

Committente 	Progetto NUOVA CABINA DI TRASFORMAZIONE MT/BT INTERNA TENUTA DI CASTEL PORZIANO PER RICHIESTA NUOVA UTENZA AMBITO PNRR RIPRISTINO FORESTALE
Progettazione 	
Tecnico Incaricato Ing. Riccardo Sacconi	
Data Marzo 2025	

Nome Progetto	ISU.690.RS
Indirizzo	Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Mun. X (Ex XIII) – Comune di Roma
Riferimenti catastali	-
Coordinate	41°42'56.1"N 12°24'11.3"E

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE DPA DA LINEE E CABINE ELETTRICHE

SOMMARIO

1.	Scopo del documento	3
2.	Decreto Ministero Ambiente 29/5/2008	3
3.	Distanza di prima approssimazione delle cabine elettriche.....	6
3.1.	DM 29/05/08 – punto 5.2.1.....	6
3.2.	Induzione magnetica generata da trasformatori in resina.....	9
3.1.	Stima DPA per cabine complesse (potenze superiori a 630kVA).....	9
4.	Distanza di prima approssimazione del cavidotto interrato.....	13
5.	Stima delle distanze di prima approssimazione (d.p.a.)	14
5.1.1.	Linea in cavo interrato MT	14
6.	Considerazioni finali	15

1. Scopo del documento

Il presente documento ha lo scopo stimare le Distanze di Prima Approssimazione (DPA) previste dal DM 29/05/08 nell'intorno di una futura cabina di trasformazione MT/bt e relativo cavidotto MT.

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 Luglio 2003 (art. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c.2): • I limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T)

come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine; • Il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo qualità (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nella 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (ambienti tutelati).

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

Pertanto lo scopo del calcolo della DPA è quello di verificare che all'interno di tale distanza non vi siano luoghi, esistenti o in progetto, destinati a permanenza maggiore di 4 ore.

2. Decreto Ministero Ambiente 29/5/2008

“Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”. (GU n. 156 del 5-7-2008 - Suppl. Ordinario n.160)

La metodologia definita dall'APAT in attuazione dell'Art. 6 comma 2 del DPCM 8 luglio 2003, è contenuta nell'allegato del Decreto ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto.

Sono **escluse** dalla applicazione della metodologia :

1. le linee esercite a frequenze diverse da quella di rete (50Hz);
2. le linee definite di classe zero secondo il Decreto interministeriale 21/3/1988 n. 449 (Approvazione nelle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne.
3. le linee definite di prima classe secondo il Decreto interministeriale 21/3/1988 n. 449;
4. le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree).

In tutti i suddetti casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto interministeriale n.449/1988 e dal DM Lavori Pubblici del 16/1/1991 (Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne) .

In essa oltre alle definizioni delle terminologie elettromeccaniche di linea vengono distinti due concetti fondamentali:

Fascia di rispetto:

*È lo spazio circostante l'elettrodotto, che comprende **tutti i punti, al di sopra e al sotto del livello del suolo**, caratterizzati da un'induzione magnetica maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dall' Art.4, comma 1 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.*

Distanza di prima approssimazione (Dpa):

*Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, della proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. **Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.***

NOTE ALLE DEFINIZIONI

Le due definizioni denotano due livelli di approssimazione:

1. nella prima (FASCIA DI RISPETTO) viene definito un VOLUME che crea il reale

vincolo sanitario e quindi urbanistico nella realizzazione di edifici nei quali siano previste prolungate permanenze. La determinazione di detto vincolo spaziale può risultare molto complessa nel caso esistano più sorgenti incidenti e verrà determinato nelle più gravose situazioni ipotizzabili (PCSN delle linee).

2. la DPA riprende il concetto dei piani paralleli contrapposti e serve principalmente a dare degli orientamenti di massima nella pianificazione del territorio, ma a differenza della fascia di rispetto non risulta vicolo urbanistico sanitario. Qualora vengano previsti spazi che intersecano tale distanza dovranno essere soggetti ad un'analisi più approfondita (fascia di rispetto).

3. Distanza di prima approssimazione delle cabine elettriche

3.1. DM 29/05/08 – punto 5.2.1

Al punto 5.2.1. (CABINE ELETTRICHE) del DM 29/05/08 viene presentato un metodo per l'individuazione di massima delle DPA per cabine realizzate secondo gli standard di riferimento nazionale realizzate principalmente in box per la distribuzione MT primaria. Viene specificato che per tipologie differenti di costruzioni elettriche, si dovrà valutare se tale metodologia è applicabile o meno altrimenti dovranno essere calcolate le fasce di rispetto con metodi di calcolo tridimensionali opportuni.

