

**Rete di Trasmissione Nazionale (RTN)
Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento**

PIANO TECNICO DELLE OPERE – APPENDICE C
**VALUTAZIONE SUI VALORI DI INDUZIONE MAGNETICA E CAMPO ELETTRICO
GENERATI**
Relazione di calcolo delle fasce di rispetto



Stato delle revisioni


Rev. 00	del 15/10/2012	PRIMA EMISSIONE
---------	----------------	-----------------

Elaborato		Verificato		Approvato
F. Carraretto TEPD UPRI Lin	C. Mangiacapre TEPD UPRI STZ	V. Lauropoli TEPD UPRI Lin	C. Genovese TEPD UPRI STZ	N. Ferracin TEPD UPRI

	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE <u>Relazione di calcolo delle fasce di rispetto</u>	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 2 di 27

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	Richiami normativi.....	3
2	STAZIONI ELETTRICHE.....	4
2.1	Generalità - Campo elettrico e magnetico generato dalla stazione	4
2.2	S.E. di Cirè – Valore dei campi magnetici attesi per il nuovo impianto	5
3	LINEE ELETTRICHE.....	8
3.1	Premessa	8
3.2	Corrente di calcolo	8
3.3	Linee elettriche aeree.....	11
3.4	Linee elettriche in cavo interrato	18
3.5	Calcolo del campo elettrico	25

 <small>T E R N A G R O U P</small>	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 3 di 27

1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di definire le ipotesi di calcolo mediante le quali sono stati calcolati sia il campo elettrico e sia le fasce di rispetto relativamente ai nuovi collegamenti elettrici previsti nella "Razionalizzazione e sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale nella media valle del Piave".

1.1 Richiami normativi

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti).

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea (UE) ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla UE di continuare ad adottare tali linee guida.


Lo Stato Italiano è successivamente intervenuto, con finalità di riordino e miglioramento della normativa in materia allora vigente in Italia attraverso la Legge Quadro 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinarli e aggiornarli periodicamente in relazione agli impianti che possono comportare esposizione della popolazione a campi elettrici e magnetici con frequenze comprese tra 0Hz e 300 GHz.

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

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

Tale Legge Quadro, come ricordato dal citato Comitato di esperti della Commissione Europea, è stata emanata nonostante le raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP. Tutti i paesi dell'Unione Europea hanno accettato il parere del Consiglio della UE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge Quadro, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 08.07.2003 "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.", che ha fissato il limite di esposizione in 100 microtesla (μT) per

 <small>T E R N A G R O U P</small>	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 4 di 27

l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10 μ T, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 μ T. È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali.

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

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

2 STAZIONI ELETTRICHE

2.1 Generalità - Campo elettrico e magnetico generato dalla stazione¹

I circuiti elettrici durante il loro normale funzionamento generano un campo elettrico caratterizzato dal vettore E (misurato in kV/m) e un campo magnetico caratterizzato dal vettore induzione magnetica B (misurato in Tesla e suoi sottomultipli mT, μ T, ecc...) il valore di entrambi è direttamente proporzionale rispettivamente alla tensione ed alla corrente della stazione elettrica.

La valutazione dei valori dei C.M. è stata eseguita, utilizzando modulo CemStazioni del software EMF – Tools v.4.08 sviluppato da CESI per conto di Terna in conformità alla norma CEI 211-4 in accordo a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003, e che costituisce una piattaforma integrata per la gestione dei modelli di calcolo dei campi elettrici e magnetici.

¹Riferimenti bibliografici

- DPCM 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"
- CEI 11-60: Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV
- H. Hussain, A. S. Farag, I. B. Said, N. A. Rahman : Power frequency magnetic field from a 275 KV GIS substation in Malaysia
- S . Wong, M. Rind, S . M. Harvey, R. Scheer: Power frequency magnetic field from a 230 kV Gas insulated substation

G. Anselmetti, A. Giorgi, P. Nicolini, S. Sacchetti: Compatibilità elettromagnetica della rete in alta tensione dell'ENEL

2.2 S.E. di Cirè – Valore dei campi magnetici attesi per il nuovo impianto

La nuova stazione 132/66 kV di Cirè sarà realizzata con apparecchiature di tipo tradizionale per le quali i necessari livelli di isolamento sono garantiti da isolamenti esterni di tipo ceramico o polimerico e dalla distanza in aria tra i vari elementi a potenziale o verso terra.

2.2.1 Schema di impianto

Per la simulazione, l'assetto della stazione è stato il seguente:

- sezione 132 kV: 4 stallo linea (Ora, Trento Sud, CP Cirè linea 1 e CP Cirè linea 2)
- sezione 66 kV: 1 stallo linea (Borgo Valsugana)

La sistemazione planimetrica dell'impianto è riportata in fig.1.

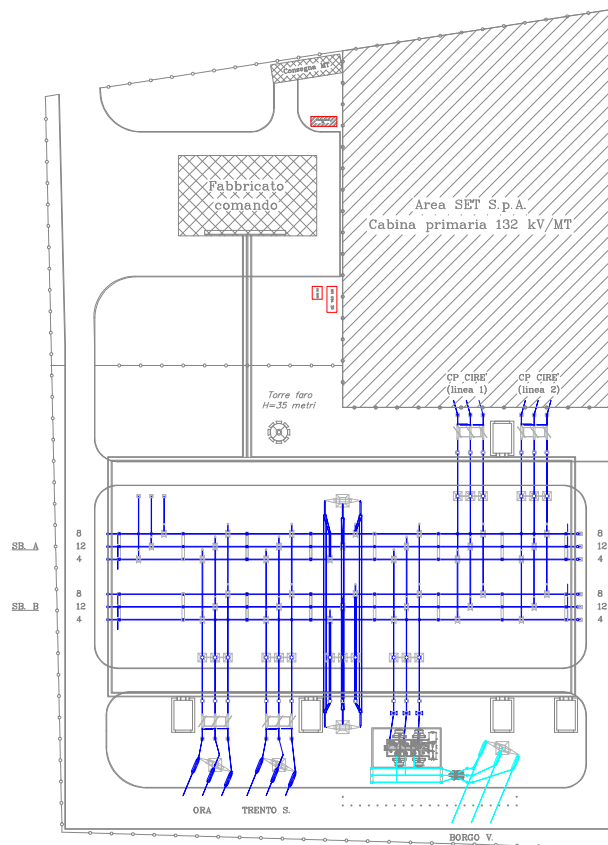


Fig. 1 - S/E. di Cirè – Planimetria impianto

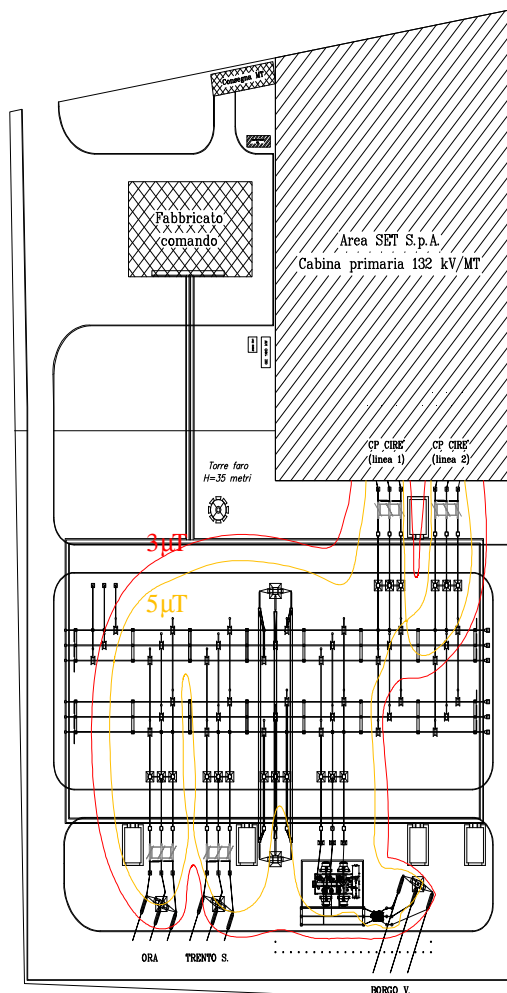
2.2.2 Condizioni di carico e criteri di calcolo


La valutazione del campo magnetico è stata eseguita con i valori di corrente riportati nella tabella 1 che segue:

Tabella 1 : Correnti di calcolo

Tensione (kV)	Collegamento	Corrente di calcolo (A)	Verso corrente di calcolo	Criteri di definizione della corrente di funzionamento
132	TIP	1	Uscente	Alimentazione servizi ausiliari di stazione
	Ora	660	Entrante	CEI 11-60 – Servizio normale – Zona B – Periodo F
	Trento Sud	675	Entrante	
	CP Cirè linea 1	329	Uscente	Complemento a 0 delle correnti degli stalli. ($\sum I = 0$)
	CP Cirè linea 2	330	Uscente	
66	Borgo Valsugana	675	Uscente	CEI 11-60 – Servizio normale – Zona B – Periodo F

2.2.3 Risultati dei calcoli




 <small>T E R N A G R O U P</small>	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 7 di 27

2.2.4 Conclusioni

I risultati dei calcoli effettuati mostrano il valore di campo magnetico massimo generato dall'impianto nella sua complessità e nelle più gravose condizioni di esercizio risulta ovunque inferiore a 10 μ T.

Alla luce delle risultanze delle simulazioni effettuate e delle condizioni sopraesposte, si può affermare che risulta soddisfatto quanto prescritto dall'art. 3 del DPCM dell' 8 Luglio 2003, che prevede si debba verificare il rispetto del livello di qualità di 3 μ T nei luoghi con permanenza prolungata di persone, considerato che nelle peggiori condizioni di esercizio dell'impianto, la curva dei 3 μ T risulta sempre posizionata all'interno dell'area di pertinenza della stazione elettrica come riportato nella figura al punto 2.2.3.

