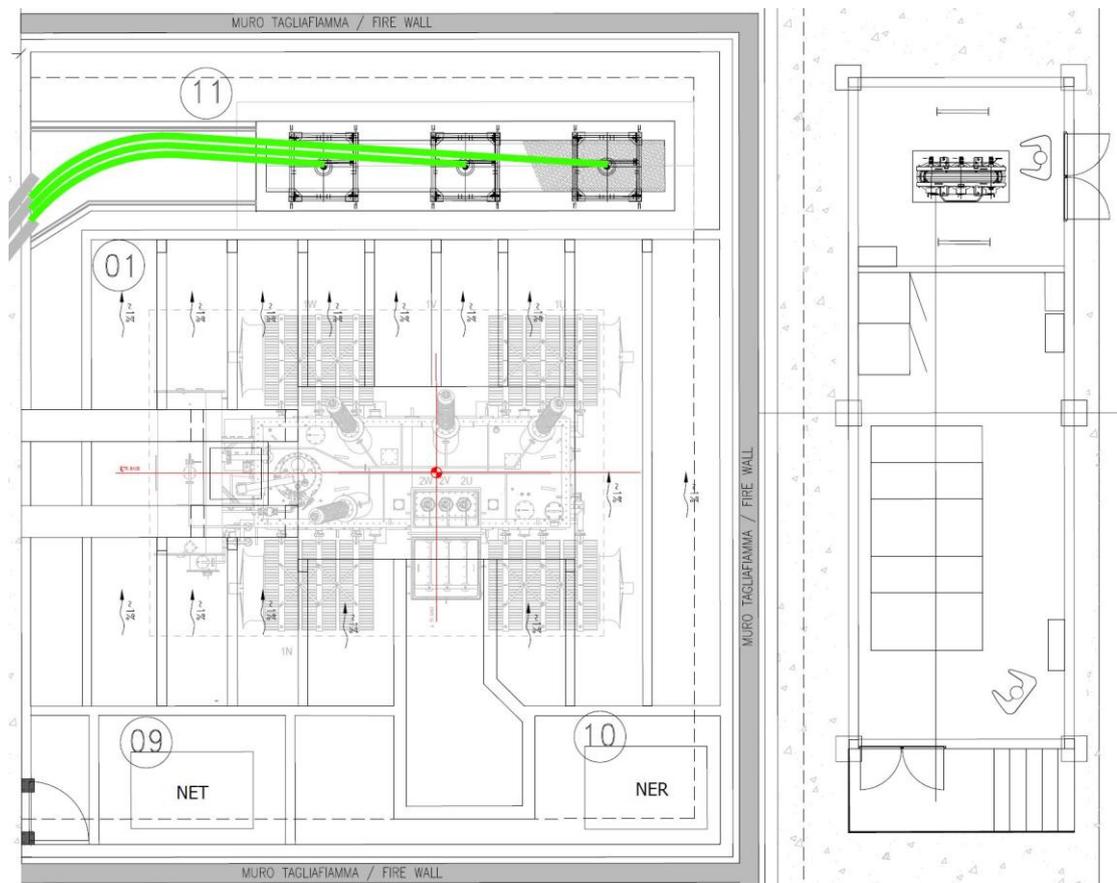
Cross-section of conductor	Conductor resistance		Copper screen resistance		Field strength at conductor screen / insulation	Max. short circuit current		Capacitance	Inductance o ^o o ¹ o o o ² o o o ³	Ampacity	
	DC20 °C	AC90 °C	DC20 °C	AC80 °C		Conductor	Copper screen			In ground	In air
mm ²	Ω / km				kV / mm	kA / 1 sec		μF / km	mH / km	A	
1 x 240 RM	0.0754	0.0971	0.215	0.266	7.18 / 2.31	34.32	19.29	0.11	0.490.680.66	570 / 540 505 / 519	745 / 645 659 / 628
1 x 300 RM	0.0601	0.078	0.215	0.266	7.13 / 2.51	42.9	19.29	0.12	0.470.650.64	640 / 610 535 / 580	845 / 746 719 / 719
1 x 400 RM	0.047	0.0617	0.215	0.266	7.05 / 2.77	57.2	19.29	0.14	0.440.630.61	720 / 690 595 / 650	961 / 861 814 / 824
1 x 500 RM	0.0366	0.049	0.215	0.266	7.03 / 3.03	71.5	19.29	0.15	0.420.610.59	825 / 785 650 / 730	1113 / 992 903 / 940
1 x 630 RM	0.0283	0.0391	0.215	0.266	6.70 / 3.15	90.09	19.29	0.17	0.410.590.57	940 / 890 705 / 810	1297 / 1139 998 / 1061
1 x 800 RM	0.0221	0.0321	0.215	0.266	6.47 / 3.23	114.4	19.29	0.18	0.390.580.55	1055 / 995 755 / 885	1486 / 1297 1092 / 1187
1 x 1000 RM	0.0176	0.027	0.215	0.266	6.34 / 3.29	143	19.29	0.19	0.380.570.53	1165 / 1095 800 / 950	1670 / 1449 1181 / 1307
1 x 1200 RMS	0.0151	0.0205	0.215	0.266	6.1 / 3.39	171.6	19.29	0.22	0.370.550.51	1345 / 1280 860 / 1055	1974 / 1733 1302 / 1496
1 x 1400 RMS	0.0129	0.0178	0.215	0.266	6.0 / 3.44	200.2	19.29	0.23	0.360.550.51	1455 / 1385 890 / 1110	2168 / 1890 1365 / 1601
1 x 1600 RMS	0.0113	0.016	0.215	0.266	5.9 / 3.49	228.8	19.29	0.24	0.360.540.50	1550 / 1470 920 / 1155	2347 / 2037 1423 / 1696
1 x 1800 RMS	0.0101	0.0146	0.215	0.266	5.82 / 3.53	257.4	19.29	0.25	0.350.530.49	1627 / 1537 938 / 1187	2485 / 2145 1460 / 1762
1 x 2000 RMS	0.009	0.0134	0.215	0.266	5.76 / 3.56	286	19.29	0.27	0.340.530.48	1705 / 1605 955 / 1220	2625 / 2252 1496 / 1827

All'interno dell'area della sottostazione utente, saranno installati:

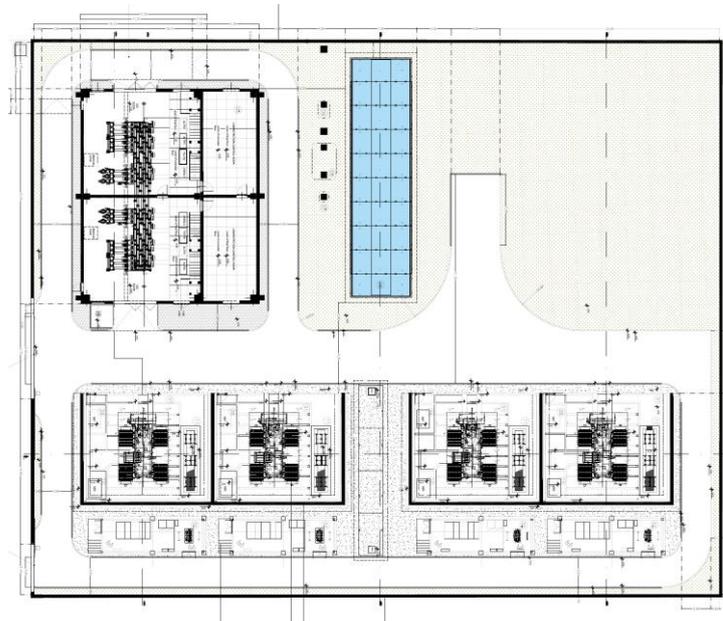
- Trasformatori 45/55 MW - AT/MT 132/11,5KV, Vcc 18% per MLSS1



Lungo il perimetro di ciascuna sottostazione saranno installate cabine di sezionamento MT e trasformatore di servizio da 160MVA MT/BT 11,5/0,4 KV una per ogni trasformatore AT/MT.



Particolare tipico baia di un trasformatore AT/MT



Planimetria di massima Sottostazione AT/MT di Utente denominata MLSS1

8 DESCRIZIONE DEL CALCOLO DELLA DPA

Detto calcolo previsionale è stato effettuato attraverso il calcolo della DPA di cui al DM 29/05/2008 (ove applicabile) e delle Norma CEI di riferimento (CEI 116-11) sulle sorgenti di campo elettrico e magnetico dovuto a tutti gli impianti elettrici di distribuzione e trasformazione in alta ed in Media Tensione nell' intorno ed asserviti agli edifici dei Datacenter ML7x e ML8x.

La presente metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08/07/03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate esistenti ed in progetto.

I riferimenti contenuti nell' art.6 del DPCM 8 luglio 2003 implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l' obiettivo di qualità: "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."

La presente metodologia di calcolo si applica, quindi, agli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee aeree o interrate

In base alla definizione di elettrodotto sono escluse dall' applicazione della metodologia:

- le linee esercita a frequenze diverse da quella di rete (50 HZ);
- le linee definite di classe zero secondo decreto interministeriale 21.03.88 n°449 (quali linee telefoniche, segnalazione e comando a distanza);
- le linee definite di prima classe secondo il decreto interministeriale 21.03.88 n°449 (ovvero linee con tensione nominale inferiore a 1 kV e linee in cavo per l'illuminazione pubblica con tensione inferiore a 5 kV);
- le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

In tutti questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n°449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991.