Il metodo approssimato e valido per cabine (fino a 630kVA), si può sintetizzare nei seguenti punti:

- i dati di partenza sono la corrente di uscita (I) dal secondario del trasformatore e le sezioni dei conduttori in bassa tensione.
- Dalla formula si determina

$$D_{pa} = 0,40942 \cdot \sqrt{I} \cdot x^{0,5241} [m] \quad (1)$$

D_{pa} distanza di prima approssimazione (m)

I corrente nominale secondaria del trasformatore (A)

x diametro dei cavi in uscita dal trasformatore (m).

Il valore così ottenuto dovrà infine essere arrotondato al mezzo metro superiore.

Il cavo BT in uscita dal trasformatore che Enel potrebbe installare in futuro all'interno della cabina di consegna, può essere di sezione variabile; il valore del diametro standard è variabile da 20 mm a 27mm, tale valore è attinto dal documento tecnico Enel Distribuzione Spa denominato "Linea Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.5.2008

Pertanto si assume il massimo valore per la variabile x :

$$x = \text{diametro del cavo} = 27 \text{ mm} = 0,027m$$

Prevedendo all'interno della cabina di consegna un trasformatore di 630 kVA, in

conformità al disegno di unificazione della cabina in oggetto Enel DG2061.

In corrispondenza di una potenza nominale è di 630 kVA si determina la corrente nominale del circuito di bassa tensione, alimentato ad una tensione di 400V.

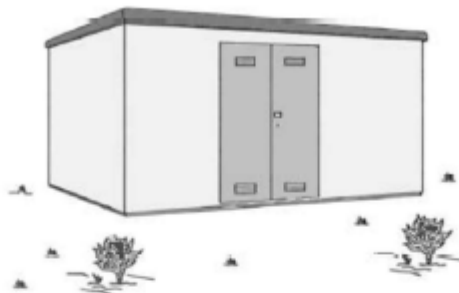
$$I = \frac{400000}{\sqrt{3} * 400} = 578,03A$$

In funzione di tali dati si determina la DPA in oggetto:

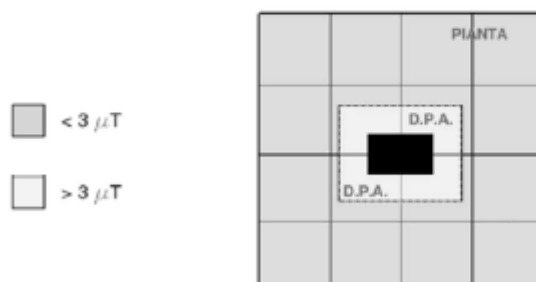
$$DPA = 0,40942 * 0,027^{0,5241} * \sqrt{578.03} = 1,48m$$

Considerato che l'algoritmo proposto dal DM 29/5/2008 prevede l'arrotondamento al mezzo metro superiore, risulta che **DPA=2,0 m** Si noti che tale valore ottenuto dal calcolo analitico del modello proposto DM 29/5/2008 coincide con il valore indicato dalla scheda B10 (Rif. B10 c) del documento di Enel Distribuzione richiamato e riportato.

**B10 – CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO –
TENSIONE 15 KV O 20 KV**



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



DIAMETRO DEI CAVI (m)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (KVA)	CORRENTE (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
Da 0,020 a 0,027	250	361	1,5	B10a
	400	578	1,5	B10b
	630	909	2,0	B10c

3.2. Induzione magnetica generata da trasformatori in resina

Riguardo i trasformatori MT/BT il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore. Per distanze comprese tra 1 m e 10 m da un trasformatore in resina si può calcolare il valore del campo magnetico con la seguente formula (fonte SIEMENS):

$$B = 5 \frac{u_{cc}}{6} \sqrt{\frac{S_r}{630}} \left(\frac{3}{a}\right)^{2,8} \quad (2)$$

Dove

U_{cc} è la tensione percentuale di cortocircuito;

S_r è la potenza nominale del trasformatore (kVA);

a è la distanza dal trasformatore.

La stima che ne deriva dalla formula è **sovrastimata rispetto la realtà**, ma permette di distanziare correttamente le macchine elettriche rispetto da eventuali luoghi con prolungate permanenze.

3.1. Stima DPA per cabine complesse (potenze superiori a 630kVA)

Nel caso si debba stimare la DPA per un solo trasformatore di potenza superiore a 630kVA si propone di utilizzare la formula riportata di seguito ipotizzando che tutta la corrente del lato bassa tensione sia canalizzata in un unico cavo collocato adiacente il muro interno della cabina, la formula non è altro che una derivazione della legge di Biot e Savart.

$$B = \frac{0.35 \cdot I \cdot D}{R^2}$$

Dove

I è la corrente circolante nei cavi in ampere (A)

D la distanza tra i conduttori in metri (m)

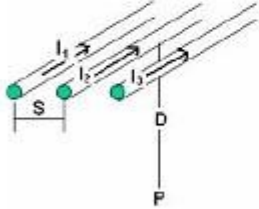
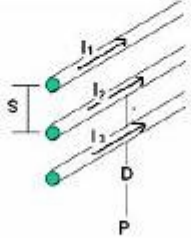
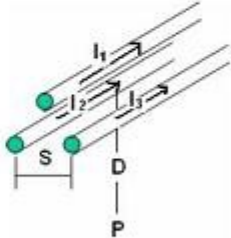
R la distanza dai cavi.