	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 8 di 27

3 LINEE ELETTRICHE

3.1 Premessa

Le valutazioni sono state fatte nel pieno rispetto del DPCM dell'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*", nonché della "*Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti*", approvata con DM 29 maggio 2008. (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160)

Per "**fasce di rispetto**" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, ovvero il volume racchiuso dalla curva isolivello a 3 μ T, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al DPCM 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

3.2 Corrente di calcolo


Come indicato all'Art. succitato Decreto 29 maggio 2008 nelle simulazioni, a misura di maggior cautela, si fa riferimento per la mediana nelle 24 ore in condizioni di normale esercizio, alla corrente in servizio normale definita dalla norma CEI 11-60 per il periodo freddo riferito alla zona climatica di interesse.

La norma CEI 11-60 fissa dei valori di corrente determinati per un conduttore detto di riferimento².

Poiché il progetto rientra nella zona climatica B (norma CEI 11-4) la portata in corrente del conduttore di riferimento nel periodo freddo è pari a:

- 770 A per il livello di tensione a 380 kV;
- 710 A per il livello di tensione a 220 kV;
- 675 A per il livello di tensione a 132 kV

A questi valori di corrente la norma prevede di applicare dei coefficienti moltiplicativi in funzione delle caratteristiche dei conduttori (materiale, sezione, formazione ecc) e delle condizioni di impiego (parametro di tesatura, extrafranco ecc) adottati nello specifico.

 <small>T E R N A G R O U P</small>	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 9 di 27

Per ogni elettrodotto vengono quindi determinate le correnti di calcolo specifiche in funzione del tipo di conduttore impiegato e dei parametri di progetto.

Nel caso di linee in cavo interrato si distinguono i casi:

- Collegamento interamente in cavo:
vengono considerate le correnti pari alla portata in regime permanente così come definita nella norma CEI 11-17.
- Collegamento misto cavo-aereo:
vengono considerate le correnti CEI 11-60 del conduttore del tratto aereo.

Nel seguito vengono elencate le correnti di calcolo determinate per singolo elettrodotto:

Linea 132KV Ora - Cirè

Gli elettrodotti che comporranno tale collegamento (Ora-Mori e Trento Ponte San Giorgio-BorgoValsugana) utilizzano entrambi il conduttore in alluminio acciaio del diametro $D=22.80\text{mm}$ e formazione $26X3.60+7X2.80$. Dello stesso conduttore verranno realizzati i raccordi alla stazione di Cirè e la messa in continuità nel punto di incrocio in località Martignano (Trento).

Per il calcolo della corrente vengono impiegati i coefficienti previsti dalle norme CEI 11-60 che tengono conto dei seguenti fattori:

- Punto 3.1.2 Effetto delle dimensioni del conduttore
- Punto 3.1.3 Portate in corrente dei conduttori bimetallici alluminio-acciaio
- Punto 3.3 Portate in relazione alle condizioni di progetto

Ne risulta una corrente di **660 A**.

Linea 132KV Trento sud-Cirè

Il collegamento comprende un tratto aereo che utilizza il conduttore di riferimento (corda di alluminio-acciaio $D=31.50\text{mm}$ formazione $54X3.50+19X2.10$) (conduttore di riferimento) e un tratto in cavo interrato in alluminio da 1600mm^2 isolato in XLPE

Si assume per l'intero collegamento (aereo-cavo) la corrente determinata dalle norme CEI 11-6a per il conduttore del tratto aereo (**675 A**)


Linea 132KV Trento sud - Mori

Il collegamento è composto dal tratto sud dell'attuale linea Ora-Mori e dal raccordo in cavo interrato alla stazione di Trento sud.

L'elettrodotto aereo utilizza il conduttore in corda di alluminio-acciaio $D=22.80$ e formazione $26X3.60+7X2.80$ al quale vengono applicati i coefficienti previsti dalle norme CEI 11-60:

- Punto 3.1.2 Effetto delle dimensioni del conduttore
- Punto 3.1.3 Portate in corrente dei conduttori bimetallici alluminio-acciaio
- Punto 3.3 Portate in relazione alle condizioni di progetto

² Il conduttore di riferimento è un conduttore in corda di alluminio-acciaio del diametro $D=31.50\text{mm}$, sezione $585,30\text{mm}^2$ e formazione $54X3.50\text{mm}+19X2.10\text{mm}$.

	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 10 di 27

Ne risulta una corrente di **660 A**.

Per le motivazioni sopra citate tale corrente viene utilizzata anche per il raccordo in cavo interrato.

Linea 60KV Cirè - Borgovalsugana

Il raccordo alla stazione di Cirè viene realizzato in doppia terna sulla stessa palificata del collegamento 132KV Trento sud - Cirè utilizzando lo stesso tipo di conduttore (corda di alluminio-acciaio D=31.50mm formazione 54X3.50+19X2.10).

Le norme CEI 11-60 non contemplano gli elettrodotti di tensioni inferiore ai 100KV perciò, ai sensi del decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" spetta al gestore/proprietario fissare tale corrente.

Per ragioni di omogeneità con l'elettrodotto insistente sulla stessa palificata viene fissata la stessa corrente della linea 132KV Trento Sud - Cirè (**675 A**).


Inoltre gli elettrodotti Ora-Cirè e Trento sud - Cirè sottopassano l'elettrodotto in doppia terna 220KV Lana - Ala / Ala Castelbello. Nelle simulazioni si sono calcolati gli effetti cumulativi dovuti alla presenza di questo elettrodotto.

Per tale elettrodotto la corrente considerata è la CEI 11-60 del conduttore impiegato (corda di alluminio-acciaio D=31.50mm formazione 54X3.50+19X2.10) (**710 A**).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori di corrente utilizzati nelle simulazioni.

	Conduttori		Corrente	Note
	n°	Tipo	A	
Linea 132KV Ora - Cirè	1	ACSR 22.80	660	Vengono considerati i raccordi alla stazione di Cirè, la campata di raccordo in località Martignano ed il tratto ora esercito a 60KV.
Linea 132KV Trento sud- Cirè	1	XPLE AI 1600	675	Tratto in cavo
	1	ACSR 31.50		Tratto aereo in semplice terna
Linea 132KV Trento sud - Mori	1	XPLE AI 1600	660	Tratto in cavo
	1	ACSR 22.80		Tratto aereo in semplice terna
Linea 60KV Cirè- B. Valsugana	1	ACSR 31.50	675	Si considera la corrente di un equivalente elettrodotto 132kv

220KV Ala-Lana / Ala Castelbello	1	ACSR 31.50	710	Elettrodotto in doppia terna interferente con le linee in progetto
----------------------------------	---	------------	-----	--

	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 11 di 27

3.3 Linee elettriche aeree

3.3.1 *Calcolo della distanza di prima approssimazione (Dpa)*

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la **distanza di prima approssimazione**, definita come *“la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla 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”*.

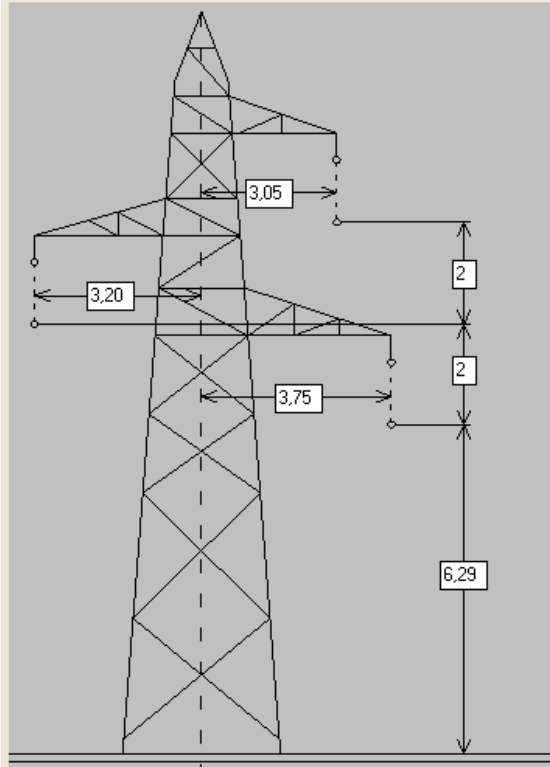
Tale decreto prevede per il calcolo della Dpa l'utilizzo della configurazione spaziale dei conduttori, geometrica e di fase che forniscono il risultato più cautelativo; a tal proposito si riporta di seguito per ciascuna tipologia di sostegno utilizzato il calcolo della Distanza di prima approssimazione degli elettrodotti oggetto dello studio:

Ai fini del calcolo della Dpa nei tratti aerei viene impiegato il sostegno più significativo e che al contempo assicuri la massima cautela nel calcolo della fascia.

Per il calcolo è stato utilizzato il modulo 'Fasce' del programma “EMF Tools v.4.0” sviluppato per Terna da CESI in aderenza alla norma CEI 211-4, inoltre i calcoli sono stati eseguiti in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

Nel prosieguo si riporta lo schema di sostegno utilizzato per ogni direttrice e il grafico che rappresenta la curva di isocampo a 3 μ T attorno all'elettrodotto dalla quale tracciando le tangenti verticali si determina la DPA.