Verranno comunque eseguiti calcoli anche su vie cavo in Bassa Tensione interni al sito industriale estendendo a loro la definizione di elettrodotto. Va comunque preso in considerazione il fatto che tali elettrodotti interni all'area di lavoro ricadono nell' ambito di applicazione del DL 81/08 (Testo unico del Lavoro) e pertanto le indicazioni ed i risultati contenuti in questo documento NON intendono in nessun caso sostituirsi alle valutazioni dell' RSPP in merito.

Il calcolo sarà eseguito in modo modulare su alcuni punti chiave del sistema di distribuzione elettrica in Alta ed in Media Tensione ed estesa al resto del sistema per generare una Superficie di Prima Approssimazione involuppo di tutte le Distanze di Prima Approssimazione (DPA).

8.1 Calcolo DPA condutture

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, saranno considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in MT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre, la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio" o a elica) fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

Secondo quanto riportato nel DM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 μ T.

Considerando la posa dei **conduttori a trifoglio**, la formula da applicare è la seguente:

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T] \quad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

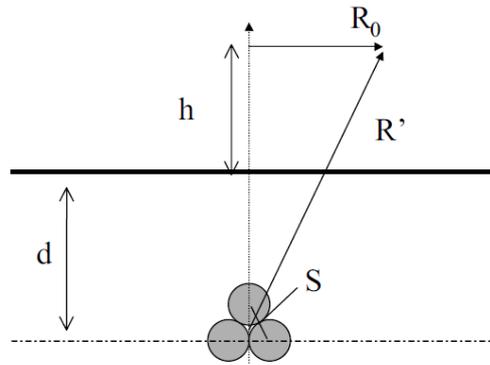


Figura 12 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

E per R_0

$$R_0 = \sqrt{0,082 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

Nel caso i cavi siano posati in piano alla profondità d e spazati di S si ricorre alle seguenti formule approssimate per **conduttori in piano**:

l'induzione magnetica vale:

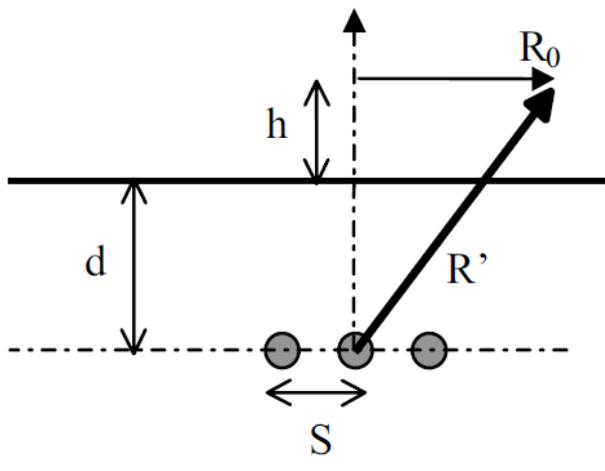
$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R'^2} \quad [\mu T] \quad R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

Assegnando a $B=3,0 \mu T$

Si ha la seguente formula:

$$R' = 0,34 \sqrt{S \cdot I}$$

dove



In alcuni casi può essere conveniente calcolare - al posto della distanza dal baricentro dei conduttori che può risultare fin troppo conservativa - la distanza R_0 dall'asse della linea al livello del suolo ($h = 0$) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto di un valore prefissato ($3 \mu\text{T}$). In questa ipotesi, la profondità di posa diviene un ulteriore parametro per poter ottenere la distanza dall'asse della linea. R_0 può quindi essere calcolato applicando la formula semplificata per il calcolo di R' e tenendo conto della profondità di

posa d :

$$R_0 = \sqrt{R'^2 - d^2} \quad [\text{m}] \quad R_0 = \sqrt{0,115 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [\text{m}]$$

Per il fatto che molti elettrodotti sono ancora in fase di progettazione ed altri in fase di realizzazione si effettueranno valutazioni del campo elettromagnetico tenendo conto il tipo di posa più sfavorevole ovvero quella che prevede i conduttori in piano.

8.2 Calcolo DPA trasformatore

Formula approssimata ed empirica per la valutazione del campo di **induzione magnetica prodotto da un trasformatore**:

$$B(d) = B_0 \frac{U_{cc}\%}{6} \sqrt{\frac{S}{630}} \left(\frac{3}{d}\right)^{2.8} \quad [\mu\text{T}]$$

La distanza dal centro del trasformatore alla quale il campo di induzione magnetica è pari a $3\mu\text{T}$ è data dalla formula inversa (per trasformatori a olio):

$$DPA = (0,24 \times U_{cc} \% \times \sqrt{S r})^{0,35714}$$

Dove:

- Sr potenza apparente nominale trasformatore [kVA];
- $U_{cc} \%$ tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore
- Dpa distanza di prima approssimazione [m]

9 CALCOLO DELLA DPA MLSS1

Al momento della redazione di questo documento la sottostazione di utenza MLSS1 è in corso di realizzazione. Le informazioni contenute in questo documento sono le ultime disponibili dal Contractor e dal team di progettazione.

9.1 Cavidotto Interrato 132 kV di trasmissione da sottostazione TERNA a Sottostazione Utente MLSS1

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 132 kV interrata, dalla sottostazione esistente di proprietà di Terna denominata 'Baggio' alla Sottostazione Utente MLSS1 da realizzarsi. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo ARE4H5E 87/150kV posati in piano il tutto coperto da piastre di calcestruzzo prefabbricato poste sopra a garantire la sicurezza dei cavi.

Con i seguenti parametri elettrici

- ❑ Tipo di cavo ARE4H5E
- ❑ Tensione nominale d'isolamento (U_0/U) kV 87/150
- ❑ Tensione massima permanente di esercizio (U_m) kV 150
- ❑ Sezione nominale $1 \times \text{mm}^2$ 1600 (singoli conduttori)
- ❑ portata in regime permanente (in base al tipo di posa) 1423A
- ❑ lunghezza linea 3,2 km

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

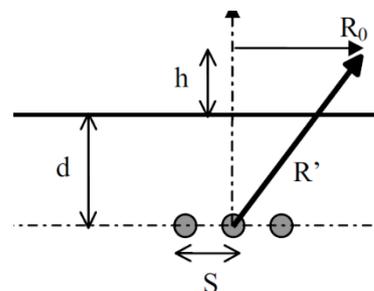
Dati della linea:

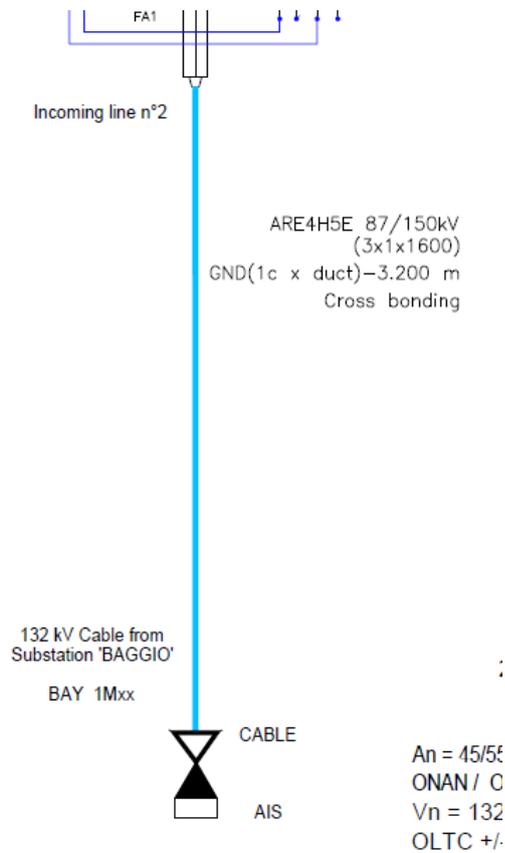
- ❑ Elettrodotto: Canalizzazione AT
- ❑ Tensione nominale: 132 kV
- ❑ Frequenza nominale: 50 Hz
- ❑ Corrente: 1423 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- ❑ Numero di conduttori per fase: 1
- ❑ Corrente per fase: $1423 \text{ A} \times 1 = 1423 \text{ A}$ (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- ❑ Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- ❑ Distanza tra le fasi (S): $S = 0,25 \text{ m}$ (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- ❑ Tipologia di sostegno: Interrato

$$d = 1,0 \text{ m}$$

$$h = 0 \text{ m}$$

$$S = 0,25$$





Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,25 \times 1423)} = 6,41 \text{ m}$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0,115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

Inserendo ora le variabili si ottiene

$$R_0 = \sqrt{6,41^2 - 1^2} = 6,33 \text{ [m]}$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 7 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 7 m

9.2 Barrature GIS 132 kV di distribuzione Alta Tensione Cabina Utente MLSS1

Calcoliamo la DPA per i quadri GIS sono rappresentati da barre disposte di uno stesso piano alla distanza di 600 mm l'una d'altra in aria. Con i seguenti parametri elettrici

- Barre Rigide in rame
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 87/150 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 150 kV
- Sezione nominale singolo conduttore: 630 mm²
- Diametro esterno singolo conduttore: 89 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa): 1250 A

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

- Elettrodotto: Canalizzazione AT
- Tensione nominale: 132 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Numero di conduttori per fase: 1
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S = 0,60 m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostengno: Aereo

Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [\text{m}]$$

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,60 \times 1250)} = 9,31 \text{ m}$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 10 m, rispetto all'asse delle barrature GIS.