Come valore di corrente (I) occorre inserire la massima corrente circolante sul lato bassa tensione del trasformatore. La corrente si può calcolare con la formula seguente, di derivazione CEI per conduttori in rame, in funzione della potenza del trasformatore (P in kVA).

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V}$$

La distanza D in metri (diametro conduttori) si può stimare se non conosciuta considerando la massima corrente circolante in un cavo in funzione della sezione fissata pari a **1,3A/mm²**.

Altrimenti, il calcolo può essere eseguito nel seguente modo:

a) Terna trifase di conduttori in piano	b) Terna trifase di conduttori in verticale	c) Terna trifase di conduttori a triangolo
		
$B(\mu T) = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I \cdot S}{D \cdot D}$		$B(\mu T) = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{I \cdot S}{D \cdot D}$

dove:

B = induzione magnetica [μT]

I = corrente che percorre i conduttori [A]

S = distanza fra le fasi [m]

D = distanza dalla terna di conduttori del punto "P" dove si vuole calcolare il valore di induzione magnetica [m]

Utilizzando la formula inversa avremo che la distanza D per cui B=3 μT sarà

$$D = \sqrt{[(0,2 \cdot 1,73 \cdot I \cdot S) / 3]}$$

In analogia a quanto previsto dal DM 29/05/08 si può considerare la distanza fra le fasi "S" pari al diametro reale dei cavi (conduttore + isolante); in caso di cavi in parallelo per ciascuna fase si può cautelativamente considerare "S" pari alla somma di tutti i diametri dei

cavi costituenti la formazione di una singola fase.

Allo stesso modo sembra ragionevole approssimare il valore D al mezzo metro superiore.

Per la determinazione del diametro dei cavi possiamo fare riferimento ad un qualsiasi catalogo di produttori di cavi.

A titolo esemplificativo si riporta nel seguito una tabella riepilogativa di cavi FG16R16 unipolari.

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Portata di corrente Current rating	
Formation	Approx. conductor Ø	Average insulation thickness	Average sheath thickness	Approx. production Ø	Approx. cable weight	Max. electrical resistance at 20°C	In tubo in aria In pipe in air 30°C	In tubo interrato Underground in pipe 20°C
n° x mm²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	A	A
1 x 1,5	1,6	0,7	1,4	6,6	60	13,3	20	21
1 x 2,5	1,9	0,7	1,4	7,0	72	7,98	28	27
1 x 4	2,5	0,7	1,4	7,6	91	4,95	37	35
1 x 6	3,0	0,7	1,4	8,2	113	3,30	48	44
1 x 10	4,0	0,7	1,4	9,1	160	1,91	66	59
1 x 16	5,0	0,7	1,4	10,2	217	1,21	88	77
1 x 25	6,2	0,9	1,4	11,9	311	0,780	117	100
1 x 35	7,6	0,9	1,4	13,0	407	0,554	144	121
1 x 50	8,9	1,0	1,4	15,0	558	0,386	175	150
1 x 70	10,5	1,1	1,4	16,7	756	0,272	222	184
1 x 95	12,5	1,1	1,5	18,6	976	0,206	269	217
1 x 120	13,7	1,2	1,5	20,2	1222	0,161	312	259
1 x 150	15,0	1,4	1,6	22,4	1521	0,129	355	287
1 x 185	17,7	1,6	1,6	25,0	1861	0,106	417	323
1 x 240	19,9	1,7	1,7	28,4	2405	0,0801	490	379
1 x 300	22,4	1,8	1,8	31,6	2990	0,0641	-	429
1 x 400	24,8	2,0	1,9	34,4	3862	0,0486	-	500
1 x 500*	28,5	2,2	2,3	39,8	5055	0,0384	-	565
1 x 630*	32,8	2,4	2,4	46,2	6418	0,0287	-	645

* sezione non a marchio IMQ-EFP / section without IMQ-EFP Certificate

Applicando i criteri sopra riportati alla casistica standard di varie potenze di trasformatori si ottiene la tabella sotto riportata