Linea 132KV Ora-Cirè

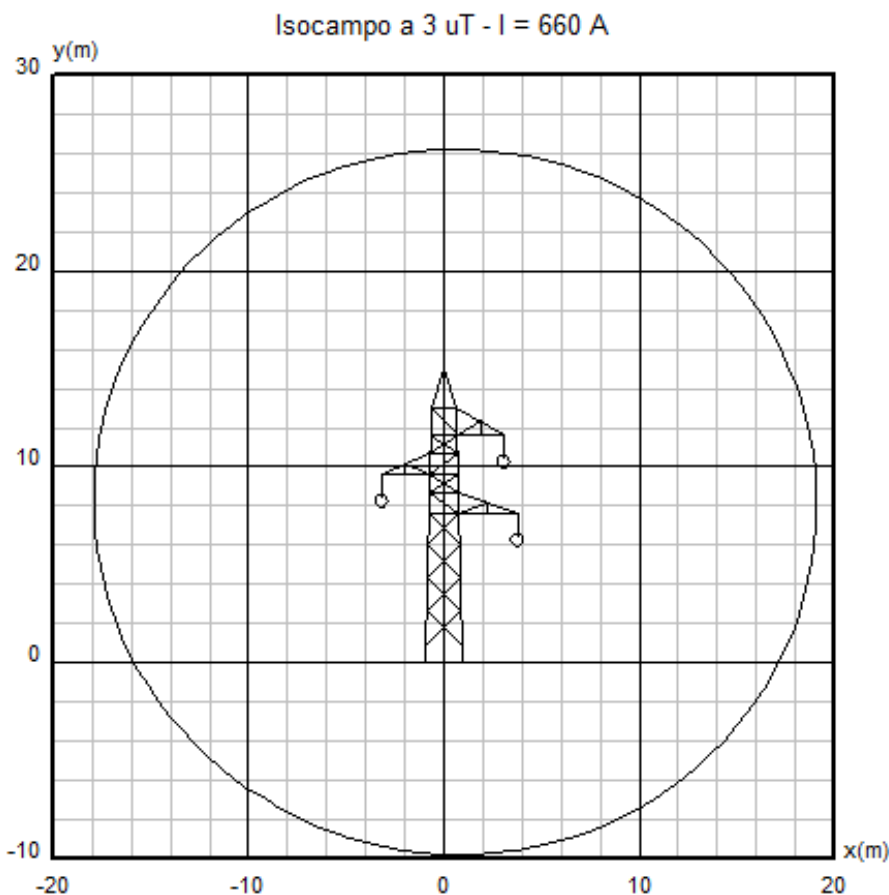


I sostegni nel tratto dal raccordo di Martignano all'allacciamento della nuova stazione di Cirè appartengono alla serie unificata semplice terna 132KV

La geometria impiegata per il calcolo della DPA è quella del sostegno tipo V

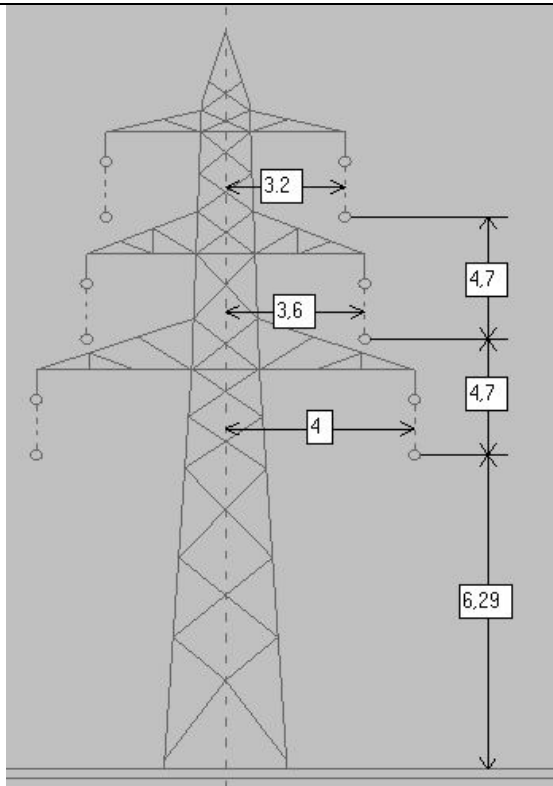
Conduttore impiegato:
Conduttore singolo
ACSR, D=22.80mm,
formazione 6X3.60mm+7X2.80mm

Corrente di riferimento: 660 A



DPA = 20m

Linea 132KV Trento sud -Cirè e linea 60KV Cirè BorgoValsugana (tratto in doppia terna in ingresso alla stazione di Cirè).

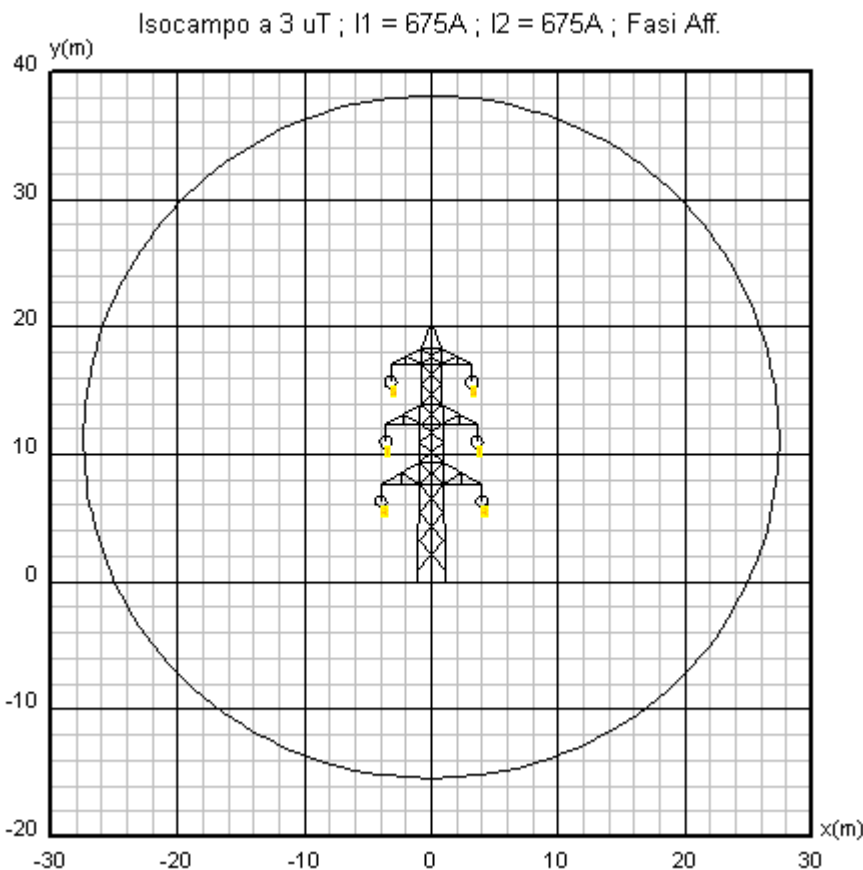


I sostegni utilizzati per gli ingressi alla stazione di Cirè nel tratto in doppia terna appartengono alla serie unificata 132KV doppia terna.

La geometria impiegata per il calcolo della DPA è quella del sostegno tipo V.

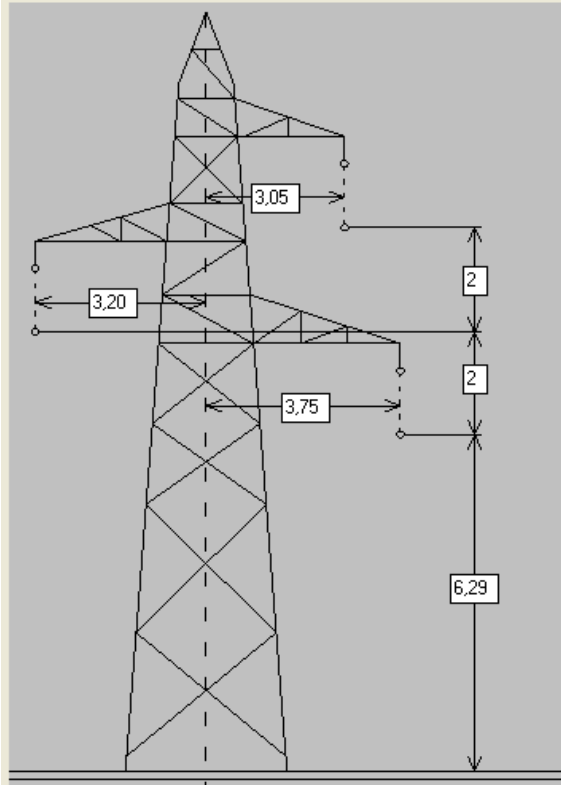
Conduttore impiegato:
Conduttore singolo
ACSR D=31.50mm
Formazione 54X3.50mm+19X2.10mm

Corrente di riferimento:
675 A



DPA = 28 m

Collegamento TN sud-Cirè (tratto in semplice terna)



I sostegni utilizzati per il collegamento appartengono alla serie unificata 132KV semplice terna

La geometria impiegata per il calcolo della DPA è quella del sostegno tipo V

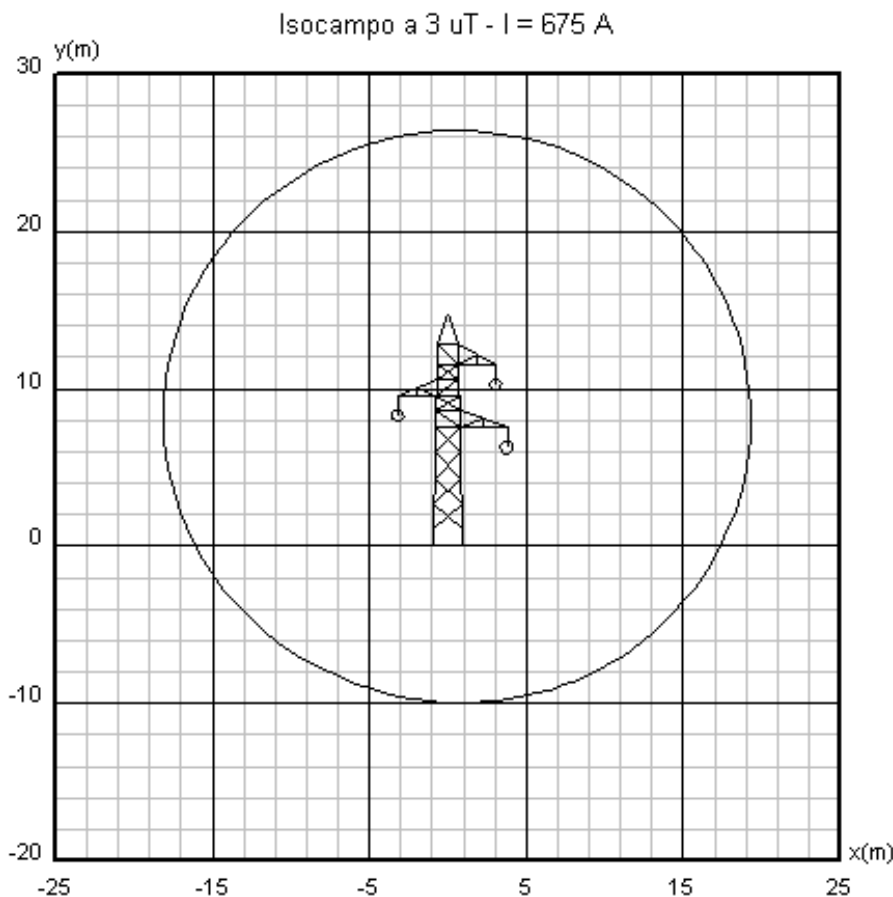
Conduttore impiegato:

Conduttore singolo

ACSR D=31.50mm

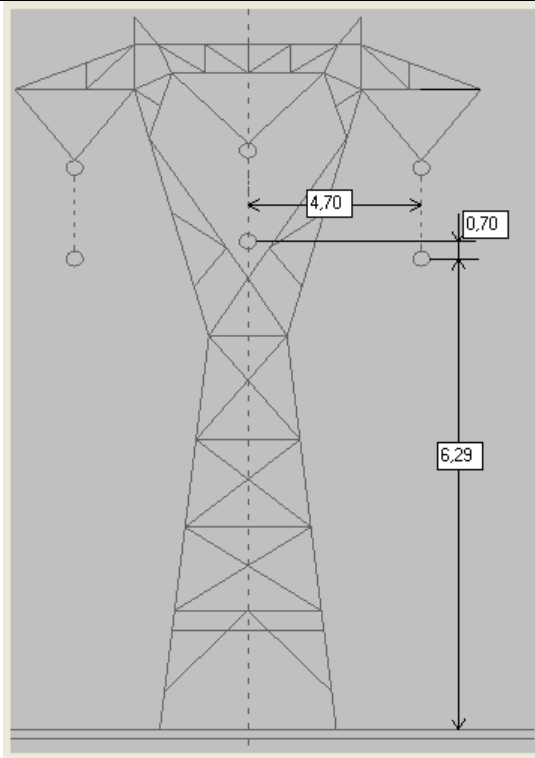
Formazione 54X3.50mm+19X2.10mm

Corrente di riferimento: 675 A



DPA = 20m

linea 132K Trento sud - Mori

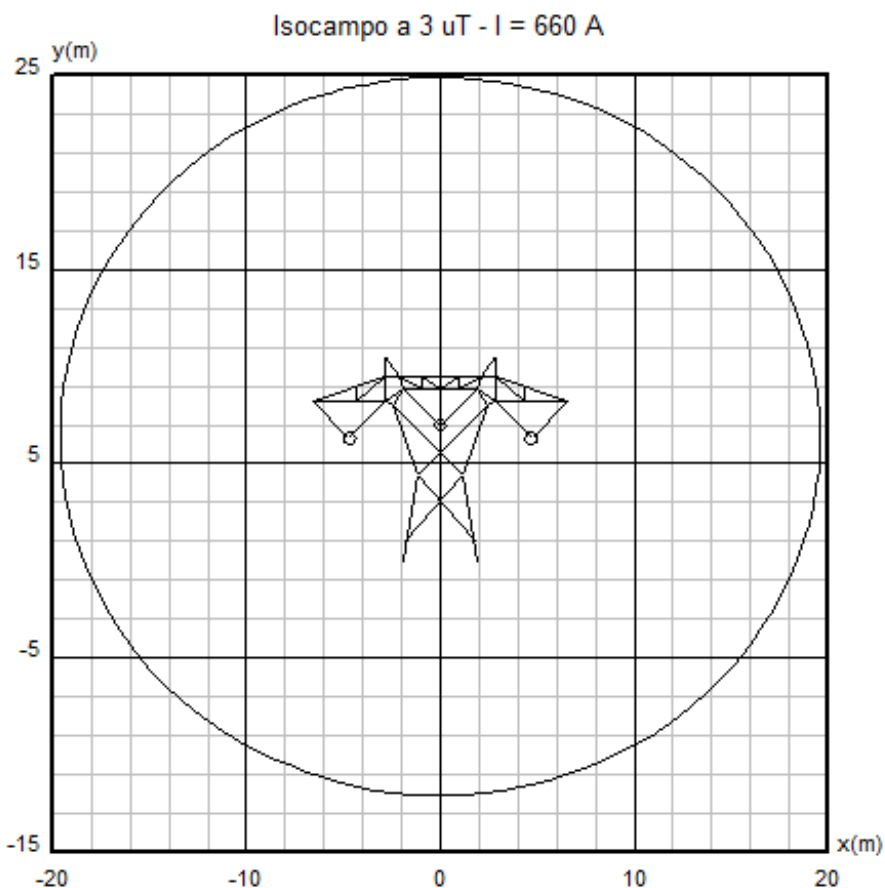


I sostegni impiegati sono tronco piramidali con testa a delta rovesciato.

La geometria impiegata per il calcolo della DPA è quella del sostegno tipo VY

Conduttore impiegato:
Conduttore singolo
ACSR, D=22.80mm,
formazione 6X3.60mm+7X2.80mm

Corrente di riferimento: 660 A



DPA = 20m

 <small>T E R N A G R O U P</small>	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 16 di 27

In sintesi i valori di Dpa ottenuti in assenza di cambi di direzione, parallelismi, derivazioni ed incroci, sono, rispetto all'asse linea, pari a:

- **20 m** per la linea 132KV Ora - Cirè.
- **28 m** per gli ingressi in doppia terna a Cirè delle linee 132KV Trento sud - Cirè e 60KV Cirè - Borgovalsugana
- **20 m** per il tratto in semplice terna della linea 132KV Trento sud - Cirè
- **20 m** per l'elettrodotto 132KV Trento sud – Mori

In corrispondenza di cambi di direzione, parallelismi e derivazioni sono state riportate le aree di prima approssimazione calcolate applicando i procedimenti semplificati riportati nella metodologia di calcolo di cui al par. 5.1.4 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008; in particolare:

- nei tratti dei parallelismi delle linee sono stati calcolati gli incrementi ai valori delle semifasce calcolate come imperturbate secondo quanto previsto dal par. 5.1.4.1 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008;
- nei cambi di direzione si sono applicate le estensioni della fascia di rispetto lungo la bisettrice all'interno ed all'esterno dell'angolo tra due campate (si veda par. 5.1.4.2 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008);
- negli incroci si è applicato il metodo riportato al par. 5.1.4.4 dell'allegato al Decreto relativo alla metodologia di calcolo, valido per incroci tra linee ad alta tensione.

La rappresentazione di tali distanze è riportata nelle corografie in scala 1:5.000 allegate (Doc. n° DU23015C2BCX14052 – 'Distanze di prima approssimazione- Fasce 3 µT - recettori sensibili');

3.3.2 Calcolo dei campi magnetici


Nel tratto in ingresso alla stazione di Cirè, la configurazione della rete, lascia margini di incertezza nella applicabilità dei procedimenti semplificati previsti al par. 5.1.4 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008 perciò, a sostegno dei risultati del metodo semplificato, è stato eseguito il calcolo esatto della fascia di rispetto considerando l'effettiva geometria dei sostegni e la reale disposizione dei conduttori nello spazio.

Per il calcolo è stato utilizzato il software "Win EDT" sviluppato da Vector s.r.l..

WinEDT è un modulo software finalizzato al calcolo del campo induzione magnetica generato da una o più linee ad alta tensione a frequenza industriale. Supporta il calcolo delle fasce di rispetto.

Per la memorizzazione delle informazioni relative alla linea (sostegni, conduttori, campate, gestori) il modulo si appoggia ad un Data Base Oracle (o MS Access) gestibile direttamente dall'applicativo. La sequenza delle campate di interesse per il calcolo in una zona è rappresentata sul territorio tramite simboli e colori selezionati dall'operatore che permettono di distinguere linee con tensione diversa.

Il calcolo del campo magnetico viene effettuato secondo il metodo indicato dalla Norma CEI 211-4 con un'integrazione lungo la catenaria. L'operatore è in grado di definire alcuni parametri inerenti l'elaborazione e la sua rappresentazione grafica. Il campo magnetico può essere valutato

	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 17 di 27

direttamente sopra il modello orografico corrente oppure lungo piani orizzontali o verticali; la quota alla quale viene posizionato il piano orizzontale e la direzione e dimensione della zona piana verticale sono definite volta per volta dall'operatore.

Le caratteristiche principali di WinEDT sono riportate nel seguito:

Campo calcolato: Campo induzione magnetica

Modelli di calcolo: Secondo Norma CEI 211-4; integrazione lungo la catenaria

Unità di misura: μT (microTesla)

Scala cromatica di rappresentazione: definibile dall'operatore

Soglia: definibile dall'operatore

Passo di calcolo: definibile dall'operatore

Data base: MS Access, Oracle

Zona di influenza: Rettangolare

Criteri di selezione campate: Area geografica, Tensione

Criteri di calcolo: Per punto – Per area (sul modello orografico, su piani verticali e orizzontali).

Output: Grafico (2D-3D), collegamento DDE ad oggetti Windows

Nel citato elaborato grafico in scala 1:5000 (DU23015C2BCX14052) viene riportata (linea verde scuro) le curve isocampo a $3 \mu\text{T}$ proiettate al suolo calcolate tenendo conto dell'effettiva geometria dei sostegni e della reale disposizione dei conduttori sovrapposta alla DPA calcolata col metodo semplificato (area in verde chiaro).

3.3.3 Conclusioni

L'applicazione del decreto ha permesso la definizione delle distanza di prima approssimazione all'interno delle quali non sono stati individuati dei recettori sensibili interessati a permanenza prolungata di persone maggiore di 4 ore.

Al completamento della realizzazione dell'opera si procederà alla ridefinizione della distanza di prima approssimazione in accordo al come costruito, in conformità col par. 5.1.3 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008.

	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 18 di 27

3.4 Linee elettriche in cavo interrato

3.4.1 *Calcolo della distanza di prima approssimazione (Dpa)*

La configurazione di posa dei cavi interrati adottata nel progetto è quella a "Trifoglio" che, in virtù delle ridotte distanze tra le fasi, assicura il massimo contenimento del campo magnetico.

Come noto ad intervalli variabili da 400 a 600m vengono realizzate le giunzioni tra le varie tratte dei cavi. Le giunzioni vengono eseguite all'interno di buche giunti nelle quali i cavi hanno una disposizione piana con le fasi distanziate di circa 70cm.