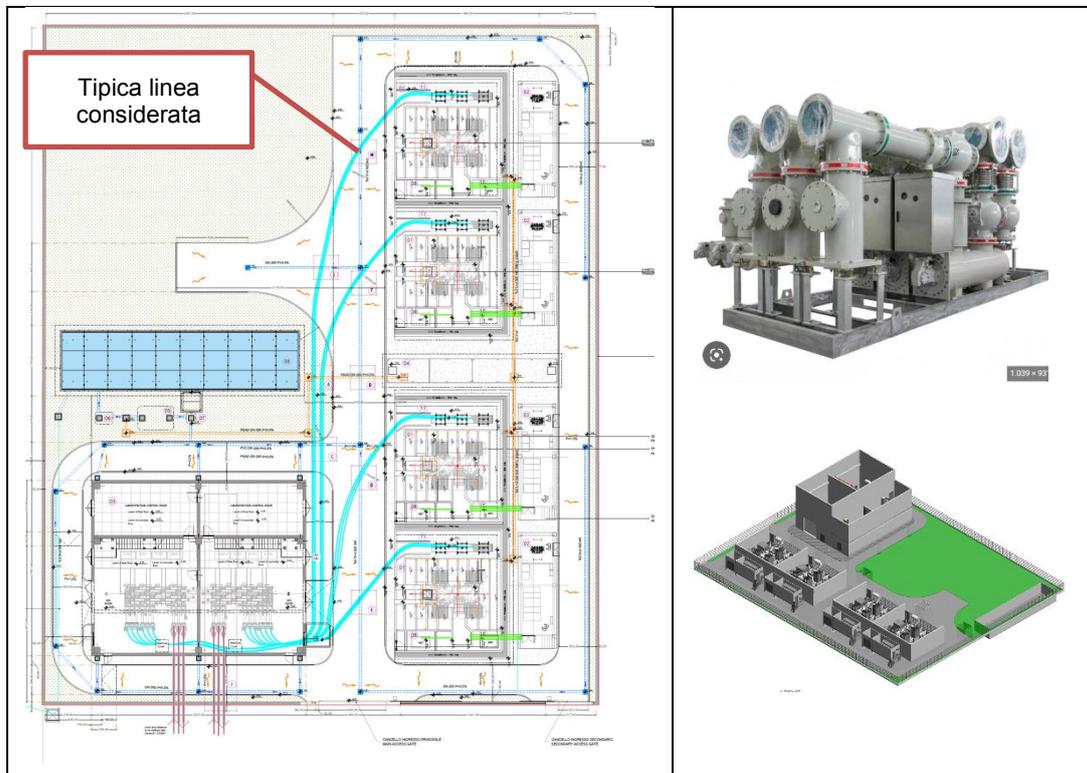
DPA 10 m

9.3 Cavidotto Interrato 132 kV fra quadro GIS di MLSS1 ai Trasformatori AT/MT

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 132 kV interrata, dal quadro GIS di MLSS1 al trasformatore 132/11,5 kV. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo ARE4H5E 87/150kV posati in piano il tutto coperto da piastre di calcestruzzo prefabbricate poste sopra a garantire la sicurezza dei cavi.

Con i seguenti parametri elettrici

- ❑ Tipo di cavo: ARE4H5E
- ❑ Tensione nominale d'isolamento (U_0/U): 87/150 kV
- ❑ Tensione massima permanente di esercizio (U_m): 150 kV
- ❑ Sezione nominale singolo conduttore: 630 mm²
- ❑ Portata in regime permanente (in base al tipo di posa): 998 A



Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

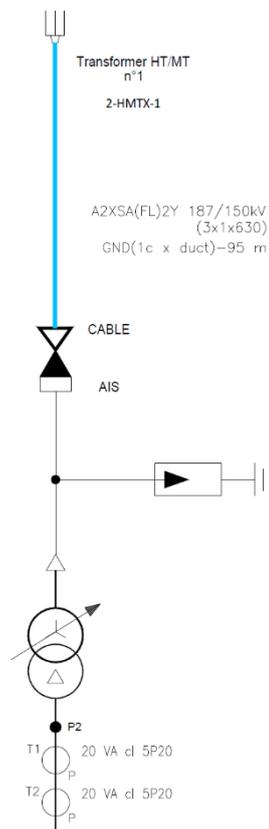
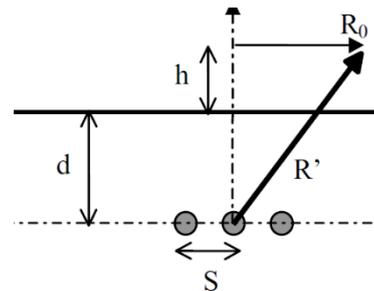
- ❑ Gestore: Utente Privato
- ❑ Elettrodotto: Canalizzazione AT
- ❑ Tensione: 132 KV
- ❑ Frequenza: 50 Hz
- ❑ Corrente: 998 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- ❑ Numero di conduttori per fase: 1

- Corrente per fase: 998 A x 1= 998 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S = 0,25 m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostegno: Interrato

$$d = 1,0 \text{ m}$$

$$h = 0 \text{ m}$$

$$S = 0,25$$



Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,25 \times 998)} = 5,37 \text{ m}$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0,115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{5,3^2 - 1^2} = 5,27 \text{ [m]}$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 6 m, rispetto all'asse del cavidotto.

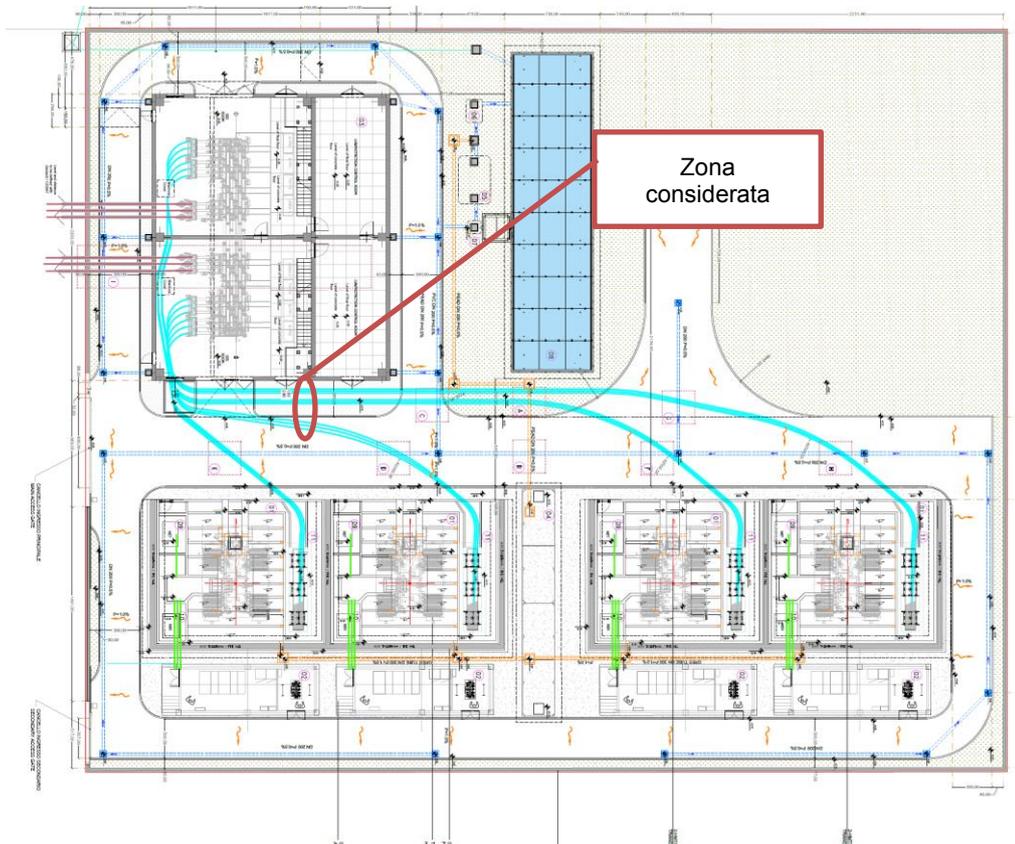
DPA 6 m

9.4 Cavidotto Interrato 132 kV fra quadro GIS di MLSS1 ai Trasformatori AT/MT caso con due linee sovrapposte

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 132 kV interrata, dal quadro GIS di MLSS1 al trasformatore 132/11,5 kV quando due linee sono sovrapposte. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo ARE4H5E 87/150kV posati in piano il tutto coperto da piastre di calcestruzzo prefabbricato poste sopra a garantire la sicurezza dei cavi.