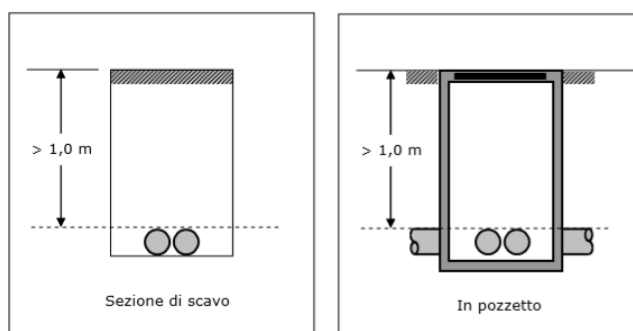
Potenza trasformatore (kVA)	I (A)	Formazione cavi in uscita trafo (mmq)	S (m)	B (μ T)	D (m)	Dpa (m)
160	240	1x150	0,022	3	0,78	1
250	375	1x240	0,027	3	1,08	1,5
400	600	2x185	0,048	3	1,82	2
630	945	3x240	0,081	3	2,97	3
800	1200	4x185	0,096	3	3,65	4
1000	1500	4x240	0,108	3	4,33	4,5
1250	1875	6x185	0,144	3	5,58	6
1600	2400	6x240	0,162	3	6,70	7
2000	3000	7x240	0,189	3	8,09	8,5
2500	3750	8x240	0,216	3	9,67	10

E' interessante notare che i valori desunti sono del tutto analoghi a quelli ottenuti mediante la formula indicata dal DM 29/05/08.

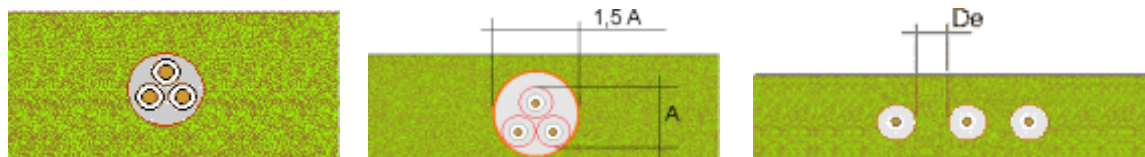
4. Distanza di prima approssimazione del cavidotto interrato

Per quanto riguarda i cavidotti interrati in MT, la posa in opera e la profondità di posa influenzeranno il livello di campi elettromagnetici generati.

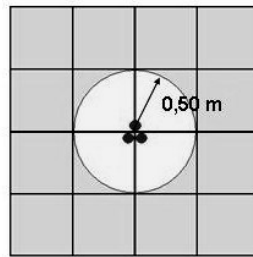
La profondità minima consentita in una strada pubblica è di 1m sull'estradosso.



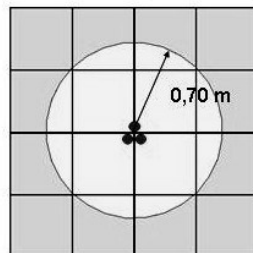
Le pose possono essere a trifoglio o in posa lineare parallela al piano stradale



Le dimensioni delle DPA generate dagli elettrodotti in MT sono solitamente molto contenute come si evidenziato nelle simulazioni seguenti (FONTE ENEL):



Fascia di rispetto ($B > 3 \text{ microT}$) per cavo aereo MT ad elica visibile (passo d'elica 1 m) – sez. 150 mm² – In 340 A



Fascia di rispetto ($B > 3 \text{ microT}$) per cavo interrato MT ad elica visibile (passo d'elica 3 m) – sez. 185 mm² – In 324 A

Ne risulta quindi che i valori di qualità dell'induzione magnetica all'altezza del piano di calpestio sono tipicamente rispettati.

5. Stima delle distanze di prima approssimazione (d.p.a.)

5.1.1. Linea in cavo interrato MT

Sarà realizzato il cavidotto di collegamento, considerando 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 una terna cosiddetta "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi. Di seguito viene simulato il futuro cavidotto alla tensione nominale di 20 kV: costituito da una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 95 mm² percorsa da corrente massima pari a 310 A e interrata ad una profondità di 1,20 m.

Nel calcolo non si è tenuto conto del passo d'elica dei conduttori al fine di ottenere unna stima cautelativa.

La larghezza della DPA risulta essere nulla in quanto fuori terra viene rispettato il valore di qualità di 3μT.

6. Considerazioni finali

Come si può notare nelle sezioni precedentemente riportate, applicando la procedura approssimata contenuta al punto 5.2.1. del DM 29/05/08, si ottiene una **DPA ci circa 2,5m**.

In suddetta zona non potranno essere previsti luoghi a prolungate permanenze.

Per quanto riguarda il cavidotto MT in progetto con l'interramento a 1,2m non esistono punti in superficie in cui siano superati i livelli di qualità previsti all'Art. 4 del DPCM 8 luglio 2003.

In alternativa alla posizione indicata, si potrà realizzare la cabina ad una distanza di almeno 2,5m da ogni edificio ove siano previste prolungate permanenze.