Inoltre nel tratto in uscita dalla stazione di Trento sud i due cavidotti (TNsud-Cirè e TN sud - Mori) insistono paralleli nella stessa trincea distanziati tra loro di circa 1m.

Nel prosieguo si riporta, per ogni configurazione dei cavi, il grafico che rappresenta la curva di isocampo a $3uT$ dalla quale tracciando le tangenti verticali si determina la DPA.

Per il calcolo è stato utilizzato il modulo EMF v.408 del programma "EMF Tools v.4.0" sviluppato per Terna da CESI in aderenza alla norma CEI 211-4, inoltre i calcoli sono stati eseguiti in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

Per entrambi i cavidotti viene impiegato un cavo tipo XLPE 1600mm² Al (vedi Doc. n° EU23015C2BCX14042 'Appendice B -Caratteristiche dei componenti linee aeree in cavo')

La profondità di posa è stabilita a 1.60m.

Nella situazione reale si possono avere profondità di posa maggiori nel caso di attraversamenti di corsi d'acqua, opere pubbliche e sottoservizi che ai fini delle valutazioni oggetto della presente relazione producono effetti minori.

Linea 132KV Trento sud Cirè

Corrente di riferimento: 675A

DPA = 2.6m

Mini Help

Nome linea
132KV TN Sud - Cirè

Tensione
132

Corrente
675

Diametro esterno
110

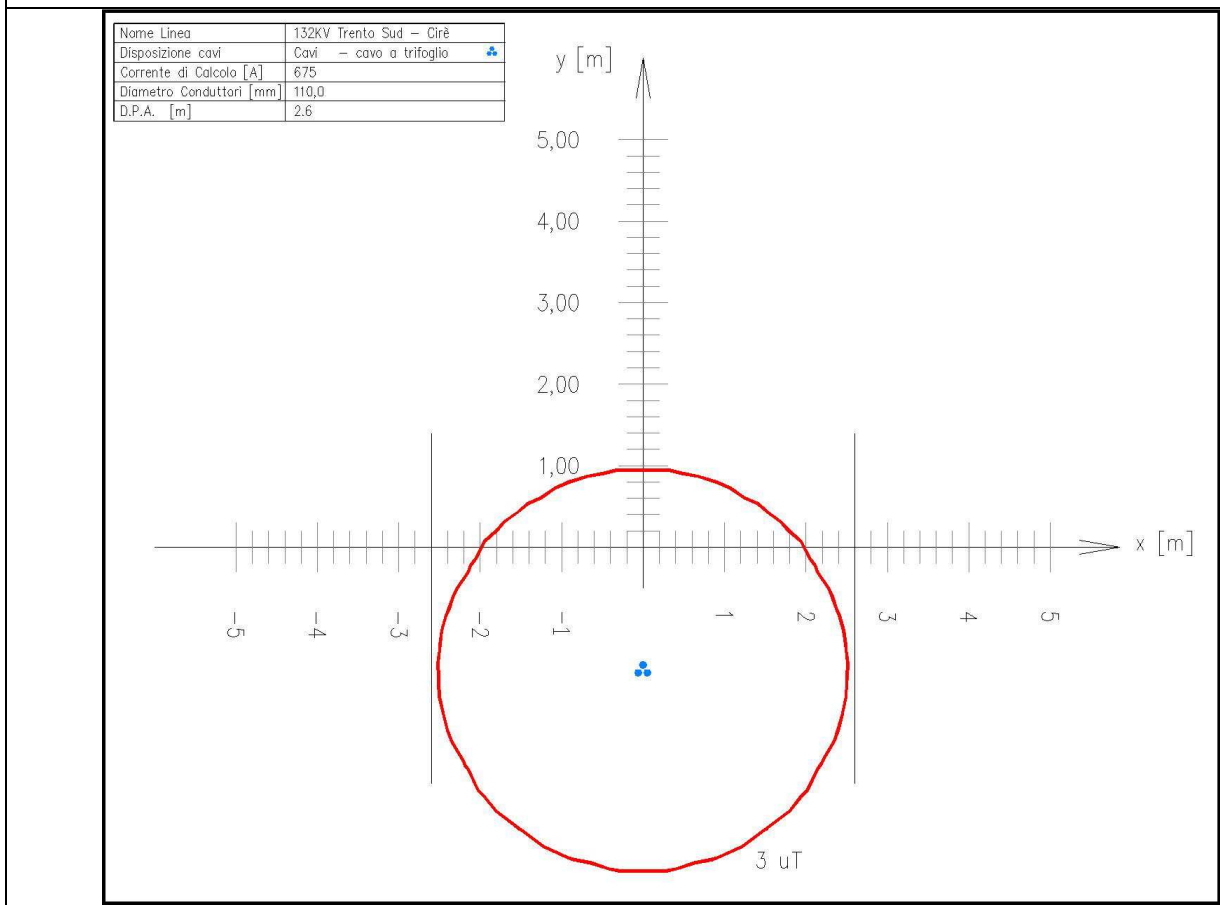
stema elettrico
simmetrico - equilibrato

Commento Ins. DB

Ascissa asse linea
Sinistra: valori neg. 0,000 Destra:

STAMPA Opzioni

CONTINUA ESC



Linea 132KV TN sud - Mori

Corrente di riferimento: 660 A

DPA = 2.5m

[Mini Help](#)

Nome linea
132KV Trento sud-Mori

Tensione [kV]
132

Corrente [A]
660,0

Diametro esterno [mm]
110,0

Sistema elettrico
simmetrico - equilibrato

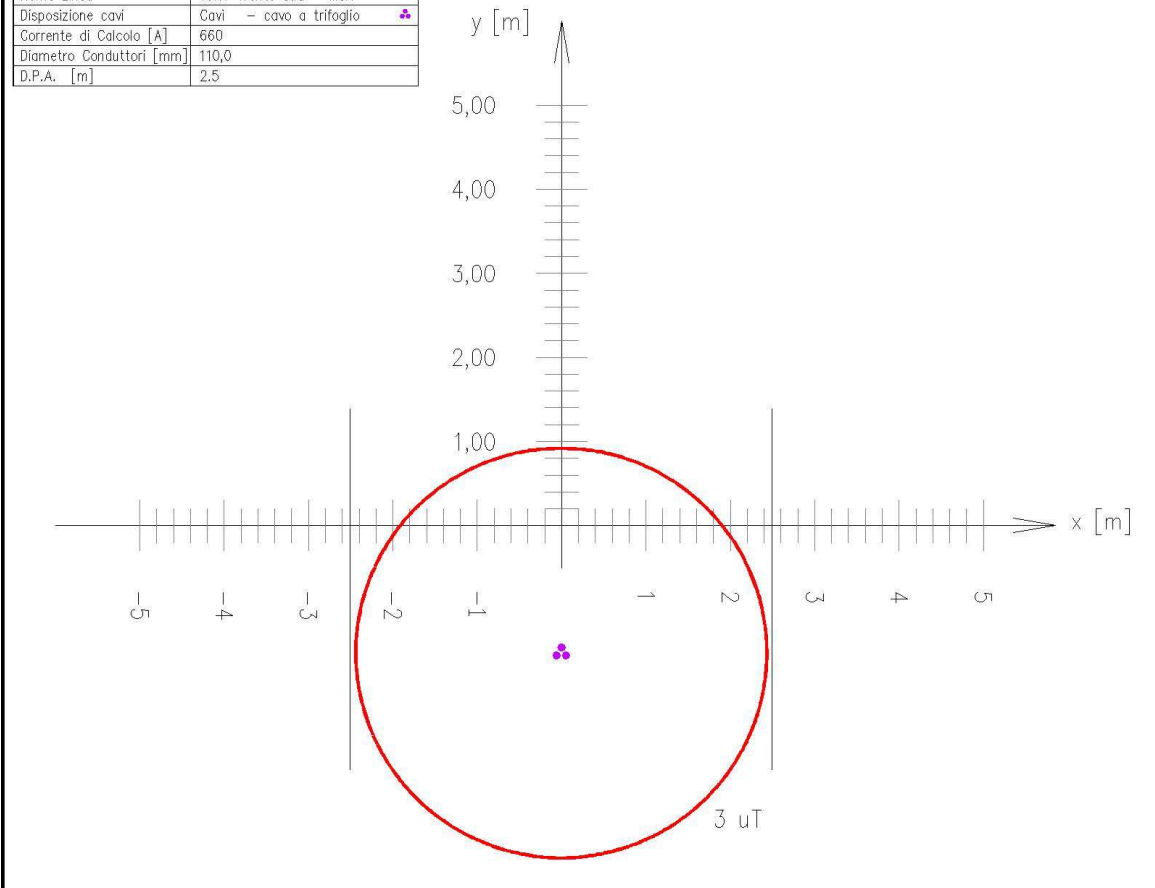
[Commento](#) [Ins. DB](#)

Ascissa asse linea
Sinistra: valori negativi 0,000 Destra: valori

[STAMPA](#) [Opzioni](#)

[CONTINUA](#) [ESC](#)