Con i seguenti parametri elettrici

- ❑ Tipo di cavo: ARE4H5E
- ❑ Tensione nominale d'isolamento (U_0/U): 87/150 kV
- ❑ Tensione massima permanente di esercizio (U_m): 150 kV
- ❑ Sezione nominale singolo conduttore: 630 mm²
- ❑ Portata in regime permanente (in base al tipo di posa): 998 A



Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da due conduttori in parallelo, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

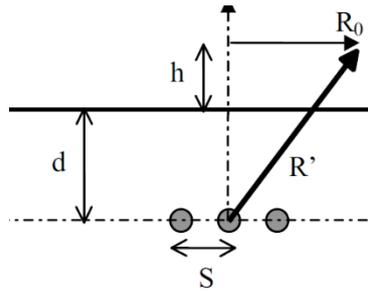
Dati della linea:

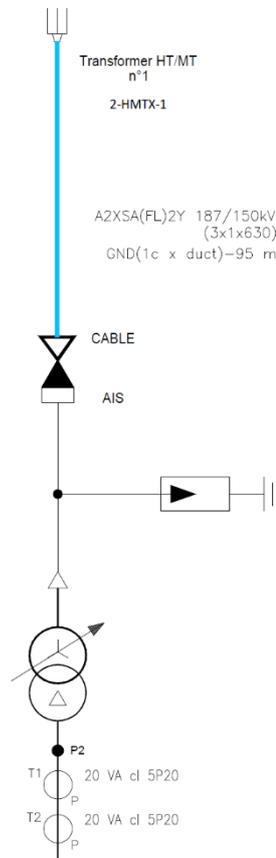
- ❑ Gestore: Utente Privato
- ❑ Elettrodotto: Canalizzazione AT
- ❑ Tensione: 132 kV
- ❑ Frequenza: 50 Hz
- ❑ Corrente: 998 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- ❑ Numero di conduttori per fase: 1
- ❑ Corrente per fase: $1 \times 998 = 998$ A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- ❑ Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- ❑ Distanza tra le fasi (S): $S = 0,25$ m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- ❑ Tipologia di sostegno: Interrato

$$d = 1,0 \text{ m}$$

$$h = 0 \text{ m}$$

$$S = 0,25$$





Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,25 \times 2 \times 998)} = 7,59 \text{ m}$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0,115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

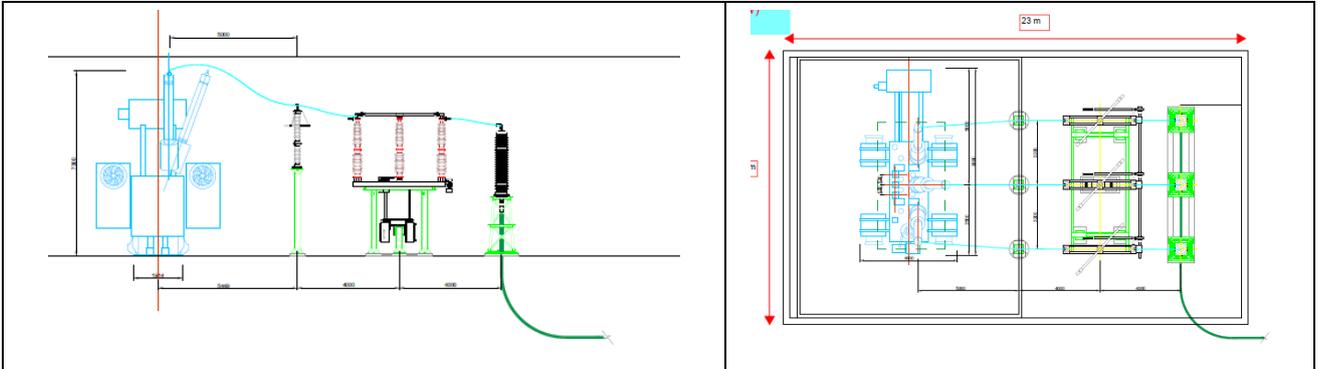
$$R_0 = \sqrt{5,59^2 - 1^2} = 7,52 \text{ [m]}$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 8 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 8 m

9.5 Cavidotto Aereo 132 kV a ridosso dei Trasformatori AT/MT di MLSS1

Calcoliamo la DPA per le connessioni lato Alta Tensione dei Trasformatori che possiamo rappresentare con barre disposte di uno stesso piano alla distanza di 300 mm l'una d'altra in aria.



Con i seguenti parametri elettrici

- ❑ Barre Rigide in rame
- ❑ Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 87/150 kV
- ❑ Tensione massima permanente di esercizio (Um): 150 kV
- ❑ Sezione nominale singolo conduttore: 630 mm²
- ❑ Diametro esterno: 89 mm

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea:

- ❑ Elettrodotto: Canalizzazione AT
- ❑ Tensione: 132 kV
- ❑ Frequenza: 50 Hz
- ❑ Corrente: 242 A (portata in corrente del trasformatore)
- ❑ Numero di conduttori per fase: 1
- ❑ Corrente per fase: 1x242 = 242 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- ❑ Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- ❑ Distanza tra le fasi (S): S = 0,30 m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- ❑ Tipologia di sostegno: Aereo

Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [\text{m}]$$

O meglio

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,30 \times 242)} = 2,9 \text{ m}$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 3 m, rispetto all'asse delle barrature GIS.

DPA 3 m

9.6 Trasformatore AT/MT di MLSS1

Normalmente la distanza di approssimazione ai 3 μT si esaurisce nelle immediate vicinanze del trasformatore in quanto il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore.

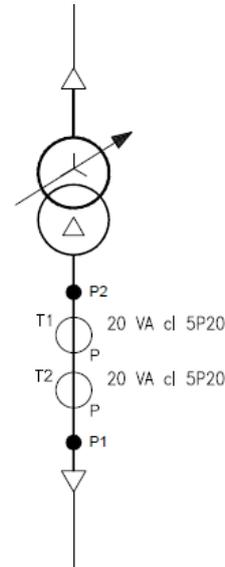
Di seguito si riportano le caratteristiche del trasformatore AT/MT considerato:

132kV / 11.5kV Power Transformer 45/55 MVA ONAN/ONAF		
Description	Unit	Provided
Manufacturer's Name		Hitachi - Powergrids
Country of Manufacture		Italy
Type		3-phase, oil-immersed, with on-load tap changer
Magnetic circuit design (IEC 60076-8)		Core type
Standards		IEC 60076
Installation		outdoor
Utilisation		Step-down
Normal Service conditions		
- Ambient temperature	°C	-5°C to +40°C
- Relative humidity	%	50
- Altitude of installation above sea level	m	< 1000
- Ice thickness	mm	N.A.
- Wind maximum pressure	Pa	≤ 1030 (44,4 m/s)
- Solar Radiation	W/m ²	1500
Rated maximum voltage (Primary / Secondary)	kV	145 / 12
Rated service voltage		
Primary side (high voltage)	kV	132
Secondary side (low voltage)	kV	11,5
Tertiary side	kV	
Rated no-load voltage at rated frequency on:		
-HV, principal tapping	kV	132
-HV, extreme plus tapping	kV	145,2
-HV, extreme minus tapping	kV	118,8
-LV	kV	11,5
Rated power ONAN/ONAF [Performance Guarantee]	MVA	45/55
Rated frequency	Hz	50
Rated current		
-Primary side (high voltage)	A	241
-Secondary side (low voltage)	A	2761
Vector group		YNd11
Impedance voltage of:		
ONAF centre tap	%	17.6% \pm IEC tolerance
Insulation		uniform
Type of cooling		ONAN/ONAF



2-HMTX-1

An = 45/55MVA
 ONAN / ONAF
 Vn = 132/11,5 kV
 OLTC +/- 10% - 21Taps
 vcc% (ONAF) = 17,6
 YNd11



Caratteristiche trasformatore:

- ❑ Potenza: 45/55 MVA
- ❑ Tensione: 136 ±10 x 1,2 % / 150 kV
- ❑ Collegamento: Ynd11
- ❑ Livello isolamento AT: 150 kV
- ❑ Tensione di cortocircuito: 17,6%

Tuttavia, visto le potenze in gioco, si è provveduto al calcolo approssimato delle DPA.

$$DPA = (0,24 \times U_{cc} \% \times \sqrt{S_r})^{0,35714}$$

Dove:

- Sr potenza apparente nominale trasformatore [kVA];
 Ucc % tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore
 Dpa distanza di prima approssimazione [m]

$$DPA = (0,24 \times 17,5 \times \sqrt{55000})^{0,35714} = 11,72 \text{ m}$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 12 m dalla proiezione in pianta del trasformatore.

DPA 12 m

9.7 Cavidotto Interrato 11,5 kV fra i Trasformatori AT/MT e le Cabine di Distribuzione MT periferiche di sottostazione MLSS1

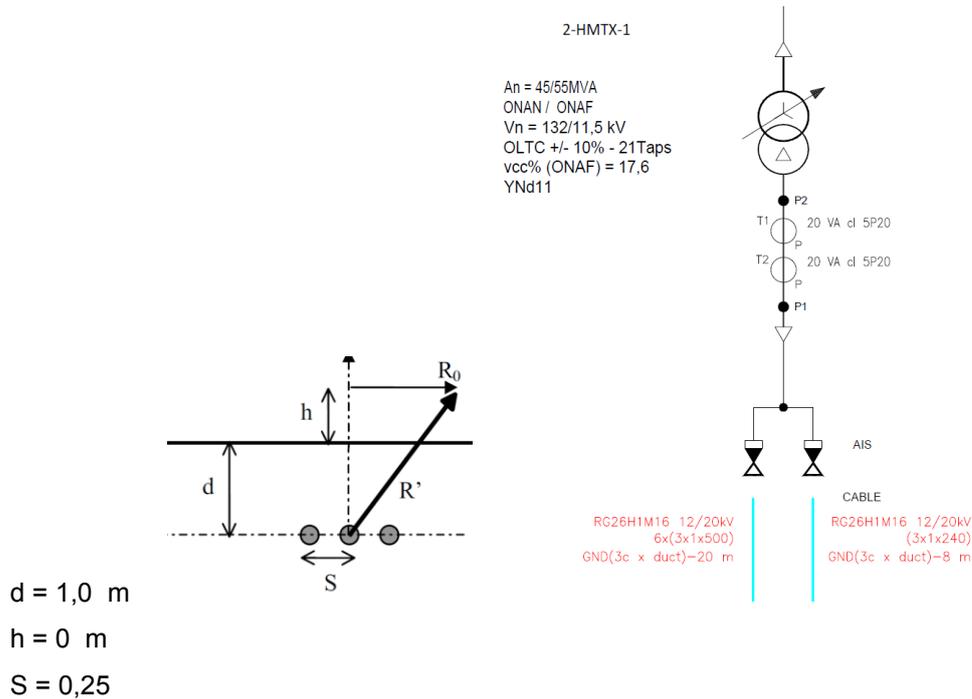
Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 11,5 kV interrata, dal trasformatore MLSS1 132/11,5 alla cabina di distribuzione MT periferica di MLSS1. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo RG26H1M16 12/20kV posati in piano. Con i seguenti parametri elettrici.

- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U): 12/20 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (Um): 20 kV
- Sezione nominale del singolo conduttore: 500 mm²
- Diametro esterno: 49 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa): 861 A
- Distanza linea: 20 m

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da sei conduttori per fase, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Gestore: Utente Privato
- Elettrodotto: Canalizzazione MT
- Tensione: 11,5 kV
- Corrente: 861 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori: 6 per fase
- Corrente per fase: $861 \text{ A} \times 6 = 5166 \text{ A}$ (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
Si noti comunque che il trasformatore ha una corrente nominale di 2761 A da scheda tecnica (si veda paragrafo 9.6)
- Geometria: In piano (singola fase con 6 conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): $S=0,25 \text{ m}$ (distanza di posa tra i conduttori di fase)
- Tipologia sostegno: Interrato



Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [\text{m}]$$

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,25 \times 2781)} = 8,96 \text{ m}$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0,115 \times S \times I - d^2} \quad [\text{m}]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{8,96^2 - 1^2} = 8,9 \text{ [m]}$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 9 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 9 m

9.8 Cabine di Distribuzione MT periferiche di sottostazione MLSS1

Le cabine di smistamento e nella sottostazione utente saranno predisposte per il sezionamento e protezione delle linee in Media Tensione provenienti dal trasformatore AT/MT e conterranno un solo il trasformatore di piccola taglia per gli ausiliari (160 kVA).

La DPA, distanza di prima approssimazione, per le cabine è 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 si intende, in questo caso, lo spazio circostante il locale 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 (3 μ T).

Questa indicazione può valere nel caso di cabine 'standard' prefabbricate e di dimensioni contenute (rif. 5.2.1 DM 29/05/2008).

Nel caso di tipologie di cabine differenti da quelle sopra, come i locali in oggetto, **la struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la DPA è un sistema trifase BT, percorso dalla corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore, nell'ipotesi che la distanza tra le fasi fosse pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso.**

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \times x^{0,5242}$$

dove:

DPA = distanza di prima approssimazione (m)

I = corrente nominale del trafo (A) in BT

x = diametro esterno dei cavi (m)

In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza 160 kVA 0,4/30 kV collocati nelle cabine di trasformazione.

Per il calcolo è stato considerato per le fasi come diametro dei conduttori un valore pari a 0,025 m (formazione dei cavi BT rame 3x1x150 mm² e una corrente pari a 260 A (corrente nominale secondaria del trasformatore).

Pertanto, servendoci della corrente nominale di bassa tensione del trasformatore e del diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore e applicando la formula riportata sul DM 29/05/08 e stato calcolato il rapporto $\frac{DPA}{\sqrt{I}}$. detto rapporto moltiplicato per e approssimato al mezzo metro successivo restituisce DPA.

$DPA = \sqrt{260} \times 0,40942 \times 0,025^{0,5241} = 0,95 \text{ m}$ che approssimato al mezzo metro superiore fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 1 m, rispetto all'asse del trasformatore Ausiliario di Media Tensione presente nella cabina MT:

<i>DPA trasformatore MT/BT</i>	<i>1 m</i>
---------------------------------------	-------------------

Dobbiamo però considerare che questa cabina contiene al suo interno un quadro di media tensione avente la funzione di distribuire la potenza in uscita dai Trasformatori AT/MT alla rete di media tensione a valle. Pertanto, questo quadro gestirà la stessa potenza che gestisce la linea elettrica che la collega al trasformatore di alta.

Ai fini del calcolo anche questo quadro viene considerato come una linea di media tensione avente i seguenti dati:

$$d = 1,0 \text{ m}$$

$$h = 0 \text{ m}$$

$$S = 0,25$$

Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [\text{m}]$$

O meglio

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,25 \times 2781)} = 8,96 \text{ m}$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 9 m, rispetto all'asse del quadro elettrico di Media Tensione presente nella cabina MT.

DPA 9 m

9.9 Cavidotto Interrato 11,5 kV dalle Cabine di Distribuzione MT periferiche di sottostazione MLSS1 alle cabine MT del sito di ML7x e ML8x

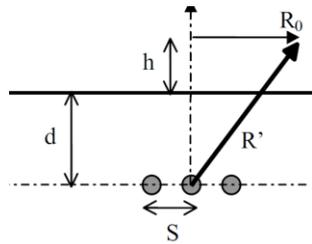
Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 11,5 kV interrata, dalla Cabina MT di distribuzione periferica di MLSS1 alle cabina MT del sito. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo RG26H1M16 12/20kV posati in piano. Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U) kV 12/20
- Tensione massima permanente di esercizio (Um) kV 20
- Sezione nominale del singolo conduttore: 500 mm²
- Diametro esterno 49 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa) 861
- Distanza linea 20 m

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da sei conduttori per fase, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Gestore: Utente Privato
- Elettrodotto: Canalizzazione MT
- Tensione: 11,5 kV
- Corrente: 861 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori: 6 per fase
- Corrente per fase: 861 A x 6 = 5166 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
Si noti comunque che il trasformatore ha una corrente nominale di 2761 A da scheda tecnica (si veda paragrafo 9.6)
- Geometria: In piano (singola fase con 6 conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): S=0,25 m (distanza di posa tra i conduttori di fase)
- Tipologia sostegno: Interrato



$$d = 1,0 \text{ m}$$

$$h = 0 \text{ m}$$

$$S = 0,25$$

Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,25 \times 2781)} = 8,96 \text{ m}$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0,115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

meglio

$$R_0 = \sqrt{8,96^2 - 1^2} = 8,9 \text{ [m]}$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 9 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 9 m

10 CALCOLO DELLA DPA PER DISTRIBUZIONE MT DI ML7X E ML8X

10.1 Gruppo elettrogeno MT con Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito

I gruppi elettrogeni dei due edifici denominati ML7x e ML8x generano energia elettrica in media tensione a 11 kV.

Di seguito si riportano le caratteristiche del gruppo elettrogeno da 2800 kWe (elettrici) a 11kV considerato:

DIESEL GENERATOR SET ML07

5x 20V4000 DS3600 (2.800kWe, 11kV)



Generator Data

Stator rated Voltage (+/- 5%) Un	11kV
Nominal Alternator current	184 A
Alternator short circuit (max.)	2054 A
Synchronous positive sequence reactance Xds unsaturated/saturated	258 / 231
Transient positive sequence reactance X'ds unsaturated/saturated	29,3 / 24,9
Subtransient positive sequence reactance X''d unsaturated/saturated	14,9 / 12,7
Negative Phase sequence reactance X2 unsaturated/saturated	14,9 / 12,7
Zero Sequence Phase sequence reactance X0	1,3
Armature Time Constant Ta	0,046
Speed	1.500min-1
Overspeed	1.800 min-1 for 120 Sec.
Frequency	50Hz
cos phi	0,8
Protection	IP23
Insulation class / Utilization	H / H (Standby)
Winding type	2/3
Excitation	PMG
AVR	LS D550 - Digital
Mechanical design	IM1101
Bearing type	Two bearing / Anti friction, regreaseable
Temperatur Sensors (PT100)	2 per winding, 1 per bearing
Transformers	1 set of VTs and 1 set of double core CTs
Cooling	200/1A IC01

I gruppi elettrogeni considerati in questo calcolo sono riportati nella tabella seguente. L'edificio ML7x sarà servito da no. 12 gruppi elettrogeni mentre il sito di ML8x da no. 7 generatori.

Il sito ML7x è in fase di realizzazione, pertanto la scheda tecnica mostrata in precedenza è quella effettiva delle macchine installate. Il sito di ML8x è invece in corso di progettazione, si assume pertanto che i gruppi elettrogeni installati abbiano identiche caratteristiche a quelle di ML7x.

No.	Sito	Impianto	Potenza elettrica [kWe]	Potenza termica [kWt]	
1	ML7x	Generatore 1_ML7x	2800	6560	Valori reali
2	ML7x	Generatore 2_ML7x	2800	6560	Valori reali
3	ML7x	Generatore 3_ML7x	2800	6560	Valori reali
4	ML7x	Generatore 4_ML7x	2800	6560	Valori reali
5	ML7x	Generatore 5_ML7x	2800	6560	Valori reali
6	ML7x	Generatore 6_ML7x	2800	6560	Valori reali
7	ML7x	Generatore 7_ML7x	2800	6560	Valori reali
8	ML7x	Generatore 8_ML7x	2800	6560	Valori reali
9	ML7x	Generatore 9_ML7x	2800	6560	Valori reali
10	ML7x	Generatore 10_ML7x	2800	6560	Valori reali
11	ML7x	Generatore 11_ML7x	2800	6560	Valori reali
12	ML7x	Generatore 12_ML7x	2800	6560	Valori reali
13	ML8x	Generatore 1_ML8x	2800	6560	Valori assunti in accordo a ML7x
14	ML8x	Generatore 2_ML8x	2800	6560	Valori assunti in accordo a ML7x
15	ML8x	Generatore 3_ML8x	2800	6560	Valori assunti in accordo a ML7x
16	ML8x	Generatore 4_ML8x	2800	6560	Valori assunti in accordo a ML7x
17	ML8x	Generatore 5_ML8x	2800	6560	Valori assunti in accordo a ML7x
18	ML8x	Generatore 6_ML8x	2800	6560	Valori assunti in accordo a ML7x
19	ML8x	Generatore 7_ML8x	2800	6560	Valori assunti in accordo a ML7x

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 11,5 kV interrata, dal Gruppo elettrogeno alla cabina MT. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo RG26H1M16 12/20kV posati in piano il tutto coperto da piastre di calcestruzzo prefabbricato poste sopra a garantire la sicurezza dei cavi.

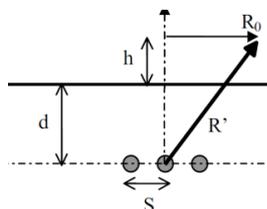
Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (U_0/U): 12/20 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (U_m): 20 kV
- Sezione nominale del singolo conduttore: 240 mm²
- Diametro esterno 39,7 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa) 549 A
- Distanza linea: 20 m

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da tre conduttori posati a trifoglio, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Gestore: Utente Privato
- Elettrodotto: Canalizzazione MT
- Tensione nominale: 11,5 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Corrente: 583 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori per fase: 1
- Corrente per fase: $142 \times 1 = 142$ A (massima corrente erogabile da ciascun gruppo elettrogeno)
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): $S = 0,25$ m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostegno: Interrato



$$d = 1,0 \text{ m}$$

$$h = 0 \text{ m}$$

$$s = 0,25$$

Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,25 \times 142)} = 2,02 \text{ m}$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0,115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{11,2^2 - 1^2} = 1,75 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 2 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 2 m

10.2 Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito nel caso di 10 linee coesistenti

Calcoliamo la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 11,5 kV interrata, dal Gruppo elettrogeno alla cabina MT che coesiste con altre 9 linee provenienti da altrettanti gruppi elettrogeni. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo RG26H1M16 12/20kV posati in piano il tutto coperto da piastre di calcestruzzo prefabbricato poste sopra a garantire la sicurezza dei cavi.

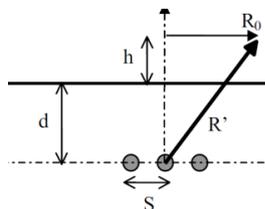
Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo RG26H1M16
- Tensione nominale d'isolamento (U_0/U): 12/20 kV
- Tensione massima permanente di esercizio (U_m): 20 kV
- Sezione nominale del singolo conduttore: 240 mm²
- Diametro esterno 39,7 mm
- Portata in regime permanente (in base al tipo di posa): 549 A

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da tre conduttori posati a trifoglio, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

Dati della linea

- Gestore: Utente Privato
- Elettrodotta: Canalizzazione MT
- Tensione nominale: 11,5 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Corrente: 583 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
- Numero di conduttori per fase: 1
- Corrente per fase: $142 \times 1 = 142$ A (massima corrente erogabile da ciascun gruppo elettrogeno)
- Geometria conduttori: In piano (Singola fase con tre conduttori in piano)
- Distanza tra le fasi (S): $S = 0,25$ m (distanza di posa tra gli assi dei conduttori di fase)
- Tipologia di sostegno: Interrato
- Numero di linee: 10 linee



$$d = 1,0 \text{ m}$$

$$h = 0 \text{ m}$$

$$s = 0,25$$

Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,25 \times 10 \times 142)} = 6,4 \text{ m}$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0,115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{11,2^2 - 1^2} = 6,32 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 7 m, rispetto all'asse del cavidotto.

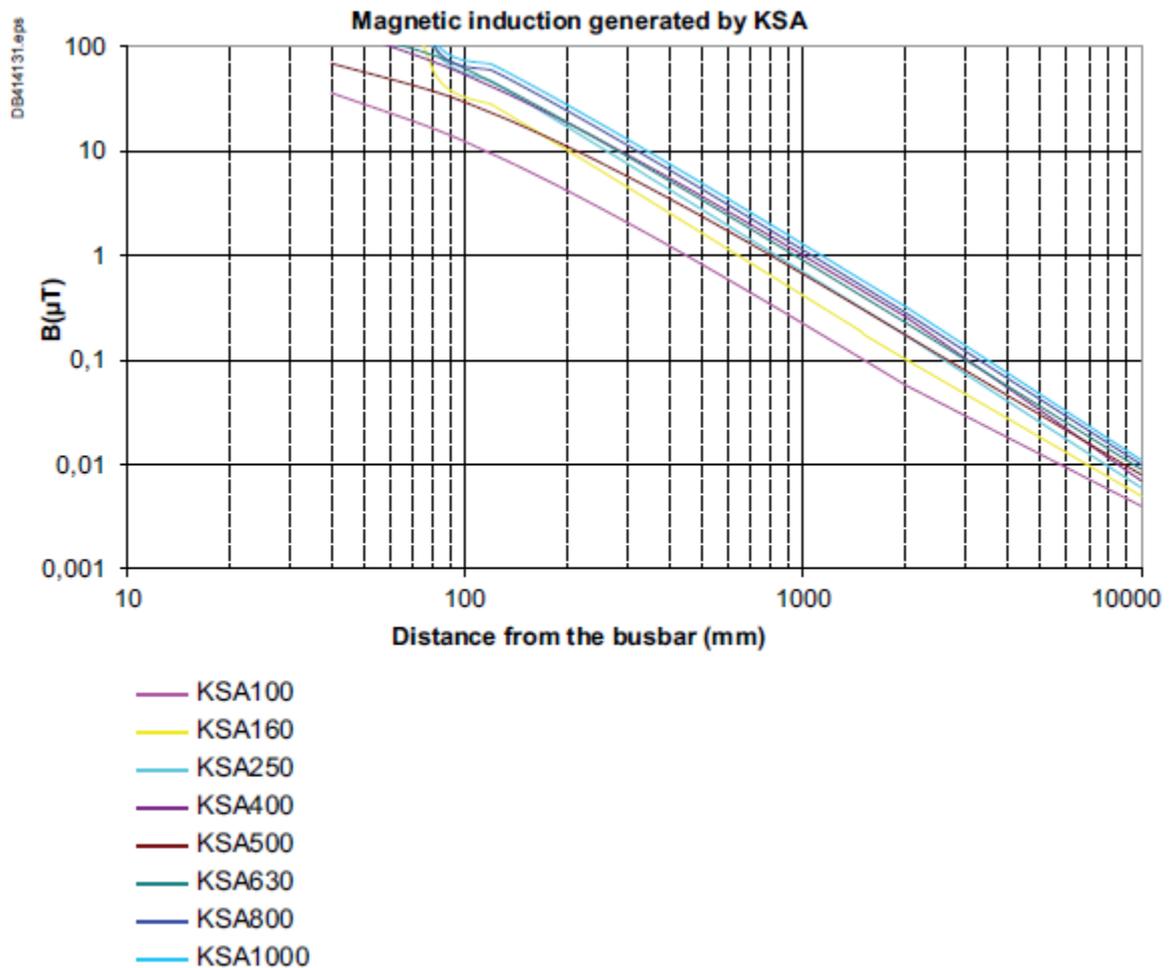
<i>DPA 7 m</i>

11 CALCOLO DELLA DPA PER DISTRIBUZIONE BT DI ML7X E ML8X

All'interno dei datacenters la distribuzione elettrica in Bassa tensione con correnti significative (superiori ai 100 A secondo il DL 81/08) sono realizzate per mezzo di Conduttore in cavo con posa aerea in canalizzazioni metalliche oppure per mezzo di Blindosbarre posate in area.

11.1 Cavidotto aereo 0,4 kV in Blindosbarra

Tutti i conduttori elettrici generano un campo magnetico la cui intensità è proporzionale alla loro distanza. Un condotto sbarre ha un involucro metallico e conduttori vicini per questo motivo il campo è ridotto notevolmente rispetto a quello prodotto da una analoga conduttura in cavo di pari portata.



Dall'analisi dei dati dei principali fornitori di Blindosbarre è possibile dedurre che le distanze di prima approssimazione con definizione estesa come indicato al capitolo 8 sono inferiori ad 1 metro per Blindosbarre fino a 1000 A di portata.

DPA 1 m

Per Blindosbarre di portata superiore possiamo verificare che Blindo con correnti fino a 2000 A ha Distanze di prima approssimazione inferiori ad 1 metro.

Per Blindosbarre da 4000 A la Distanza di prima approssimazione è inferiore a 1,5 m mentre per le Blindo da 5000 A abbiamo valori inferiori ai 2 m.