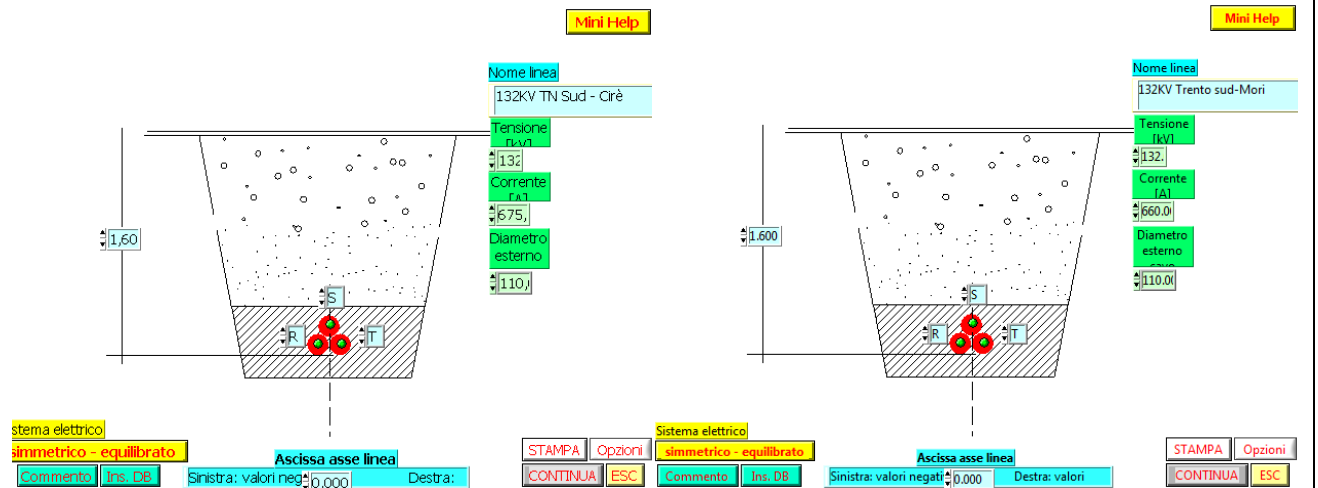
Nome Linea	13KV Trento sud - Mori
Disposizione cavi	Cavi - cavo a trifoglio
Corrente di Calcolo [A]	660
Diametro Conduttori [mm]	110,0
D.P.A. [m]	2,5



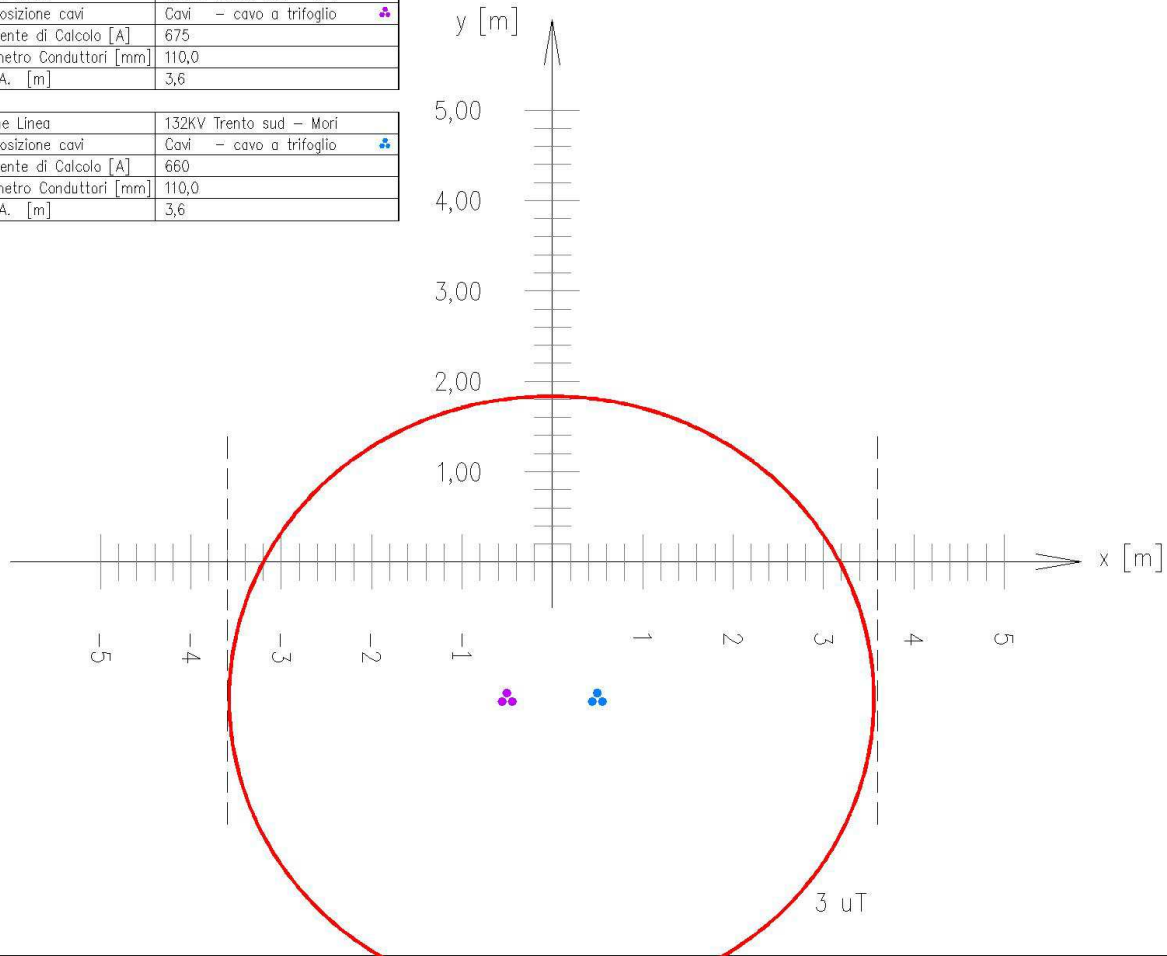
Linea 132KV TN sud – Cirè e 132KV TN sud Mori

In questo tratto le due terne sono disposte sulla stessa trincea alla distanza di interasse di 1m

Corrente di riferimento: 675 A (132KV TN sud - Cirè) DPA=3.6m
660 A (132KV TN sud - Mori) DPA=3.6m



Nome Linea	132KV Trento sud – Cirè
Disposizione cavi	Cavi – cavo a trifoglio
Corrente di Calcolo [A]	675
Diametro Conduttori [mm]	110,0
D.P.A. [m]	3,6
Nome Linea	132KV Trento sud – Mori
Disposizione cavi	Cavi – cavo a trifoglio
Corrente di Calcolo [A]	660
Diametro Conduttori [mm]	110,0
D.P.A. [m]	3,6

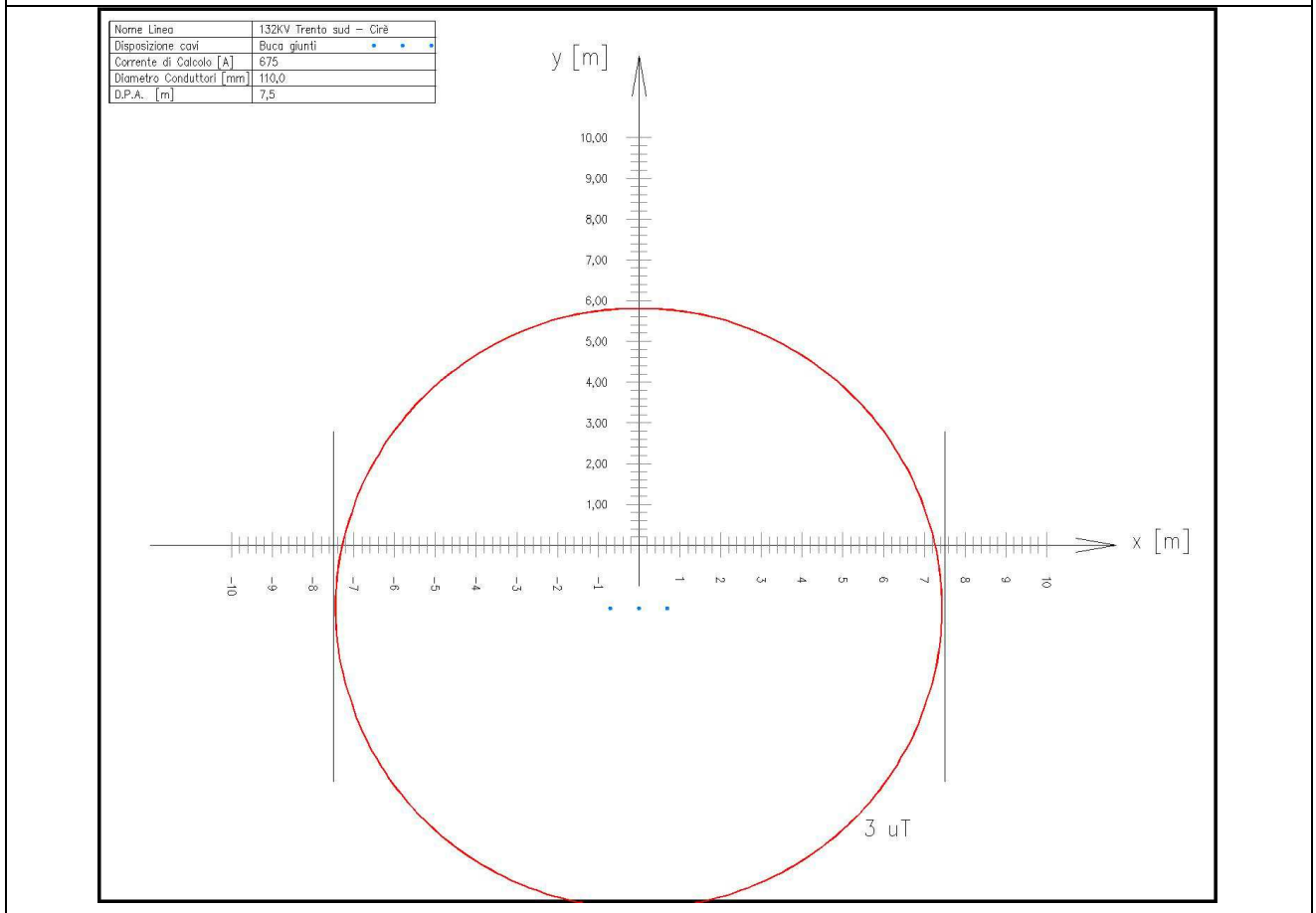
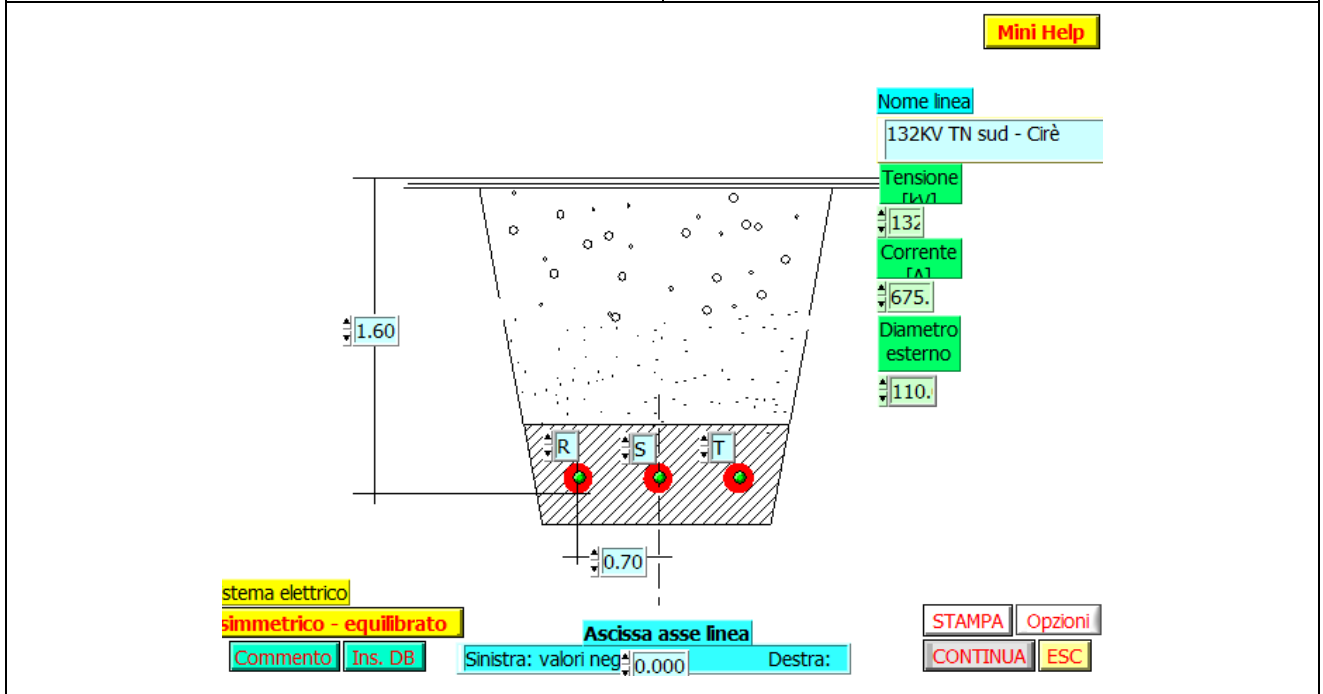