5.1. Test point and results

CURRENT RATE(AMPER)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000
CODE OF BUSBAR	KXA 08	KXA 10	KXA 12	KXA 17	KXA 20	KXA 25	KXA 33	KXA 40	KXA 50
DIMENSION of CONDUCTOR (mmXmm)	6X55	6X80	6X110	6X160	6X200	2X6X110	2X6X160	2X6X200	3X6X200
MEASUREMENT DISTANCE (cm)	MEASURED MAGNETIC FIELD VALUES(μ T-Micro Tesla)								
10 cm	28,14	36,89	46,71	54,28	61,87	43,65	62,76	68,54	65,92
20cm	13,16	17,85	25,61	26,18	31,87	23,75	35,56	37,14	37,92
30cm	7,41	9,43	12,66	14,76	18,22	14,42	21,27	23,93	24,12
40 cm	4,41	5,73	8,06	9,41	12,38	10,2	14,49	16,35	17,37
50 cm	3,01	3,95	5,71	6,6	8,83	7,67	10,43	12,22	12,89
60 cm	2,17	2,99	4,17	4,91	6,6	5,83	8	9,49	10,17
70 cm	1,72	2,26	3,17	3,81	5,02	4,68	6,31	7,41	8,25
80 cm	1,4	1,85	2,49	3,08	4,16	3,88	5,16	6,1	6,72
90 cm	1,14	1,53	2,08	2,51	3,43	3,21	4,3	5,24	5,89
100 cm	0,98	1,32	1,77	2,1	2,82	2,83	3,73	4,48	5,11
150 cm	0,63	0,77	1,02	1,24	1,63	1,75	2,25	2,59	3,11
200 cm	0,52	0,57	0,75	0,98	1,17	1,3	1,67	1,95	2,28
250 cm	0,44	0,49	0,59	0,69	0,91	1,06	1,35	1,57	1,84
300 cm	0,36	0,44	0,5	0,57	0,77	0,91	1,16	1,35	1,55
350 cm	0,32	0,4	0,43	0,49	0,55	0,8	0,98	1,2	1,37
400 cm	0,25	0,35	0,39	0,4	0,54	0,74	0,89	1,08	1,26
500 cm	0,16	0,28	0,19	0,27	0,43	0,55	0,62	0,78	0,92

In base al documento "ML070-KGE-ZZ-ZZ-TS-E-ZZZZ-0132" possiamo dedurre che

Le Blindosbarre di maggiore potenza si troveranno nelle Cabine di trasformazione e vanno dai Trasformatori da 2,8 MVA ai quadri di distribuzione principale Bassa Tensione di Cabina ed hanno 5000 A di portata.

Avremo poi:

- Blindosbarre da 4000 A per i collegamenti di ridondanza
- Blindosbarre da 2000 A dagli UPS ai quadri di Distribuzione in continuità assoluta
- Blindosbarre da 630 A per la distribuzione Forza Motrice ai Rack all' interno delle sale CED
- Blindosbarre da 250 A per alimentazione delle colonne di raffreddamento dai quadri continuità assoluta.

Concludiamo pertanto che per Blindosbarre di grande Potenza la distanza di prima approssimazione è inferiore a 2 m

DPA 2 m

11.2 Cavidotto aereo 0,4 kV in cavo

La posa di condutture elettriche in Bassa Tensione principali di grande potenza in un Datacenter è particolarmente attenta per aumentare la portata delle condutture e ridurre le impedenze reattive della linea ma anche per ridurre il campo elettromagnetico.

Possiamo pertanto ritenere, che per questa classe di condutture, la posa di cavi nelle canalizzazioni sia stata effettuata avendo cura di ottenere cavi con posa a trifoglio anche nel caso di linee con numerose fruste in parallelo.

Una osservazione della lista delle condutture ci dice che le portate che piu si ripetono sono

Considerando la posa dei conduttori a trifoglio, la formula da applicare è la seguente:

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T] \quad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

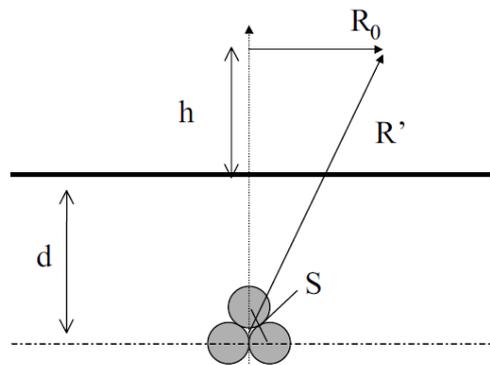


Figura 12 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

Analizzando il documento “ML070-DRN-ZZ-ZZ-SH-E-MEPH-6001” si può dedurre che all' esterno delle cabine elettriche le condutture elettriche in Bassa Tensione non superano mai 900 A e che le portate delle condutture che si ripetono piu spesso sono 246 A, 444 A, 607 A e 888 A

Ipotizzando una distanza cautelativa di 5 cm fra i conduttori per le portate piu ricorrenti possiamo scrivere:

Portata in A	DPA
250	1,011163
450	1,356617
600	1,566487
900	1,918546

In base a queste informazioni possiamo concludere che per condutture in cavo dei Datacenter avremo delle distanze di rispetto inferiori ai 2 m.

<i>DPA 2 m</i>

12 CONCLUSIONI

Le opere in progetto consistono nell'installazione di un impianto di alimentazione elettrica di un data center composto da una sottostazione con isolamento in gas (GIS) alimentate in AT da una sottostazione di Terna. Precisamente, la sottostazione utente GIS denominata MLSS1 sarà alimentata a 132 kV dalla sottostazione di Terna denominata "Baggio" nel comune di Settimo Milanese con un nuovo elettrodotto in doppio cavo interrato.

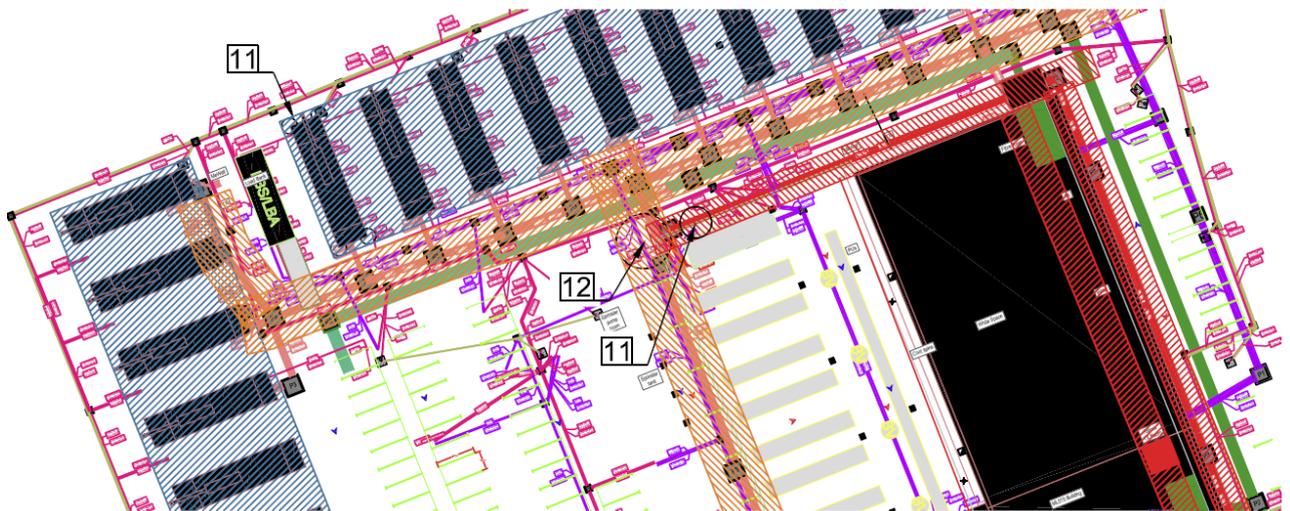
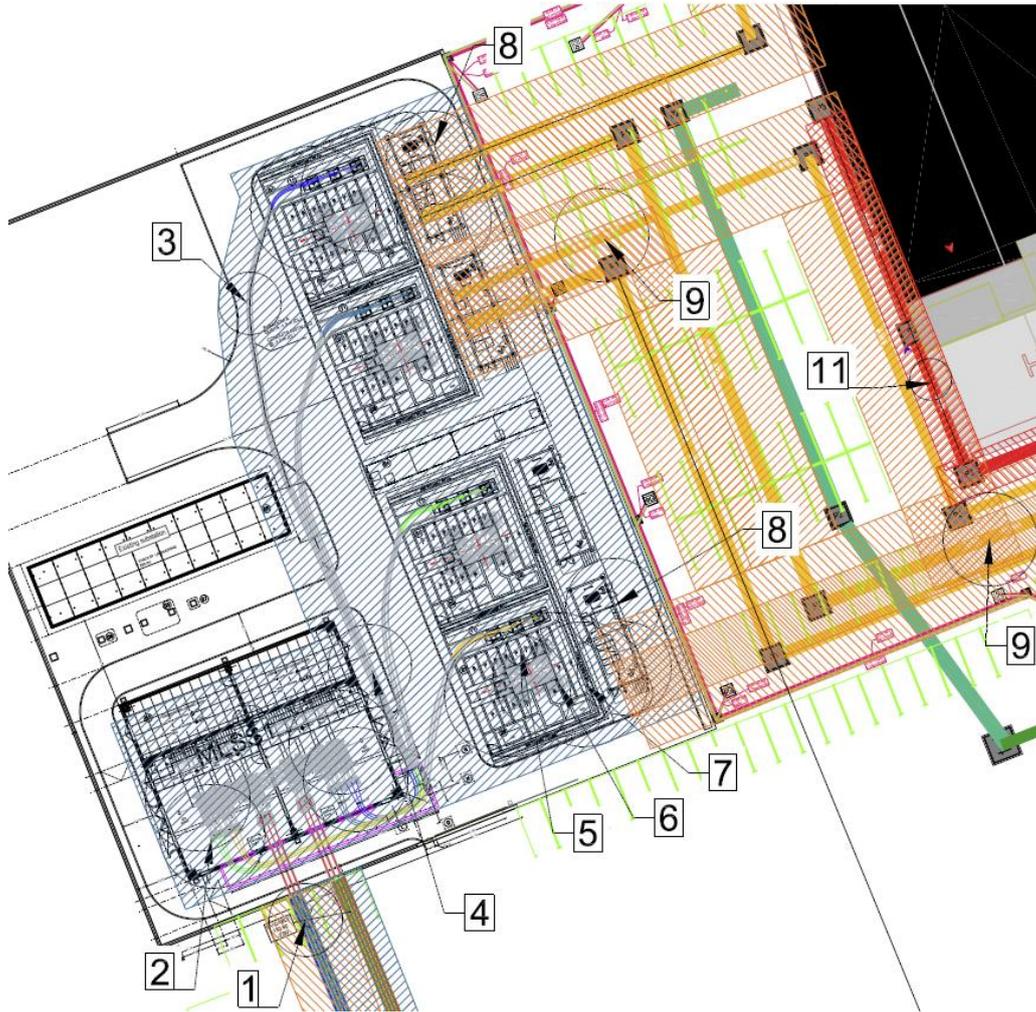
L'andamento della isolinea a 3 μ T (micro tesla) dell'induzione magnetica, è stata calcolata considerando le Norme CEI 106-11 e il DM 29/05/2008 dove applicabile.