132KV Trento sud – Cirè (buca giunti)

In corrispondenza delle buche giunti le fasi si dispongono in piano distanziate di circa 70cm

Corrente di riferimento: 675 A

DPA = 7.5m



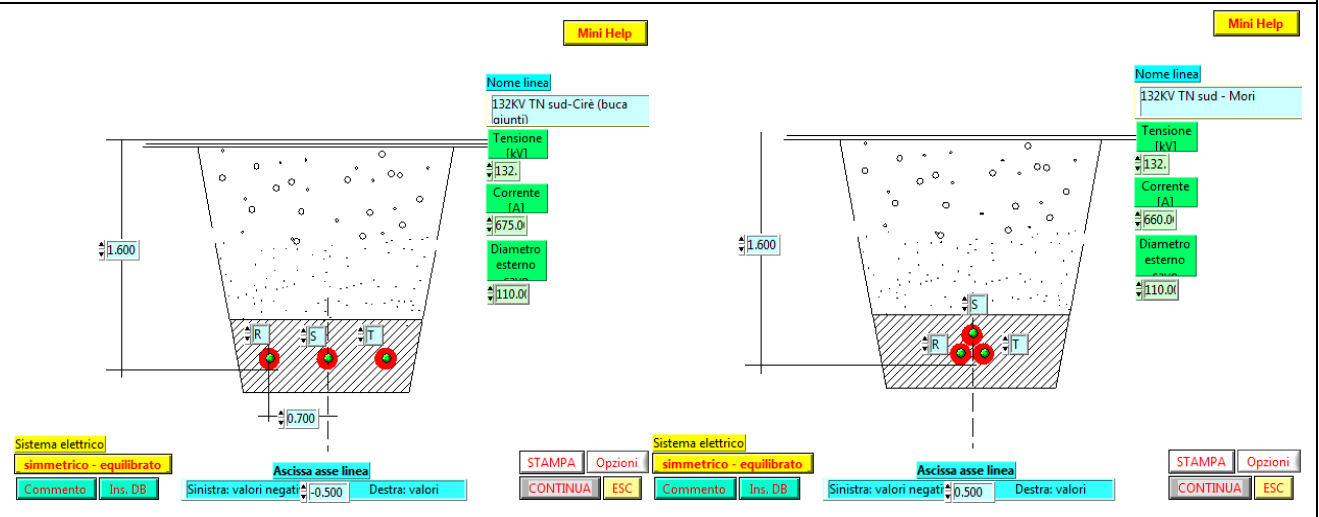
Linea 132KV TN sud – Cirè e 132KV TN sud Mori

In questo tratto le due terne sono disposte sulla stessa trincea alla distanza di interasse di 1m e si prevede la realizzazione di una buca giunti.

Corrente di riferimento: 675 A (132KV TN sud - Cirè)
660 A (132KV TN sud - Mori)

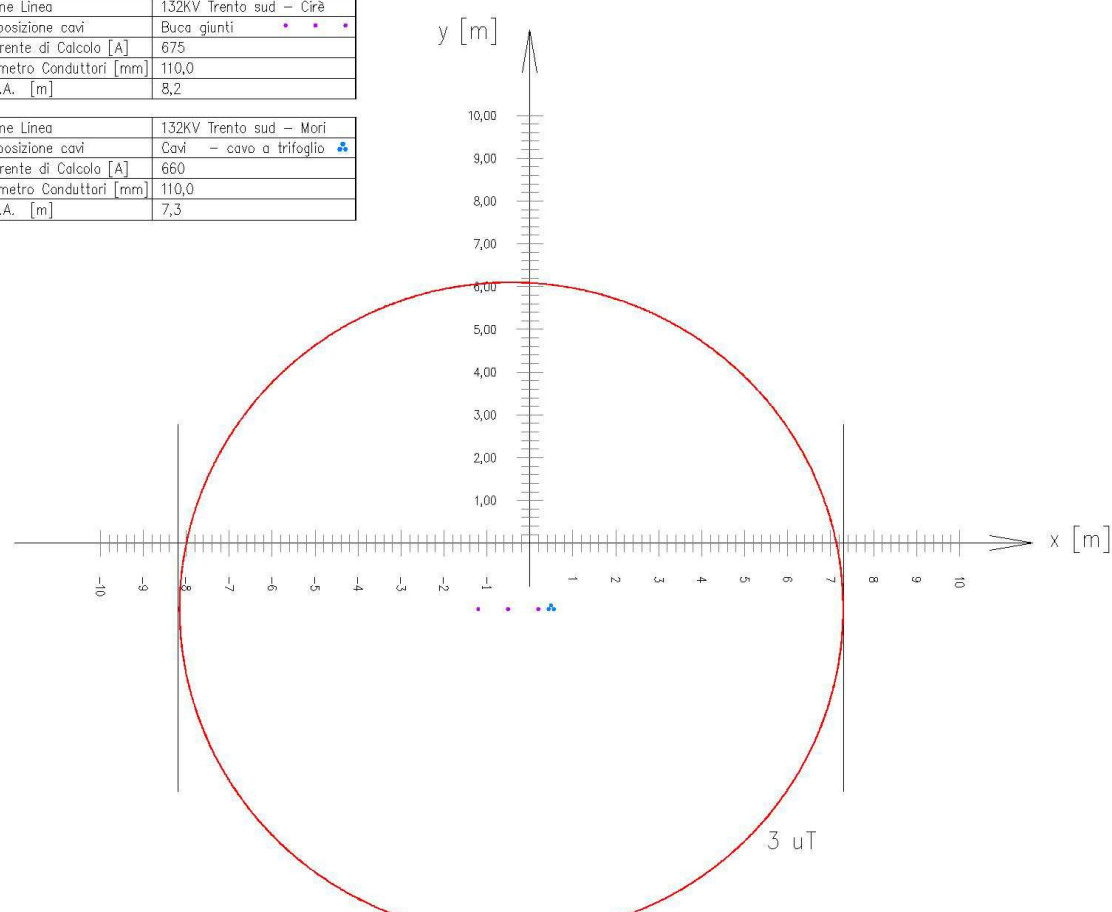
DPA=8.2m


DPA=7.3m



Nome Linea	132KV Trento sud – Cirè
Disposizione cavi	Buca giunti
Corrente di Calcolo [A]	675
Diametro Conduttori [mm]	110,0
D.P.A. [m]	8,2

Nome Linea	132KV Trento sud – Mori
Disposizione cavi	Cavi - cavo a trifoglio
Corrente di Calcolo [A]	660
Diametro Conduttori [mm]	110,0
D.P.A. [m]	7,3



	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 24 di 27

Riassumendo avremo nelle varie configurazioni le seguenti DPA

- **2.6 m** per l'elettrodotto 132KV Trento sud Cirè e su tracciato singolo con disposizione dei cavi a trifoglio
- **2.5 m** per l'elettrodotto 132KV Trento sud Mori su tracciato singolo con disposizione dei cavi a trifoglio
- **7,5 m** come sopra in corrispondenza di una buca giunti
- **3.6 m** Per gli elettrodotti 132KV Trento sud- Cirè e Trento sud – Mori nel tratto in cui insistono paralleli nella stessa trincea.
- **8,2 m** Per gli elettrodotti come sopra in corrispondenza di una buca giunti

Tali ampiezze si riferiscono a tratti rettilinei dei cavi. In corrispondenza delle curve si hanno degli incrementi che generalmente non superano il 10% per curvature fino a 90°.

Comunque, per tener conto degli effetti cumulativi nei tratti curvilinei, si è preferito eseguire il calcolo esatto della fascia di rispetto considerando l'effettivo tracciato del cavo.

Per il calcolo è stato utilizzato il software "Win EDT" sviluppato da Vector s.r.l. che supporta l'opzione per gli elettrodotti in cavo interrato.(cfr. 3.3.2)

Inoltre, poiché in questa fase non è possibile determinare la posizione esatta delle buche giunti, a maggior garanzia del rispetto del limite di qualità si è preferito effettuare le simulazioni lungo tutto il tracciato ove sia potenzialmente possibile l'inserimento di una buca giunti con la disposizione dei cavi in piano distanziati di 70cm.

La rappresentazione di tali distanze è riportata nelle corografie in scala 1:5.000 allegate. (Doc. n° DU23015C2BCX14052 – 'DPA, Fasce 3µT e recettori sensibili');

Nella scelta dei siti ove ubicare le buche giunti andrà presa in considerazione anche la presenza di recettori sensibili posti nelle vicinanze ed nel caso di mancanza di alternative verranno adottati dispositivi (schermi, loop passivi) progettati ad hoc che abatteranno sostanzialmente il valore di campo magnetico esterno.

Gli stessi accorgimenti verranno adottati anche per i tratti di cavo in trincea che dovessero interessare recettori sensibili.


3.4.2 Conclusioni

Le simulazione hanno permesso la definizione delle distanza di prima approssimazione.

Il tracciato dei cavi insiste generalmente sulla viabilità pubblica. Il progetto esecutivo con l'individuazione puntuale dei sottoservizi ed il calcolo elettrico determineranno l'esatto posizionamento del tracciato e delle giunzioni dei cavi.

Nella fascia determinata anche considerando le condizioni più gravose non rientrano recettori sensibili determinando così il **pieno rispetto dell'obiettivo di qualità dettato dal DPCM dell' 8 luglio 2003.**

Al completamento della realizzazione dell'opera si procederà alla ridefinizione della distanza di prima approssimazione in accordo al come costruito.

 <small>T E R N A G R O U P</small>	Razionalizzazione e sviluppo rete 132KV nell'area di Trento PIANO TECNICO DELLE OPERE Relazione di calcolo delle fasce di rispetto	Codifica RU23015C2BCX14051	
		Rev. 00 del 15/10/2012	Pag. 25 di 27

3.5 Calcolo del campo elettrico

Utilizzando la stessa configurazione geometrica utilizzata per il calcolo del campo induzione magnetica viene calcolato il valore di campo elettrico a 1.5m di altezza.

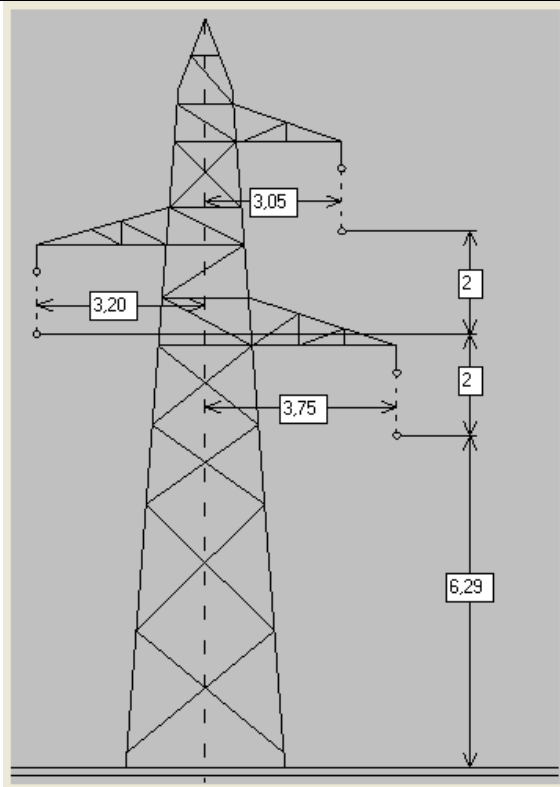
Per il calcolo è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.0" sviluppato per Terna da CESI in aderenza alla norma CEI 211-4, inoltre i calcoli sono stati eseguiti in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

Poiché i cavi interrati sono dotati di schermatura **il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.**

Le simulazioni sono state eseguite considerando le altezze minime dei conduttori rispetto al suolo quelle previste dalle norme CEI 11-4. Tali altezze sono ampiamente superate nel progetto in esame per il quale sono state imposte altezze minime dei conduttori dal suolo di 13m.

Nel seguito si riporta il profilo del campo dal quale si evince il rispetto del limite di 5 kV/m evidenziando **il pieno rispetto dell'obiettivo di qualità dettato dal DPCM dell' 8 luglio 2003**

Linea 132KV Ora - Cirè e Trento Sud - Cirè (nel tratto in semplice terna)

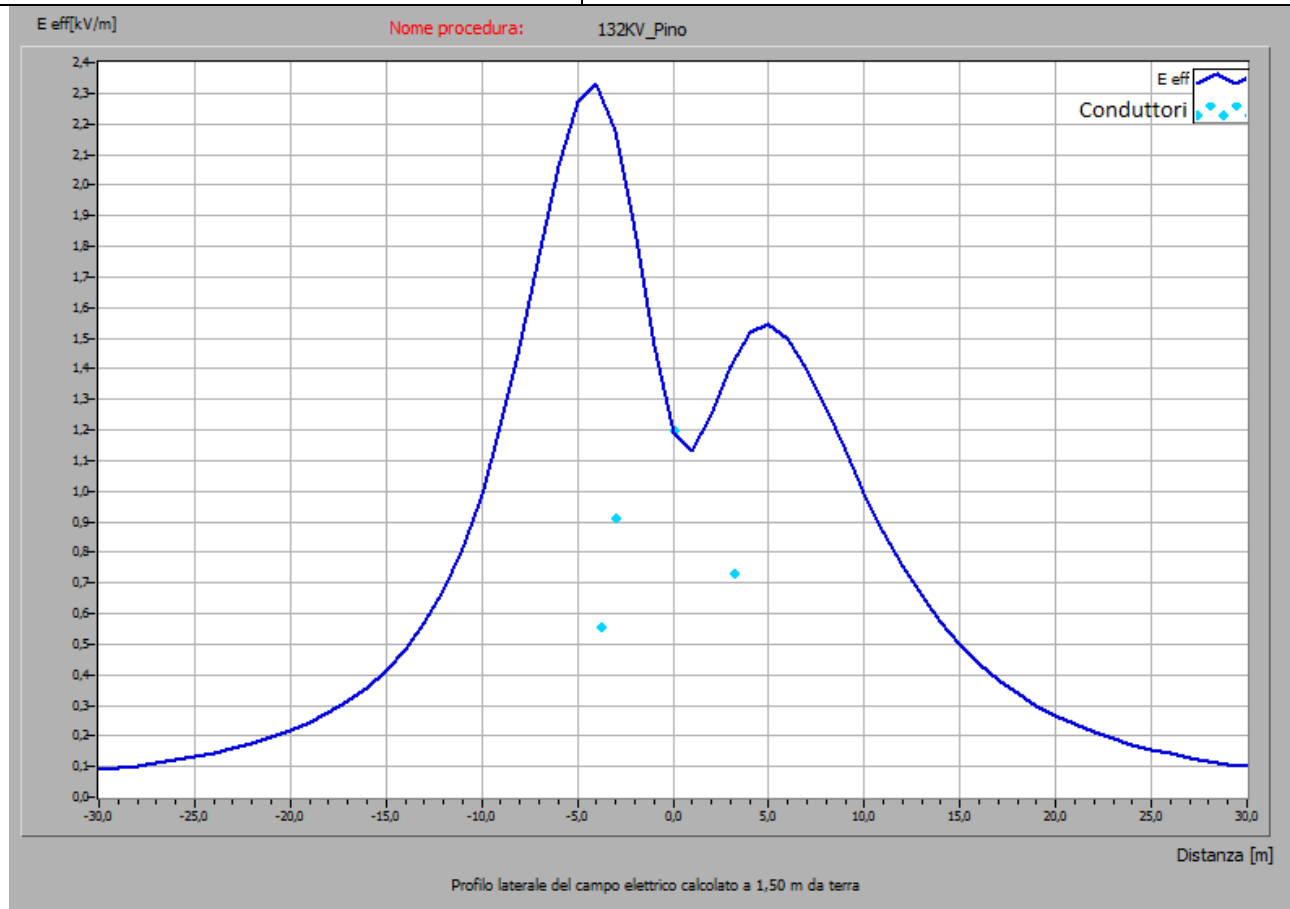


I sostegni esistenti appartengono alla serie unificata semplice terna

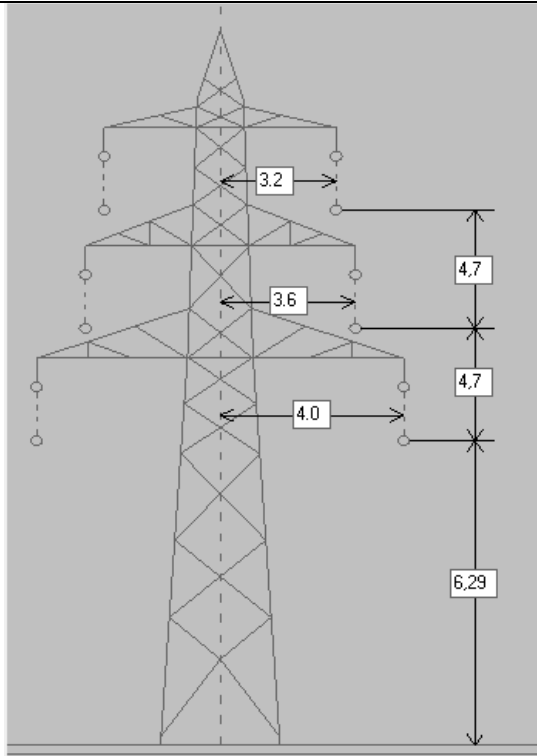
La geometria impiegata per il calcolo del campo elettrico è quella del sostegno tipo V

Franco minimo al suolo: 6.29

Tensione nominale 132KV



Linea doppia terna 132KV Tn sud - Cirè e 60KV Cirè - BorgoValsugana



I sostegni esistenti appartengono alla serie unificata doppia terna.

La geometria impiegata per il calcolo del campo elettrico è quella del sostegno tipo V

Franco minimo al suolo 6.29m

Tensione nominale:
132KV (Ora - Cirè)
60KV (Cirè-Borgovalsugana)