Di seguito una tabella riepilogativa delle fasce di rispetto della isolinea a 3 μ T dell'induzione magnetica (B) calcolata a partire dalla proiezione in pianta dei cavidotti e delle apparecchiature considerate:

Descrizione	Paragrafo documento	Posizione in tabella	DPA	
Cavidotto Interrato 132 kV di trasmissione da sottostazione TERNA a Sottostazione Utente MLSS1	9.1	1	DPA	7
Barrature GIS 132 kV di distribuzione Alta Tensione Cabina Utente MLSS1	9.2	2	DPA	10
Cavidotto Interrato 132 kV fra quadro GIS di MLSS1 ai Trasformatori AT/MT	9.3	3	DPA	6
Cavidotto Interrato 132 kV fra quadro GIS di MLSS1 ai Trasformatori AT/MT caso con due linee sovrapposte	9.4	4	DPA	8
Cavidotto Aereo 132 kV a ridosso dei Trasformatori AT/MT di MLSS1	9.5	5	DPA	3
Trasformatore AT/MT di MLSS1	9.6	6	DPA	12
Cavidotto Interrato 11,5 kV fra i Trasformatori AT/MT e le Cabine di Distribuzione MT periferiche di sottostazione MLSS1	9.7	7	DPA	9
Cabine di Distribuzione MT periferiche di sottostazione MLSS1	9.8	8	DPA	9
Cavidotto Interrato 11,5 kV dalle Cabine di Distribuzione MT periferiche di sottostazione MLSS1 alle cabine MT del sito	9.9	9	DPA	9
Cavidotto Interrato 11,5 kV dalle Cabine di Distribuzione MT periferiche di sottostazione MLSS1 alle cabine MT del sito	10.9	10	DPA	9
Gruppo elettrogeno MT con Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito	10.1	11	DPA	2

Descrizione	Paragrafo documento	Posizione in tabella	DPA	
Cavidotto Interrato 11,5 kV dai Gruppi elettrogeni MT alle cabine MT del sito nel caso di 10 linee coesistenti	10.2	12	DPA	7
Cavidotto aereo 0,4 kV in Blindosbarra	11.1	13	DPA	2
Cavidotto aereo 0,4 kV in Cavo	11.2	14	DPA	2







Analizzando l'estensione delle DPA dell'induzione magnetica calcolata, dovuta alla presenza dei componenti in AT, MT e BT all'interno del sito (sottostazioni GIS, trasformatori e dorsali in blindo o in cavo), si può concludere che:

- ❑ le DPA delle sorgenti presenti nel sito hanno estensioni che si esauriscono nelle immediate vicinanze delle sorgenti e non andranno ad interessare il fondo di campo magnetico eventualmente già presente ai confini del lotto considerato;
- ❑ la DPA relativa al cavidotto AT interrato da realizzarsi lungo il tracciato stradale si esaurisce nelle immediate vicinanze del cavidotto e non andrà ad interessare il fondo di campo magnetico eventualmente già presente nelle aree esterne per più 7 metri a partire dall'asse del cavidotto stesso al piano di campagna.

Sovrapponendo la fascia di rispetto al percorso della canalizzazione interrata da realizzarsi dalla sottostazione di Terna denominata Baggio alla sottostazione utente MLSS1 non sono stati individuati recettori sensibili all'interno della fascia stessa. Come prescritto dall'articolo 4, comma i lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una

permanenza non inferiore a quattro ore (valido per la 'popolazione' e non è applicabile nei luoghi di lavoro dove sono interessati lavoratori impiegati per specifica attività).

All'interno degli edifici, nei corridoi principali del Datacenter e nelle cabine elettriche possiamo individuare cavidotti con Distanze di Prima Approssimazione inferiori ai 2 metri mentre nelle sale IT le blindosbarre di distribuzione hanno distanze di approssimazioni inferiori ad 1 metro.

Gli uffici presenti sul lato corto degli edifici Datacenter sono esterni alle fasce di rispetto dei cavidotti AT ed MT esterni. Nei corridoi degli uffici sono presenti alcune dorsali di distribuzione in Bassa Tensione con correnti inferiori ai 200 A che, per quanto analizzato in questo documento, generano delle DPA sicuramente inferiori ad un metro e che pertanto non coinvolgono gli ambienti dedicati alla permanenza superiore alle 4 ore di persone. Si ribadisce che tale verifica viene eseguita a scopo cautelativo poiché i luoghi di lavoro non ricadono nel campo di applicazione dell'obiettivo di qualità di 3 μ T (micro tesla) del campo di induzione elettromagnetica definita dalla Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001. Eventuali prescrizioni in questo senso saranno infatti in capo all'RSPP dell'Azienda.

13 APPENDICE

13.1 Grandezze, convenzioni e simboli

μ	permeabilità magnetica del mezzo [H/m]
μ_r	permeabilità magnetica relativa del mezzo [p.u.]
μ_0	permeabilità magnetica del vuoto = $4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \text{H/m}$
\vec{u}	versore (vettore spaziale di lunghezza unitaria nella direzione della corrente)
$\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z$	versori nelle direzioni dei tre assi x, y, z
$i(t)$	valore istantaneo della corrente [A]
$\vec{H}(t)$	valore istantaneo del campo magnetico
$H(t)$	ampiezza istantanea dell'induzione magnetica [A/m]
$\vec{B}(t)$	valore istantaneo dell'induzione magnetica
$B(t)$	ampiezza istantanea dell'induzione magnetica [T]
$B_x(t), B_y(t), B_z(t)$	componenti spaziali istantanee del vettore induzione magnetica
I, B, B_x, B_y, B_z	valori efficaci della corrente, del vettore induzione magnetica e delle sue componenti spaziali
$\mathbf{I}, \mathbf{B}_x, \mathbf{B}_y, \mathbf{B}_z$	fasori (valori complessi) della corrente e delle componenti spaziali del vettore induzione magnetica
\vec{B}	vettore fasoriale dell'induzione magnetica

13.2 Nozioni di base (CEI 106-11)

Il campo magnetico si stabilisce nello spazio quando in esso sono presenti poli magnetici o correnti elettriche. Al generico istante t esso può essere rappresentato dal vettore campo magnetico $\vec{H}(t)$ o, in alternativa, dal vettore induzione magnetica (detta anche densità di flusso magnetico) $\vec{B}(t)$.

La densità di flusso magnetico $\vec{B}(t)$ viene definita attraverso la forza $\vec{F}(t)$ esercitata dal campo magnetico su un conduttore di lunghezza unitaria attraversato da una corrente $i(t)$:

$$\vec{F}(t) = \vec{B}(t) \times i(t)\vec{u} \quad (\text{prodotto vettoriale}) \quad (1)$$

Il campo magnetico può essere derivato dall'induzione magnetica attraverso la considerazione della permeabilità magnetica del mezzo.

$$H(t) = \frac{B(t)}{\mu} \quad (2)$$

dove:

$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ è la permeabilità del mezzo;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m è il valore della permeabilità assoluta del vuoto;

μ_r è la permeabilità relativa del mezzo in cui si esercita il campo (nel caso dell'aria vale $\mu_r = 1$).

L'intensità del vettore campo magnetico $H(t)$ si esprime in ampere al metro [A/m], mentre quella del vettore induzione magnetica $B(t)$ in tesla [T]: 1 tesla equivale a 1 weber al metro quadrato [Wb/m²], cioè a 1 volt secondo al metro quadrato [V·s/m²].

Ai fini della presente Guida si farà soprattutto riferimento all'induzione magnetica, espressa nel sottomultiplo 10^{-6} del tesla (il microtesla, μT). Dall'equazione (1) si ricava facilmente che:

$$1 \text{ A/m} \text{ corrisponde a } 1,257 \mu\text{T}; \quad 1 \mu\text{T} \text{ corrisponde a } 0,796 \text{ A/m}$$

Il vettore induzione magnetica può essere descritto mediante le sue componenti spaziali lungo tre assi mutuamente ortogonali nel modo seguente:

$$\vec{B}(t) = B_x(t) \cdot \vec{u}_x + B_y(t) \cdot \vec{u}_y + B_z(t) \cdot \vec{u}_z \quad (3)$$

Nel caso di campi magnetici dovuti a sistemi di correnti alternate trifase, il vettore induzione magnetica totale $\vec{B}(t)$ descrive al variare di t un'ellisse in un piano ortogonale ai conduttori percorsi da corrente, supposti paralleli, (come mostrato nella Norma CEI 211-4), per cui il campo si dice polarizzato ellitticamente.

Allegato 1
Percorso dorsale AT 132 kV
di alimentazione MLSS1 da
SS Terna "Baggio"



Allegato 2
Particolare DPA calcolate
all'interno del sito di ML7x e ML8x

